

Análise comparativa de Cenários Futuros de Uso da Terra no Nordeste Paraense

Nathália Nascimento ¹

Pedro Gerhard ²

Orlando dos Santos Watrin ²

¹ Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG
Av. Magalhães Barata, 376 - 66040-170 - Belém - PA, Brasil
nathalianascime@yahoo.com.br

² Embrapa Amazônia Oriental - CPATU
Caixa Postal 48 - 66095-100 - Belém - PA, Brasil
{pedro.gerhard, orlando.watrin}@embrapa.br

Abstract: The northeastern Pará is one of the first regions of the Amazon that had received projects inducing human settlement. These settlements, focusing their activities on intense agricultural production, determined profound distortions on pristine landscape structure and function, leading to extensive natural resources degradation. Currently, the region is considered as the most degraded landscape of the Amazon; that might be regarded as a future portrait for another Amazon regions that are, today, frontiers of rural development over forested areas. Thus, this study was developed aimed at the study of land use and land cover future scenarios for two watersheds located in northeastern Amazon, state of Pará. The study adopted remote sensing techniques to obtain information about the dynamics of land use based on Landsat-TM image for the years 2004 and 2008. The dynamic of existing land uses were studied, as well as its future trends, emphasizing their likely consequences on natural resources. The results present the scenarios generated for the year 2020 for the two river basins studied; focusing the discussion on the impacts that may arise from them. Poor forest cover area predicted by the scenarios herein produced, highlights the need for projects that take into account local economic and social activities, so that production and conservation can be complementary and not opposing forces.

Palavras-chave: modeling, landscape, watershed, agriculture, modelagem, paisagem, mesobacia hidrográfica, agropecuária.

1. Introdução

A floresta amazônica é considerada peça chave em assuntos relacionados à conservação da natureza; todavia, seus índices de desmatamento são considerados altos e de consequências desastrosas para a biodiversidade na região. Por essa razão, a compreensão da dinâmica de uso da terra e dos processos indutores do desmatamento são considerados elementos de extrema relevância para a criação de mecanismos de defesa da biodiversidade.

Diante disso, uma gama de novas ferramentas, principalmente da área de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com destaque à modelagem ambiental, também tem fornecido grande contribuição às análises de mudança da paisagem nas diferentes regiões amazônicas. Instrumentos como os cenários futuros do uso da terra, por exemplo, representam um grande avanço, no sentido de maior fiscalização e controle do desmatamento, além de contribuir para direcionamento de políticas públicas para áreas onde exista maior pressão sobre os recursos naturais.

O presente trabalho teve como objetivo a criação de cenários futuros de uso da terra para duas bacias hidrográficas localizadas no nordeste do Estado do Pará. Foram construídos cenários de uso da terra gerados para o ano de 2020 nas duas bacias em estudo, dando ênfase ao comportamento e contribuição de variáveis presentes na base cartográfica da região (rodovias, rios, localidades etc.) para a transformação da paisagem.

A opção por delimitar as áreas de análise baseando-se na bacia hidrográfica partiu do pressuposto de que as limitações topográficas naturais determinam certa unidade nos padrões e processos físicos, químicos e biológicos, facilitando análises acerca da influência das alterações antrópicas sobre os sistemas naturais. Já a escolha da área de estudo orientou-se

pelo fato de que o Nordeste do Pará é a sub-região amazônica que apresenta os maiores níveis de alteração da paisagem e perda de biodiversidade na Amazônia. Possui um histórico marcado por um número considerável de iniciativas que impulsionaram sua ocupação, através de projetos de colonização, incentivos fiscais e creditícios, indução de migrações e criação de redes rodoviárias que desencadearam mudanças significativas nas estruturas política, socioeconômica e, principalmente, na paisagem natural da região (Penteado, 1967; Nascimento, 2009).

2. Material e métodos de trabalho

2.1. Área de estudo

As áreas selecionadas para estudo correspondem a duas bacias hidrográficas, localizadas no Nordeste Paraense. Uma delas, a qual iremos denominar de ÁREA 1 corresponde à bacia dos Igarapés Timboteua/Buiuna, localizados em parcelas dos municípios de Marapanim e Igarapé-Açu. A segunda bacia denominaremos de ÁREA 2, está localizada em parcelas dos municípios de Mãe do Rio e Irituia e corresponde à área de drenagem do alto Igarapé Peripindeua.

A bacia da ÁREA 1 está inserida em uma região cujo histórico está intimamente ligado às primeiras políticas de colonização, representada, principalmente, pela construção da estrada de ferro Belém-Bragança, inaugurada em 1884. A partir dela, vários núcleos coloniais foram se estabelecendo na região, desencadeando o desmatamento de novas áreas e o estabelecimento de novos espaços para as atividades agrícolas. Atualmente, sua paisagem é caracterizada por um mosaico de classes de uso da terra onde a vegetação secundária e a agricultura de base familiar constituem o tipo de uso preponderante na paisagem (Vieira et al. 2007).

A bacia da ÁREA 2 engloba parcelas dos municípios de Mãe do Rio e Irituia, os quais possuem seus históricos de ocupação diretamente ligados a construção da rodovia Belém-Brasília, em um momento propício a concentração de terras e atividade pecuária. O ápice de transformação da paisagem na região se deu na década de 1960, resultado das políticas dos governos militares de ocupação da Amazônia. Atualmente sua paisagem é dominada por grandes áreas de pastagem.

A Figura 1 abaixo detalha a localização das bacias estudadas.

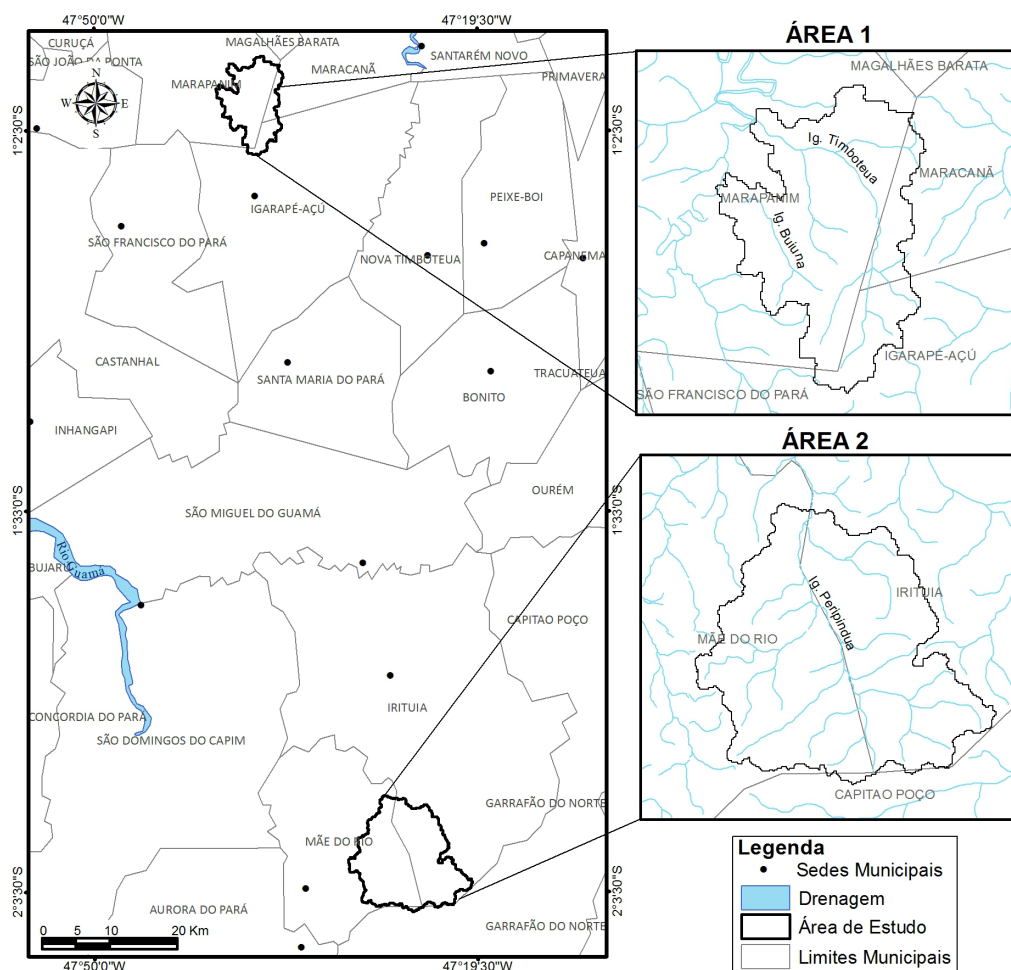


Figura 1. Mapa de Localização das Áreas de Estudo

2.2 Sistematização dos dados

Os métodos aplicados aos dados adotaram técnicas de processamento digital de imagens. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat/TM5 para os anos de 2004 e 2008, a partir da composição das bandas 3 (*blue*), 4 (*red*) e 5 (*green*), de resolução de 30×30 metros, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A definição das datas das imagens foi determinada pela disponibilidade e qualidade das mesmas, considerando que é comum a ocorrência de grande quantidade de nuvens no nordeste do Pará, impondo limitações às análises espaciais nesta região. Dados de elevação foram obtidos da base de dados da missão SRTM, versão 4, fornecida pelo CGIAR-CSI (2012). Planos temáticos de rede fluvial, malha viária e localidades foram obtidos de versões digitalizadas de cartas topográficas fornecidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, na escala de 1:100.000. Todo o banco de dados geográficos foi projetado no sistema UTM, *datum* WGS84, zona 23M.

Os *softwares* utilizados para o processamento das imagens e construção dos mapas temáticos foram o Spring 5.0.6 (DPI/INPE, 1991-2012) e ArcGis 10.0 (ESRI Inc., 2010). As etapas posteriores foram executadas no *software* Dinamica Ego (Soares Filho et al. 2009), desenvolvido na Universidade de Minas Gerais com o objetivo de executar simulações de desmatamento.

2.3 Preparação dos dados

As informações passaram por um processo de padronização para que o programa fosse capaz de fazer análises e identificar padrões de mudança. Assim, todas as informações contidas na base cartográfica foram convertidas para o formato *tiff*. Para cada área de estudo, as informações já no formato *raster*, deveriam conter o mesmo número de linhas e colunas.

As imagens Landsat foram classificadas de acordo com o método adotado por Watrin (2003), seguindo as etapas de segmentação, mapeamento e classificação de classes temáticas. Logo após, foi realizado o cálculo das matrizes de transição, o qual diz respeito ao comportamento das classes durante um intervalo de tempo, de maneira que as taxas fixas de transição obtidas em um tempo precedente servem como base para as transições futuras. O *Dinamica Ego* gera dois tipos de matrizes, a matriz de passo único que é referente as transformações tendo como base um único período de tempo, e a matriz de passos múltiplos que corresponde as taxas divididas por um período de tempo estipulado.

Os dados de entrada no modelo gerado são referentes aos mapas e uso da terra, e a inserção de dois tipos de variáveis: as dinâmicas, representadas pelos mapas de distância gerados para as bases cartográficas de rios, localidades, estradas pavimentadas e não pavimentadas e variáveis estáticas, aquelas que não se alteram no decorrer do processamento, representadas pelas informações de solo e altitude. A Figura 2 apresenta exemplos das variáveis empregadas neste estudo.

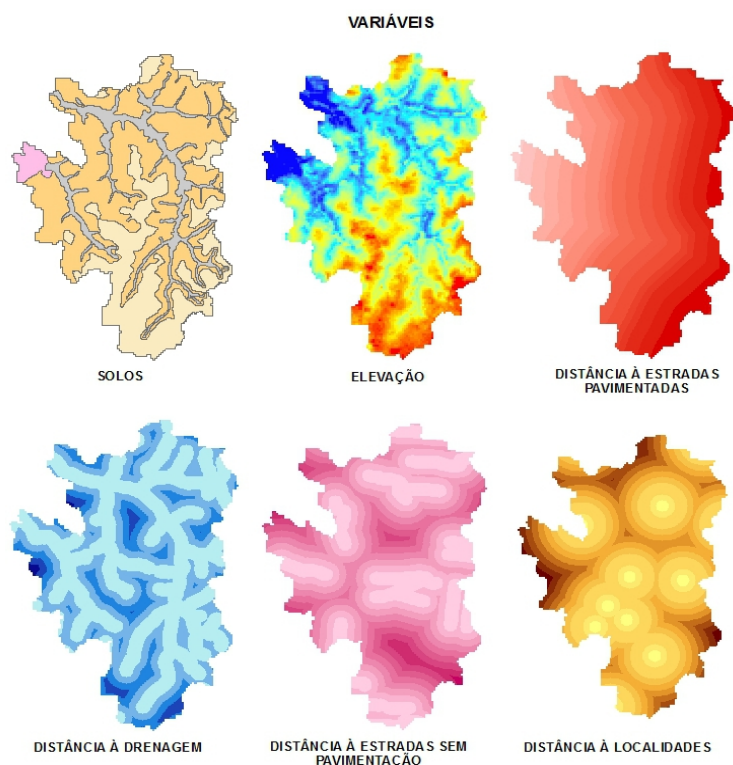


Figura 2. Variáveis adotadas no processo de modelagem

2.4 Análise de dados

A partir das análises de uso da terra em diferentes imagens, foi executado o cálculo das matrizes de transição, o Peso de evidência, calibração, ajuste do modelo e a definição do número de vezes que o modelo iria interagir, já dentro do ambiente de modelagem *Dinamica Ego*.

O processo de modelagem fundamentou-se na dinâmica de uso da terra considerando seus principais aspectos de transição, com ênfase na substituição de florestas e capoeiras altas. As transições elencadas exigiram a compreensão e escolha de processos que possuem maior probabilidade de efetivarem-se na região. Neste sentido, as transições foram definidas com base nos resultados apresentados pela dinâmica de uso da terra, das regras de transições observadas e da análise de probabilidades sugeridas pelo modelo na transição de todas as categorias entre si.

Foram determinadas variáveis para auxílio na definição de parâmetros de indução ou repulsão de uma determinada forma de uso da terra. Para cada transição, as variáveis são calculadas com base no método de peso de evidência, o qual destaca a importância de cada variável para uma determinada transição, salientando sua participação no processo de atração ou repulsão de uma determinada mudança. A disponibilidade de valores e a descrição positiva ou negativa de sua significância para o modelo é que permite a seleção das variáveis para cada caso.

No Dinamica EGO, o mecanismo de transição é realizado de duas formas: contiguidade (*expander*) e difusão (*patcher*). O primeiro considera que a transição seja realizada com base no critério de vizinhança, que prevê que as transições ocorram apenas na expansão ou diminuição de manchas já existentes em cada classe. Já o mecanismo *patcher* trabalha com o surgimento de novas manchas, o que é realizado com a seleção de uma célula núcleo e de células a sua volta com maior probabilidade de transição (Soares Filho et al., 2009).

A validação do modelo foi conduzida através do método que emprega a função de Decaimento Exponencial, calculando índices de similaridade *fuzzy* (a lógica *fuzzy* suporta modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. Na modelagem, ela é adotada por ser capaz de permitir a manipulação rigorosa de informações qualitativas, reduzindo sua complexidade). Posteriormente, o modelo pôde ser rodado para simular tendências futuras de uso, tendo a imagem de 2008 como sua paisagem inicial e o número de interações definido como 12, possibilitando gerar cenários até o ano de 2020. Foi possível, também, gerar modelos retrospectivos de uso.

3. Resultados e discussão

Os cenários gerados pautaram-se na dinâmica de uso da terra entre os anos de 2004 e 2008. O uso da terra foi resumido em 9 classes temáticas: Florestas, Capoeira alta (vegetação secundária em estágio avançado de regeneração); Capoeira baixa (vegetação secundária mais jovem, geralmente constitui uma etapa do processo produtivo da agropecuária); Solo sob preparo (área de terra preparada para o plantio de culturas agrícolas ou pasto); Pasto Limpo; Pasto Sujo (pasto sem manutenção, com presença de espécies invasoras); Culturas agrícolas, Campos Aluviais e Água.

As variáveis utilizadas no processo de modelagem comportaram-se de maneira diferenciada nas duas áreas analisadas, permitindo traçar relações entre os cenários gerados e o histórico de cada região, viabilizando também a compreensão de alguns processos de transformação da paisagem. As variáveis elencadas para as análises foram: estradas pavimentadas, estradas sem pavimentação, localidades e rios. Para ambas as áreas, os cenários apontaram tendências ao aumento significativa das atividades ligadas a agropecuária em detrimento das áreas de vegetação, como pode ser observado Figura 3.

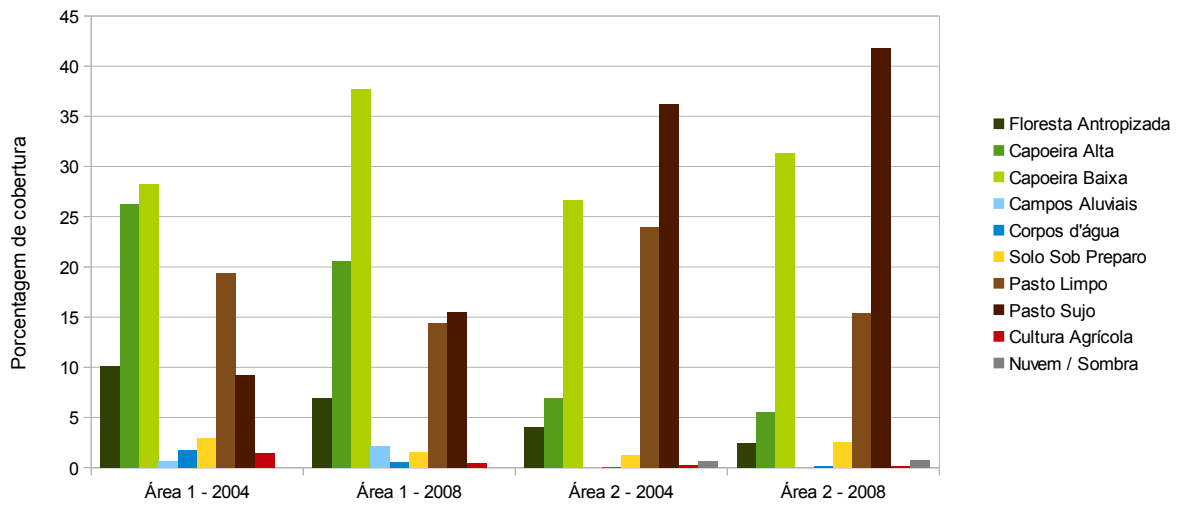


Figura 3. Quantificação das classes de uso da terra para os anos de 2004 e 2008 nas áreas de estudo 1 e 2, bacias dos igarapés Timboteua-Buiuna e Peripindeua, respectivamente, no Nordeste do Pará.

Na ÁREA 1, que possui predominância de atividades ligadas à agricultura, a variável estradas pavimentadas não apresentou influência significativa. Trabalhos realizados em campo mostram que as estradas pavimentadas são as principais vias de circulação na região nordeste do Pará, suas margens são ocupadas por grandes produtores que começam a inserir uma dinâmica de conversão de grandes áreas em pastagem, aumentando a especulação por terra nesses lugares e obrigando pequenos produtores a migrarem para outras áreas. Isto pode justificar, na ÁREA 1, o comportamento da variável estradas sem pavimentação, que apresentou valores positivos para a transformação de florestas e capoeiras altas em atividades agrícolas.

A variável estradas sem pavimentação comprova uma tendência observada em campo de ocupação de novas áreas para atividade agrícola, principalmente por parte de pequenos produtores. Devido ao histórico antigo de uso desta região para atividades ligadas a agropecuária, o nível de transformação desta paisagem é altíssimo, de maneira que os remanescentes florestais encontram-se às margens de pequenos rios e igarapés, esta característica da paisagem local também justifica o comportamento das variáveis rios e localidades. No presente contexto, as localidades favorecem sempre o processo de conversão das florestas e capoeiras altas para outras categorias de uso, pois são as localidades que abrigam os produtores, suas famílias e os serviços como escolas, mercearias, igrejas. Estas estão em constante crescimento o que implica na ocupação de novas áreas. Quanto aos rios, o fato dos remanescentes florestais localizarem-se em suas margens, faz com que a necessidade de ocupação de novas áreas, tanto para produção quanto para moradia implique quase sempre na substituição desta vegetação. Por essa razão, a variável rios exerceu grande relevância no modelo.

No que concerne a ÁREA 2, todas as variáveis mostraram-se favoráveis à alteração das áreas de vegetação mais antigas em prol de atividades ligadas a agropecuária, o que é compreensível diante do histórica recente de ocupação e da intensificação da pecuária na região. Dentre todas as variáveis, a que se mostrou mais relevante foi a de estradas pavimentadas. Ao longo de toda a sua extensão, a presença de pastagens é marcante e quase não é observado outra forma de uso da terra. Por essa razão, o modelo também foi rodado considerando a distância em relação às áreas de pasto limpo e pasto sujo, os resultados

também apontaram altos valores para a conversão de áreas próximas a estas classes, o que representa a expansão destas atividades para áreas próximas.

Em comparação com a ÁREA 1, os cenários da ÁREA 2 mostram-se muito mais negativos quanto à preservação dos recursos florestais (Figura 4): (1) Os modelos apontam que até 2020 todos os remanescentes florestais podem desaparecer na área analisada; (2) Os modelos apontam que de áreas de capoeira alta podem chegar próximo de zero nos próximos 12 anos. Isto suscita a necessidade, emergencial de políticas e projetos pautados no desenvolvimento sustentável, envolvendo a conservação dos fragmentos florestais remanescentes e restauração dos fragmentos de capoeira alta.

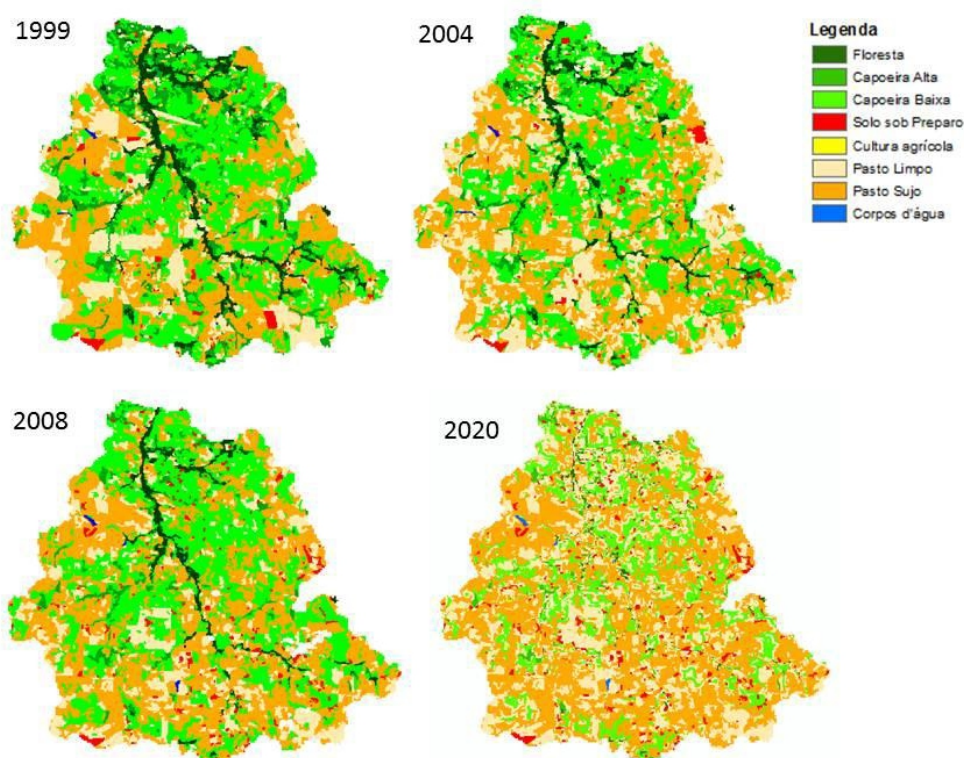


Figura 4. Resultados de classificação de uso se cobertura (2004 e 2008) e de modelos de cenários futuro (2020) e retrospectivo (1999) de uso e cobertura do solo na bacia do Igarapé Peripindeua, região Nordeste do Pará.

4. Conclusões

O processo de modelagem adotado neste trabalho fundamentou-se na dinâmica de uso da terra considerando seus principais aspectos de transição, com ênfase na substituição de florestas e capoeiras altas. As análises de uso da terra constataram a existência de uma dinâmica de mudanças na paisagem bastante intensa na região, apesar de o nordeste paraense ser considerada uma região consolidada.

Dessa maneira, o trabalho também buscou mostrar que os cenários futuros podem servir como instrumento de análise para as mais diversas áreas de estudo que buscam discutir os impactos que determinadas escolhas de uso da terra podem provocar sobre os recursos naturais e em seus aspectos sociais e econômicos. Um exemplo de pressão de desmatamento sobre recursos hídricos fornecida pela modelagem está no mapeamento das áreas de vegetação mais antiga, o que salienta a necessidade de tecnologias sustentáveis, incentivo ao cumprimento da legislação ambiental vigente e a adoção de formas de usos alternativos da terra.

Os resultados alcançados mostram que a intensidade com que processos naturais vêm sendo modificados pode fazer com que a região alcance níveis irremediáveis de degradação. Os cenários gerados enfatizaram estas tendências e seus números apresentaram perdas substanciais em área pelas classes de vegetação até o ano de 2020. As tendências apresentadas pelos cenários mostraram-se preocupantes. Daí emerge a necessidade de inserir análises que associem meio ambiente, sociedade e sustentabilidade.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelos projetos “Agricultura familiar e qualidade de água no Nordeste Paraense: Conservação de serviços agro-ecossistêmicos em escala de bacia hidrográfica” Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/CT-Hidro nº 27/2008, coordenado por Pedro Gerhard e “GESTABACIAS - Conservação de recursos naturais em mesobacias hidrográficas na Amazônia Oriental: iniciativas integradoras para promover o planejamento participativo da gestão ambiental no meio rural”, financiado pela Embrapa e coordenado pelo Dr. Steel Vasconcelos.

Referências Bibliográficas

Nascimento, N.C.C.do. **Dinâmica do Uso da terra e Cobertura Vegetal no Município de São Domingos do Capim**. Belém: UFPA, 2009. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

Penteado, A.R. **Problemas de colonização e uso da terra na região Bragantina do Estado do Pará**, I+II. Belém: UFPA, 1967. 216p. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Pará, Belém, 1967.

Soares-Filho, B.S.; Rodrigues, H.; Costa, W. Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Disponível em www.csr.ufmg.br/dinamica. Acesso em 01.mar.2012.

Vieira, I.C.G.; Toledo, P.M.de; Almeida, A. Análise das modificações da paisagem da região Bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo. **Ciência e Cultura** [online], v. 59, n. 3, p. 27-30, 2007.

Watrin, O.S. **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no sudeste paraense utilizando geotecnologias**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. Tese (Tese de Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.