

COMPLEXIDADE DAS PAISAGENS DO PROJETO DE ASSENTAMENTO BENFICA, SUDESTE PARAENSE, ESTADO DO PARÁ

Sandra Maria Neiva SAMPAIO¹

Izildinha de Souza MIRANDA²

Anne-Elisabeth LAQUES³

Danielle MITJA⁴

Valery GOND⁵

Jean-Louis GUILLAUMET⁶

Resumo

Este trabalho tem como principal objetivo analisar e espacializar a evolução dos estados de transformação da complexidade, de diferentes Tipos de Paisagens do Projeto de Assentamento Benfica, Mesorregião Sudeste Paraense. Foram utilizadas imagens de satélite Landsat-TM correspondentes a 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005 e técnicas de Geoprocessamento conduzidas no sistema SPRING, além de dados de campo e modelos gráficos da paisagem. A metodologia aplicada permitiu a identificação, classificação e quantificação de seis Tipos de Paisagens: Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1), Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP4) e Babaçual (TP5). A integração dos resultados deu origem a uma Escala de Complexidade dos Tipos de Paisagens, em que os graus de intensidade variaram do mais "simples" (0) ao mais "complexo" (12), sendo os de maior intensidade os Tipos de Paisagens Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola com pastagem (TP2). A abordagem geográfica refletiu diferentes dinâmicas que se estabelecem a partir das condições e chances de manter ou não os sistemas produtivos, fazendo aumentar ou diminuir o seu grau de complexidade. O enfoque na complexidade de uma tipologia de paisagens permitiu tratar questões ligadas à sua dinâmica e mostrou ser aplicável para qualquer planejamento ou estratégia de conservação ambiental.

Palavras-chave: Sudeste Paraense. Projeto de assentamento. Tipos de paisagens. Complexidade da paisagem.

¹ Embrapa Amazônia Oriental, Pesquisadora, Tv. Dr.Enéas Pinheiro, s/nº, Bairro do Marco, Cx.Postal 48, 66.095-100, Belém-PA, E-mail:sandra@cpatu.embrapa.br.

² Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Professora, Pesquisadora e Pró-Reitora de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal Rural da Amazônia, Cx. Postal 917, CEP 66077-530, Belém, Pará, E-mail: izildinhamiranda@uol.com.br.

³ Univesrité d'Avignon et des pays de Vaucluse, 74, avenue Louis Pasteur, 84029 Avignon Cedex 1, France, E-mail: anne-elisabeth.laques@univ.avignon.fr.

⁴ Pesquisadora do Institut de Recherche Pour Le Développement-IRD, Centre IRD de Montpellier, BP64501, 34394 - Montpellier, France, E-mail: danielle.mitja@ird.fr.

⁵ Pesquisador do CIRAD- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement, Regional Manager Avenue Agropolis, 34398, Montpellier Cedex 5, France, E-mail: valery.gond@cirad.fr.

⁶ Pesquisador do Muséum National D'histoire Naturelle, Laboratoire de Phanérogamie, 16, Rue Buffon 75005 - Paris, - França, E-mail: resagrp@mnhn.fr

Abstract

Complexity of settlement project landscapes in Benfica, southeastern of Pará, State Pará

This work has as main objective to analyze and spot the evolution of complexity conversion of different types of landscapes in Benfica Settlement Project, southeastern region of Pará. We used images from Landsat-TM corresponding to 1987, 1992, 1996, 2001 and 2005 and geo processing techniques conducted by SPRING system, as well as field data and graphical models of landscape. Applied methodology allowed the identification, classification and quantification of six types of landscapes: Forest (TP0), Agricultural Mosaic (TP1), Mosaic of Agricultural Pasture (TP2), large areas of pasture (TP3), large areas of pasture with Babassu (TP4) and forest of Babassu palms (TP5). Integration of results led to a range of complexity of the types of landscapes, where the degrees of intensity ranging from "simple" (0) to more "complex" (12), being the more intense the Types of Forest Landscapes (TP0), agricultural Mosaic (TP1) and Mosaic Agricultural pasture (TP2). The geographical approach reflected different dynamics that are established based on the conditions and chances of maintaining or not the production systems, thus increasing or decreasing its complexity. The focus on the complexity of a typology of landscapes allowed addressing issues related to their function and proved to be applicable to any plan or strategy for environmental conservation.

Key words: Southeast of Pará. Settlement project. Types of landscapes. Complexity of the landscape.

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os problemas ambientais se avolumam com a contínua fragmentação da cobertura vegetal, ocasionando mudanças na paisagem. Em consequência, a redução dos danos ambientais torna-se um grande desafio envolvendo fatores que vão desde as políticas públicas à conscientização da importância da conservação da biodiversidade. Lima et al. (2007) comentam que grandes extensões de área da Amazônia são cobertas por florestas secundárias, originadas de áreas abandonadas pela agricultura e/ou pastagem.

O conceito de paisagem tem sido muito discutido e pode ser considerado de formas variadas, por diferentes disciplinas e perspectivas. Muitos autores vêem a paisagem como um sistema complexo, dinâmico, no qual vários fatores naturais e culturais se influenciam mutuamente e se modificam ao longo do tempo, determinando e sendo determinados pela estrutura global (FORMAN; GODRON, 1986; NAVEH; LIEBERMAN, 1994). A paisagem é, numa certa porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos ou abióticos, biológicos e antrópicos que, reagindo, dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto indissociável que evoluciona em bloco (BERTRAND, 1972). É um retorno real de nossa experiência (BERINGUIER et al., 1999).

Na abordagem geográfica, a leitura espacial da paisagem contempla tanto os aspectos objetivos quanto subjetivos, levando à visualização de uma tipologia de paisagens formada por múltiplas manifestações que se cruzam, sobrepõem e relacionam, compondo um mosaico de referências com fortes vínculos socioespaciais. Esta apreensão da paisagem induz a um conceito de complexidade, daquilo que ela representa e é representada, por expressões humanas e transformações espaciais.

A complexidade é o tempo morfológico (forma), constitucional (estrutura) e a funcionalidade não pode ser reduzida em partes (PUNTEL, 2007). Desta forma, a complexidade do ambiente depende do arranjo de suas estruturas físicas (LASSAU; HOCHULI, 2004) e, na maioria dos ecossistemas terrestres, a estrutura é influenciada, principalmente, pela riqueza

e composição da comunidade de plantas (TEWS et al., 2004). É complexo o que é “composto de elementos diversificados, difíceis de entender e apresentando, freqüentemente, diferentes aspectos”. Esta definição, extraída do Dicionário do idioma francês CNRS (2004), se aplica perfeitamente ao assunto estudado e é efetivamente bem aceita na realidade de muitos autores. De acordo com Kolmogorov, fundador da teoria matemática que leva seu nome, “um objeto é complexo, quando não existir uma simples descrição para o mesmo” (DELAHAYE, 2003).

A “hipótese da heterogeneidade ambiental” prevê que a riqueza e a diversidade de espécies devem aumentar em ambientes mais complexos, pois nestes a oferta de nichos para as espécies é maior (PIANKA, 1994). Neste contexto, a estrutura que compõe o ecossistema florestal amazônico é extraordinariamente complexa, sendo caracterizada por uma grande heterogeneidade de flora e fauna (BARBOSA, 2000). No Estado do Pará, a Mesorregião Sudeste Paraense, caracterizada pela migração de colonos, se destaca nas áreas de assentamento rural, que representam um dos principais espaços de desenvolvimento da agricultura familiar do País. De acordo com Batistella et al. (2003), a arquitetura desses assentamentos afeta a estrutura paisagem e os processos de fragmentação da floresta.

No âmbito da questão, se insere o Projeto de Assentamento Benfica, no qual existe uma tensão latente entre a produção e a reprodução espacial, no que se refere às exigências ligadas às demandas dos agricultores e à preservação ambiental. A natureza da expansão das atividades obedece à lógica das áreas de “fronteira familiar”, tendendo claramente à intensificação do processo produtivo agropecuário, por meio do desflorestamento/desmatamento. Dessa forma intrínseca e não organizada, a paisagem do Projeto de Assentamento Benfica se estrutura na superfície ocupada por seus componentes e se vincula à adaptação, interação e reação dos mesmos, frente às realidades que se apresentam, por meio de processos temporais, como, por exemplo: os sociais (tradições agrícolas), econômicos (falta de infra-estrutura para comercialização, falta de acesso a créditos e assistência técnica) e ecológicos (solos pobres, invasoras, etc.).

Assim, este trabalho tem como principal objetivo analisar e espacializar a evolução dos estados de transformação da complexidade de diferentes Tipos de Paisagens do Projeto de Assentamento Benfica, com base em indicadores botânicos (riqueza, estratificação e transformação), em que se inserem a diversidade de implicações e interações recíprocas que envolvem o meio ambiente, constituindo-se no elo entre a ciência e o planejamento ambiental, podendo, parcialmente, expressar o potencial de sua biodiversidade.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, denominada Projeto de Assentamento Benfica (PA-Benfica), está inserida na Mesorregião Sudeste Paraense, Município de Itupiranga, Estado do Pará. A mesma possui uma extensão de 10.026,00 hectares e localiza-se entre as coordenadas 05°12'20" e 05°20'40" de latitude Sul e 49°56'40" e 49°48'00" de longitude Oeste, a 70 quilômetros da Rodovia Transamazônica (Figura 1).

A área está dividida em dois conjuntos denominados Benfica I (norte do assentamento) e Benfica II (sul do assentamento), compreendendo um total de 183 lotes ocupados a partir de 1994, com uma população estimada em 1.000 habitantes (BIRI KASSOUM; MAÎTRE D'HOTEL, 2002). Estes conjuntos apresentam diferenças em suas histórias de ocupação e usos (DOSSO et al., 2005).

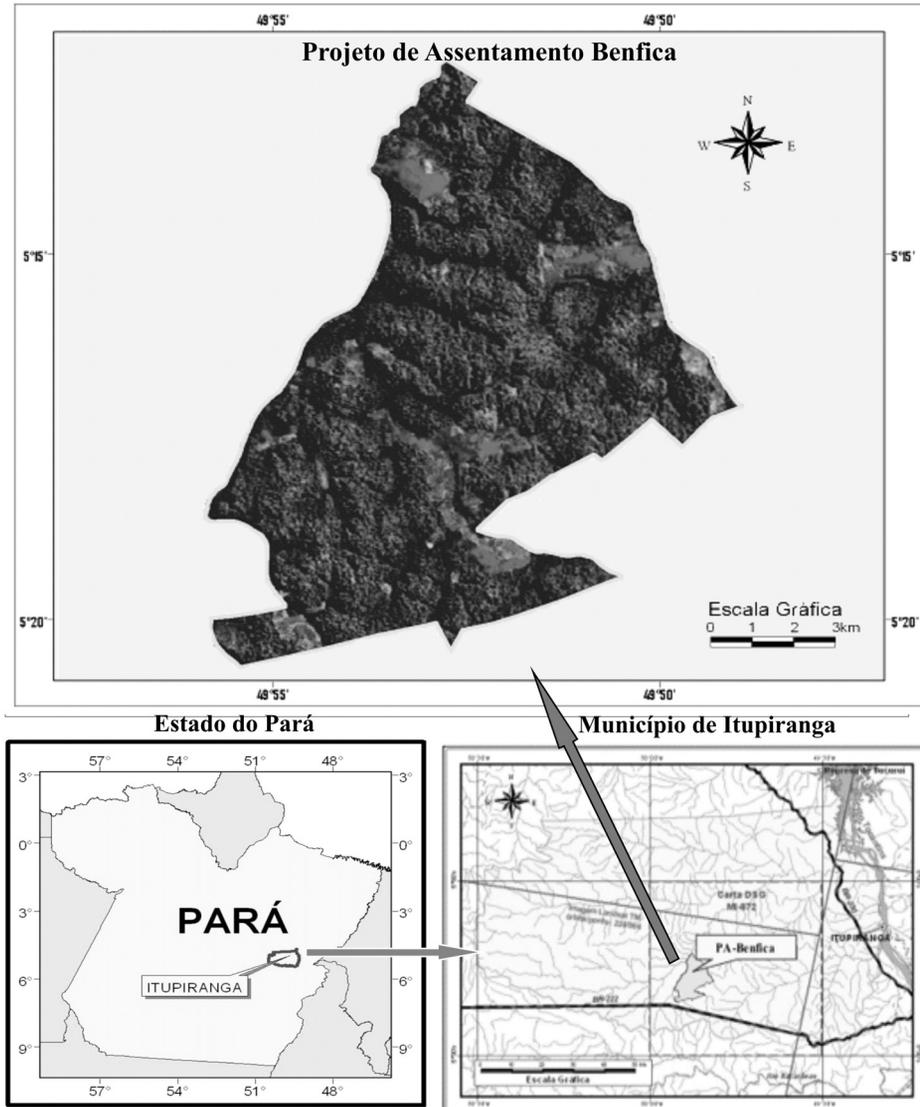


Figura 1 - Localização da área de estudo

A vegetação original corresponde às áreas de floresta primária classificadas, de acordo com IBGE (1992), como Florestas Ombrófilas Densas e também as áreas de vegetação secundária, cujos estádios de desenvolvimento variam de acordo com o tempo de abandono. O uso da terra consiste em adquirir e especializar-se na criação de gado, promovendo uma substituição progressiva da floresta por pastagens (REYNAL et al., 1995).

Os solos variam conforme o relevo. Nos platôs, ocorre principalmente latossolos; nas partes médias das vertentes, os podzólicos e cambissolos e, nas baixas vertentes, ocorrem, de forma generalizada, os solos hidromórficos.

A rede hidrográfica é formada pelo Rio Cajazeiras, tributário da bacia do Rio Tocantins, que corta o Município de Itupiranga (PA). No sentido Sul-Norte, destacam-se o Rio da Esquerda e os igarapés Benfica, Santa Isabel e Palmeira, que são permanentes, além de pequenos córregos sem denominação (BRAND; SICARD, 2003).

MÉTODOS

A proposta metodológica integrou uma abordagem geográfica, com enfoque na complexidade de uma tipologia de paisagem, abrangendo quatro fases principais que articulam duas ferramentas: a paisagem e as imagens. No trabalho de campo, os padrões espaciais foram correlacionados com as feições espectrais presentes na imagem, sendo identificados os Componentes da Paisagem que, por um lado, se deu em função da ação antrópica e dos ambientes que eles revelam e, por outro lado, do reconhecimento da fisionomia do uso da terra, no campo e nas imagens.

Os Componentes da Paisagem foram concebidos para agir como linguagem comum nas imagens e nas medidas de complexidade, cuja natureza, proporção e organização espacial, viabilizaram a identificação dos Tipos de Paisagens e de sua complexidade. Por sua vez, os Tipos de Paisagens foram constituídos de uma combinação de componentes; portanto, uma entidade mais inclusiva, representante de uma porção do espaço homogêneo e coerente em relação à fisionomia dos lugares (existência de uma semelhança natural, arranjo e frequência dos elementos constituintes). De acordo com Tardella et al. (2007), a tipologia de paisagens é a síntese do meio ambiente, fundamentada em processos de derivação do grau de naturalidade, representado pela da situação atual – determinada por condições ambientais e antrópicas –, e avaliada com base na composição florística e estrutura ecológica das fitocenoses ou associações vegetais.

As atividades ligadas ao sensoriamento remoto e ao geoprocessamento foram baseadas em estudos já desenvolvidos em Projetos de Assentamento da Mesorregião Sudeste Paraense, como, por exemplo, Sampaio et al. (2000), Watrin et al. (2005), Silva et al. (2005), que subsidiaram as análises combinadas sobre a estimativa do grau de complexidade dos tipos de paisagens. As imagens multiespectrais do satélite Landsat, órbita/ponto 224/064 utilizadas referem-se às bandas espectrais TM3 (vermelho), TM4 (infravermelho próximo), TM5 (Infravermelho médio) e composição colorida R5G4B3, de 1987 e 1992 (antes da ocupação da área de estudos), 1996 (após a ocupação da área), 2001 (após a liberação de crédito do Programa Nacional da Agricultura Familiar (Pronaf), momento de maior expansão das áreas de pastagem) e 2005 (antes dos levantamentos de campo ocorridos a partir do segundo semestre de 2005 e no primeiro e segundo semestres de 2006).

O tratamento e análise do conjunto de dados e informações georreferenciadas das áreas de estudo foram conduzidos nos programas Spring 4.2 (INPE/ DPI, 2006), ArcView 3.3 (ESRI, 2000). As imagens passaram pelo processo de segmentação em que foram definidos os limiares 8 para similaridade e 10 para área. Segundo Ait Belaid et al. (1992), nesta abordagem há incorporação, além de informações como média e variância espectrais, de parâmetros que descrevem a forma, o tamanho e o contexto do segmento ou região. Após a geração de arquivos de contexto, as imagens foram submetidas ao processo de extração de regiões de atributos estatísticos, de modo a permitir a classificação das imagens.

Em seguida, foi realizada a classificação supervisionada, primeiramente na imagem mais recente (2005) e, em seguida, nas imagens referentes aos anos anteriores (1987,

1992, 1996 e 2001), utilizando o método Bhattacharya Distance. Segundo Bins, et al. (1993), o critério de decisão estatística deste método, freqüente na seleção de atributos, permite medir a distância entre duas distribuições. A avaliação de desempenho feita por meio da análise individual de cada classe e suas respectivas amostras, foi realizada com o limiar de 99,9%, visando ao menor índice de rejeição.

A quantificação e análise das áreas dos Componentes da Paisagem deram suporte à terceira fase metodológica referente à identificação dos Tipos de Paisagens semelhantes e à estimativa da complexidade dos Componentes da paisagem, além da transposição dos graus de complexidade dos Componentes para os Tipos de Paisagem, visando à sua espacialização.

A estimativa da complexidade, tanto para os Componentes da Paisagem como para os Tipos de Paisagens, passou por diferentes fases (histórico do uso da área, a análise de dados de sensoriamento remoto, levantamentos botânicos e elaboração da Escala da Complexidade), uma vez que seu nível depende de fatores externos como: tamanho da área, quantidade e qualidade de vegetação natural, etc.

Para o levantamento botânico, foram implantados transectos de 10m x 50 m (500 m²), com pelo menos três amostras em cada componente da paisagem. Neste levantamento, foram consideradas as espécies arbóreas com diâmetro a altura do peito (DAP) e 10 cm. Em cada transecto, foi alocado um subtransecto de 5m x 50m para medições das plantas do Estrato Médio, com diâmetro à altura do peito <10 cm e altura maior que 2m. Nos subtransecto de 5m x 50m, foi alocado outro subtransecto de 1m x 50m, para contagem das ervas e espécies lenhosas menores que 2m de altura do Estrato Inferior. Em todos os estratos foram coletados ramos ou galhos, férteis ou estéreis, cujos registros individuais ocorriam em nível de família, gênero e espécie, posteriormente, validados junto às coleções botânicas do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

As plantas foram classificadas em dois grandes grupos: pioneiras e florestais, conforme Mitja et al. (2003), cujo levantamento botânico deu origem a três indicadores de complexidade: Diversidade, Estratificação e Transformação. O Indicador de Diversidade refere-se ao total das espécies (riqueza) encontradas em cada tipo fisionômico denominado Componente da Paisagem, onde foram identificadas as características ambientais nas parcelas de amostragem com respectivos pontos de localização geográfica. O Indicador de estratificação informa a organização horizontal e vertical do estrato superior ou arborescente, a fim de estimar a superfície do terreno correspondente à projeção vertical de sua vista área e seu estado de maturidade (DA LAGE; MÉTAILLÉ, 2000), que pode, em alguns casos, ser superior em 100% da superfície ocupada, além de seu estado de maturidade. O Indicador de transformação refere-se à porcentagem das espécies pioneiras em cada componente.

A estimativa do indicador de transformação foi calculada para cada componente a partir de:

$$IT = SP / S \times 100$$

Em que:

IT = indicador de transformação.

SP = número de espécies pioneiras.

S = número total de espécies.

Os indicadores botânicos, que expressam o potencial de biodiversidade da paisagem, foram distribuídos na Escala de Complexidade, baseada em classes de valores e de uso freqüente nas ciências, como, por exemplo, a Escala de Beaufort, a escala Richter ou escala européia de riscos de avalanche. Nesta fase, foi adaptada a proposta apresentada por Laques et al. (2007), que trata do cálculo do grau de complexidade dos Componentes da Paisagem baseada em indicadores botânicos, os quais expressam o potencial de biodiversidade da paisagem para estimar a complexidade dos Tipos de Paisagens. A transposição metodológica dos graus de complexidade dos Componentes da Paisagem para os Tipos de Paisagens

ocorreu a partir da superfície ocupada pelos mesmos, combinada com a ponderação destes valores no contexto de um equilíbrio global, como segue abaixo:

$$\frac{S_1 \times \alpha_1 + S_2 \times \alpha_2 + \dots + S_n \times \alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n} = \text{Grau de biodiversidade do TP}$$

Em que:

S = superfície ocupada pelo Componente da Paisagem.

α_n = grau de complexidade do Componente da Paisagem.

Na última fase, foram construídos os mapas da dinâmica da complexidade dos Tipos de Paisagens para visualizar a espacialização da evolução dos estados de transformação da complexidade. O procedimento foi relativamente simples, compreendendo dois níveis básicos de leitura e interpretação: um abrangendo a observação elementar, por meio dos Tipos de Paisagens e da evolução do seu grau de complexidade, e outro de conjunto, permitindo examinar os ecossistemas de maior valor naturalístico ou de maior grau de complexidade. Esta relação permitiu estimar um grau diferenciado de complexidade que expressa, de forma numérica e espacial, as diferentes condições ambientais.

RESULTADOS

Componentes da Paisagem e Tipos de Paisagens

Foram identificados dez Componentes da Paisagem (Figura 2), além da água, tais como: Floresta Remanescente (CP1), Mata Ciliar (CP2), Brejos (CP3), Capoeira Alta (CP4), Capoeira com Jurubeba (CP5), Capoeira Baixa (CP6), Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8), Floresta de Babaçu (CP9) e Pasto Limpo (CP10), cujas áreas foram quantificadas para os anos de 1987, 1992, 1996, 2001 e 2005.

A identificação e a quantificação das áreas dos Componentes da Paisagem auxiliaram na identificação e quantificação de seis Tipos de Paisagens (Figura 3): Floresta (TP0), Mosaico Agrícola (TP1), Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), Grandes Extensões de Pastagem (TP3), Babaçu (TP4) e Grandes Extensões de Pasto (TP5). A transformação a partir dos efeitos ambientais, em decorrência das atividades antrópicas, ocasionou o desaparecimento da paisagem Florestal (TP0) e o predomínio das paisagens Mosaico Agrícola (TP1) e Mosaico Agrícola (TP2) no Benfica I (norte do assentamento). Por sua vez, a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) predominou no Benfica II (sul do assentamento).

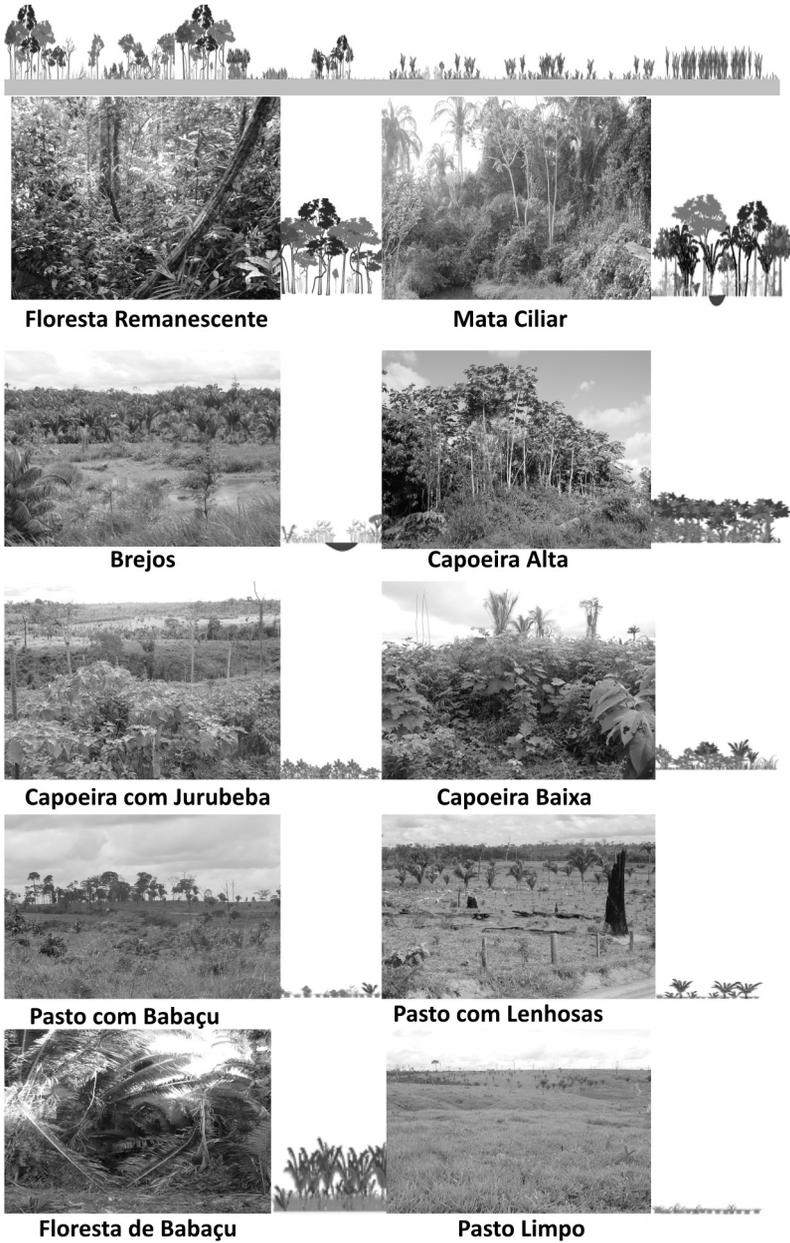


Figura 2 - Componentes da Paisagem do Projeto de Assentamento Benfica, Sudeste Paraense

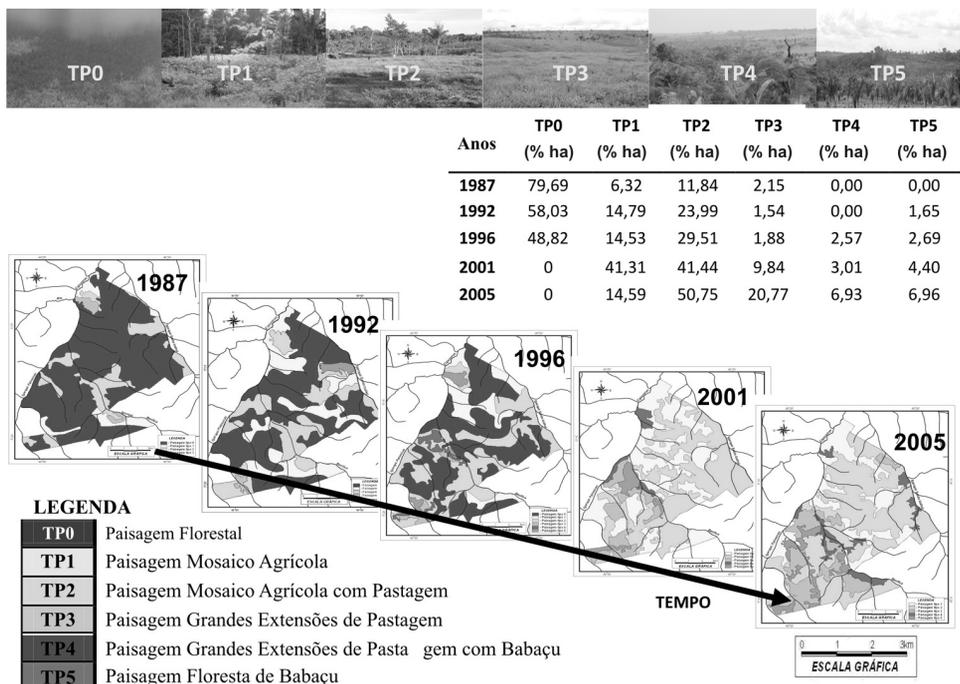


Figura 3 - Quantificação de Áreas e Dinâmica dos Tipos de Paisagens do Projeto de Assentamento Benfica, Sudeste Paraense

Indicadores da Complexidade dos Componentes da Paisagem

Os Indicadores dos componentes da paisagem correspondem a cinco classes (Tabela 1).

No Indicador de Diversidade de Riqueza (Tabela 2), o zero está relacionado ao percentual de riqueza "Muito fraca" (0 a 20%) e o 4 a um percentual de riqueza "Muito Forte" (80 a 100%). Os maiores percentuais de riqueza de espécies estão relacionados aos seguintes Componentes da Paisagem: Floresta Remanescente (CP1), Capoeira Alta (CP4) e Capoeira Baixa (CP6). Os de menor riqueza foram atribuídos aos componentes: Brejos (CP3), Floresta de Babaçu (CP9) e Pasto Limpo (CP10).

Em relação ao Indicador de Estratificação (Tabela 3), ressalta-se que, considerando a existência de pelo menos três estratos florestais (estrato inferior, sub-bosque e dossel) e também a continuidade do dossel, os Componentes da Paisagem foram classificados em cinco classes, em que zero está relacionado à inexistência de estratificação e 100 está relacionado à presença de pelo menos três estratos, com o dossel fechado.

Os componentes variaram entre os limites "sem estrato", como o Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8) e Pasto Limpo (CP10), e "fechado", como a Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2). Os maiores resultados estão relacionados aos componentes Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2). Neste indicador, quanto mais variado e maior o número de espécies, mais fechado o seu estrato.

Tabela 1 - Classes de Riqueza, Número de estratos e continuidade do dossel e Espécies Pioneiras dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Sudeste Paraense

Riqueza de espécies					
Pontos	Muito fraca (0 a 20 %)	Fraca (20 a 40 %)	Média (40 a 60 %)	Forte (60 a 80%)	Muito forte (80 a 100%)
0	X				
1		X			
2			X		
3				X	
4					X

Número de estratos e continuidade do dossel					
Pontos	Sem estrato	Árvores isoladas	Muito descontínuo	Descontínuo	Fechado
0	X				
1		X			
2			X		
3				X	
4					X

Espécies Pioneiras					
Pontos	0 a 20%	20 a 40%	40 a 60%	60 a 80%	80 a 100%
0					X
1				X	
2			X		
3		X			
4	X				

Tabela 2 - Riqueza dos componentes da Paisagem do PA-Benfica, Sudeste Paraense

Componentes	Nº.	Pontuação de riqueza
CP1 - Floresta Remanescente	267	4
CP2 - Mata Ciliar	135	2
CP3 - Brejos	117	1
CP4 - Capoeira Alta	302	4
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	168	2
CP6 - Capoeira Baixa	295	4
CP7 - Pasto com Lenhosas	138	2
CP8 - Pasto com Babaçu	156	2
CP9 - Floresta de Babaçu	122	1
CP10 - Pasto Limpo	89	1
TOTAL	1789	

Tabela 3 - Estratificação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Sudeste Paraense

Componentes	Estrato arborecente	Pontuação de Estratificação
CP1 - Floresta Remanescente	Fechado	4
CP2 - Mata Ciliar	Fechado	4
CP3 - Brejos	Árvores isoladas/Sem estrato	1
CP4 - Capoeira Alta	Muito descontínuo/Descontínuo	2
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	Árvores isoladas/Sem estrato	1
CP6 - Capoeira Baixa	Árvores isoladas/Descontínuo	1
CP7 - Pasto c/ Lenhosas	Sem estrato	0
CP8 - Pasto c/ Babaçu	Sem estrato	0
CP9 - Floresta de Babaçu	Descontínuo	3
CP10 - Pasto Limpo	Sem estrato	0

Para o indicador de Transformação, conforme observado na Tabela 4, os componentes da paisagem foram classificados em relação ao percentual de espécies pioneiras.

Tabela 4 - Transformação dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Sudeste Paraense

Espécies Pioneiras		
Componentes	Nº. Pioneiras	Pontuação da Transformação
CP1 - Floresta Remanescente	22	3
CP2 - Mata Ciliar	22	3
CP3 - Brejos	46	2
CP4 - Capoeira Alta Mista	55	2
CP5 - Capoeira c/ Jurubeba	52	2
CP6 - Capoeira Baixa	89	0
CP7 - Pasto c/ Lenhosas	43	2
CP8 - Pasto c/ Babaçu	66	1
CP9 - Floresta de Babaçu	46	2
CP10 - Pasto Limpo	47	2

Os mais atingidos por impactos de uso foram a Capoeira Baixa (CP6) e Pasto com Babaçu (CP8), considerados os primeiros estádios de reconstrução da vegetação, enquanto os mais estáveis foram a Floresta Remanescente (CP1) e a Mata Ciliar (CP2). Assim, os maiores valores de transformação estão associados à Floresta Remanescente (CP1) e Mata Ciliar (CP2) e o menor valor encontrado, ao Pasto Limpo (CP10).

O grau de complexidade dos Componentes da Paisagem

A atribuição dos graus de complexidade dos Componentes da Paisagem foi realizada por meio da acumulação dos pontos dos indicadores referentes às 10 formações vegetais, distribuídos segundo suas peculiaridades florísticas-vegetacionais-fitossociológicas e ecológico-paisagísticas, na Escala de Complexidade, em ordem progressiva, do mais simples ao mais complexo (Tabela 5).

Tabela 5 - Graus de Complexidade dos Componentes da Paisagem do PA-Benfica, Sudeste Paraense

	Indicador Diversidade	Indicador Estratificação	Indicador Transformação	Índices de Complexidade (α_n)
CP1	4	4	3	11
CP2	2	4	3	9
CP3	1	1	2	4
CP4	4	2	2	8
CP5	2	1	2	5
CP6	4	1	0	5
CP7	2	0	2	4
CP8	2	0	1	3
CP9	1	3	2	6
CP10	1	0	2	3

Os graus de maior complexidade referem-se aos componentes Floresta Remanescente (CP1), Mata Ciliar (CP2) e Capoeira Alta (CP4) e Capoeira Baixa (CP6). Isto pode ser explicado pelo número de espécies pioneiras, que após o processo de desflorestamento, influenciam nas quantidades de riqueza encontrada. Os graus de complexidade mediana estão relacionados aos componentes Brejos (CP3), Capoeira com Jurubeba (CP5), Pasto com Lenhosas (CP7), Pasto com Babaçu (CP8) e Floresta de Babaçu (CP9). O menor grau de complexidade foi atribuído ao Pasto Limpo (CP10), refletindo menor valor natural e maior homogeneização espacial associado, principalmente, aos resultados de estratificação. Com relação ao Pasto com Lenhosas (CP7) e Pasto com Babaçu (CP8), apesar do mesmo resultado de estratificação observado para o componente Pasto Limpo (CP10), os mesmos apresentaram maiores graus de complexidade em relação ao Pasto Limpo (CP10), em virtude do ganho das pioneiras.

O grau de complexidade dos Tipos de Paisagens

O grau de complexidade para os Tipos de Paisagens foi baseado nos graus de complexidade dos Componentes da Paisagem, conforme relacionados a seguir: Florestal (TP0), Mosaico Agrícola (TP1), Mosaico Agrícola com pastagem (TP2), Babaçual (TP4), Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) e Grandes Extensões de Pastagem (TP3). De um modo geral, na evolução da complexidade dos Tipos de Paisagens do PA-Benfica, os resultados indicam que até 1996 o maior grau de complexidade predominou nas paisagens Florestal (TP0), representada pelo componente Floresta Remanescente, Mosaico Agrícola (TP1), em virtude da matriz formada por Capoeiras Alta e Baixa, além da presença de manchas do componente Floresta Remanescente.

O grau mediano de complexidade refere-se à paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2), com a predominância de manchas de capoeiras e a presença da pastagem, enquanto os das paisagens Grandes Extensões de Pastagem (TP3) e Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) se aproximam do grau próximo do valor final na Escala de Complexidade. A paisagem Babaçu (TP4) apresentou um grau de complexidade mais elevado em relação ao da paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3) e da paisagem Grandes Extensões de Pastagem com Babaçu (TP5).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os múltiplos estados de equilíbrio ecológico das formações vegetais referem-se a um conjunto estável frente às mudanças no tempo e na ordem interna do sistema, possuindo uma dinâmica que funciona nas fronteiras do clímax. Neste sentido, as maiores diferenças na estrutura da paisagem se destacam nos processos e relações subjacentes que se estabeleceram entre as atividades humanas e a natureza, num processo contínuo, representando uma importante categoria analítica indissociável. Isto faz aumentar ou diminuir os graus de complexidade que se encontram entre 0 (mais fraco) e 12 (mais forte), na Escala da Complexidade, resultando na lógica de uma aparente organização espacial, refletida nos Tipos de Paisagens permitindo, de acordo com Laques et al. (2007), fornecer uma imagem global da potencialidade para realizar ou não os serviços ambientais.

A diversidade de implicações e interações recíprocas que envolvem a complexidade ambiental indicou os graus mais elevados nos ambientes que se aproximam do clímax de maior valor natural e estado de conservação como, por exemplo, as paisagens dos tipos Florestais (TP0) e Mosaico Agrícola (TP1), enquanto o grau mediano de complexidade da paisagem Mosaico Agrícola com Pastagem (TP2) deve-se, principalmente, aos remanescentes florestais e ao ganho das espécies pioneiras nas áreas de capoeira, onde o processo sucessional que se estabeleceu após o uso sugere maior riqueza e diversidade biótica.

Segundo Brown and Lugo (1990) e Andel (2001), as formações secundárias diferem muito de florestas primárias quanto aos aspectos de riqueza, composição florística e estrutura. Na paisagem Mosaico Agrícola com pastagem (TP2), os limites variaram entre uma situação de reconquista de uma área anterior à pastagem, por meio da sua transformação da vegetação de médio/grande porte (Capoeiras Altas). A expansão das atividades pecuárias requer áreas extensas para implantação de pastagem e no PA-Benfica tende a evoluir para a paisagem Grandes Extensões de Pastagem (TP3), seguida da paisagem Grandes Extensões de Pasto com Babaçu (TP5) e Babaçu (TP4), em função do manejo da pastagem.

De acordo com Sartre et al. (2005), a implantação de pastagens limita a regeneração da capoeira (pousio dominado por espécies herbáceas), etapa indispensável para sua reconstituição (em que o estrato arbustivo seguido do arbóreo é dominante), cuja ausência priva o agricultor dos cultivos alimentares anuais. Sua expansão é, geralmente, considerada conseqüência de uma lógica, predominantemente, econômica de exploração e da baixa fertilidade dos solos, que levam à concentração fundiária e à rápida degradação do meio ambiente. Neste sentido, os diferentes Tipos de Paisagens reagem fortemente às mudanças de seus componentes e refletem diferentes dinâmicas que se estabelecem a partir das condições e chances de manter ou não os sistemas produtivos fazendo aumentar ou diminuir o seu grau de complexidade.

Em conclusão, o procedimento metodológico adotado neste trabalho foi rápido e de fácil assimilação para estimar a complexidade de uma tipologia de paisagens, abrindo perspectivas de trabalhos futuros, com a mesma abordagem. Os Tipos de Paisagens congregam informações representativas de uma realidade e despontam como instrumentos de informa-

ção, para formulação de políticas de desenvolvimento sustentável e conservação da biodiversidade, uma vez que são tangíveis para a programação de planos e projetos voltados para este objetivo. Neste contexto, a análise da complexidade dos Tipos de Paisagens remete para a urgência de se repensar as potencialidades e restrições da paisagem em relação às atividades produtivas, como medida preliminar para o uso da terra de forma sustentável, uma vez que mantidas as condições atuais, fica difícil prever a conservação da biodiversidade.

Por sua vez, os mapas temáticos da evolução da complexidade dos Tipos de Paisagens, associados à variável temporal de uma série histórica de imagens tiveram o grande mérito de alertar para a localização e dimensão dos impactos sobre os recursos naturais, assim como, para as potencialidades ambientais, mostrando-se como instrumentos de valor espacial para acompanhar a transformação e a evolução da complexidade da paisagem, bem como, subsidiar políticas planejamento e conservação da biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte integrante dos resultados alcançados na tese de doutorado "Dinâmica e Complexidade da Paisagem de um Projeto de Assentamento na Mesorregião Sudeste Paraense" e deve-se à Cooperação Internacional entre a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e o Institut de Recherche pour le Développement (IRD), com a participação do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Embrapa Amazônia Oriental, Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Universidade de Brasília (UnB) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

REFERÊNCIAS

- AIT BELAID, M.; EDWARDS, G.; JATON, A.; THOMSON, K.P.B.; BEAULIEU, J. M. Post-segmentation classification of images containing small agricultural fields. **Geocarto International**, v.7, n. 3, p. 53-60, 1992 .
- ANDEL, T.V. Floristic composition and diversity of mixed primary and secondary forests in Northwest Guyana. **Biodiversity and Conservation**, v.10, n. 10, p. 1645-1682, 2001.
- BARBOSA, F. A moderna biotecnologia e o desenvolvimento da Amazônia. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v.17, n. 2, p. 43-79, 2000.
- BATISTELLA, M.; ROBESON, S.; MORAN, E.F. Settlement design and landscape change in Amazônia: a multi-temporal evaluation using spatial metrics. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.69, n. 7, p. 805-812, 2003 .
- BERTRAND, G. 'La Science du Paysage', une 'Science Diagonale'. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 43, n. 2, p. 127-133, 1972.
- BÉRINGUIER, P.H.; DÉRIOZ, P.; LAQUES, A-E. **Les paysages français**. Armand Coll. "Synthèse" Paris: Éd. Armand-Colin, 1999. 96p.
- BIRI K.B.; MAITRE D'HOTEL, E. **Contribution à l'étude de la durabilité de l'agriculture familiale en zone de front pionnier**: Exemple de la communauté de Benfica en Amazonie orientale brésilienne. Montpellier: Centre national d'études agronomiques des régions chaudes - Cnearc (Mémoire CNEARC - ESAT1), Montpellier - França, 95p, 2002.

BRAND, Y.; SICARD, G. **Contribution à l'étude de la durabilité de l'agriculture familiale en zone de front pionnier**: Etude des modes de mise en valeur et des stratégies des agriculteurs dans Benfica en Amazonie orientale brésilienne. Mémoire Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes - CNEARC. Montpellier – França, 83p, 2003.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, n. 1, p. 1-31, 1990.

CNRS. CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. **Le Trésor de la Langue Française informatisé**. ATILF, CNRS, Univ. Henri -Poincaré Nancy 1. 2004, CD-ROM. Disponível em: <http://www.tffi.fr/>. Acesso em: 10 dez. 2005.

DA LAGE, A.; MÉTAILLÉ, G. **Dictionnaire de biogéographie végétale**. Paris: CNRS Editions, 2000. p. 579.

DELAHAYE, J-P. La complexité mesurée par la longueur des programmes. **Pour la Science**, v.3 14, p. 34-38, 2003.

DOSSO, M.; ASSIS, W.S.; MEDINA, C.de C.; CURMI, P.; GRIMALDI, C.; GRIMALDI, M.; GUIMARÃES, M.de F.; JOUVRE, P.; MARTINS, P.; NAVEGANTES, L.; OLIVEIRA, M.; RALISCH, R.; RUELLAN, A.; SILVA, L.M.S.; SIMÕES, A.; TAVARES FILHO, J.; VEIGA, I. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 22, n. 1, p. 185-206, 2005.

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

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. Progress in Physical Geography. **Journal Landscape Ecology**. New York: John Wiley, v. 20, n. 3, p. 363-364, 1986.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

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. 2005.

LAQUES, A-E.; GUILLAUMET, J-L.; ALVES, L.N.; GURGEL, H.da C.; SAMPAIO, S.M.N.; LÉNA, P.; DE ROBERT, P.; FAURE, J-F.; GOND, V.; GIRRES, J-F. Dynamiques de biodiversité et impact spatial des politiques publiques en Amazonie Brésilienne. In: COLLOQUE "SCIENCES ET ACTION POUR LA GESTION ET LA CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ. Lozère - França. **Actes du Colloque...** 2007. 10p.

LASSAU, S.A; HOCHULI, D.F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**, Blackwell Publishers, v. 27, n. 2, p. 157-164, 2004.

LIMA, A.J.N.; TEIXEIRA, L.M.; CARNEIRO, V.M.C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus, AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 49-54, 2007.

MITJA, D.; DE ROBERT, P. Renovação das pastagens por agricultores familiares na Amazônia: o caso de Santa Maria, PA. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília, v. 20, n. 3, p. 453-493, 2003.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology**. Theory and application. New York: Springer, 1994.

PIANKA, E.R. **Evolutionary ecology**. New York: Harper Collins College Publishers, 1994, 486p.

PUNTEL, G.A. Paisagem no ensino da geografia. **Agora**. Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 1, p. 283-298, 2007.

REYNAL, V. de; MUCHAGATA, M.G.; TOPALL, O.; HEBETTE, J. **Agricultures Familiales et développement em front pionnier amazonien**. Belém: LASAT/CAT/GRET/UAG, 1996.

SAMPAIO, S.M.N.; WATRIN, O. dos S.; VENTURIERI, A. Dinâmica na cobertura vegetal e uso da terra do Polígono dos Castanhais no Sudeste Paraense. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, (Embrapa Amazônia Oriental. **Documentos**, nº31).

SILVA, B.N.R. da; WATRIN, O. dos S.; SAMPAIO, S.M.N.; SCHWARTZ, G. Zoneamento de áreas potenciais para reflorestamento visando à produção de lenha e carvão como alternativa para os produtores do Projeto de Assentamento São Francisco, Sudeste Paraense. **Revista do IESAM**, v. 3, n. 1 e n. 2, p. 169-178, 2005.

TARDELLA, F. M.; MARTINELLI, M.O.E. Biodiversidade florestal e paisagística do território municipal de Sellano - Úmbria - Itália. **Espaço e Tempo**. São Paulo, v. 21, p. 185-211, 2007.

TEWS, J.; BROSE, U.; GRIMM, V.; TIELBÖRGER, K.; WICHMANN, M.C.; SCHWAGER, M.; JELTSCH, F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 1, p. 79-92, 2004.

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

Recebido em setembro de 2009

Aceito em abril de 2010