

Dinâmica de fragmentos florestais em propriedade de base econômica pecuária no sudeste do estado do Pará

Orlando dos Santos Watrin¹
Marcos Adami²
Sandra Maria Neiva Sampaio¹
Tássio Franco Cordeiro³
Antônio Guilherme Soares Campos¹
Rodrigo Rafael Souza de Oliveira²

¹Embrapa Amazônia Oriental - EMBRAPA/ CPATU
Caixa Postal 48 - 66095-903 - Belém - PA, Brasil
{orlando.watrin; sandra.sampaio; guilherme.campos}@embrapa.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/CRA
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Belém - PA, Brasil
{marcos.adami; rodrigo.oliveira}@inpe.br

³Universidade Federal do Pará - UFPA/ Embrapa Amazônia Oriental
EMBRAPA/ CPATU - Caixa Postal 48 - 66095-903 - Belém - PA, Brasil
tassiofc@hotmail.com

Abstract. Rates of Amazon's primary forest conversion to alternative land uses have increased from the 1970s, especially in the region's southern and eastern portions. This paper spatially evaluates the dynamics of anthropogenic disturbance of forest fragments in a rural landholding in Southeast Pará, Brazil. Landsat TM images covering a 26-year period (1985-2011) were used in the analysis. While in 1985 forests prevailed in the landscape, substantial losses were observed in the following year due to the expansion of planted pastures and secondary succession. The almost depletion of forests and the use of these areas for agriculture was connected to a trend of stability in the area of Open Pasture. This possibly resulted from the progressive adoption of sustainable management practices. Deforestation rates showed two different trends. Very high rates were initially recorded, contrasting with a sharp decrease in the following period. A progressive reduction then followed until the last period of analysis, when a negative deforestation rate was recorded. The landholding's amount of Legal Reserve (areas for environmental protection, according to the Brazilian Forest Code) was lower than the legally required standards. Considering the fragmentation of remaining forests, it is therefore critical to provide effective protection and avoid the degradation of these fragile areas.

Palavras-chave: landscape fragmentation, geotechnologies, Eastern Amazonia, fragmentação da paisagem, geotecnologias, Amazônia Oriental.

1. Introdução

Atualmente, uma das maiores preocupações ambientais mundiais corresponde ao processo de fragmentação de ecossistemas que, entre outras consequências, tem promovido a redução da biodiversidade e dos serviços ecológicos associados aos mesmos. Segundo Carrero e Fearnside (2011), este processo é mais preocupante no caso da região amazônica, considerando que a mesma abriga quase a metade das florestas tropicais remanescentes do planeta. Entretanto, em virtude da extensão geográfica, das variações edafoclimáticas e, sobretudo, do histórico e da forma de ocupação, as mudanças antrópicas na paisagem não se processaram de maneira homogênea no espaço em questão, gerando algumas áreas mais críticas quanto às modificações ambientais.

A conversão de floresta primária para outros usos alternativos da terra na bacia amazônica vem ocorrendo de forma acelerada a partir da década de 1970, principalmente em suas porções sul e leste, em região conhecida como "Arco do Desflorestamento". Tais distúrbios antrópicos, constituem o processo de dinâmica de uso e cobertura da terra na região

(Sorrensen, 2008), que comumente tem início com o corte seletivo de madeira, prosseguindo por vários ciclos até a extinção das espécies comerciais. Com a perda de aproximadamente metade da estrutura da floresta primária, tem-se como prática comum o uso do fogo para preparo de área para implantação de sistemas agropecuários, principalmente pastagem, o uso da terra de maior relevância em termos de área na Amazônia (Mertens et al., 2002; Watrin et al., 2005). Após a perda da produtividade, pelo manejo inadequado, muitas destas áreas são posteriormente abandonadas, favorecendo o processo de sucessão vegetal natural.

O 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 (Turner et al., 2001). Entretanto, mesmo considerando a fragilidade dos pequenos fragmentos florestais na paisagem, Galetti et al. (2010) destacam o valor ecológico associado aos mesmos, na medida em que os fluxos entre as populações remanescentes persistem, muitas vezes sendo facilitada pela curta distância entre esses fragmentos.

Na avaliação espacial dessa problemática, os estudos ambientais revestem-se de grande importância para auxiliar no entendimento dos processos de ocupação de regiões como a Amazônia. Neste sentido, a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento apresenta-se como ferramenta valiosa para subsidiar tais estudos no âmbito de ambientes tropicais que vem passando por rápidas mudanças na paisagem. Ainda mais atualmente, com a disponibilidade de uma larga série de imagens ortoretificadas (Gutman et al., 2013) e com correção atmosférica (Masek et al., 2006).

Considerando essas premissas, este trabalho tem como objetivo avaliar espacialmente, em período de 26 anos, a dinâmica de antropização de fragmentos florestais em uma propriedade rural em área de fronteira agrícola, na mesorregião do Sudeste Paraense.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na propriedade rural denominada Fazenda Cristalina, localizada entre os municípios de São João do Araguaia e de São Domingos do Araguaia, mesorregião do Sudeste Paraense, entre as coordenadas de 05°33'34,79" a 05°37'19,01 de latitude Sul e de 48°30'27,06" a 48°27'42,15" de longitude Oeste (Figura 1). Com 1.998,54 ha, a propriedade em questão é drenada por igarapés tributários da bacia do Córrego Fortaleza, sendo a malha viária existente subordinada à rodovia BR-230, que corta a propriedade ao meio.

Com base nos dados relativos ao período de 1973-1990 para a estação meteorológica de Marabá (Brasil, 2009), o clima é caracterizado como tropical chuvoso, com índices pluviométricos anuais relativamente altos e observância de uma nítida estação seca. A média anual da temperatura corresponde a 26,1°C, sendo a máxima de 31,7°C e a mínima de 22,1°C. A média anual da umidade relativa do ar situa-se próxima a 82%, enquanto a precipitação pluviométrica registrou um total médio anual em torno de 2.100 mm, sendo o trimestre mais chuvoso entre os meses de fevereiro a abril, e o mais seco entre os meses de junho a agosto.

Segundo Curcio et al. (s/d.), o solo predominante na área de estudo é o Latossolo Vermelho-Amarelo, que apresenta limitações para uso somente de natureza química, porém de fácil correção a partir de insumos agropecuários. Em áreas mais restritas, são observados ainda solos com limitações de uso de ordem física, como o Plintossolo Pétrico concrecionário, com grande concentração de concreções ferruginosas (pedras), e o Neossolo Quartzarênico órtico, caracterizado pela textura muito arenosa.

Conforme Veloso et al. (1974), a área de interesse está sob o domínio da Floresta Ombrófila Densa Submontana Aplainada, com cobertura florestal de maneira uniforme ou

com presença de árvores emergentes. Em menor proporção, podem ocorrer manchas de Floresta Ombrófila Aberta, nas variações com cipós e com palmeiras.

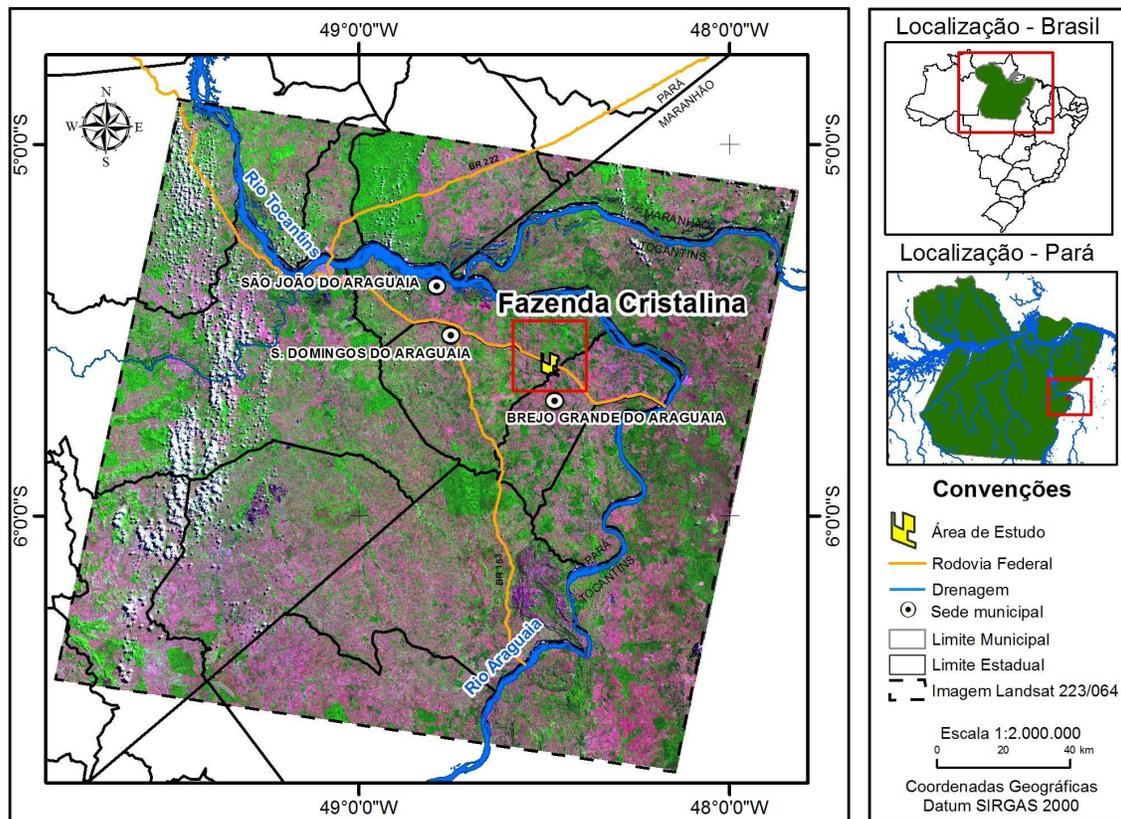


Figura 1 -- Localização da área de estudo.

2.2 Sistematização de Dados Georreferenciados

Para a caracterização do uso e cobertura da terra na área de estudo foram utilizadas imagens TM/Landsat (órbita/ ponto 223/064, bandas TM 3, 4 e 5), referentes as datas de 14/07/1985, 08/09/1988, 28/05/1991, 23/07/1994, 28/05/1997, 07/07/2000, 30/06/2003, 09/08/2006, 17/08/2009 e 07/08/2011. Como base cartográfica foi considerado mapa da propriedade em questão na escala 1:20.000, sob o Sistema SIRGAS2000, que também serviu para definir o limite da área de estudo. Salienta-se que a entrada e análise de dados georreferenciados foram conduzidas no programa SPRING 5.2.3 (INPE/ DPI, 2013) e ArcGIS 10 (ESRI, 2014), considerando o sistema de projeção SIRGAS2000, na escala de 1:50.000.

2.3 Pré-Processamento de Imagens

Após as imagens serem importadas para o sistema, foi implementada a operação de georreferenciamento, considerando a imagem mais recente (07/08/2011) e o mapa da propriedade. A seguir, foi efetuada a etapa de registro, onde as imagens dos demais anos analisados foram registradas considerando-se como referência a imagem já georreferenciada.

Foi realizado, a partir do ArcGIS, um processo de normalização radiométrica a partir de parâmetros orbitais do satélite e de calibração do sensor, envolvendo as etapas de transformação dos números digitais das imagens brutas em valores de radiância, e a sua posterior conversão para refletância aparente, como proposto por Markham e Barker (1986).

2.4 Segmentação e Classificação por Regiões

As imagens já normalizadas foram então submetidas ao processo de segmentação, considerando os limiares 6 para similaridade e 8 para área. 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.

A classificação das imagens foi realizada pelo método supervisionado por regiões (algoritmo Bhattacharya). Posteriormente, foi efetuada uma análise do desempenho das amostras coletadas sob limiar de 99,9%, sendo a seguir gerada a classificação, também com o mesmo limiar. A partir do mapeamento para as geoclasses, foram realizadas edições temáticas de modo a reduzir os erros de omissão e comissão.

2.5 Análise Espaço-Temporal

Considerando as imagens temáticas finais dos anos de interesse, foi então realizada a quantificação de área das classes mapeadas. Foi também conduzida a análise da dinâmica do uso e cobertura da terra, sendo possibilitada a partir da tabulação cruzada entre mapas temáticos de datas consecutivas, com base na distribuição espacial de suas informações, permitindo assim, a geração de matrizes de mudanças entre as classes mapeadas, as quais foram posteriormente analisadas.

3. Resultados e Discussão

Considerando o longo período de análise (26 anos) e o fato que a área de estudo está inserida em região de fronteira agrícola, os elementos da paisagem apresentaram uma dinâmica bem intensa, principalmente no binômio floresta-pastagem. A área correspondente a classe Floresta que em 1985 ocupava mais da metade da área total da propriedade (58,95%), já representava em 1988 apenas 28,78% do total, em oposição ao crescimento das áreas de pastagem e de sucessão secundária (Figura 2). A perda de áreas florestais continuou a ser observada nos anos seguintes, porém dentro de taxas mais brandas, registrando em 2011 apenas 18,72% do total, sob a forma de manchas descontínuas.

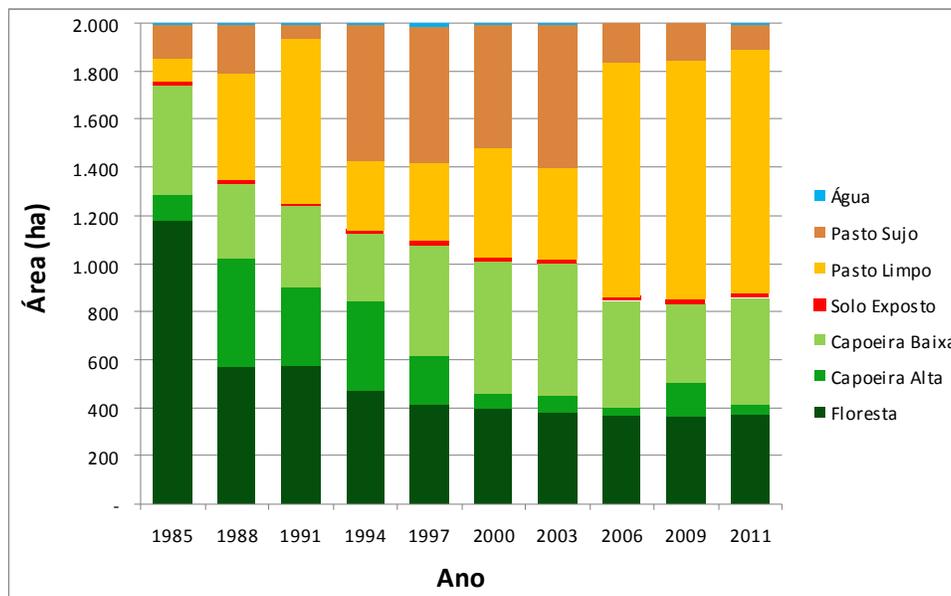


Figura 2 - Distribuição de áreas das classes de cobertura vegetal e de uso da terra para a Fazenda Cristalina, Sudeste Paraense, considerando o período de 1985 a 2011.

Associada a redução dos remanescentes florestais em 1988, as áreas de sucessão secundária apresentaram neste ano crescimento expressivo, em particular a classe Capoeira Alta que atingiu 22,45% do total, provavelmente pela ação do fogo que descaracterizou o dossel florestal original. A partir de 1997 esta classe teve sempre contribuições inferiores a 10% do total, chegando em 2011 a registrar apenas a taxa de 2,10%. Com participação bastante variável nos anos de análise, a classe Capoeira Baixa, apresentou uma leve tendência de crescimento ao longo dos anos, contribuindo com mais de 22% do total em 2011.

Caracterizadas pela baixa representatividade antes de 1998, as áreas de pastagens cultivadas recrudesceram a partir de então, avançando em direção as áreas de tipologia florestal. As áreas de Pasto Limpo apesar de registrarem quedas nos anos de 1994 e 1997 frente ao crescimento das áreas de Pasto Sujo, a partir de 2000 experimentaram tendência de crescimento, culminando com a taxa de participação de mais da metade do total (50,57%) em 2011, em oposição a taxa de 5,21% observada para Pasto Sujo no mesmo ano. Dentre as classes de uso da terra cita-se ainda a classe Solo Exposto, caracterizada pela baixa representatividade em área, sendo nunca superior a 1,36% do total. Observou-se uma dinâmica entre as classes de pastagem, possivelmente associadas ao mercado de boi gordo.

Conforme Mertens et al. (2002), a evolução da cadeia de produtos animais

s tem promovido redes mercadológicas que influenciam muito nos processos de mudança da cobertura vegetal e do uso da terra na Amazônia. A dinâmica da conversão de áreas florestais, a especulação de terras, a complementaridade entre os atores sociais, a intensificação ou não dos sistemas produtivos, e as várias formas de uso da terra são todos relacionados de uma certa forma com a organização e desenvolvimento dessas redes.

No contexto da dinâmica do uso e cobertura da terra, verificou-se a partir de análise das matrizes de mudança entre as classes mapeadas que as áreas de Floresta apresentaram taxas de estabilidade inferiores a 50% apenas para o primeiro período de análise (1985-1988), sendo as conversões desta classe observada, sobretudo, para áreas de sucessão secundária. Nos demais períodos, apesar da redução gradual dos fragmentos florestais, houve tendência à estabilidade (Figura 3), com taxas sempre superiores a 95%, exceto nos períodos de 1991-1994 e 1994-1997, que apresentaram taxas de 82,02% e 88,72%, respectivamente.

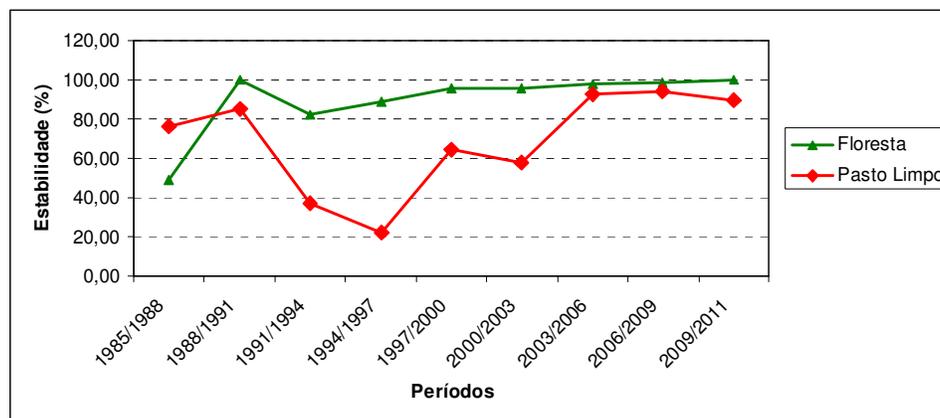


Figura 3 – Estabilidade das classes Floresta e Pasto Limpo para a Fazenda Cristalina, Sudeste Paraense, entre os anos de 1985 a 2011.

Trabalhando em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense, Watrin et al. (2005) comentam que os processos de antropização ocorridos nestas áreas tendem a apresentar trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. O processo de desflorestamento é favorecido naqueles de colonização

mais antiga e com o menor tamanho médio de lotes, restringindo assim a disponibilidade de recursos naturais pelo produtor.

As taxas de estabilidade para as áreas de sucessão secundária foram muito variáveis, sendo no caso da Capoeira Alta entre 15,89% (período 1997-2000) e 100,00% (período 2006-2009). De maneira análoga, para Capoeira Baixa foram registradas taxas de estabilidade que oscilaram entre 13,08% e 93,05%, respectivamente para os períodos 1985-1988 e 2009-2011. Quando tais classes de sucessão secundária não permaneceram estáveis entre anos consecutivos, houve principalmente conversões destas classes entre si, apesar de ser ainda observada abertura de parte das mesmas para formação de pastagens.

Após apresentar taxas de estabilidade baixas nos períodos 1991-1994 e 1994-1997, a classe Pasto Limpo registrou nos períodos seguintes aumentos significativos, chegando em 2006-2009 a exibir porcentagem de permanência de 94,08% (Figura 3). Tal fato dá indícios que houve a necessidade de adoção progressiva de práticas de manejo sustentável nas pastagens, face a limitação das reservas florestais para incorporação ao sistema produtivo. Ainda assim, observou-se pequenas conversões desta classe principalmente para Pasto Sujo.

Por sua vez, a classe Pasto Sujo definiu proporcionalmente as maiores flutuações em termos de estabilidade, sendo as taxas de permanência inferiores as observadas para Pasto Limpo, enquanto as conversões foram registradas principalmente para Pasto Limpo e, em menor proporção, para Capoeira Baixa. Segundo Watrin et al. (2005), a conversão de áreas antes definidas como Pasto Sujo para o padrão de Capoeira Baixa na região do Sudeste Paraense ocorre a partir da intensificação do processo de colonização de espécies invasoras, representada por plantas lenhosas (“juquira”) e palmeiras (babaçu). No tocante à classe Solo Exposto, grande parte das ocorrências permaneceram estáveis, por estarem associadas a benfeitorias (estradas e instalações rurais).

Como reflexo ao observado anteriormente, as taxas de desflorestamento na área de estudo (Tabela 1) foram particularmente altas no período 1985-1988, ocasião em que registrou 202,33 ha/ano (17,09 %/ano). A partir de uma retração acentuada no período seguinte (1988 - 1991), houve uma queda progressiva das taxas até o período 2006 - 2009, onde foi contabilizada a taxa de 2,10 ha/ano (0,56 %/ano), pela restrição de áreas florestais para o avanço das pastagens cultivadas. Entretanto, com a evolução de antigas áreas de Capoeira Alta para o padrão da classe Floresta, houve no período 2009 - 2011 condições favoráveis para o registro da taxa negativa de desflorestamento de -3,18 ha/ano (-0,86 %/ano).

Tabela 1 - Taxas de desflorestamento observadas para a Fazenda Cristalina, Sudeste Paraense, entre os anos de 1985 e 2011.

Períodos	1985/ 1988	1988/ 1991	1991/ 1994	1994/ 1997	1997/ 2000	2000/ 2003	2003/ 2006	2006/ 2009	2009/ 2011
ha/ano	201,33	0,16	33,92	16,59	7,83	6,30	3,06	2,10	-3,18
%/ano	17,09	0,03	5,90	3,52	1,87	1,57	0,80	0,56	-0,86

Na Figura 4 é apresentado mapa simplificado da dinâmica do desflorestamento na área de estudo para alguns anos considerados na análise. A partir do mesmo, pode ser constatada a intensidade e o padrão espacial das áreas antrópicas ao longo dos períodos analisados, sendo particularmente destacado o recrudescimento dos antropismos ocorrido logo após o primeiro ano de análise (1985), com a intensificação do processo de uso da terra na propriedade.

Com relação as áreas com restrições legais ao uso do solo (Brasil, 2012), mais especificamente as Áreas de Reserva Legal, observou-se para o ano de 2011 que a propriedade apresentou um déficit em relação aos parâmetros estipulados pela lei, ou seja,

resguardar 80% da área total da propriedade para este fim. Mesmo incluindo a classe Capoeira Baixa junto as de tipologia efetivamente florestal (Floresta e Capoeira Alta), as áreas que apresentam potencialidade para averbação como Áreas de Reserva Legal contabilizaram 860,76 ha, ou apenas 43,09% do total da área de estudo. Vale ainda ressaltar que tais formações na propriedade encontram-se fragmentadas, de modo que encontram-se biologicamente muito frágeis, sendo necessário protegê-las efetivamente para evitar que sejam degradadas e ampliem ainda mais o déficit das Áreas de Reserva Legal na propriedade.

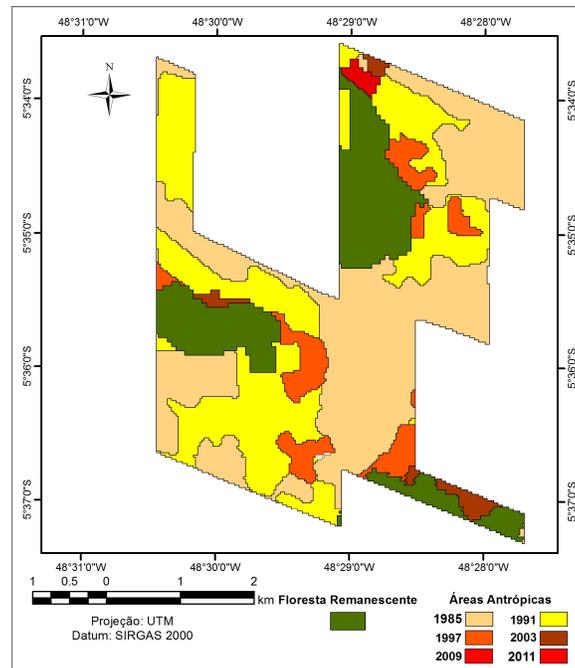


Figura 4 - Dinâmica do uso da terra na Fazenda Cristalina, Sudeste Paraense, entre os anos de 1985 e 2011.

4. Conclusões

Considerando o longo período de análise e o fato que a área de estudo está inserida em região de fronteira agrícola, os elementos da paisagem apresentaram uma dinâmica bem intensa. As áreas de Floresta inicialmente dominantes na paisagem, já no ano seguinte de análise sofreram perdas substanciais, face ao recrudescimento das áreas de pastagens cultivadas e, em menor proporção, de sucessão secundária.

Assim, a dinâmica da paisagem local constitui claramente um processo de intensificação do uso do espaço, com a incorporação dos fragmentos de tipologia florestal para o sistema produtivo. Com a redução progressiva desses fragmentos, houve tendência à estabilidade dos mesmos. As classes de sucessão secundária quando não permaneceram estáveis, foram convertidas entre si, apesar de ainda serem observadas integração destas para pastagens.

Com o quase esgotamento das reservas florestais, houve uma tendência de estabilidade das áreas de Pasto Limpo, a partir da adoção progressiva de práticas de manejo sustentável. Tais práticas implicaram também que parte áreas de Pato Sujo fossem reformadas para implantação de novas áreas de pastagem.

As taxas de desflorestamento apresentaram dois momentos distintos, sendo no primeiro registradas taxas muito altas, em oposição a uma retração acentuada no período seguinte. A partir de então, houve quedas progressivas até que no último período de análise foi registrada taxa negativa, com a evolução de áreas de Capoeira Alta para o padrão da classe Floresta.

Com relação as Áreas de Reserva Legal, observou-se que a propriedade apresentou um déficit em relação aos parâmetros estipulados por Lei. Vale ressaltar que tais formações na propriedade encontram-se fragmentadas e biologicamente muito frágeis, advindo daí a necessidade de protegê-las para evitar sua degradação.

A dificuldade para averbação das Áreas de Reserva Legal e de Proteção Permanente em muitas propriedades rurais da Amazônia, traz a necessidade de ampliação da discussão do Código Florestal, visando dar maior sustentabilidade econômica, social e ambiental a estas propriedades.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o suporte financeiro do projeto “Proteção e uso sustentável de paisagens dos biomas brasileiros – Biomas”, do Macroprograma 2 da Embrapa. Os autores agradecem ao pesquisador da Embrapa, Dr. Roberto Porro, pela elaboração do Abstract.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Casa Civil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012:** Institui o novo Código Florestal. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em: jul. 2012.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil: 1961-1990.** Brasília, 2009. 84 p.
- Carrero, G.C.; Fearnside, P.M. Forest cleaning dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot in Brazil's Transamazon highway. **Ecology and Society.** v. 16, n. 2, p. 01-18. 2011.
- Curcio, G.R.; Ramos, M.R., Dedecek, R.A.; Silva, A.R.; Wigo, M.R.; Accioly, P. **Mapa de solos da fazenda Cristalina escala 1: 4.000.** Embrapa Florestas/ Embrapa Amazônia Oriental. Sem data.
- Esri. **ArcGIS: Mapping & analysis for understanding our world .** Disponível em <http://www.esri.com/software/arcgis>. Acesso em: 06 jan. 2014.
- Galetti, M.; Pardini, R.; Duarte, J.M.; Silva V.M.F.; Rossi, A.; Peres, C.A. Mudanças no Código Florestal e seu impacto na ecologia e diversidade dos mamíferos no Brasil. **Biota Neotropica.** v. 10, n. 4, p. 47-52. 2010.
- Gutman, G., Huang, C., Chander, G., Noojipady, P., Masek, J.G., Assessment of the NASA-USGS Global Land Survey (GLS) datasets. **Remote Sensing of Environment.** 134, 249-265. 2013.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/ DPI). **Spring:** Sistema de processamento de informações georreferenciadas. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: jul. 2013.
- Masek, J.G., Vermote, E.F., Saleous, N.E., Wolfe, R., Hall, F.G., Huemmrich, K.F., Feng, G., Kutler, J., Teng-Kui, L., 2006. A Landsat surface reflectance dataset for North America, 1990-2000. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE* 3, 68-72.
- Mertens, B.; Pocard-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.
- Markham, B.L.; Barker, J.L. **Landsat MSS e TM pos-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures.** Landsat User Notes, Lanham, MD: EOSAT, 1986.
- Sorrensen, C. Potential hazards of land policy: Conservation, rural development and fire use in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy,** 2008.
- 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.
- Veloso, H.P.; Japiassu, A.M.S.; Goes Filho, L. *et al.* As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: Projeto Radambrasil. **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins.** Rio de Janeiro, 1974. cap. 4, p. 1-119.
- 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,** v. 30, n. 1, p. 59-76, jan./abr. 2005.