



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
NÚCLEO DE MEIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS NATURAIS E  
DESENVOLVIMENTO LOCAL NA AMAZÔNIA - PPGEDAM**

**NATHÁLIA CRISTINA COSTA DO NASCIMENTO**

**CENÁRIOS DE USO DA TERRA NAS MESOBACIAS HIDROGRÁFICAS DOS  
IGARAPÉS TIMBOTEUA E BUIUNA, PARÁ**

Belém  
2011

**NATHÁLIA CRISTINA COSTA DO NASCIMENTO**

**CENÁRIOS DE USO DA TERRA NAS MESOBACIAS HIDROGRÁFICAS DOS  
IGARAPÉS TIMBOTEUA E BUIUNA, PARÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia. Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Uso e Aproveitamento dos Recursos Naturais.

Orientador: Norbert Fenzl

Co-orientador: Jan Börner

Belém  
2011

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Central/UFPA, Belém-PA**

---

Nascimento, Nathália Cristina Costa do, 1985-

Cenários de uso da terra nas mesobacias hidrográficas dos Igarapés Timboteua e Buiuna, Pará / Nathália Cristina Costa do Nascimento; orientador, Norbert Fenzl.\_ 2011.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente – NUMA. Programa de Pós-Graduação em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local. PPGEDAM, Belém, 2011.

1. Solo – Uso – Timboteua, Igarapé (PA) 2. Solo – Uso – Buiuna, Igarapé (PA) I. Título.

CDD - 22. ed. 363.70098115

---

**NATHÁLIA CRISTINA COSTA DO NASCIMENTO**

**CENÁRIOS DE USO DA TERRA NAS MESOBACIAS HIDROGRÁFICAS DOS  
IGARAPÉS TIMBOTEUA E BUIUNA, PARÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia. Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Uso e Aproveitamento dos Recursos Naturais.

Orientador: Norbert Fenzl

Co-orientador: Jan Börner

Defendido e aprovado em: 19 de Agosto de 2011

Banca examinadora:

---

PhD. Norbert Fenzl – Orientador  
Doutor em Hidrogeologia  
Núcleo de Meio Ambiente NUMA/UFPA

---

Dr. Jan Börner – Co-orientador  
Doutor em Economia Agrícola  
Center for International Forestry Research

---

Dr. Armin Mathis – Membro  
Doutor em Ciências Políticas  
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos

---

Dr. Gilberto Rocha – Membro  
Doutor em Geografia  
Núcleo de Meio Ambiente NUMA/UFPA

A minha mãe, Vera Nascimento, minha base e fortaleza; Ao meu esposo Alex Saldanha, companheiro de todas as horas e em todos os lugares.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Jan Börner por ter me ajudado durante as etapas de seleção para o mestrado e em todas as etapas de produção deste trabalho. Serei sempre grata pelos conselhos, respeito, confiança e pelas oportunidades que contribuíram para a minha formação enquanto profissional;

Ao meu orientador Norbert Fenzl, pela orientação paciente e cuidadosa. Por ter me tratado com carinho, respeito e dedicação durante a elaboração trabalho;

Aos pesquisadores do Projeto GESTABACIAS, Steel Vasconcelos, Célia Azevedo, Orlando Watrin e Pedro Gerhard. Obrigada pelo apoio, conversas e conselhos;

Aos estagiários do projeto GESTABACIAS, Breno Pantoja e Rodrigo Oliveira. Obrigada pelo companheirismo e por terem compartilhado comigo as dificuldades e alegrias das etapas deste trabalho;

Ao PPGEDAM pela oportunidade e em especial a todos os professores que compõem o curso e que contribuíram para a minha compreensão de que ciência só faz sentido quando é capaz de transformar a realidade;

Ao Cláudio e à Zelma, secretários do PPGEDAM e anjos de todos os mestrandos. Muito obrigada pela amizade e pela ajuda carinhosa de sempre.

Ao Adriano Venturieri pelos conselhos e colaborações;

Ao Prof. Britaldo Soares-Filho, por ter me recebido na UFMG e permitido meu conhecimento das ferramentas de modelagem desenvolvidas por ele e sua equipe;

À Luciana Vieira, por ter me recebido com tanto carinho e cuidado em Minas Gerais e, principalmente, pela amizade incondicional;

Aos meus tios Afonso e Vilma que me receberam com alegria em sua casa durante as viagens que precisei fazer para o Rio de Janeiro;

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Pará (FAPESPA) pela bolsa concedida durante a execução deste trabalho;

E a todos os agricultores que participaram deste estudo. Talvez eles nunca cheguem a ler este trabalho, mas espero, sinceramente, que este possa servi-los de alguma forma.

*Já foi dito muitas vezes que uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil. Do mesmo modo, a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotonamente verdadeira, sem discussão, para que serve?*

(BARCHELAD, 1962, P.14).

## RESUMO

O nordeste paraense está entre as primeiras regiões da Amazônia a receber projetos de indução a ocupação. Suas formas de uso da terra intensamente voltadas para a produção agrícola desencadeou no decorrer do tempo uma descaracterização da paisagem natural, comprometimento de recursos naturais e alteração em processos naturais. Atualmente, a região é considerada a de paisagem mais degradada da Amazônia podendo ser tomada como exemplo pelas áreas de fronteira agrícola. Nesse contexto, este trabalho enfoca duas mesobacias hidrográficas localizadas no nordeste paraense em parcelas dos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, com o objetivo de compreender a dinâmica de uso da terra existente, assim como suas tendências futuras enfatizando suas prováveis consequências sobre os recursos naturais. O estudo adotou técnicas de sensoriamento remoto para obtenção de informações sobre a dinâmica de uso da terra tendo como base imagens Landsat/TM referentes aos anos de 1984, 1994, 1999, 2004 e 2008. A partir da dinâmica de uso resultante, foram aplicados ferramentas de modelagem para geração de cenários futuros de uso da terra; também foram realizadas análises de custo de oportunidade em algumas culturas agrícolas no intuito de discutir prováveis alternativas às formas de uso existentes. Os resultados apresentam os cenários gerados para o ano de 2020 para as duas mesobacias estudadas; enfoca os impactos que podem decorrer a partir dos diferentes cenários gerados e ressaltam, ainda, a necessidade de projetos que considerem aspectos econômicos e sociais locais de maneira que atividades de produção e conservação possam ser complementares e não contrárias o que pode ser viabilizado com apoio técnico e científico e vontade política.

**Palavras-chave:** Dinâmica de Uso da terra. Modelagem. Cenários. Produção e Conservação.

## ABSTRACT

The northeastern Pará is among the first regions of the Amazon receiving projects for induction occupation. Their forms of land use intensely focused on agricultural production triggered in the course of time a distortion of the natural landscape, natural resources and commitment to change in natural processes. Currently, the region is considered the most degraded landscape of the Amazon may be an example for areas frontier agricultural. Thus, this work focused on two river basins located between the towns of Igarapé-Açu and Marapanim in the northeastern region of the State of Pará, with the aim of understanding the dynamics of existing land uses, as well as its future trends, emphasizing their likely consequences on natural resources. The study adopted remote sensing techniques to obtain information about the dynamics of land use based on Landsat-TM image for the years 1984, 1994, 1999, 2004 and 2008. From the resulting use of dynamics, modeling tools were applied to generate future scenarios of land use, were also analyzed in terms of opportunity cost in some agricultural crops in order to discuss probable alternatives to existing forms of use. The results present the scenarios generated for the year 2020 for the two river basins studied; focuses on the impacts that may arise from the different scenarios generated and also highlight the need for projects that take into account local economic and social activities so that production and conservation can be complementary and not opposing, which can be built with technical and scientific support and political will.

**Keywords:** Dynamics of Land Use. Modeling. Scenarios. Production and Conservation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 Trem na Ferrovia Belém-Bragança .....	20
Fig. 2 Parada do Trem em Igarapé-Açu .....	21
Fig. 3 localização da área de estudo.....	24
Fig. 4 Paradigma dos Quatro Universos.....	29
Fig. 5 Imagem e Grade de Segmentação obtida durante o processamento aplicado neste trabalho.....	38
Fig. 6 Imagem Classificada obtida durante o processamento .....	39
Fig. 7 Procedimento de tabulação cruzada entre os anos de 1999 e 2004.....	41
Fig. 8 Geração de Matrizes de transição.....	43
Fig. 9 Peso de evidência na transição de Capoeira alta para Solos sob preparo, considerando a distância à estradas sem pavimentação .....	44
Fig. 10 Pesos de evidência na transição Capoeira alta para Culturas agrícolas.....	45
Fig. 11 Modelo de Uso da Terra no software Dinamica EGO.....	46
Fig. 12 Mapa de Probabilidade de Transição de Capoeira Alta para Agricultura, as áreas em vermelho são mais propensas à mudança. ....	47
Fig. 13 Mapa gerado no ajuste do modelo .....	48
Fig. 14 Floresta .....	53
Fig. 15 Capoeira Alta .....	54
Fig. 16 Capoeira Baixa .....	54
Fig. 17 Pasto Limpo .....	55
Fig. 18 Pasto Sujo .....	55
Fig. 19 Solo sob Preparo.....	56
Fig. 20 Cultura agrícola - Mandioca e Milho.....	56
Fig. 21 Campos Aluviais .....	57
Fig. 22 Corpos d'água.....	57
Fig. 23 Igarapé em processo de assoreamento. ....	58
Fig. 24 Plantio e Capoeira baixa .....	64
Fig. 25 Imagens classificadas de Uso da Terra.....	65
Fig. 26 Variáveis utilizadas no modelo.....	68
Fig. 27 Cenários para 2020.....	70
Fig. 28 Cultivo de Maracujá .....	77

## LISTA DE MAPAS

MAPA 1 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1984 .....	82
MAPA 2 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1994 .....	83
MAPA 3 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1999 .....	84
MAPA 4 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 2004 .....	85
MAPA 5 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 2008 .....	86
MAPA 6 - CENÁRIO I .....	87
MAPA 7 - CENÁRIO II .....	88
MAPA 8 - CENÁRIO III .....	89
MAPA 9 - CENÁRIO IV .....	90
MAPA 10 – CENÁRIO V .....	91

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Código das Classes Temáticas .....	42
Tabela 2 Código das Variáveis.....	43
Tabela 3 Tabulação Cruzada entre os anos de 1984 e 1994 .....	60
Tabela 4 Tabulação Cruzada entre os anos de 1994 e 1999 .....	60
Tabela 5 Tabulação Cruzada entre os anos de 1999 e 2004 .....	61
Tabela 6 Tabulação Cruzada entre os anos de 2004 e 2008 .....	61
Tabela 7 Quantificação de Carbono .....	73
Tabela 8 Estimativa do Potencial em sequestro de carbono nos Cenários Gerados	74
Tabela 9 Quantificação de Custo de Oportunidade por Tonelada de CO2 .....	80

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	18
3. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA.....	19
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
5. TEORIA, METODOLOGIA E TÉCNICAS USADAS.....	27
5.1 ANÁLISE SISTÊMICA.....	27
5.2 GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM.....	28
5.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE.....	33
5.4 APLICAÇÃO PRÁTICA.....	36
5.4.1 Dinâmica de Uso Da Terra.....	36
5.4.1.1 Organização dos Dados.....	37
5.4.1.2 Segmentação e Classificação das Imagens.....	37
5.4.1.3 Mapeamento e Edição das Imagens.....	39
5.4.1.4 Trabalho de Campo.....	39
5.4.1.5 Definição da Legenda Temática.....	40
5.4.1.6 Tabulação Cruzada.....	40
5.4.2 Modelagem.....	41
5.4.2.1 Preparação Dos Dados.....	42
5.4.2.2 Cálculo das Matrizes de Transição.....	42
5.4.2.3 Cálculo de Peso de Evidência.....	43
5.4.2.4 Análise da correlação entre os mapas.....	45
5.4.2.5 Ajustando e rodando o Modelo.....	46
5.4.2.6 Validação do modelo.....	47
5.4.2.7 Simulação com formação de Mancha e Expansão: projetando trajetórias.....	48
5.4.3 Custo de Oportunidade.....	49
6 RESULTADOS.....	53
6.1 DINÂMICA DE USO DA TERRA.....	53
6.2 MODELAGEM.....	66
6.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE.....	74
6.4 MAPAS.....	82
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS.....	96
ANEXOS.....	102

## 1. INTRODUÇÃO

A região amazônica engloba a maior floresta tropical do mundo, sendo considerada peça chave em assuntos relacionados a conservação de espécies e sistemas naturais, além de constituir-se em um dos elementos que influenciam diretamente o clima global, devido a capacidade das florestas tropicais em sequestro de carbono, o que enfatiza o importante papel da região. Todavia, os índices de desmatamento da floresta amazônica ainda são altos, sendo apontado como a principal causa da perda de biodiversidade na região e um emissor potencial de gases do efeito estufa (PEREIRA, 2001). Nesse contexto, a temática tem sido amplamente debatida e o potencial em recursos naturais da região amazônica colocado em questão, suscitando a necessidade da compreensão de processos internos, integração de análises técnicas, científicas e sociais, assim como a dinâmica de uso da terra e seus elementos indutores, enquanto ferramentas capazes de fornecer subsídios a melhor gestão de recursos naturais, mitigação das perdas florestais e degradação ambiental na região.

Nesse sentido, cabe salientar que a região é integrada por sub-regiões capazes de apresentar características biofísicas peculiares, aliadas a históricos socioeconômicos bastante diferenciados, geralmente determinados pelos padrões de ocupação implantados na Amazônia, que desenharam ao longo dos anos uma variedade de cenários singulares, originando sub-regiões com diferenças econômicas, sociais e culturais que produziram níveis diferenciados de degradação ou conservação nas diferentes paisagens amazônicas. O nordeste do Estado do Pará, por exemplo, é a sub-região amazônica que apresenta os maiores níveis de alteração da paisagem e perda de biodiversidade na Amazônia, seu histórico é marcado por um número considerável de iniciativas públicas e privadas de incentivo a ocupação, através de projetos de colonização, incentivos fiscais, indução de migrações e criação de redes rodoviárias que iniciaram mudanças significativas nas estruturas política, socioeconômica e na paisagem natural da região, acarretando em alterações no regime hidrológico, perdas de biodiversidade e emissões de gases do efeito de estufa (PENTEADO, 1967; NASCIMENTO, 2009).

Nesse contexto, a chamada Zona bragantina, localizada no nordeste paraense, é considerada a zona de expansão mais antiga da Amazônia e a primeira área de planejamento na região (BAAR *et al.*, 2004). Sua dinâmica histórica de uso da terra está intimamente relacionada à indução de atividades agrícolas, que acarretaram na adoção das mais variadas formas de uso em detrimento das áreas florestadas. Sua ocupação atingiu o seu ápice com a construção da estrada de ferro Belém-Bragança, inaugurada em 1884, e que no intuito de abastecer com produtos alimentícios os mercados de Belém, serviu de atrativo para um número considerável de imigrantes, desencadeando o estabelecimento de vários núcleos coloniais e aberturas de novas áreas para implantação de atividades agrícolas. No ano de 1960, a implantação de rodovias introduziu uma nova dinâmica na sub-região, oferecendo mais alternativas para escoamento da produção, induzindo o estabelecimento de mais imigrantes, abertura de novas áreas para a agricultura, intensificação da produção e disponibilidade de novos mercados, acelerando, dessa maneira, processos de alteração em sistemas naturais até então existentes na região (SOUSA FILHO, 1998).

Diante desse histórico, a Zona Bragantina pode representar em vários sentidos, um cenário de futuro para regiões de colonização mais recentes na atual fronteira agrícola, devido a capacidade de evidenciar as consequências ambientais da intensificação do uso da terra para fins agropecuários no decorrer do tempo e a necessidade de reflexão acerca de propostas mais apropriadas para tratar destes impactos de acordo com as realidades regionais (SMITH *et al.* 1995; SANTOS, 1980; BECKER, 1998; HURTIENNE, 2001).

Baseando-se no histórico de uso e ocupação da terra na Zona Bragantina e suas consequências sobre sistemas ambientais, a área de estudo deste trabalho foi definida por uma equipe multidisciplinar que integra o Projeto GESTABACIAS, encabeçado pela EMBRAPA Amazônia Oriental. O projeto visa o manejo dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos, na região do nordeste paraense, analisando a viabilidade de sistemas alternativos em garantir a prestação de serviços ecossistêmicos por parte da agricultura familiar. Nesse contexto, o presente trabalho tem como foco a área 1 do projeto, correspondente as mesobacias dos Igarapés Timboteua e Buiuna localizadas em parcelas dos municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, com objetivo de apresentar cenários futuros de uso da

terra baseados na dinâmica histórica de uso, de modo a viabilizar análises de possíveis impactos sobre os recursos naturais a partir dos diferentes cenários gerados.

O trabalho parte do pressuposto de que a compreensão dos efeitos resultantes de determinadas atividades sobre os recursos naturais transcende a análise das informações constatadas no presente, fazendo-se necessárias informações sobre práticas e processos adotados no passado, possibilitando a criação de trajetórias de mudanças e análise de impacto a pequeno, médio e longo prazo. Nesse sentido, estudos sobre cobertura e uso da terra têm fornecido contribuições consideráveis ao ordenamento territorial e às análises de impactos ambientais, principalmente estudos que utilizam técnicas de sensoriamento remoto, os quais têm possibilitado análises multitemporais além de serem considerados altamente eficientes ao permitirem bons resultados, em menor tempo e a baixo custo.

Atualmente, análises multitemporais de uso da terra vêm constituindo-se em importantes ferramentas, extensamente adotadas como base para construção de modelos espaciais, alguns capazes de apontar tendências futuras de formas de uso da terra e transformações ambientais através de métodos de modelagem, os quais têm se tornado mais comuns transformando-se em instrumentos importantes para a gestão de territórios e de seus recursos naturais, devido sua capacidade em reproduzir computacionalmente a complexidade de sistemas ambientais. Geralmente esses métodos estão pautados em dinâmicas históricas e na paisagem presente, o que possibilita traçar direções para cenários no futuro, porém, é importante salientar que mudanças bruscas ocasionadas por desastres naturais, mudanças no sistema econômico ou até mesmo nas políticas públicas são capazes de alterar os cenários resultantes. Em suma, cenários futuros não devem ser adotados enquanto leis, e sim enquanto alertas que permitem visualizar efeitos e tendências antes que se tornem concretos, possibilita a reflexão acerca de atitudes que podem ser alteradas e consequências que deve ser mitigadas.

Do mesmo modo, é de fundamental importância a compreensão de que processos de alteração da paisagem devem ser considerados em seus aspectos históricos, sociais e econômicos, e que as análises para a região Amazônica devem considerar peculiaridades regionais, viabilizando análises mais detalhadas e projetos

mais efetivos para as sub-regiões amazônicas, possibilitando melhorias na gestão e preservação dos recursos naturais na região como um todo. Nesse sentido, o presente trabalho buscou adotar procedimentos metodológicos referentes à análise da dinâmica de uso da terra, por intermédio de ferramentas de sensoriamento remoto e imagens do satélite Landsat/TM para diferentes anos; técnicas de modelagem, baseadas na dinâmica de uso da terra, na base cartográfica da área ser estudada e na inserção de variáveis econômicas e sociais adquiridas através de oficinas e questionários, os quais possibilitaram também a realização da análise de custo de oportunidade, levando em consideração que as questões financeiras são interferem diretamente na escolha entre conservação ou conversão de floresta para outras formas de uso da terra.

O conceito de custo de oportunidade infere que a opção por conservar pode implicar em um custo, o qual é referente a um benefício perdido ao deixar de optar por um determinado uso, neste caso, o detrimento da atividade pela qual se deixou de lucrar em prol da conservação. Na área de estudo, por exemplo, (considerando seu histórico de incentivo a ocupação e atividades agrícolas), as práticas de regeneração florestal, adoção de formas alternativas e mais sustentáveis de uso da terra, assim como o próprio cumprimento da lei na conservação da Reserva Legal (Lei nº 4.771/1965), pode implicar em perdas financeiras substanciais para a agricultura familiar, podendo afetar, inclusive, suas fontes de sobrevivência.

Nesse contexto, vale ressaltar que a agricultura familiar exerce importância significativa na dinâmica econômica e grande representatividade na paisagem da região. Dessa maneira, a opção por adotar a análise de custo de oportunidade neste trabalho tem o propósito de inserir a representatividade da agricultura familiar como importante variável na dinâmica dessa paisagem e na capacidade de inserção de atividades alternativas de menor impacto sobre os recursos naturais, suscitando a necessidade de programas e políticas que ofereçam formas de compensação e incentivos às propriedades que adotem práticas sustentáveis e façam a opção por conservar.

Diante do exposto, o presente trabalho busca responder duas questões fundamentais:

- Quais as tendências de uso da terra apontadas para as duas mesobacias estudadas tomando como base seu histórico de uso?

- Quais são as áreas que apresentam maior potencial para geração de serviços agro ecossistêmicos adicionais a partir de mudanças de uso de terra sem impacto negativo (custo de oportunidade positivo) na renda dos usuários de terra?

O trabalho está organizado da seguinte forma:

O Capítulo 1 é referente a presente introdução;

O Capítulo 2 os objetivos do trabalho;

O Capítulo 3 apresenta uma contextualização do objeto de pesquisa, buscando introduzir a partir de dados históricos a problemática do uso da terra e a necessidade de conservação na área de estudo;

O capítulo 4 expõe a caracterização da área definida para este estudo, incluindo seus aspectos físicos e históricos;

O capítulo 5 trata da metodologia do trabalho englobando sua fundamentação teórica que adota como base: a Teoria Geral dos Sistemas, Geotecnologias relacionadas às análises de uso da terra, Modelagem Espacial e a discussão sobre a adoção do conceito de custo de oportunidade; os procedimentos metodológicos e materiais empregados.

O capítulo 6 apresenta os resultados alcançados na pesquisa para a dinâmica de uso da terra, os diferentes cenários criados para o ano de 2020 e os valores resultantes dos cálculos de custo de oportunidade para as principais culturas agrícolas observadas na área de estudo.

## 2. OBJETIVOS

### *Objetivo geral*

Criação de cenários de uso da terra capazes de indicar tendências de usos futuros e seus prováveis impactos sobre os recursos naturais. A ênfase dos resultados busca salientar o caráter irremediável que a degradação de determinados serviços ecossistêmicos pode acarretar e a necessidade urgente de programas voltados para a realidade da regional.

### Objetivos específicos:

1. Criação de um banco de dados abarcando aspectos socioeconômicos e ambientais ligados à produção agrícola familiar;
2. Análise da dinâmica espacial de uso da terra, a partir de imagens do satélite Landsat/TM para os anos de 1984, 1994, 1999, 2004 e 2008.
3. Construção de modelos dinâmicos capazes de projetar cenários futuros a partir da inserção da dinâmica de uso da terra e regras de transição.
4. Análise de custo de oportunidade.

### 3. BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

O nordeste do Estado Pará é a mais antiga região alvo de processos de ocupação e de fronteira agrária na Amazônia, o que permitiu sua inserção em diferentes padrões de ocupação que marcaram a história da região amazônica. O primeiro padrão adotava os rios como as principais vias de circulação, através deles eram realizadas as articulações econômicas entre os espaços povoados. Nesse período, os sistemas de produção eram baseados na agricultura, com a produção voltada para o consumo em nível da unidade de produção e seu excedente comercializado com agentes econômicos, por exemplo, os comerciantes portugueses. As atividades ligadas ao extrativismo também exerciam um importante papel, onde os produtos extraídos da natureza, tais como a caça, a pesca e frutos se constituíam como a base alimentar dos moradores, sendo, portanto, produtos fundamentais para sua sobrevivência, caracterizando a existência de um sistema agroextrativista (HURTIENNE, 1999).

O outro padrão de ocupação que exerceu influência sobre o nordeste paraense ocorreu por intermédio da 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. Nesse contexto, a fixação de uma quantidade considerável de colonos advindos de lugares variados e com níveis de renda diferenciados, ocasionou o surgimento de novas contradições na região (SOUSA FILHO et al, 1998). Uma das contradições se baseava no fato de que a disponibilidade de capital por partes de alguns colonos possibilitava a aquisição de novos lotes, além do que a experiência de outros no trabalho com a agricultura também viabilizava melhores resultados na produção. Por outro lado, havia imigrantes que não possuíam capital para a aquisição de seu lote e nem experiência com a agricultura, o que iniciou um processo de diferenciações econômicas e sociais que marcam a região até os dias atuais.

Nesse período, toda a produção agrícola era baseada na fertilidade natural do solo, onde se adotava o sistema de *corte e queima*, o qual ainda é praticado na região até os dias atuais, sendo apontado como um potencial emissor

de carbono para a atmosfera e um dos principais responsáveis pela descaracterização da paisagem natural da região.

A implantação de rodovias a partir da década de 1960 deu início a uma nova dinâmica na região oferecendo novas alternativas de escoamento que estimularam a produção agrícola, a chegada de novos imigrantes, abertura de novas áreas para a agricultura, a intensificação da produção e abertura de novos mercados. É importante ressaltar que o aumento da produção agrícola, nesse período, passou a influenciar de maneira mais severa os aspectos ambientais, ocasionando mudanças na dinâmica social e econômica com a queda de produtividade do solo, ou seja, a degradação ambiental, nesse momento, já passa a apresentar-se enquanto um problema, porém, ainda sem grandes proporções (SOUSA FILHO, 1998).

A maneira como se deu a ocupação desse espaço e, principalmente, dos padrões de produção direcionados para a região resultaram na intensa alteração da paisagem natural, de modo que no ano 1991 dois terços da vegetação natural da zona bragantina já haviam sido convertidos para outras formas de uso da terra. Os efeitos do desmatamento e intensificação do uso agrícola do solo desencadearam uma série de obstáculos às formas de produção dos colonos tais como o assoreamento de rios e igarapés e a queda na fertilidade do solo, demandando a derrubada de novas áreas de florestas para dar continuidade às atividades agrícolas, contribuindo para a diminuição de biomassa e biodiversidade na região (HURTIENNE, 1999).



Fig. 1 Trem na Ferrovia Belém-Bragança  
Fonte: Prefeitura de Igarapé-Açu

Outro fator importante, sob esse aspecto, é que a derrubada da vegetação original e a alteração no ecossistema local ocasionaram diminuição da oferta de produtos considerados essenciais para o sustento das famílias que ainda possuíam como base alimentar os produtos advindos das atividades extrativistas. Com a diminuição da disponibilidade de frutos e caça a opção encontrada, na maioria dos casos, foi o consumo familiar de produtos que antes eram destinados à comercialização (SOUZA FILHO, 1998).



Fig. 2 Parada do Trem em Igarapé-Açu  
Fonte: Prefeitura de Igarapé-Açu

Em 1965, a ferrovia Belém-Bragança foi desativada e a atividade agrícola na região passou por um processo de reconfiguração devido a consolidação do sistema rodoviário, a chegada de mais imigrantes, a constituição de novas técnicas de produtivas baseadas na adoção de fertilizantes e agrotóxicos e no estabelecimento de pastos. Nesse contexto, novas formas de culturas agrícolas foram introduzidas, algumas sofreram brusca diminuição e outras foram extintas. Algumas famílias ainda resistiram na região, uma parcela significativa dos moradores migrou para centros urbanos e outros para novas áreas de expansão da fronteira agrícola.

Atualmente, as atividades agropecuárias exercem um importante papel econômico no nordeste paraense, porém, a maneira como esta prática comprometeu os processos naturais têm influenciado significativamente os meios de sobrevivência de sua população ligada à agricultura familiar. A queda na fertilidade

do solo aliada a falta de condições econômicas que possibilitem investimento na produção, por exemplo, para a compra de adubo e fertilizantes, tem levado famílias a procura de atividades fora da sua propriedade como uma forma de garantir o sustento. São muito comuns casos em que membros de uma família são “contratados” para atividades em outra propriedade, geralmente para a produção de farinha, capina e colheita, o pagamento é, comumente, contabilizado em diárias. Em alguns casos, devido o baixo rendimento da produção, os vizinhos negociam em “trocas de diárias”, ou seja, um trabalha na terra do outro quando há necessidade, caracterizando, assim, uma troca de favores.

Existe em grande número de propriedades agrícolas onde a produção não é mais voltada para a comercialização. Em trabalhos de campo realizados pelo projeto GESTABACIAS, muitos agricultores queixaram-se da infertilidade do solo e da carência de apoio técnico para a produção familiar. Nesse contexto, tem se tornado habitual a substituição da floresta e da vegetação secundária em estágio avançado de regeneração - *capoeira*, para atividades agrícolas.

O processo de substituição da vegetação mais antiga é realizado no intuito de encontrar solos mais férteis, porém, a prática tem se mostrado problemática, uma vez que, as áreas de floresta e capoeiras maduras estão limitadas às margens de rios e igarapés, o que implica na retirada da mata ciliar, ocasionando assoreamento e extinção de pequenos igarapés e privando o agricultor dos benefícios gerados por este recurso, amplamente usado no fornecimento de água para as atividades agrícolas e irrigação de algumas culturas; na produção de farinha, onde a mandioca é colocada de molho nos igarapés antes de serem raladas e nas atividades de pesca e recreação, o que demonstra que as consequências da degradação destes recursos podem resultar em mais do que perdas econômicas para os moradores. Além disso, a mata também contribui com elementos importantes para os moradores, como a atração de caça, fornecimento de palhas, cipós, madeira e ervas medicinais, além da perda de outros benefícios como a qualidade dos solos, biodiversidade e outros que podem ser caracterizados como serviços ambientais.

Os obstáculos impostos à agricultura, principalmente a familiar, também têm impulsionado a saída de agricultores do campo para os centros urbanos, além do aumento do trabalho assalariado no campo o que vem desencadeando uma série

de processos sociais, econômicos e ambientais que fazem com que essa região tão complexa ofereça inúmeros objetos de investigação. Contudo, a elaboração de projetos e programas mais condizentes com a realidade da região e, portanto, mais eficazes, devem englobar os fatores motores de modificações nessa paisagem, o que só é possível quando analisados de forma sistemática, considerando a interdependência entre elementos físicos, sociais, econômicos e culturais, sem perder de vista a compreensão de que as barreiras enfrentadas pela agricultura familiar dessa região dificilmente serão vencidas sem o auxílio de pesquisas científicas e apoio técnico e financeiro.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área delimitada para este estudo é referente as mesobacias dos igarapés Timboteua e Buiuna, as quais estão localizadas na fronteira entre os municípios de Igarapé-Açu e Marapanim, ambos na região nordeste do Estado do Pará, na microrregião região Bragantina. O histórico dos dois municípios é bem antigo, tendo Igarapé-Açu surgido a partir do núcleo colonial de Jambu-Açu, no ano de 1903 sob influência da construção da estrada de ferro Belém-Bragança, enquanto que o município de Marapanim possui um histórico bem mais antigo datando desde o final do século XVII, com as missões dos jesuítas, emancipando-se a município no ano de 1877.

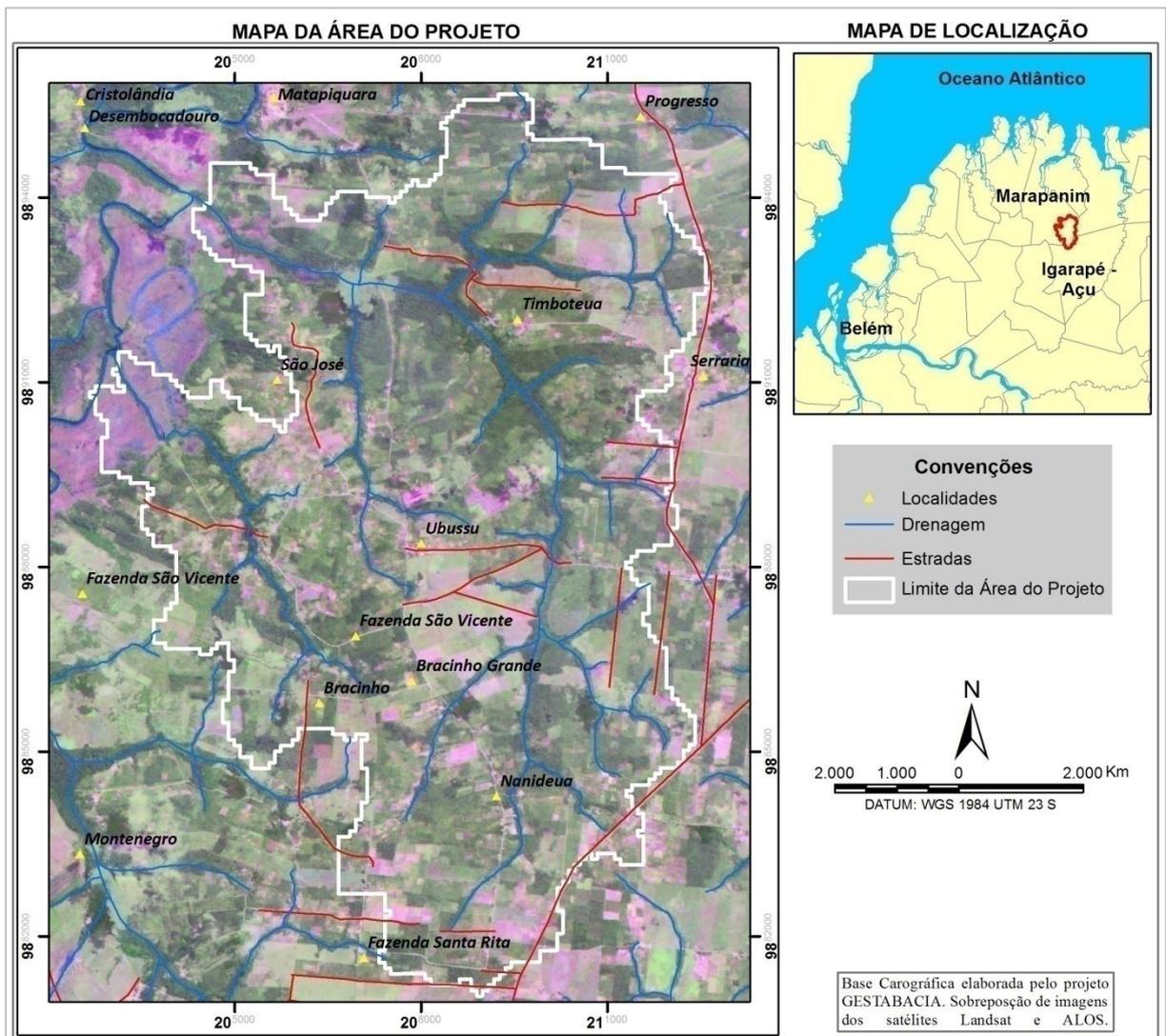


Fig. 3 localização da área de estudo  
Fonte:Elaborado pela autora

A seleção desta área como objeto de estudo foi definida pelo projeto GESTABACIAS, um projeto da Embrapa Amazônia Oriental que dispõe de uma equipe multidisciplinar de pesquisa, envolvendo, desta maneira, análises biofísicas, por exemplo, sobre a qualidade das águas, solos e quantificações de carbono, e análises socioeconômicas sobre os atores locais, as formas de uso da terra, produção e a influência exercida sobre os aspectos naturais. Nesse contexto, a escolha das mesobacias fundamentou-se em dois aspectos: no histórico de dinâmica espacial e uso da terra existente na região, aspectos estes que as mesobacias escolhidas conseguem refletir com facilidade através de suas características históricas e sua estrutura de vegetação; e pela experiência de trabalhos já realizados nesta área com pequenos agricultores através da Embrapa Amazônia Oriental, o que fornece subsídios de análises em experiências já testadas em campo.

Sua delimitação com base na bacia hidrográfica partiu do pressuposto de que as limitações topográficas naturais permitem que os aspectos físicos, químicos e biológicos apresentem padrões semelhantes tornando possível que as análises acerca da influência das alterações antrópicas sobre os sistemas naturais apresentem menores margens de erro.

As mesobacias dos Igarapés Timboteua e Buiuna ocupam uma área equivalente a 87, 148 km<sup>2</sup> constituída por um mosaico de usos agropecuários e vegetação bastante heterogênea. O solo dominante na área é o Latossolo Amarelo textura média e Solos Concrecionários Lateríticos nas Terras Firmes, além da presença de Solos Hidromórficos Indiscriminados e Solos Aluviais nas Várzeas (SEPOF, 2010). É considerado um solo de baixa fertilidade, porém, adaptável para culturas como a mandioca e pimenta-do-reino.

O clima está inserido na categoria de megatérmico úmido, do tipo Am da classificação de Köppen, temperatura média, durante todo o ano, em torno de 25°C. A precipitação anual é elevada e atinge 2.350 mm, com forte concentração entre os meses de janeiro a junho e sendo mais rara de julho a dezembro, a umidade relativa do ar chega próximo de 85%.

A geologia da região é similar a de toda a Microrregião Bragantina, representada por sedimentos do Terciário da Formação Barreiras e pelo Quaternário Subatual e Antigo. Em decorrência da estrutura geológica o relevo é bastante

simples, representado pelos baixos Tabuleiros do Grupo Barreiras, Terraços do Quaternário Antigo e Várzeas Quaternário Recente. Morfoestruturalmente corresponde à unidade regional do Planalto Rebaixado da microrregião Bragantina (SEPOF, 2010).

Segundo WATRIN (2003), as áreas de florestas, encontram-se limitadas às margens de rios e igarapés, áreas estas definidas como Áreas de Preservação Permanente – APP (Lei Nº 4.771), o que não vem impedindo a implantação de atividades agropecuárias em detrimento da vegetação florestal. A vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração é a forma de vegetação dominante na paisagem. Esse tipo de vegetação é também chamado de *capoeira*, a qual é parte integrante do processo produtivo que compõe o sistema tradicional de *corte e queima*, sendo iniciada no processo de pousio e queimada na fase de preparação da terra para as atividades de plantio com o objetivo de elevar a produtividade do solo corrigindo sua acidez.

As atividades de agricultura também são bastante representativas na região, principalmente a cultura da mandioca que dispõe da maior quantidade de área plantada. Porém, atividades ligadas à pecuária têm se mostrado em crescimento, aumentando seu efetivo de animais e expandindo as áreas de pastagem na paisagem.

Nesse sentido, as duas mesobacias estudadas englobam uma parcela representativa da paisagem do nordeste paraense, abrangendo um mosaico de formas diferenciadas de uso da terra e elementos da paisagem natural da região, como os rios, igarapés, campos aluviais e remanescentes florestais.

Apenas 20% da área de estudo pertencem ao município de Igarapé-Açu, do qual a sede municipal possui maior proximidade com as mesobacias estudadas. A parcela da área pertencente ao município de Marapanim é separada de sua sede municipal pelo Rio Marapanim. A área de trabalho é constituída por pequenas localidades, propriedades agrícolas, em sua maioria, medindo um lote agrícola equivalente a 25 hectares, e grandes fazendas. A agricultura apresenta-se como a principal fonte de renda dos moradores sendo a roça a principal atividade da área.

## 5. TEORIA, METODOLOGIA E TÉCNICAS USADAS

### 5.1 ANÁLISE SISTÊMICA

Existe uma tendência crescente no sentido de adotar a análise sistêmica em estudos que transcendem os limites disciplinares e levar em consideração a interdependência e inter-relação existente entre um grande número de fatores que constituem um processo não linear.

Nesse contexto, estudos voltados para a questão ambiental têm procurado inserir a análise sistêmica em suas metodologias, com base na compreensão de que a intervenção para adaptar-se à dinâmica das transformações tanto da sociedade como do seu ambiente. Neste trabalho, a análise sistêmica tem a finalidade de criar cenários para subsidiar propostas de recuperação ambiental tanto física como econômica e social.

Ludwig Von Bertalanffy, o autor da Teoria Geral de Sistema, tentou romper com o paradigma cartesiano através da integração das ciências naturais e sociais, promovendo o diálogo de leis e métodos entre os diferentes campos científicos (FENZL, 2009). Para Bertalanffy os fenômenos deveriam ser analisados globalmente, considerando o maior número de aspectos possíveis, sem perder de vista a interdependência de cada parte com seu todo, desvendando assim características sistêmicas que não podem ser compreendidas na análise isolada das partes.

Para Fenzl (2009), uma análise sistêmica deve considerar as partes individuais, a relação destas partes entre si e as relações entre o conjunto das partes com seu ambiente. Dessa forma, uma análise sistêmica deve considerar estas três dimensões para possibilitar uma compreensão adequada de um processo ou sistema complexo.

Um sistema complexo apresenta as seguintes características:

1. *Interdependência não linear das partes* - essencial para a manutenção da coerência do sistema; causando a imprevisibilidade dos resultados de uma determinada ação;

2. *Capacidade de comportamentos emergentes* – quando o sistema cria comportamentos novos que não podem ser compreendidos a partir de uma análise individual das partes;

3. *Relação entre as partes e o todo* - onde a ação de um elemento pode causar efeitos imprevisíveis no sistema como um todo;

4. *Possuem uma história* - referentes às mudanças irreversíveis ocorridas no sistema no decorrer do tempo.

As características descritas acima foram destacadas considerando o contexto das mesobacias escolhidas para análise. Embora não seja discutida profundamente enquanto teoria, a aplicação prática da teoria de sistemas no desenvolvimento da metodologia e na análise dos resultados é concebida neste trabalho como de fundamental importância.

A característica de *interdependência das partes* é inserida na discussão sobre os impactos causados à paisagem decorrente da intensificação de uso da terra no transcorrer dos anos, de maneira que a simples escolha na adoção de culturas e áreas a serem cultivadas pode ocasionar degradação ambiental em efeito cadeia. Lembrando que as escolhas sobre formas de uso também são resultantes de processos históricos que compreendem fatores econômicos, sociais e políticos.

Da mesma maneira a *história* do sistema também é uma peça chave neste trabalho, na medida em que a dinâmica histórica de uso da terra é fundamental para as etapas de modelagem e o cálculo do custo de oportunidade. Apenas a compreensão da história de um sistema torna possível traçar relações, entender movimentos, alterações e vislumbrar tendências para o futuro.

## 5.2 GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM

Diante do aumento da pressão exercida por atividades antrópicas sobre os recursos naturais, surgiu a necessidade de inserir, além de uma análise sistêmica, novas abordagens e metodologias capazes de abarcar a complexidade de um processo de degradação dos recursos naturais, assim como servir de subsídio para a geração de ferramentas de monitoramento e controle ambiental e provisão de

alternativas econômicas mais favoráveis à conservação do bioma amazônico, levando em consideração suas peculiaridades.

Nesse contexto, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto passaram a contar com novos modelos de informação, métodos e softwares que facilitam, cada vez mais, a obtenção de informações de maneira rápida e barata permitindo a compreensão da dinâmica dos impactos ambientais no decorrer do tempo e em alguns casos, em tempo real. Desta maneira, as novas tecnologias vêm simplificando e aperfeiçoando o monitoramento dos impactos, suas tendências futuras e permitindo possíveis alternativas de mitigação.

Segundo Câmara (2009), diante da complexidade de elementos que constitui um espaço geográfico, uma das questões a ser vencida na adoção de geotecnologias está na maneira como vai se constituir o Sistema de Informação Geográfica (SIG), ou seja, como trazer conceitos abstratos da realidade para um sistema computacional. Com o objetivo de explicitar a transformação de objetos abstratos da realidade para o ambiente computacional, os autores adotam o “Paradigma dos Quatro Universos” o qual é integrado pelo:

- Universo do mundo *real*, que abrange todos os elementos da realidade a ser modelada;
- O universo *matemático (conceitual)*, o qual representa a definição matemática dos elementos a serem representados;
- O Universo de *representação*, local onde os elementos são mapeados para representações numéricas e alfanuméricas;
- O universo da *implementação*, local onde são escolhidas as estruturas dos dados e algoritmos, tendo como base o desempenho, capacidade do equipamento e tamanho da massa de dados. Nível no qual acontece a codificação.

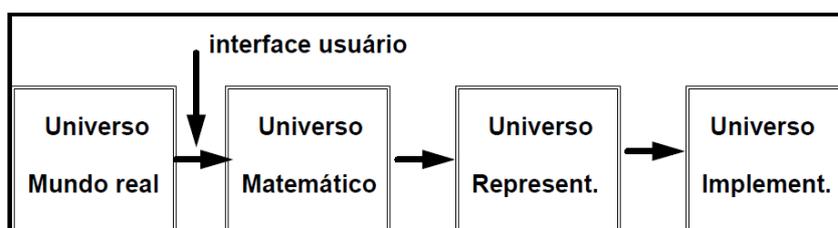


Fig. 4 Paradigma dos Quatro Universos  
Fonte: adaptado de Câmara e Monteiro (2009)

A representação de objetos reais pelo SIG tem sido facilitada pelo Geoprocessamento, que é para Silva (2007), um ramo da tecnologia da computação eletrônica de dados com a finalidade transformar ocorrências (dados) em ganhos de conhecimento (informação). Para Rosa (2005), o geoprocessamento envolve as técnicas de tratamento da informação espacial, as quais são resumidas em quatro categorias que devem:

- Compreender as técnicas para a coleta de informações, que podem ser realizadas por intermédio de métodos como os da cartografia e do Sensoriamento Remoto;
- Compreender as técnicas de armazenamento das informações espaciais;
- Compreender as técnicas de tratamento e análise das informações espaciais que podem dar-se, por exemplo, através de métodos geoestatísticos, redes e modelagem de dados;
- E compreender técnicas para uso integrado da informação espacial, como o SIG.

Neste trabalho, além da geração de um banco com dados georreferenciados, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto para a atualização de bases cartográficas, mapeamento e monitoramento de processos. O Sensoriamento Remoto é compreendido como a técnica de obtenção de imagens a distância de um objeto ou alvo na superfície da terra. As informações são obtidas por intermédio da radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, a qual pode ser gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como o Radar e captadas por aparelhos denominados sensores remotos ou satélites (MORAES, 2002).

As informações adquiridas principalmente a partir do sensoriamento remoto, aliada às técnicas de modelagem, permitiram o desenvolvimento de modelos abrangentes, capazes de representar a configuração e localização dos elementos da paisagem, abarcando fenômenos dinâmicos (SOARES FILHO, 2008).

Segundo Novaes (1981), um modelo pode ser compreendido como “a representação de um sistema, o qual pode ocorrer por intermédio de várias linguagens: matemática, lógica, física, analógica, icônica, gráfica, etc., e segundo uma ou mais teorias”.

Soares-Filho *et al* (2007) define modelo de simulação como o processo onde é modelada a dinâmica de um sistema considerando seus aspectos complexos e suas trocas de energia.

Para Burrough (1998) “um modelo espacial dinâmico é uma representação matemática de um processo do mundo real em que uma localização na superfície terrestre muda em resposta a variações em suas forças direcionadoras”.

Segundo Câmara e Pedrosa (2003) um modelo deve ser capaz de responder as questões: “Por que”, “Quando” e “Onde” acerca de um fenômeno. E deve ser constituído de três elementos: *variáveis*, *relacionamento* e *processos* os quais podem variar sua significância de acordo com o fenômeno abordado. Desse modo, os modelos podem ser classificados entre dois tipos os *empíricos* ou de *sistemas*. Os modelos empíricos adotam dados históricos como base para representação da realidade, supondo sua repetição no futuro; apresentam modelos matemáticos simples; poucas variáveis e limitações em analisar causas e evolução espacial no sistema. Enquanto que os modelos de sistemas enfatizam a interação entre todos os elementos do sistema; consideram a relação de vizinhança entre os elementos; demandam conhecimento acerca do fenômeno analisado, podendo incorporar processos de tomada de decisões e é capaz de simular mudanças futuras nos padrões espaciais. Porém, apesar da classificação, a escolha do modelo deve estar relacionada com o fenômeno em questão, podendo, em alguns casos, adotar mais de um modelo na análise de um fenômeno de maneira complementar.

Sendo assim, torna-se compreensível a complexidade que envolve a modelagem sistemas ambientais, considerando que a paisagem possui uma quantidade abundante de variáveis, e processos em constante mutação, podendo significar em grandes mudanças ao longo de um determinado tempo. Compreendido esses processos e os fatores que podem lhe causar interferência torna-se possível a criação de modelos e geração de cenários para o futuro ou passado a partir da análise da tendência resultante. Sem perder de vista o fato de que a história não se repete e os processos não são os mesmos.

No contexto amazônico um modelo capaz de representar a realidade da região abrangendo sua complexidade e alterações nas trajetórias de mudanças, representa um avanço, no sentido de maior fiscalização e controle de

desmatamento, assim como contribui para direcionamento de políticas públicas para áreas de maior pressão sobre os recursos naturais.

Os modelos gerados podem variar de acordo com o objetivo e realidade a ser modelada. Atualmente, é possível constatar um aumento na disponibilidade de softwares capazes de modelar processos complexos, por exemplo, os que envolvem mudanças no uso da terra, dentre os quais destacamos:

- **DELTA** ("Dynamic Ecological-Land Tenure Analysis") que além da predição de alterações na paisagem, busca compreender o processo de decisão na adoção de uma determinada forma de uso da terra. É capaz de simular a difusão da colonização, a mudança do uso da terra e a liberação de carbono.

- **CLUE** (Conversion of Land Use and its Effects), desenvolvido na Wageningen Agricultural University, Holanda. É um modelo dinâmico, no qual a execução ocorre em duas etapas. A primeira é responsável pela identificação de fatores relevantes para a ocorrência de mudanças, a segunda etapa é caracterizada pela utilização dos resultados da primeira para a geração de simulações e cenários futuros.

O presente trabalho adotou o software **Dinamica EGO**, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com o objetivo de simular a dinâmica de mudança de paisagem na Amazônia. O modelo é do tipo autômatos celulares no qual as células interagem entre si de maneira dinâmica estabelecendo relações de vizinhança, considerando seu estado prévio e regras de transição, respeitando um intervalo de tempo assumido, de maneira semelhante com seres animados (SOARES-FILHO, PENNACHIN e CERQUEIRA, 2002).

O software utiliza como entrada um conjunto de mapas referentes à paisagem inicial com características de uma matriz onde cada célula corresponde a uma porção da paisagem a ser modelada, também utiliza bases cartográficas que podem ser determinantes para as alterações na paisagem. Os tipos de informações de entrada são divididos em duas categorias: *dinâmicas* e *estáticas*, sendo estas últimas referentes a feições que não se alteram do decorrer do processo.

**Dinamica EGO** tem sido adotado para estudos de dinâmica da paisagem em diversas partes do Brasil, principalmente na Amazônia, onde o modelo é utilizado para detectar áreas com maior risco de ocorrência de desmatamento, baseando-se

na dinâmica de uso. Além disso, o software está em constante avanço com o desenvolvimento de novas ferramentas com capacidade de aplicação em estudos mais específicos, por exemplo, na geração de informações sobre fragmentos florestais, possibilitando análises de métricas de paisagem e através da ferramenta CARLUC que gera informações sobre o fluxo de carbono.

Apesar da eficiência, existem cuidados que devem ser tomados na adoção de modelos. Primeiramente, compreender que os modelos que geram informações para situações futuras fornecem apenas uma previsão do que poderá ocorrer. Outro aspecto a ser considerado é que os modelos costumam ser baseados em dados históricos, os quais podem não se repetir no futuro o que demanda atualizações no modelo, ou seja, quanto maior o tempo modelado, maior a possibilidade de atualização no modelo. Neste trabalho optou-se por modelar a paisagem para um período de tempo razoável, abrangendo, por exemplo, ciclos de produção, os cenários finais apontam tendências para o ano de 2020.

### 5.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE

Custo de oportunidade pode ser definido como o “a renda líquida gerada por um fator em seu melhor uso alternativo” (BURCH & HENRY, 1974), o que significa dizer que a escolha de um uso implica no detrimento dos benefícios gerados por um outro uso, resultando em perda dos benefícios de uma oportunidade abdicada. Por essa razão o conceito de custo de oportunidade também é conhecido como “custo alternativo”.

Em casos que envolvem conservação ambiental, a análise do custo oportunidade é útil por considerar aspectos sociais e econômicos capazes de influenciar escolhas entre conversão e conservação de recursos naturais. Dessa maneira, ela fornece informações valiosas para o planejamento territorial, permitindo aos planejadores compreender quem perde e o que se perde e ao usuário da terra refletir sobre possíveis formas de incentivos ou compensações que podem negociar ao abdicar de uma determinada atividade. Além disso, o conceito de custo oportunidade permite compreender a direção de certos processos indutores de

desmatamento abarcando, principalmente, a influência exercida na adoção de atividades cada vez mais rentáveis em detrimento da floresta. Nesse caso, as áreas que apresentam maior custo de oportunidade podem representar as atividades que mais pressionam a floresta e induzem sua conversão para outra forma de uso.

O conceito de custo oportunidade tem possibilitado avanços no sentido de planejamento territorial e participação social em tomadas de decisões. Um exemplo pode ser observado em Rosário (2009) que ressalta a importância do custo de oportunidade para garantir direitos e evitar conflitos entre comunidades no entorno de áreas destinadas à criação de Área de Proteção Ambiental. Kramer *et al* (1995) também utiliza o conceito para avaliar os efeitos econômicos da criação do Parque de Mantadia, em Madagascar, sobre as comunidades do entorno, salientando a importância de compensá-las por serem privadas de atividades importantes a sua sobrevivência. Nesse caso a compensação poderia ocorrer sob a forma de benefícios sociais aplicados à educação, saúde ou em formas alternativas para a geração de renda.

No presente trabalho foi adotada a definição de Wunder *et al* (2008) aplicada em estudo que envolveu análise de custo oportunidade para toda a Amazônia brasileira, no qual custo de oportunidade é descrito como “o valor perdido por não se optar por atividade econômica considerada lucrativa, em prol da conservação de florestas”.

Nesse contexto, o custo de oportunidade pode ser empregado enquanto um conceito importante no contexto de planejamento ambiental e políticas públicas na região amazônica onde as atividades econômicas representam o principal motor do desmatamento da floresta. Estudos realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apontam que o desflorestamento acumulado na floresta amazônica brasileira no ano de 2008 equivalia a 17,8% da área total da região, dos quais 55,4% é referente as áreas de pasto, 21% de vegetação secundária (que possui relação direta com atividades agropecuárias) e 4,9% de agricultura anual. As demais parcelas do total da área desflorestada abrangem áreas urbanas, ocupações e demais atividades produtivas como solo preparado, mineração dentre outros (INPE, 2011). As classes de uso da terra mapeadas e os altos valores de área apresentados pelas classes relacionadas a agropecuária apontam para necessidade de criação de alternativas econômicas e ambientalmente sustentáveis capazes de

competir economicamente com as atividades que envolvem desmatamento e degradação ambiental.

Muitas alternativas têm sido elaboradas visando o cumprimento das leis ambientais, mudanças nas formas de uso da terra e recuperação de áreas degradadas, e nesse contexto é crescente o número de propostas que envolvem benefícios a usuários da terra que adotam práticas mais sustentáveis. O programa PROAMBIENTE, por exemplo, é considerado destaque ao envolver agricultores familiares em práticas que envolvem o planejamento de uso da terra em sua propriedade, sustentabilidade e provisão de serviços ambientais, como o desmatamento evitado, sequestro de carbono e conservação de recursos naturais, em troca recebem créditos rurais pelos serviços ambientais prestados.

Wunder *et al* (2008) destaca que mudanças no uso da terra pode implicar em custos para os usuários da terra e por essa razão é fundamental ter uma base de valores pautada na renda da produção para que sirva de indicativo para propostas de compensação de mudanças nas formas de uso da terra a serem adotadas. Os valores de produção podem ser estimados tendo como base o conceito de custo de oportunidade e a adoção do método de Valor Presente Líquido (VPL) o qual permite traçar estimativas de benefícios futuros, com base em benefícios presentes adotando-se uma taxa de desconto apropriada. Desta forma, é possível englobar valores para um determinado intervalo de tempo que compreenda todo um ciclo produtivo, para diferentes tipos de culturas capazes de apresentar valores maiores do que o custo de oferta de serviços ambientais (ROSÁRIO, 2009).

No presente estudo os cálculos de custo de oportunidade enfocam os tipos de culturas agrícolas mais comuns na Zona Bragantina e as práticas de conversão de floresta para atividades agropecuárias. O conceito é adotado com objetivo de identificar barreiras e custos para a conservação, considerando que ao mesmo tempo em que a floresta representa um elemento importante para o agricultor, suas necessidades de produzir, as dificuldades na produção agrícola aliado aos problemas em garantir o sustento familiar muitas vezes força-os a fazer a escolha entre conversão ou conservação das florestas em um contexto em que a destinação de uma parcela da propriedade para a conservação pode resultar em queda na fonte de renda familiar.

Em suma, os resultados apresentados pela análise de custo de oportunidade podem servir como um importante instrumento de gestão no sentido de compreender e direcionar programas e projetos relacionados à conservação e mudança de uso da terra. Desse modo, a análise de custo oportunidade tem impulsionado avanços em estudos e projetos ao incluir em suas análises os atores e aspectos locais, suas dificuldades na escolha do uso apropriado da terra e os fatores que determinam essa escolha entre conservação ou conversão da floresta para atividades produtivas.

#### 5.4 APLICAÇÃO PRÁTICA

Os passos metodológicos foram divididos em três etapas:

1. Mapear a dinâmica e Uso da Terra na área de estudo com base em imagens de satélites;
2. Construção de um modelo de simulação de uso da terra;
3. Cálculos de custo de oportunidade a partir das informações das duas mesobacias estudadas.

##### 5.4.1 Dinâmica de Uso Da Terra

A adoção de técnicas de sensoriamento remoto na realização de análises multitemporais exige a seleção cuidadosa de material a ser utilizado, tais como as imagens, o sensor e o período de obtenção dessas imagens, as quais devem possuir baixa ocorrência de nuvens. A metodologia aplicada aos dados adotou técnicas de processamento digital de imagens, compreendidas como a manipulação de uma imagem através de um computador (INPE, 2010).

Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat/TM5 para os anos de 1984, 1994, 1999, 2004 e 2008, a partir da composição das bandas 3 (blue), 4 (red) e 5 (green), de resolução de 30x30 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.

Os softwares utilizados para o processamento das imagens e construção dos mapas temáticos foram o Spring 5.0.6 (Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas) e ArcGis 9.3. Os procedimentos serão descritos nesta seção.

#### 5.4.1.1 Organização dos Dados

Esta fase do trabalho foi realizada no software Spring 5.0.6 através da criação de um Banco de Dados, no qual foi definido o Sistema de Projeção cartográfica WGS84 UTM Z23S. Posteriormente efetivou-se definição da área do projeto no software, delimitado pelas coordenadas do retângulo que limita a área de estudo e a definição dos Planos de Informação onde os dados são organizados de acordo com suas características de formato e estrutura.

Como parte do pré-processamento foi aplicada a técnica de realce de contraste que consiste na transferência radiométrica nos pixels que possibilita a melhoria de aspectos visuais da imagem, facilitando a identificação de objetos, por intermédio da manipulação de histograma. Os resultados desse processo variam de acordo com o analista humano, que define o contraste mais apropriado para si, uma vez que, não existem regras gerais para a definição do mesmo.

#### 5.4.1.2 Segmentação e Classificação das Imagens

Com as imagens pré-processadas iniciou-se o processo de Segmentação, que consiste na formação de regiões de pixels que apresentam similaridade baseada na análise pixel por pixel. Para este procedimento foi escolhida a técnica conhecida por *crescimento de regiões*, onde cada pixel é rotulado e agrupado em regiões abrangendo outras adjacentes de forma que a média do nível de cinza é constantemente atualizada abrangendo os seguimentos vizinhos até o momento em que não exista mais segmento a ser ligado.

A técnica de crescimento de regiões exige a definição de um limiar de similaridade que é baseado na distância Euclidiana entre os valores médios dos níveis de cinza de cada região, além da definição da área mínima para que uma

região não seja agregada a uma região diferente (INPE, 2010). Após a realização de alguns testes foi fixado o valor 6 para o limiar de similaridade e 10 o valor de área (a área mínima de cada região em pixels), por serem estes avaliados como os mais adequados para análises sobre o uso da terra e cobertura vegetal considerando, também, a escala espacial das imagens Landsat.

O procedimento de classificação permite que informações sejam extraídas da imagem sob formatos variados possibilitando sua utilização para diferentes fins. O método escolhido para a classificação foi o denominado por *Supervisionado*, utilizado quando já existe conhecimento prévio da área a ser trabalhada e, portanto, das classes existentes. Para tanto foi necessário a realização do processo de *treinamento*, que consiste na seleção de regiões amostrais na imagem como base de referência para cada classe criada.

Após a escolha das amostras foi necessário sua análise através de um classificador, baseando-se nas propriedades espaciais e espectrais da imagem e no reconhecimento de áreas homogêneas. O classificador escolhido foi *Battacharya*, que se baseia na distância média das distribuições de probabilidades entre classes espectrais. Seu limiar de aceitação foi definido em 99.9%, o que significa dizer que as regiões pertencentes a uma classe estão distantes desta classe por uma distância inferior a esse limiar (INPE, 2010). O mesmo limiar foi utilizado no processo de classificação, permitindo um melhor desempenho devido seu alto valor, o que implica na abrangência de distâncias maiores para a definição de classes.



Fig. 5 Imagem e Grade de Segmentação obtida durante o processamento aplicado neste trabalho.

#### 5.4.1.3 Mapeamento e Edição das Imagens

O mapeamento visa a criação de um mapa temático a partir da imagem classificada. Nessa etapa ocorre a associação entre os temas criados no processo de classificação e as classes criadas no banco de dados do projeto, reagrupando em uma única classe aquelas que correspondiam ao mesmo tema,

A partir de então, foi necessário efetuar a *edição* onde se buscou refinar os resultados obtidos realizando correções em possíveis erros da classificação automática. Esta tarefa consiste, basicamente, na integração de segmentos não classificados ou classificados em classes diferentes, para suas verdadeiras classes correspondentes.

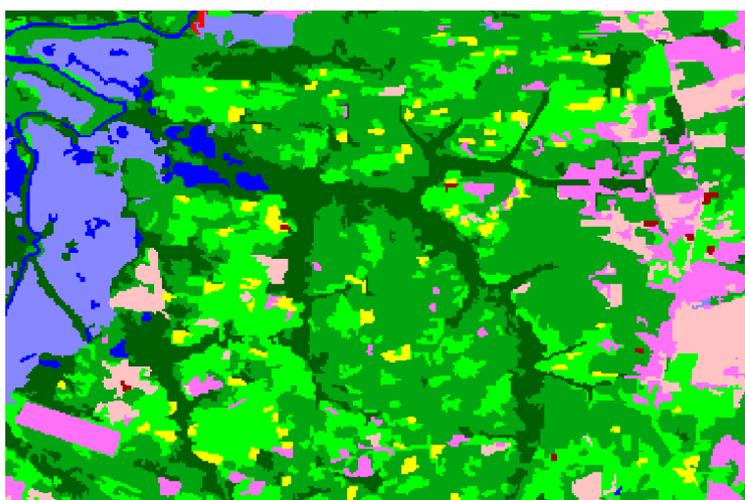


Fig. 6 Imagem Classificada obtida durante o processamento

#### 5.4.1.4 Trabalho de Campo

O trabalho de campo é fundamental no processo de interpretação de imagens, pois, em campo é permitido ao operador comparar as feições identificadas nas imagens e sua respectiva referência na realidade, permitindo a definição de classes temáticas mais adequadas às peculiaridades de diferentes regiões em análise.

Na realização deste trabalho, a pesquisa de campo ocorreu em diversas situações. No início do projeto, as visitas a campo foram realizadas por intermédio de oficinas com o intuito de compreender a realidade da agricultura familiar na

região, suas principais dificuldades e formas de utilização dos recursos naturais, com ênfase aos recursos hídricos. Posteriormente, as visitas ocorreram em grupos específicos de pesquisa que disponibilizavam suas informações com os demais participantes do projeto.

Para a análise de uso da terra no presente trabalho, foram coletados pontos de GPS com a respectiva descrição do uso da terra adotado. Esta foi uma oportunidade para a aplicação de questionários e entrevistas, também fundamentais na elaboração deste trabalho.

As coordenadas obtidas em campo foram utilizadas na classificação das imagens de satélite e na orientação em visitas de campo posteriores, como forma de obter informações sobre as mudanças ocorridas em determinadas áreas e em diferentes períodos.

#### 5.4.1.5 Definição da Legenda Temática

A definição da Legenda temática obedeceu a fatores como a escala de trabalho (1:100.000), as limitações impostas pelas imagens analisadas diante da heterogeneidade da paisagem e os elementos de interpretação de imagens tais como, cor/tonalidade, forma e textura. Também foram determinantes as pesquisas sobre o histórico da região e a realidade da área escolhida para a pesquisa.

Deste modo, foi definida uma legenda temática com as seguintes classes: *Floresta, Capoeira alta, Capoeira baixa, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Solos sob preparo, Cultura Agrícola, Campos aluviais, Corpos d'água e Nuvens*. As quais serão descritas na seção de resultados.

#### 5.4.1.6 Tabulação Cruzada

Para cada imagem foi realizada a tarefa de tabulação cruzada entre uma imagem base e a imagem de um ano posterior em análise. Este procedimento consiste na realização do cruzamento entre dois planos de informação e tem como objetivo a identificação de áreas de interseção. Dessa maneira é possível compreender quais as classes cederam ou ganharam espaço em relação às demais classes, possibilitando análises do tipo: quais as classes que mais exercem pressão

sobre a floresta? Qual delas mais se expande em detrimento de outras? Qual a classe que mais cresceu e a que mais diminuiu no decorrer do tempo?

O processo de tabulação cruzada produz uma planilha com informações de ambas as imagens. Na linha estão as classes para o ano base e nas colunas as classes do ano posterior, nas faixas onde as classes dos diferentes anos coincidem são referentes as áreas daquela classe que permaneceram entre ambos os anos, seguindo a linha de cada classe é possível visualizar seu comportamento no decorrer do tempo e a forma que se relacionou com as demais classe, conforme pode ser visto na planilha abaixo.

Tabela cruzada de areas (em pixels):

Plano-1 (nas linhas) : 1999\_lim\_proj2  
Plano-2 (nas colunas): 2004\_lim\_proj

	Floresta	Capoeira_alta	Capoeira_baixa	Pasto_Limpo
Floresta	4905	0	1099	118
Capoeira_alta	0	21430	8995	3839
Capoeira_baixa	4	9994	9543	4266
Pasto_Limpo	0	122	1731	2248
Pasto_Sujo	0	76	2495	2534
Solo_sob_Preparo	0	20	353	196
Cultura_agricola	0	127	1488	325
Campos_Aluviais	0	0	10	0
Água	0	18	0	0
Nuvens e Sombras	58	216	456	297

Tabela cruzada de areas (em KmxKm):

Plano-1 (nas linhas) : 1999\_lim\_proj2

Fig. 7 Procedimento de tabulação cruzada entre os anos de 1999 e 2004

#### 5.4.2 Modelagem

Criar um modelo para uma determinada realidade exige o conhecimento prévio da área, de maneira que os elementos considerados determinantes na dinâmica da paisagem possam ser tomados como variáveis para o modelo a ser criado. Neste trabalho, os procedimentos foram realizados com base em mapas de uso da terra e bases cartográficas como malha viária e drenagem, as quais são consideradas importantes variáveis indutoras de mudanças na região em questão. A execução desta etapa do trabalho foi realizada no software Dinamica EGO.

#### 5.4.2.1 Preparação Dos Dados

Os dados de entrada foram padronizados para o formato raster e definidos para a mesma resolução e número de linhas e colunas. Os dados de entrada 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.

Os mapas de uso da terra foram categorizados através de códigos, pois as informações em raster não permitem grande quantidade de informações nas células e a definição de valores correspondentes a cada classe facilita os procedimentos na criação de equações.

Tabela 1 Código das Classes Temáticas

<b>CÓDIGO</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
<b>1</b>	Floresta
<b>2</b>	Capoeira alta
<b>3</b>	Capoeira Baixa
<b>4</b>	Pasto Limpo
<b>5</b>	Pasto Sujo
<b>6</b>	Solo sob preparo
<b>7</b>	Cultura agrícola

#### 5.4.2.2 Cálculo das Matrizes de Transição

A partir das análises de uso da terra em diferentes imagens, foi executado o cálculo das matrizes de transição que consiste, basicamente, no cruzamento dos produtos de anos diferenciados. A lógica do cálculo é que as alterações devem ser calculadas com base na soma das porcentagens fixas dos valores das variáveis em relação ao tempo anterior. Dessa maneira, as taxas de transição não devem ser fixas e sim dinâmicas para que possam ser recalculadas a cada interação do modelo (SOARES FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009).

Dinamica EGO converte as taxas líquidas, referentes às porcentagens de áreas, em taxas brutas, referentes as unidades de área por unidades de tempo. A

ferramenta utilizada foi o *Determine Transition Matrix* onde foram inseridas uma imagem inicial e uma imagem final, considerando o intervalo de tempo entre elas. Por exemplo, imagem inicial de 1984 e final de 1994 e intervalo de tempo igual a 10 e assim sucessivamente. As matrizes foram geradas para todas as imagens utilizadas neste trabalho, os valores das taxas foram comparados entre si, porém, apresentaram valores com poucas variações.

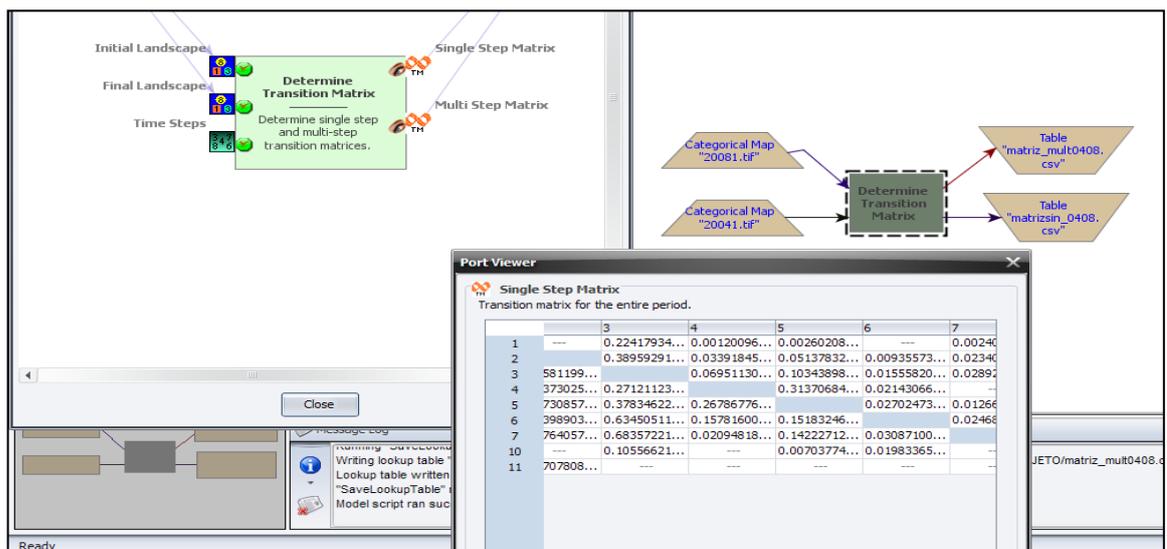


Fig. 8 Geração de Matrizes de transição

#### 5.4.2.3 Cálculo de Peso de Evidência

O Peso de evidência consiste em um método estatístico fundamentado no teorema de *Bayes*, o qual trabalha na avaliação individual das variáveis buscando correlação e integração entre os mapas (BONHAM-CARTER, 1994). São utilizados na representação de importância de uma determinada variável para a ocorrência de uma mudança espacial, no Dinamica EGO o método é adotado na geração de mapas de probabilidade de transição, sendo, aplicado apenas a dados categóricos

Tabela 2 Código das Variáveis

CÓDIGO	SIGNIFICADO
EST_PAV	Estradas pavimentadas
EST_SPAV	Estradas sem pavimentação
LOCAL	Localidades
RIO	Rios

O functor<sup>1</sup> “*Determine Weights Of Evidence Ranges*”, é responsável pela categorização de mapas em casos de mapas com variáveis contínuas, por exemplo, os mapas de distâncias (SOARES FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009). Este *functor* calcula faixas para cada variável estática e para os mapas de distância, porém, é necessário definir seus intervalos respeitando a resolução das células do raster e definir o tamanho dos *buffers*, ou seja, o tamanho de cada faixa de distância estipulada. Somente após esta etapa é possível calcular os valores para o Peso de evidência de cada intervalo resultante deste processo, o qual pode ser feito através do *functor* “*Determine Weights of Evidence Coefficients*”.

Transition: 2->6 Variable: statics_project1/est_spav						
Range	Possible Transitions	Executed Transitions	Weight Coefficient	Contrast	Significant?	
1 <= v < 2	2235	73	0.570539	0.701951	yes	
2 <= v < 3	3015	35	-0.485462	-0.571947	yes	
3 <= v < 4	2947	33	-0.521906	-0.610749	yes	
4 <= v < 5	3132	49	-0.18297	-0.223118	no	
5 <= v < 6	2521	28	-0.530169	-0.605156	yes	
6 <= v < 7	1402	1	-3.28607	-3.3764	yes	
7 <= v < 8	541	23	0.844387	0.890808	yes	
8 <= v < 9	139	57	3.5952	3.80146	yes	
9 <= v < 10	34	0	~ 0	-0.00217252	no	

Fig. 9 Peso de evidência na transição de Capoeira alta para Solos sob preparo, considerando a distância à estradas sem pavimentação

A coluna *Range* é referente ao intervalo gerado pelo Peso de evidência, neste caso, para todas as variáveis o intervalo foi definido em 300m; a coluna *Possible Transitions* indica o tamanho de cada buffer em número de células; *Executed Transitions* apresenta em número de células as transições ocorridas em cada buffer; *Weight Coefficients* apresenta os coeficientes obtidos no processamento; a quinta coluna trata da medida do *Contraste* responsável pela análise do efeito de associação ou repulsão da ocorrência de uma determinada transição; e a coluna *Significant?* É o resultado do teste de significância estatística (SOARES FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009).

No que concerne ao processo de associação ou repulsão medida pelo contraste, as associações positivas favorecem a mudança, por exemplo, nos valores abaixo a associação positiva na primeira faixa (primeiros 300m) favorece a transição

<sup>1</sup> Functor é a denominação dada às ferramentas que representam uma série de algoritmos no software DINAMICA EGO (SOARES-FILHO, 2010).

de capoeira alta para atividades agrícolas, associações negativas tendem a repelir estas mudanças, como pode ser observado a partir da terceira faixa de transição e valores muito próximos a zero não exercem efeito sobre o processo.

Transition: 2->7 Variable: statics_project1/est_spav						
Range	Possible Transitions	Executed Transitions	Weight Coefficient	Contrast	Significant?	
1 <= v < 2	2301	139	0.297594	0.354682	yes	
2 <= v < 3	3171	191	0.294504	0.378363	yes	
3 <= v < 4	3028	114	-0.199175	-0.239611	yes	
4 <= v < 5	3133	50	-1.07973	-1.22967	yes	
5 <= v < 6	2569	76	-0.4486	-0.514767	yes	
6 <= v < 7	1457	56	-0.177681	-0.193541	no	
7 <= v < 8	601	83	1.21077	1.29477	yes	
8 <= v < 9	121	39	2.29875	2.34705	yes	
9 <= v < 10	34	0	~ 0	-0.00217252	no	
	16415	748				

Fig. 10 Pesos de evidência na transição Capoeira alta para Culturas agrícolas

#### 5.4.2.4 Análise da correlação entre os mapas

Como já foi mencionado, o método de Peso de Evidência pressupõe a independência entre os mapas de variáveis que são testadas por intermédio de medidas que operam sobre os mapas buscando por dependências ou suposições entre eles (ALMEIDA, 2007). Este processo é possibilitado pela utilização dos índices de *Cramer* e *Join Information Uncertainty* (Incerteza de Informação Conjunta). Com auxílio do Dinamica EGO a análise de correlação foi realizada por intermédio do *functor* “*Determine Weights of Evidence Correlation*” o qual engloba os métodos *Chi<sup>2</sup>*, *Crammers*, *Contigência*, *Entropia* e o *Join Information Uncertainty* (SOARES FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009).

Esta etapa de calibração do modelo é executada com a análise visual dos resultados gerados pelos métodos citados. As variáveis dos mapas que apresentarem os maiores valores de correlação (positivos) deverão ser excluídas de um dos dois mapas. Bohan Carter (1994) recomenda que valores menores que 0,50 devem sugerir menos associação. Porém, as análises de associação realizadas neste trabalho não excederam este valor.

#### 5.4.2.5 Ajustando e rodando o Modelo

Após a etapa de calibração o modelo foi ajustado e os dados de entrada inseridos: o mapa de uso da terra inicial (2004), o mapa de variáveis estáticas, os resultados de peso de evidência e a matriz de transição. Neste procedimento é definido o número de vezes que o modelo irá interagir, através do functor *repeat*, que passa a ser atualizado a cada interação através do *functor Mux Categorical Map* o qual recebe o mapa de uso inicial como entrada e o mapa resultante de todo o processo em sua entrada *feedback* possibilitando o processo de retroalimentação do modelo.

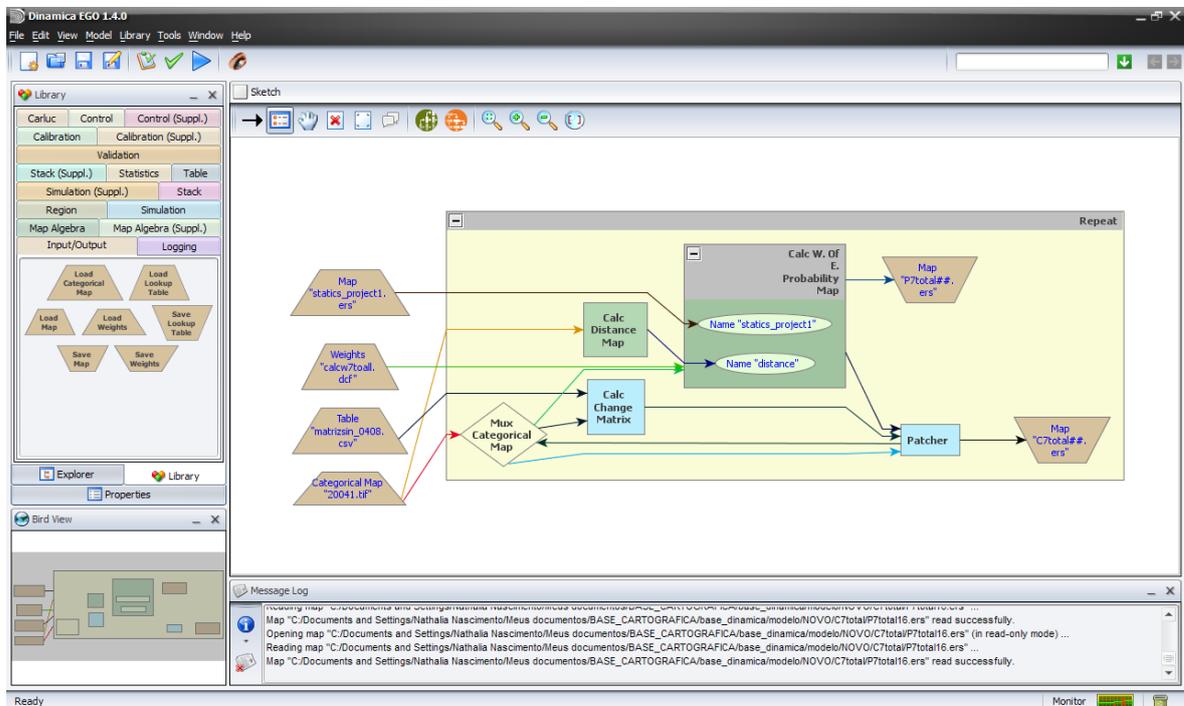


Fig. 11 Modelo de Uso da Terra no software Dinamica EGO

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, no qual prevê que as transições ocorram apenas na expansão ou diminuição de manchas já existentes em cada classe. Enquanto que o *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, RODRIGUES e COSTA, 2009). Esta função exige a definição de parâmetros que devem fundamentar as transições

do *patcher*, devem ser referentes ao tamanho médio e da variância das manchas a serem formadas assim como o valor *Isometry*, referente à forma das manchas (*Isometry* varia de 0 a 2, quanto maior o valor, mais isométrica as manchas serão). Os parâmetros aqui definidos tiveram como base a resolução das células (30x30) e ficaram estabelecidos em 3.0 e 6.0 (ha.) para média e variância e 1.0 para *Isometry*.

O modelo foi rodado e para cada ano foram gerados mapas de probabilidade de transição e cenários.

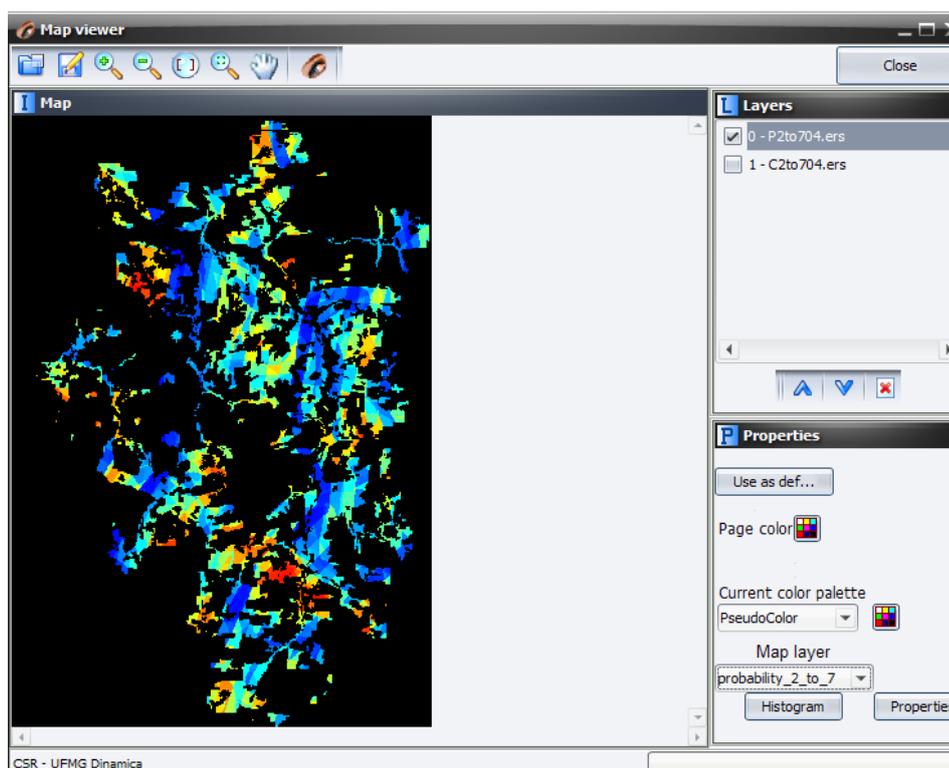


Fig. 12 Mapa de Probabilidade de Transição de Capoeira Alta para Agricultura, as áreas em vermelho são mais propensas à mudança.

#### 5.4.2.6 Validação do modelo

A validação do modelo foi conduzida através do método que emprega a função de *Decaimento Exponencial*, calculando índices de similaridade *fuzzy*<sup>2</sup> entre os mapas e considerando “a incerteza da localização de uma categoria dentro da vizinhança de uma célula” (SOARES FILHO, RODRIGUES e COSTA, 2009). Os dados de entrada foram os mapas de uso da terra inicial e final (2004 e 2008) e o

<sup>2</sup> A lógica Fuzzy suportar os modos de raciocínio que são aproximados ao invés de exatos. Na modelagem é adotada por ser capaz de permitir a manipulação rigorosa de informações qualitativas, reduzindo sua complexidade (GOMIDE e GUDWIN, 1994).

mapa gerado pela simulação, os quais resultarão em um novo mapa contendo as células que não sofreram modificação.

Além disso, foram utilizados *functores* que permitiram salvar os mapas de menor similaridade, os quais apresentam a similaridade mínima alcançada no cruzamento das informações de entrada. Também foi empregado o método de janelas múltiplas, onde a resolução da comparação entre as imagens real e simulada é diminuída na medida em que a janela de amostragem é aumentada. Em casos onde os modelos de alta resolução não mostram boas combinações a adoção desta técnica é capaz de melhorar a resposta devido à diminuição da resolução.

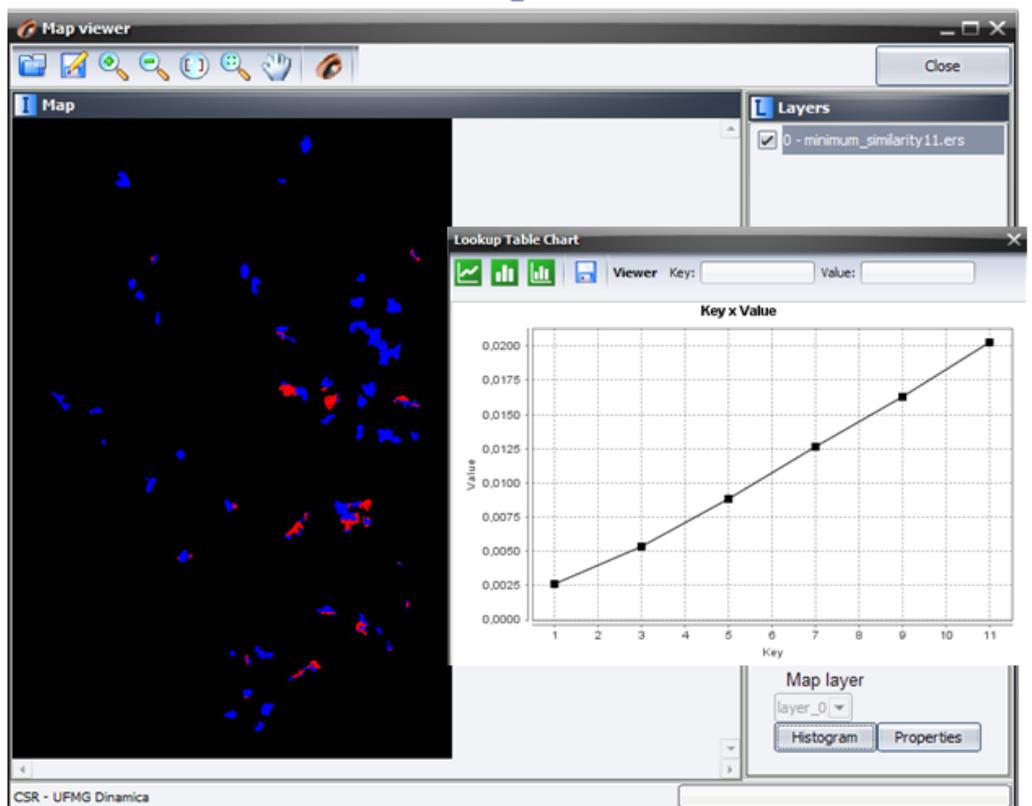


Fig. 13 Mapa gerado no ajuste do modelo

#### 5.4.2.7 Simulação com formação de Mancha e Expansão: projetando trajetórias

Foram simulados cenários utilizando os métodos *Expander* e *patcher*, já descritos anteriormente. Seus resultados foram comparados com os cenários gerados com os mesmos métodos na etapa de ajuste e com o mapa de uso final. 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 12, gerando mapas até o ano de 2020.

Devido à quantidade de classe existente no mapa foram selecionadas algumas transições mais representativas de mudança, abaixo destacadas:

- 1 → 4 = transição Floresta para Pasto;
- 2 → 7 = transição Floresta para Cultura Agrícola;
- 2 → 4 = transição de Capoeira alta para Pasto;
- 2 → 7 = transição de Capoeira alta para Cultura Agrícola;
- 3 → 4 = transição de Capoeira baixa para Pasto;
- 3 → 7 = transição de Capoeira baixa para Cultura Agrícola e
- 7 → 4 = transição de Cultura Agrícola para Pasto;

Cenários baseados em situações hipotéticas como o cumprimento da legislação ambiental referente às áreas de Reserva Legal (RL) e Preservação permanente (APP) também foram gerados através da manipulação dos valores de peso de evidência visando à criação de cenários com RL ocupando 80% da área, como é previsto para a Amazônia, e 50% conforme disposto pelo decreto Estadual nº 2.099 de 24 de janeiro de 2010, que dispõe que nas áreas onde já existe um nível de antropismo consolidado, a área de Reserva Legal pode constituir apenas 50% da propriedade. Devido a ausência de dados detalhados sobre os limites das propriedades, as áreas destinadas a conservação foram substituídas das áreas de Capoeira baixa, Culturas agrícolas e pastos.

### **5.4.3 Custo de Oportunidade**

O cálculo de custo de oportunidade realizado neste trabalho constitui uma parte complementar as etapas de dinâmica e modelagem de uso da terra. Sua execução tem a finalidade de contribuir com variáveis socioeconômicas para a discussão sobre barreiras à adoção de formas de uso da terra mais sustentáveis e identificação de áreas mais propensas à aplicação de programas e projetos que trabalhem com a mitigação de degradação ambiental.

Os cálculos de custo oportunidade foram executados considerando as informações adquiridas na própria área de estudo e seus cálculos foram executados

enfocando apenas a agricultura familiar. As informações referentes aos valores de custo e venda foram fornecidas pelos próprios agricultores por intermédio de questionários e entrevistas enquanto que os valores de insumos e ferramentas utilizados na produção foram obtidos nos estabelecimentos da região.

Os questionários aplicados (em anexo) tiveram como objetivo a obtenção de informações referentes ao custo de produção, os quais incluíram custos e quantidade de insumos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas, sementes, mudas etc.), ferramentas (enxada, terçado, draga e etc.), mão-de-obra (diárias de trabalho por determinadas atividades), tempo de trabalho necessário em cada etapa de produção (dias ou horas necessárias para o desempenho de uma tarefa em 1 hectare de área) e o tempo e valor de transporte da produção. A aplicação dos questionários também possibilitou, além da obtenção de valores, a compreensão de questões mais amplas que indicam a existência de negociações que podem causar interferência nos valores de custo em determinados tipos de cultura, por exemplo, a existência de empreitada e troca não financeira de serviços.

A execução do cálculo obedeceu a seleção de culturas com maior representatividade na região, sendo elencadas as seguintes: mandioca de plantio tradicional, que ainda utiliza o sistema de corte e queima e na maioria dos casos é cultivada em consórcio com o milho ou feijão; a mandioca mecanizada que adota maquinário na preparação da terra onde é realizada a remoção de árvores, tocos de árvores e raízes, dispensando custos anuais com a preparação da terra para plantio; a pimenta-do-reino e o maracujá que embora ocorram em menor proporção, costumam ser cultivadas em grandes extensões das propriedades.

Os valores resultantes dos questionários passaram por uma padronização das unidades de valores de maneira a facilitar os cálculos. A análise foi executada para um intervalo de tempo de 18 anos, considerado um bom horizonte de tempo para estudos que envolvem uso da terra, pois o intervalo de tempo pode compreender ciclos produtivos incluindo o tempo de pousio, variando os valores de lucro de acordo com a fase da produção, permitindo o acompanhamento das atividades e suas alterações de lucro no decorrer do tempo (Börner, 2006).

Quanto as estimativas de lucro, estas são expressas com base no Valor Presente Líquido (VPL) adotando uma taxa de desconto de 10%. O cálculo do VPL compreende o fluxo de lucros futuro (as receitas menos os custos de produção)

descontado a uma taxa de desconto e adotando como base o valor de lucro atual. Suas premissas mais importantes estão relacionadas à taxa de lucro e o horizonte de tempo, onde a taxa tem a finalidade de representar o conceito de dinheiro no decorrer do tempo e o custo de oportunidade de sua aplicação.

Para cada tipo de cultura foram geradas planilhas contendo os materiais necessários a cada fase de produção, desde a preparação da terra para o plantio até sua colheita (no caso da mandioca também foi considerada a fase da produção da farinha). Dessa maneira para cada material citado foi registrado o nome, quantidade utilizada anualmente e o seu valor.

No que concerne aos produtos, para cada cultura também foram consideradas a área plantada a quantidade produzida normalmente, a quantidade de uma boa produção e de uma produção ruim, a mesma lógica serviu para os valores de venda desta produção considerando as unidades peculiares de cada cultura.

Todos os valores foram organizados em uma planilha contendo suas médias, porém, alguns valores exigem explicação:

- (1) Os valores das diárias variaram entre R\$20,00 e R\$25,00, dos quais foi adotado o valor médio. Porém, em culturas de pimenta-do-reino e maracujá que exigem, por exemplo, atividades de capina químicas (adotada nos meses mais chuvosos para conter ervas daninhas) e tratos fitossanitários, o valor da diária é definido de acordo com a propriedade de ferramentas. Se o diarista utiliza suas ferramentas próprias o valor da diária é estabelecido em R\$25,00, se utiliza a ferramenta do proprietário da cultura o valor é definido em R\$20,00.
- (2) A atividade de capina é a que mais comumente demanda mão-de-obra. Porém, existem alternativas para diminuir os custos com essa atividade, o que pode ocorrer através da adoção do sistema de empreitada de capina, onde o valor é estipulado, geralmente, em R\$240,00 para 1 ha de área. Esse tipo de negociação é mais comum na produção de mandioca tradicional. No caso da mandioca mecanizada, os valores da diária foram considerados os oficiais, supondo que nesses casos os produtores contam com mais recursos (dado o alto custo da produção) descaracterizando o tipo de produção de subsistência praticado no plantio tradicional de mandioca.

- (3) Na fase de produção da farinha o produtor também é consumidor, nesse contexto, os valores de mão-de-obra podem ser diferenciados daqueles valores de mercado. Portanto, seu valor de uso doméstico e necessidade de consumo devem ser considerados (Börner, 2006).
- (4) Em famílias de menor renda a atividade engloba todos os membros da família (Börner, 2006).
- (5) Para considerar o fato de que o retorno econômico a mão-de-obra familiar é muitas vezes abaixo do valor da diária no mercado rural de trabalho, adotou-se um valor de diária mais baixa (reservation wage rate<sup>3</sup>) para custear atividades que tradicionalmente são executadas por membros da família e durante tempos com baixa demanda de mão-de-obra na lavoura. No caso da região de estudo isto se aplica ao processamento de farinha de mandioca. O desconto aplicado ao valor oficial da diária para atividades de produção de farinha deriva da análise de modelagem da produção familiar na Zona Bragantina publicada em Börner et al (2007). Entre os resultados não publicados deste estudo encontra-se a valoração mensal da mão-de-obra familiar num estabelecimento representativo da região. Conforme comunicação pessoal (Jan Börner, Abril 2011) o modelo sugere que o valor da “diária familiar” em meses com baixa demanda de mão-de-obra é de 26% da diária em meses com alta demanda de mão-de-obra nos quais é equivalente ao valor da diária oficial.

As quantificações de áreas das classes de uso da terra obtidas nos cenários gerados e na dinâmica de uso obtida através das imagens de satélite foram relacionadas com o potencial em estoque de carbono apresentado pela vegetação existente no nordeste paraense de acordo com pesquisas realizadas na região. Dessa maneira, foi possível integrar todos os resultados dessa pesquisa ao relacionar os valores de custo de oportunidade com os cenários de uso da terra e o potencial em seqüestro de carbono apresentado em cada cenário, viabilizando um indicativo de valores que poderão ser adotados para futuros projetos que vislumbrem formas de pagamento por serviços ambientais. Seus resultados serão apresentados na próxima seção.

---

<sup>3</sup> O conceito de "reservation wage rate" é amplamente utilizado na literatura de economia agrícola (ver por exemplo, Hazell and Norton, 1986)

## 6 RESULTADOS

A apresentação dos resultados deste trabalho obedece a ordem de suas etapas metodológicas.

### 6.1 DINÂMICA DE USO DA TERRA

A dinâmica de uso da terra fundamentou-se na análise de imagens do satélite Landsat/TM5 para os anos de 1984, 1994, 1999, 2004 e 2008 das quais foi classificada a área correspondente ao limite das mesobacias dos igarapés Timboteua e Buiuna, o equivalente a uma área de 87, 148 km<sup>2</sup>, obedecendo ao limite das mesobacias citadas. Apesar de a região apresentar uma paisagem aparentemente consolidada, os resultados obtidos permitem inferir a existência de uma dinâmica de uso bastante ativa, caracterizada, principalmente, pela conversão de áreas ainda florestadas ou de capoeira madura para formas de uso relacionadas a agropecuária.

A paisagem em questão apresenta-se bastante heterogênea, marcada por extensos mosaicos que englobam, principalmente, pastagens, culturas agrícolas e capoeira baixa. A representação dessa paisagem foi realizada com base nas análises das imagens de satélite aliada ao trabalho em campo, resultando na definição de nove classes temáticas, abaixo descritas:

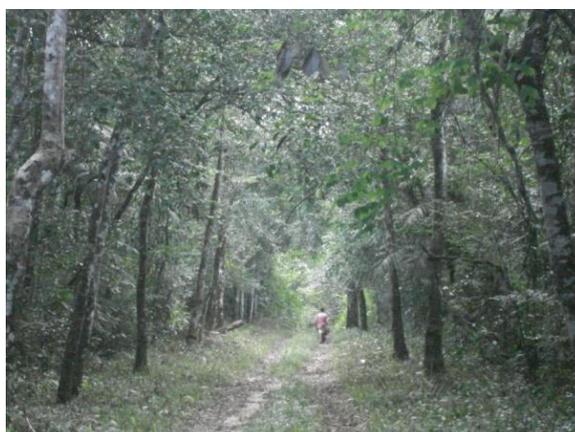


Fig. 14 Floresta  
Fonte: Nathália Nascimento, 2010.

1) Floresta: é referente às áreas remanescentes da vegetação primária. Caracterizada por seu aspecto denso e de maior ocorrência as margens de rios e igarapés.



Fig. 15 Capoeira Alta  
Fonte: Nathália Nascimento, 2009.

2) Capoeira alta é referente à vegetação secundária que, geralmente já passou por alguma forma de uso, porém, ainda não foi permitido alcançar um estágio mais avançado de regeneração. A vegetação costuma datar acima de 15 anos.



Fig. 16 Capoeira Baixa  
Fonte: Breno Maurício, 2010 (GESTABACIAS).

3) Capoeira baixa é referente a vegetação secundária no estágio inicial de regeneração. Está, geralmente, relacionada às atividades agrícolas, onde representa o solo sob pousio, a nas áreas de pastagem participa do processo de renovação do pasto.



Fig. 17 Pasto Limpo  
Fonte: Nathália Nascimento, 2009.

4) Pasto Limpo é referente às áreas destinadas às atividades ligadas à pecuária. Os pastos classificados como “limpos” são geralmente pastos implantados recentemente ou sob manutenção constante.



Fig. 18 Pasto Sujo  
Fonte: Rodrigo Oliveira, 2010 (GESTABACIAS).

5) Pasto sujo também é referente às atividades de pecuária, porém, são áreas de pasto sem manutenção o que possibilita o surgimento de espécies invasoras como palmeiras e arbustos.



Fig. 19 Solo sob Preparo  
Fonte: Nathália Nascimento, 2011.

6) Solo sob preparo está relacionado às atividades agropecuárias, geralmente são áreas que passaram por alguma etapa de pré-produção onde o solo fica exposto no aguardo da implantação de alguma cultura ou pastagem.



Fig. 20 Cultura agrícola - Mandioca e Milho  
Fonte: Breno Silva, 2010 (GESTABACIAS).

7) Cultura agrícola é referente as áreas de agricultura, tendo grande representatividade a cultura da mandioca.



Fig. 21 Campos Aluviais  
Fonte: Rodrigo Oliveira, 2010 (GESTABACIAS).

8) A classe é referente aos campos aluviais existentes na região

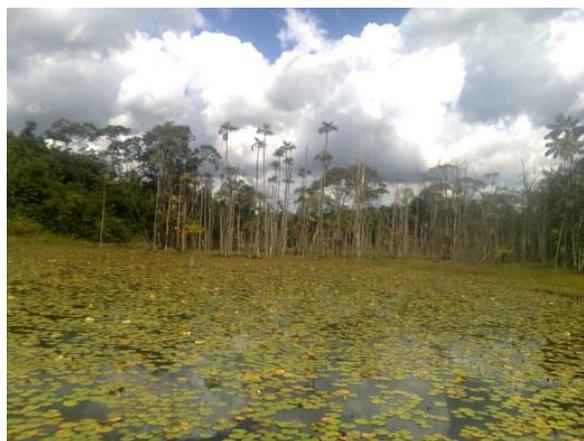


Fig. 22 Corpos d'água  
Fonte: Nathália Nascimento, 2010.

9) A classe Corpos d'água está relacionada às manchas de água que puderam ser mapeadas no interior da área de estudo.

De acordo com VIEIRA, TOLEDO e ALMEIDA (2007), a paisagem da zona Bragantina passou por grandes transformações nos primeiros 50 anos de ocupação, tendo seu ápice no período de funcionamento da estrada de ferro Belém-Bragança, quando uma parcela significativa da floresta foi utilizada como carvão para o funcionamento do trem. Além disso, o aumento populacional aliado às políticas de colonização proporcionou a expansão das áreas de agricultura extensiva sobre as áreas de floresta, culminando na limitação dos remanescentes florestais às margens de rios e igarapés.

Conforme pode ser observado em trabalhos mais recentes realizados em municípios do nordeste paraense (WATRIN, VENTURIERI e SAMPAIO, 1998; VENTURIERI et, 2005) ainda é comum a prática de conversão de áreas de floresta para outras formas de uso da terra, geralmente relacionadas às atividades de agropecuária. Embora as florestas ainda estejam restritas às áreas denominadas de Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais deveriam possuir sua preservação assegurada por lei (Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) devido o importante papel que exercem para a manutenção, disponibilidade e integridade dos recursos hídricos (PINTO et al, 2009).



Fig. 23 Igarapé em processo de assoreamento.  
Fonte: Breno Silva, 2010 (GESTABACIAS).

As análises realizadas para o ano de 1984 apontam que a área ocupada por florestas nesse período correspondiam a cerca de 14 km<sup>2</sup>, o equivalente a 16,5% da área estudada (ver gráfico 1). Adotando-se intervalos de 10 anos é possível verificar que a maior queda na área de floresta aconteceu entre os anos de 1984 a 1994, período no qual a floresta perdeu cerca de 50% de área, cedendo lugar, principalmente, para a vegetação secundária mais jovem, o que deduz na sua conversão para algum tipo de uso agropecuário.

Para todas as classes analisadas, observou-se a existência de uma dinâmica entre formas de uso que se alternam em um mesmo espaço em diferentes ciclos produtivos, por exemplo, cultura agrícola, capoeira baixa e pastos, o que

provoca uma variação de valores em determinadas áreas em anos diferenciados. Entretanto, a floresta é a única classe que se apresenta em queda para todos os anos analisados, chegando a atingir em 2008 uma área de 3,44 km<sup>2</sup>, o equivalente a apenas 3,95% do total da área analisada.

A classe Capoeira alta também é um importante elemento na paisagem. Ela representa o estágio mais avançado de regeneração vegetal, referente a vegetação com idade acima de 15 anos (parâmetro adotado por este trabalho). Além de apresentar um considerável potencial em biodiversidade, também pode significar em uma alternativa de uso da terra, uma vez que é capaz de fornecer importantes produtos como madeira, frutos, ervas medicinais e gerar serviços ambientais importantes como estoque de carbono, manutenção de recursos hídricos e conservação da biodiversidade.

Geralmente, esta classe é convertida para usos relacionados a agricultura, pois, o padrão da vegetação é adotado como indicativo de fertilidade por parte dos agricultores, de maneira que a vegetação de mais idade pode indicar solos de maior qualidade para o plantio. Por essa razão, diante de problemas na produção, principalmente devido a baixa fertilidade do solo, as áreas de capoeira alta são consideradas as melhores alternativas para melhorar o rendimento da produção.

Sua dinâmica na primeira década analisada, também apresentou queda na extensão de sua área, de 43% a classe passou a ocupar o equivalente a 38% do total da paisagem em estudo. Porém, entre os anos de 1994 a 1999, houve pouca variação na extensão da classe, e até um sensível aumento de sua área. Comparando os valores e analisando as variações nos mapas é possível perceber que neste intervalo de tempo foi permitida a uma pequena parcela da capoeira mais jovem o avanço para capoeira em estágio de regeneração mais avançado, que pode ser ocasionada pela diminuição periódica de áreas de produção, uma tendência que embora efêmera, já havia sido constatada por Alencar *et al* (1996) para outra área no nordeste paraense. Porém, nos anos posteriores sua conversão continuou de forma tão intensa que somente no intervalo entre os anos de 2004 e 2008 as áreas de capoeira alta perderam pouco mais de 10% de área, e no resultado geral da análise é caracterizada como a classe que mais sofreu conversão para diferentes formas de uso da terra, principalmente para capoeira baixa.

Tabela 3 Tabulação Cruzada entre os anos de 1984 e 1994

1984 (linha) 1994(coluna) km <sup>2</sup>	Floresta	Capoeira alta	Capoeira baixa	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Solo sob preparo	Cultura agrícola
Floresta	7,40	0,00	5,13	0,40	0,53	0,03	0,41
Capoeira alta	0,00	22,06	9,08	1,80	2,81	0,22	1,09
Capoeira baixa	0,00	9,79	6,80	1,05	1,97	0,15	0,53
Pasto Limpo	0,00	0,14	3,48	0,58	0,81	0,06	0,00
Pasto Sujo	0,00	0,04	3,26	0,56	1,38	0,02	0,11
Solo sob preparo	0,00	0,02	0,91	0,04	0,20	0,00	0,01
Cultura agrícola	0,00	0,06	1,25	0,10	0,15	0,00	0,08

Tabela 4 Tabulação Cruzada entre os anos de 1994 e 1999

1994 (linha) 1999(coluna) km <sup>2</sup>	Floresta	Capoeira alta	Capoeira baixa	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Solo sob preparo	Cultura agrícola
Floresta	5,62	0,00	1,36	0,05	0,06	0,04	0,11
Capoeira alta	0,00	20,89	5,88	2,36	1,72	0,13	0,77
Capoeira baixa	0,00	14,40	9,33	2,23	2,10	0,32	1,04
Pasto Limpo	0,00	0,09	2,36	0,63	1,22	0,17	0,00
Pasto Sujo	0,00	0,21	4,84	0,81	1,38	0,24	0,22
Solo sob preparo	0,00	0,00	0,31	0,09	0,03	0,02	0,01
Cultura agrícola	0,00	0,02	1,72	0,20	0,12	0,01	0,14

Tabela 5 Tabulação Cruzada entre os anos de 1999 e 2004

1999 (linha) 2004(coluna) km <sup>2</sup>	Floresta	Capoeira alta	Capoeira baixa	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Solo sob preparo	Cultura agrícola
Floresta	4,42	0,00	0,99	0,11	0,05	0,01	0,00
Capoeira alta	0,02	19,46	8,14	3,48	2,37	1,72	0,31
Capoeira baixa	0,00	8,83	8,54	3,82	3,15	1,06	0,39
Pasto Limpo	0,00	0,11	1,56	2,02	2,53	0,15	0,00
Pasto Sujo	0,00	0,07	2,25	2,28	1,60	0,38	0,07
Solo sob preparo	0,00	0,02	0,32	0,18	0,28	0,14	0,01
Cultura agrícola	0,00	0,11	1,34	0,29	0,39	0,13	0,02

Tabela 6 Tabulação Cruzada entre os anos de 2004 e 2008

2004 (linha) 2008 (coluna) km <sup>2</sup>	Floresta	Capoeira alta	Capoeira baixa	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Solo sob preparo	Cultura agrícola
Floresta	3,45	0,00	0,98	0,01	0,01	0,00	0,01
Capoeira alta	0,02	14,08	11,19	0,98	1,53	0,29	0,67
Capoeira baixa	0,00	5,87	12,55	1,64	2,44	0,37	0,68
Pasto Limpo	0,00	0,05	3,36	4,84	3,92	0,28	0,00
Pasto Sujo	0,00	0,08	4,01	2,73	3,24	0,29	0,13
Solo sob preparo	0,00	0,01	2,29	0,56	0,55	0,14	0,09
Cultura agrícola	0,00	0,01	0,56	0,02	0,12	0,03	0,09

A análise com base no processo de tabulação cruzada permite visualizar a dinâmica entre as diferentes classes de uso da terra, destacando as classes preponderantes e, portanto, determinantes de mudança da paisagem. Nesse contexto, a classe capoeira baixa e destaque, pois representa os maiores valores de conversão com origem nas demais classes de uso, chegando a um ponto tal que a torna classe dominante na paisagem da área estudada.

Dessa maneira, é possível observar sua relação com as áreas de culturas agrícolas, onde representa as áreas destinadas ao pousio, e sua relação com os pastos, onde é adotada no processo de renovação de pastagens. Sua interação com as atividades agropecuárias pode ser compreendida como um dos fatores que justificam sua expansão na área de estudo, principalmente no último ano analisado, conforme pode ser observado no gráfico abaixo.

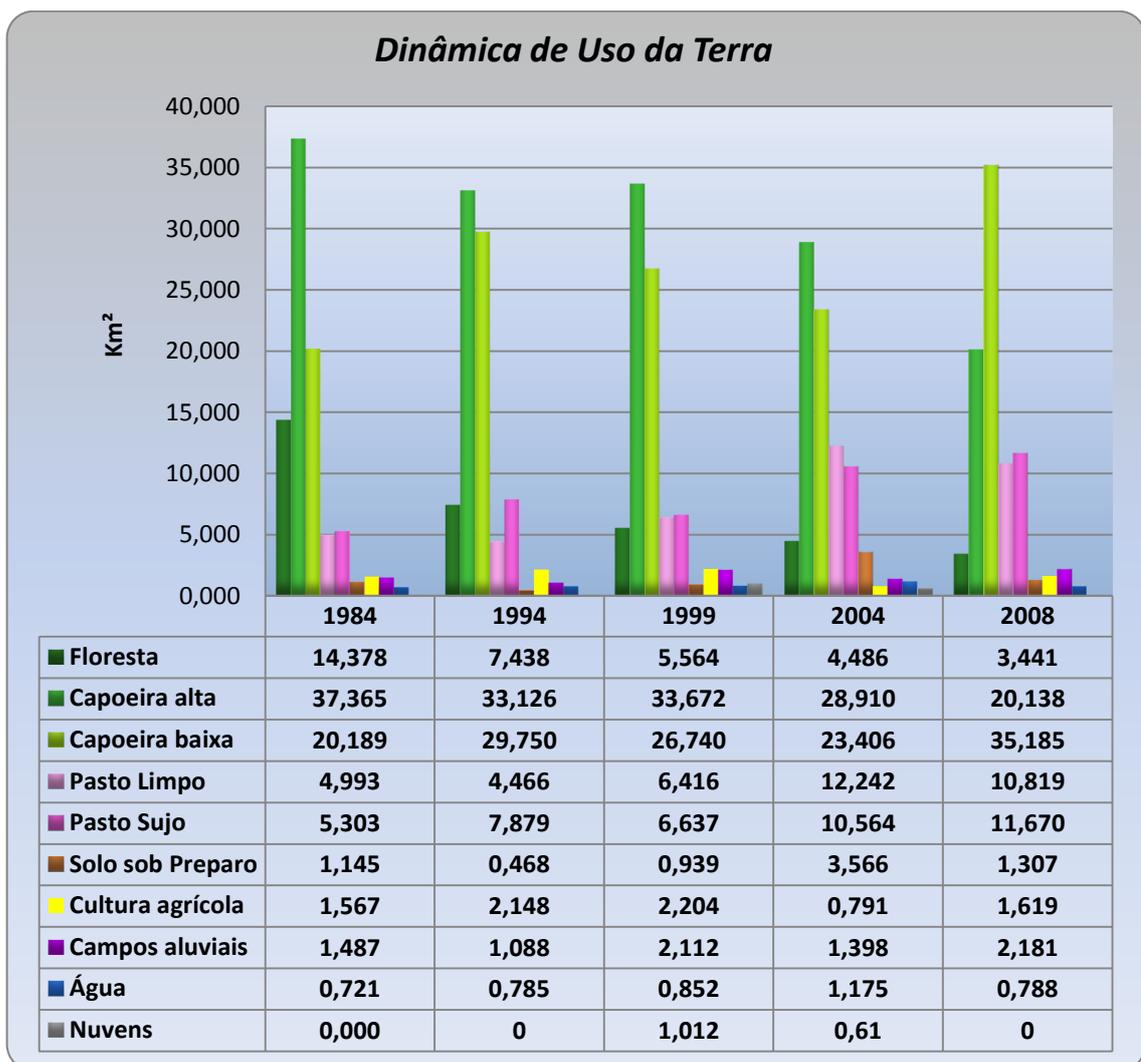


Gráfico 1 Dinâmica de Uso da Terra

A quantificação de classes aponta a existência da relação entre as variações da capoeira baixa com as demais classes ligadas a produção, de maneira que acompanham as variações de ciclo produtivo, como pode ser observado nos três primeiros anos analisados.

Tomando como base os anos de 1984 e 1994, intervalo de tempo no qual ocorreu perda significativa de floresta e capoeira alta, e possível constatar um aumento, praticamente, na mesma proporção para áreas das classes de pasto, culturas agrícolas e, principalmente, de capoeira baixa. O equivalente a 12% de perda de floresta e capoeira alta para 10% de aumento de pastagens, agricultura e capoeira baixa, o que permite inferir a estreita relação entre estas formas de uso e o detrimento de áreas florestadas.

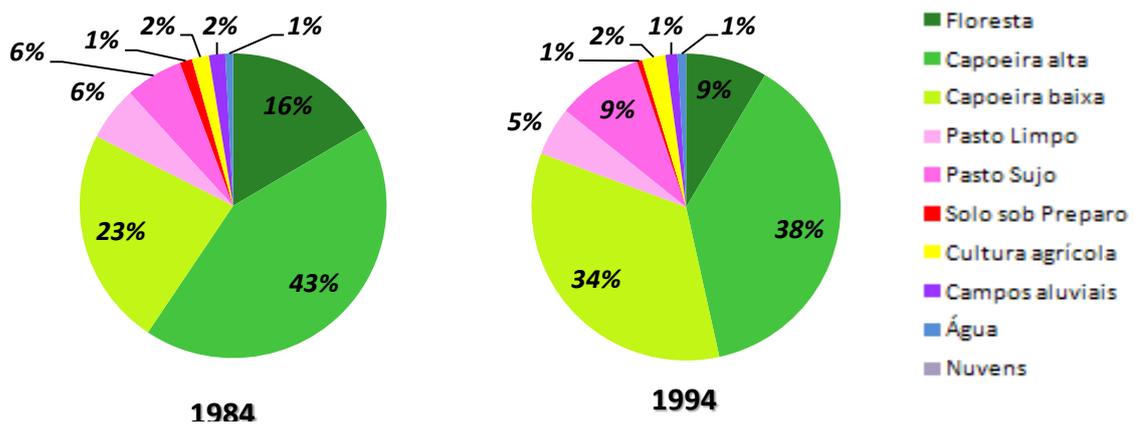


Gráfico 2 Quantificação de classes para 1984 e 1994

Porém no intervalo entre 1994 e 1999, no qual não houve grande perda de floresta e observou-se, inclusive, um sensível aumento da capoeira alta, também pode ser observada uma diminuição nas áreas de capoeira baixa, sugerindo a utilização de uma parcela dessas áreas para usos agropecuários e outra pequena parcela que não foi utilizada para este fim, permitiu seu avanço para outro estágio de regeneração. Nos anos que apresentam queda da classe capoeira baixa, é visível o aumento das áreas de pastagem e agricultura o que sugere a ligação direta entre estas atividades e essa classe de vegetação que, geralmente, integra uma etapa do ciclo produtivo, principalmente em atividades agrícolas.

O mapeamento das áreas de capoeira baixa também pode ser adotado como parâmetro para compreender o comportamento das classes agrícolas,

principalmente, nos casos de agricultura familiar, onde determinadas parcelas agrícolas são, geralmente, subdivididas em tarefas<sup>4</sup> de usos agrícolas bastante diferenciados, apresentando cultivos agrícolas em consórcio, e por vezes englobando além do plantio, uma pequena criação de animais e áreas destinadas aos produtos florestais não-madeireiros, e todo esse mosaico de usos pode compor um lote agrícola de 25 hectares (o mais comum na área estudada). Nesses casos devido a resolução das imagens Landsat (30x30) nem sempre é possível individualizar o que se constitui em culturas agrícolas e o que são capoeiras baixas.

O trabalho em campo permitiu verificar que, em alguns casos, as áreas de agricultura fornecem resposta espectral semelhante a da capoeira baixa, dificultando a distinção das mesmas. Portanto, as áreas de culturas agrícolas embora apresentem pouca variação, devem ser relacionadas à dinâmica da capoeira baixa. Com exceção das culturas como pimenta-do-reino e maracujá que podem ser melhor distinguidas devido suas formas de plantio.



Fig. 24 Plantio e Capoeira baixa  
Fonte: Breno Silva, 2010 (GESTABACIAS)

Nesse contexto, o trabalho em campo foi fundamental para comparar feições das imagens de satélite e sua classe correspondente na realidade. Embora as imagens representem certa estabilidade da agricultura, é possível perceber um aumento brusco da classe de capoeira baixa no ano e 2008 como pode ser

<sup>4</sup> Uma tarefa equivale a 1/3 de hectare.

comparado nas imagens abaixo (mapas detalhados podem ser visualizados na seção MAPAS).

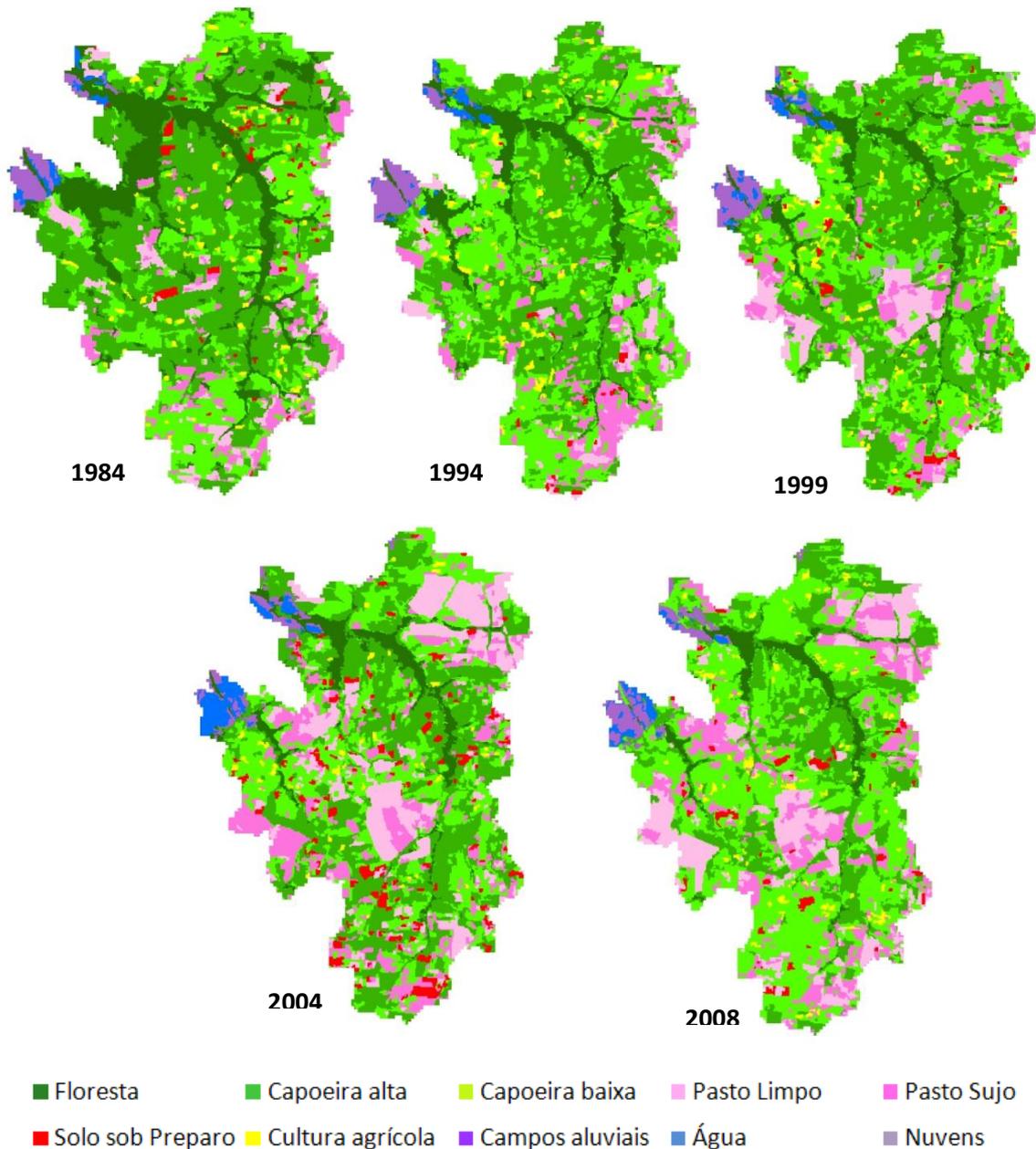


Fig. 25 Imagens classificadas de Uso da Terra

No que concernem as classes pasto limpo e pasto sujo seguiram o mesmo comportamento das áreas de capoeira baixa. No ano de 1984 ocupavam uma área equivalente 12% do total da área de estudo enquanto que no ano de 2008 já representavam o equivalente a 25% da mesma área, isto sem considerar sua relação com a dinâmica da capoeira baixa.

Sua expansão se deu, principalmente, a partir da conversão de áreas de capoeira alta para pastagem, porém, também foi percebido o detrimento de formas de culturas agrícolas em prol de pastagens. Esta tendência também foi constatada nas entrevistas e questionários, aonde a criação de gado e cabrito se vem se apresentando como alternativa diante de baixos lucros de determinadas culturas agrícolas.

A partir dos mapas de uso da terra também foi possível constatar que as zonas que se apresentaram com maior predisposição à implantação das atividades de pastagem são aquelas localizadas às margens das principais vias de escoamento e circulação. A constituição dessas atividades nestas zonas representou, e alguns casos, a conversão de agricultura para pasto, nesse sentido, também pode ser observado o direcionamento de culturas agrícolas para áreas mais distantes da zona de circulação, áreas mais próximas de rios e igarapés, o que pode ter contribuído para abertura de novas áreas para atividades produtivas em detrimento da floresta.

De maneira geral, a tendência exposta como resultado da dinâmica de uso da terra demonstra uma diminuição gradativa das áreas de floresta e capoeira alta, o que pode implicar, em nível local, em perdas substanciais de qualidade e conservação dos recursos hídricos, escassez de produtos advindos da floresta e perda de biodiversidade. Em nível global, o processo de corte e queima aliado a diminuição das áreas florestadas torna a região um emissor potencial de gases do efeito estufa.

## 6.2 MODELAGEM

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. Nesse sentido, os cenários podem servir como instrumento de análise para diversas áreas de estudo que buscam discutir os impactos que determinadas escolhas de uso da terra podem provocar sobre os recursos naturais e nos aspectos sociais e econômicos. Um exemplo de impacto sobre recursos hídricos fornecida pela modelagem está no mapeamento das áreas de vegetação mais antiga que sofrem maior risco de desmatamento, o que salienta a necessidade de tecnologias sustentáveis, incentivo

ao cumprimento da legislação ambiental vigente e a adoção de formas de usos da terra alternativos.

As transições elencadas para o modelo exigiu a compreensão e escolha de processos que possuem maior probabilidade de efetivarem-se na região, nesse sentido, as transições foram definidas com base nos resultados apresentados pela dinâmica de uso da terra, a partir das quantificações das classes, dos processos observados na tabulação cruzada e da análise de probabilidades sugeridas pelo modelo na transição de todas as categorias entre si. Além disso, processos e intenções de uso obtidos nas entrevistas e questionários também auxiliaram na definição de variáveis e transições, dentre as quais foram selecionadas as seguintes:

1. Cenário I - Capoeira alta e floresta para agricultura: fundamenta-se nas taxas históricas de expansão de culturas agrícolas e capoeira baixa sobre áreas de capoeira alta;
2. Cenário II - Capoeira alta e floresta para pasto e agricultura: fundamenta-se nas taxas históricas de expansão sobre áreas de capoeira alta e, em certa medida, de pasto sobre culturas agrícolas, representando a opção pelo detrimento da agricultura em prol da pastagem, conforme observado em campo por intermédio dos questionários e entrevistas.
3. Cenário III - Intensificação da produção agropecuária: prevê com investimento na intensificação das atividades ligadas à agropecuária, considerando a diminuição de tempo ou até detrimento da etapa de pousio em determinadas atividades com o auxílio de novas tecnologias.
4. Também foram gerados dois cenários “positivos” no intuito de demonstrar prováveis mudanças a partir de atitudes em prol da conservação. Nesse caso os cenários foram gerados tendo como base o Código Florestal Brasileiro respeitando as áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (RL), a qual foi calculada para duas situações: uma com 50% de área de RL conservada (Cenário IV) e outra considerando 80% de conservação da RL (Cenário V). Apesar das discussões acerca da obrigatoriedade da conservação da reserva legal pela agricultura familiar, estes cenários visam representar o potencial da área de estudo enquanto

prestadora de serviços ecossistêmicos relacionados a capacidade de estoque de carbono.

Também foi necessária a definição de variáveis que pudesse ser tomadas como parâmetros de indução ou repulsão de uma determinada forma de uso da terra. Nesse caso, as variáveis foram divididas em duas classes: Dinâmicas e Estáticas (conforme explicado no capítulo 5).

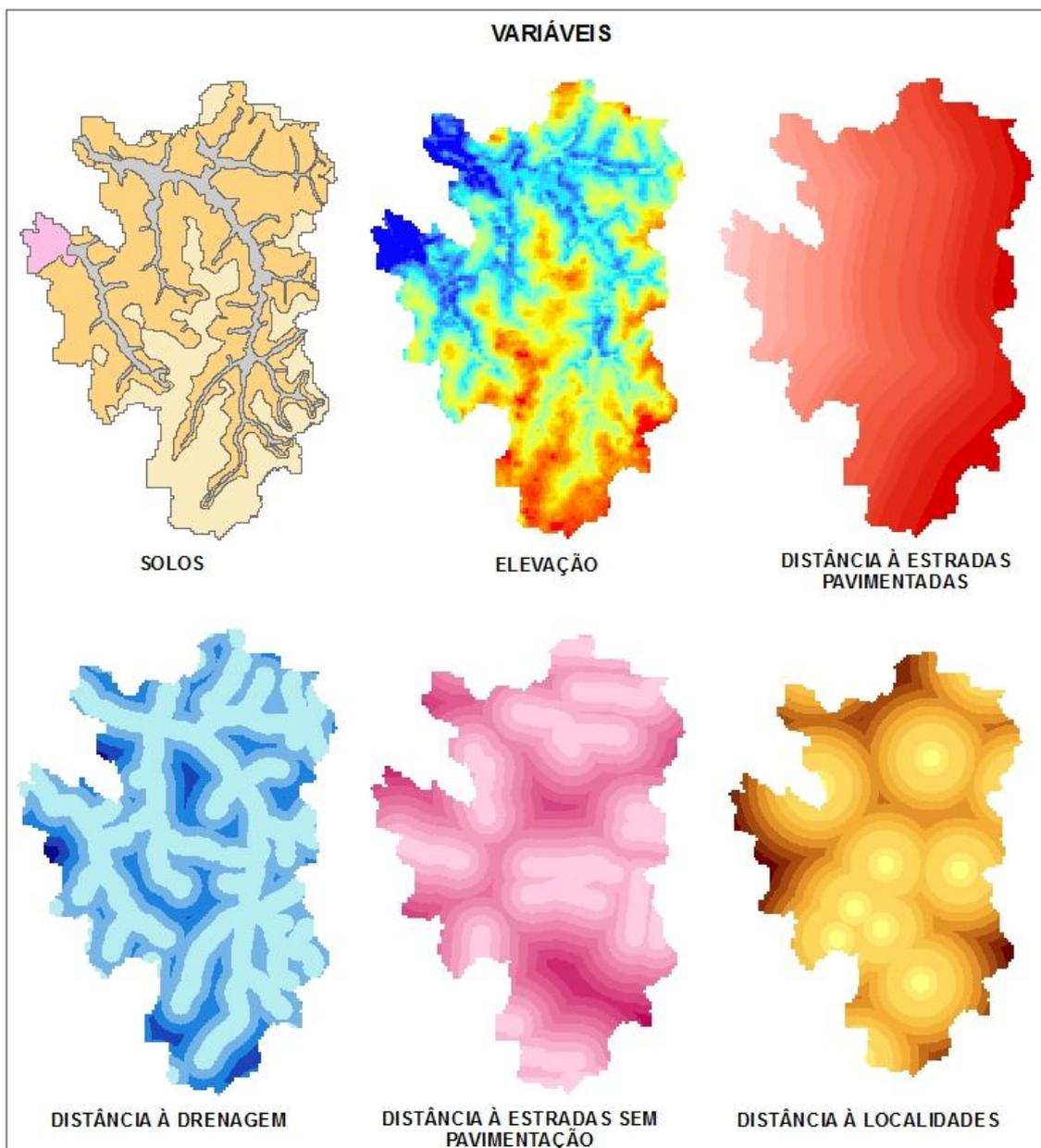


Fig. 26 Variáveis utilizadas no modelo  
Fonte: elaborado pela autora

- Variáveis dinâmicas: distância a estradas pavimentadas (dist\_pav); distância a estradas sem pavimentação (dist\_spav); distância a rios e igarapés (rios) e distância às localidades (local).
- Variáveis Estáticas: Solo e Elevação.

Para cada transição, as variáveis são calculadas com base no método de peso de evidência (especificado no capítulo 5), 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.

Na transição de Capoeira alta e floresta para Agricultura e Capoeira baixa, as estradas pavimentadas não apresentaram influência significativa, sendo que até pouca distância das estradas essa transição chega a ser repelida (lembrando que os intervalos de distância equivalem a 300m). O contrário acontece com as estradas sem pavimentação, que demonstraram valores positivos, favorecendo esse tipo de transição, o que pode reafirmar a tendência observada sobre a localização dos cultivos agrícolas em áreas mais distantes das principais vias de circulação. Processo semelhante ocorreu com as variáveis de rios e localidades, porém, estes apresentam valores positivos a partir da segunda faixa de distância, ou seja, a partir de 600m de distância.

A transição de Capoeira alta e floresta para pasto também segue a lógica apresentada na dinâmica de uso da terra. A variável que exerceu maior influência foi a de estradas pavimentadas, as quais apresentaram valores relativamente altos a favor da transição, também confirmando a tendência ao estabelecimento de áreas de pastagem às margens das principais vias de escoamento. A variável de estradas sem pavimentação também apresentou valores positivos, porém, somente a partir da terceira faixa de distância, enquanto que as variáveis de rios e localidades apresentaram valores negativos, repelindo a transição de capoeira alta para pasto em suas proximidades.

Considerando a possibilidade de utilização de forma mais intensa da capoeira baixa por usos agropecuários, foi gerada a terceira transição. Pressupõe-se que a intensificação do uso poderia ocorrer pela adoção de sistemas mecanizados que dispensem o tempo de pousio ou adoção de tecnologias que diminuam tempo

de pousio. Esta transição foi realizada para todas as classes tendo como base a dinâmica de uso. Sua substituição por usos agropecuários demonstrou relação semelhante com aquelas já escritas para as variáveis e classes ligadas à agropecuária. Os resultados são resumidos nas imagens abaixo (mapas detalhados na seção específica de mapas).

Vale lembrar que os modelos de simulação apontam tendências, porém, não garantem que elas irão acontecer, pois a ocorrência de fatos inusitados pode alterar significativamente a dinâmica existente, por exemplo, desastres naturais ou crises econômicas podem interferir no tipo de atividade a ser adotada ou em sua intensificação ou redução. Entretanto, os resultados da simulação permitem a identificação das áreas mais propícias para mudanças, sua quantificação e a associação de seus resultados em relação a pressão e disponibilidade em recursos naturais.

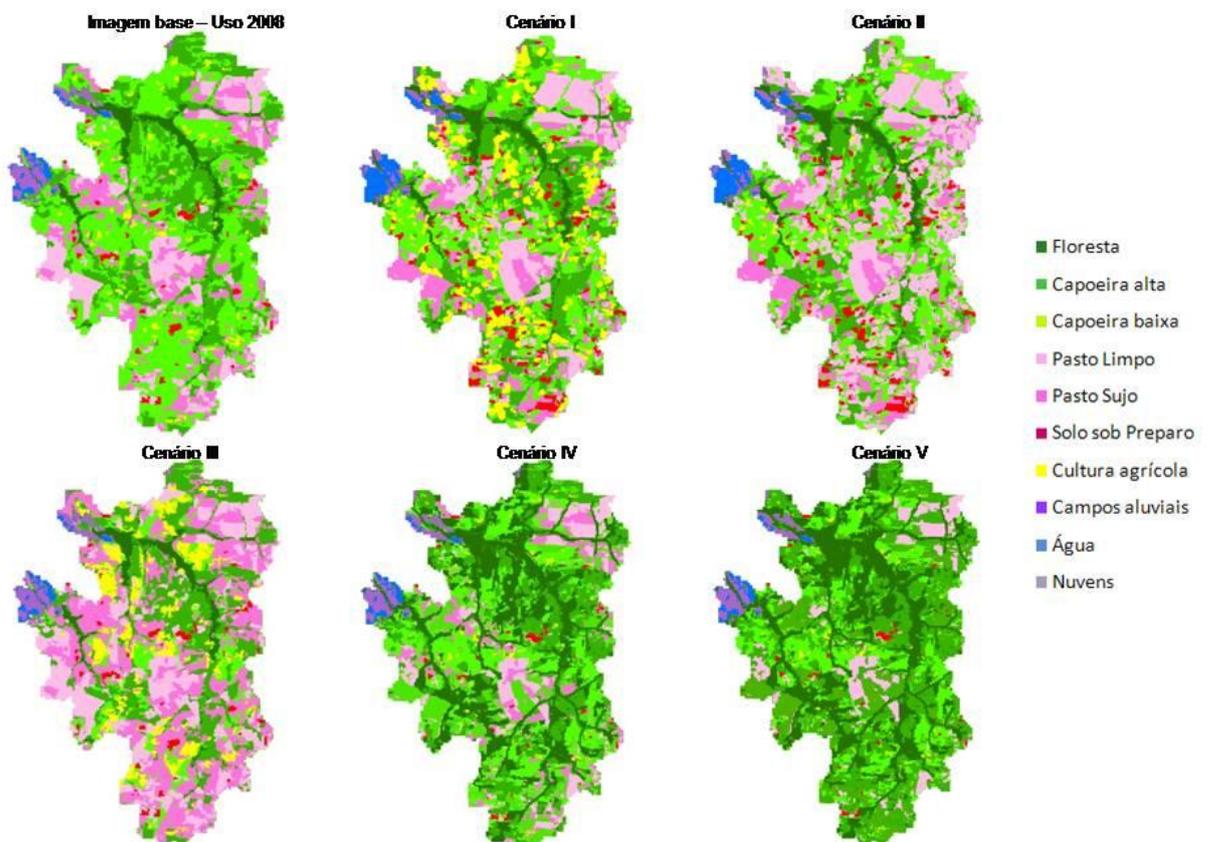


Fig. 27 Cenários para 2020

Abaixo, a quantificação das classes de uso da terra nos cenários gerados, tendo como base comparativa o ano de 2008.

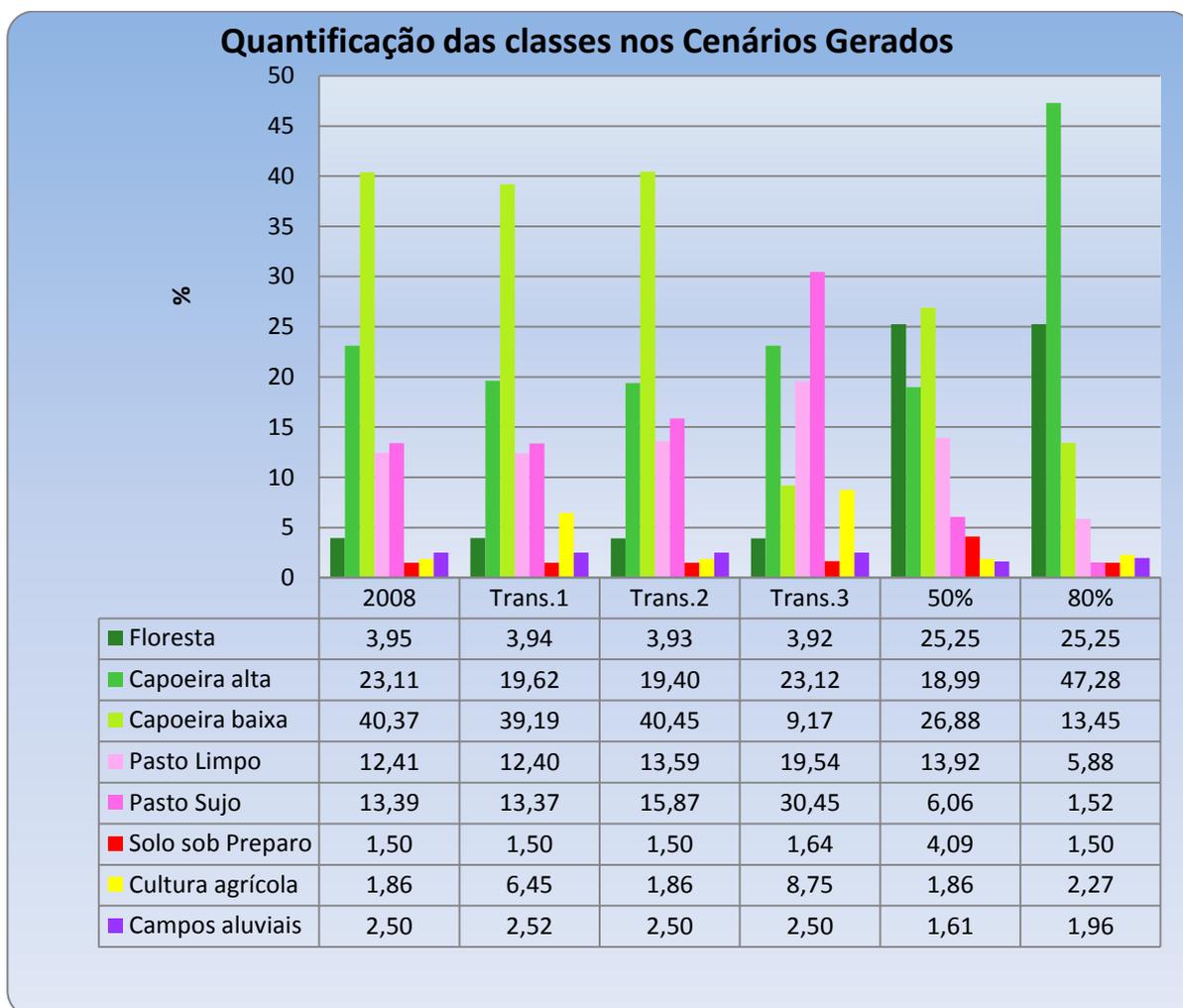


Gráfico 3 Quantificação de Uso da Terra nos Cenários

Conforme pode ser observado no gráfico acima, as áreas ocupadas por capoeira baixa possuem valores elevados ao mesmo tempo em que as classes ligadas a agropecuária se expandem, o que significa o detrimento de mais áreas de capoeira alta e floresta, como já previsto na definição da transição.

A terceira transição prevê o aumento significativo de pastagens e culturas agrícolas, com base na dinâmica de uso e considerando a utilização das áreas de capoeira baixa. Conforme já observado nas análises de uso da terra, as classes de pastagem se apresentam como as principais classes em expansão (como também pode ser observado nos cenários gerados). Nesse contexto, a questão que se coloca é: quais seriam os prováveis efeitos dessas mudanças para os recursos

naturais? No intuito de apresentar o potencial de áreas como contraponto aos três primeiros cenários, foram gerados os dois cenários “positivos” os quais se baseia na conservação das áreas de APP e RL.

Cada forma de uso da terra corresponde a uma dada capacidade em contribuir para a biodiversidade e biomassa, a qual é associada a capacidade de sequestrar e armazenar carbono. Nesse contexto, geralmente adotam-se parâmetros de estudos prévios de uma determinada área como base de valores. Este trabalho utilizou como exemplo a questão do carbono, adotando como um indicativo de potencial em estoque de carbono estudos aplicados na região do nordeste paraense.

O processo de transformação de áreas de floresta em pastagem e agricultura é apontado como uma das atividades que mais emitem carbono para a atmosfera (CAMPOS, 2007), através da perda de carbono estocado no solo por intermédio do processo de queima da vegetação. Nesse contexto, os valores adotados servem para estimar carbono no uso da terra em diferentes anos, com enfoque na quantidade de áreas verdes.

Cabe salientar que os principais reservatórios de carbono são os oceanos nas regiões mais frias e os solos das regiões mais quentes, como os solos das regiões tropicais, nos quais as florestas apresentam as maiores taxas de captura de carbono, de maneira que a biomassa absorve e fixa o carbono, transferindo-o, posteriormente para o solo. Também vale lembrar que valores para carbono dependem de características do clima, do tipo de vegetação, espécies e idade.

Estudos como os de Vockel e Denich (2000), Denich M, Kanashiro M. Vlek PLG. (2000), Boina (2008), Vasconcelos et al (2008), Bolfe, Ferreira e Batistela (2009) dentre outros, têm buscado analisar o potencial da vegetação secundária na região bragantina em sequestrar carbono. Adotando tais estudos como base e relacionando seus parâmetros com as informações da dinâmica de uso da terra, é possível levantar indicativos do quanto essa vegetação é capaz de sequestrar carbono e o quanto desse potencial foi perdido no decorrer dos anos analisados.

A planilha abaixo apresenta um resumo do potencial em estoque de carbono baseado na idade da vegetação e sua quantidade em área fundamentada nas imagens entre os anos de 1984 e 2008.

Tabela 7 Quantificação de Carbono

<b>CLASSE DE VEGETAÇÃO</b>	<b>1994 T ha.</b>	<b>2008 T ha.</b>	<b>Perda em T ha.</b>
<b>Florestas</b>	218.992,00	104.320,00	114.672,00
<b>Capoeira com mais de 20 anos</b>	309.992,00	160.047,60	149.944,40
<b>Capoeira de 15 anos</b>	6.633,20	0,00	6.633,20
<b>Capoeira de 5 a 10 anos</b>	59.479,50	0,00	59.479,50
<b>Capoeira de 2 a 5 anos</b>	93.104,00	93.441,70	-337,70
<b>Estoque de carbono na biomassa aérea</b>	<b>688.200,70</b>	<b>357.809,30</b>	<b>330.391,40</b>

Os valores acima apontam perdas gradativas em toneladas de carbono com base na dinâmica de uso da terra gerada por esse trabalho. A intenção de exemplificar o efeito da mudança de uso sobre a dinâmica de carbono tem como objetivo chamar a atenção para o quanto se perde de um recurso que poderia ser discutido e utilizado como alternativa de negociação e, portanto, de renda para famílias na região, dada a importância das discussões internacionais sobre carbono e diante de constatações de aquecimento global.

Além disso, os valores também apontam o potencial em estoque de carbono em casos de cumprimento do Código Florestal Brasileiro, no que se refere a conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) em 80%, de acordo com o Código Florestal e 50%, de acordo com Decreto do Estado do Pará nº 2.099 de 24 de janeiro de 2010 (conforme mencionado no capítulo anterior). Os valores apontados são relativamente altos diante dos valores existentes até 2008 e indicam a possibilidade de repensar políticas e planejar ações capazes de viabilizar a recuperação e conservação de áreas sem que haja perdas aos usuários da terra.

Nesse contexto, as capoeiras jovens representam um potencial sumidouro para carbono, o que pode significar em alternativas de negociação para esse serviço ambiental aliado a práticas de conservação. Todavia, a classe em intenso processo de expansão é a pastagem, que embora exerça relação com a capoeira baixa, o comportamento da referida classe de vegetação se reproduz nas áreas de pasto em intervalos maiores e com menor velocidade devido as características físicas e biológicas do pasto. Enquanto que na agricultura a capoeira representa a etapa do pousio integrando-se ao ciclo produtivo, estando, portanto ligada diretamente a agricultura, o que faz das atividades agrícolas uma peça chave

na contribuição de alternativas favoráveis à regeneração e conservação de biodiversidade e biomassa na região. Abaixo é apresentado o potencial em sequestro de carbono conforme a distribuição das classes de uso nos cenários gerados.

Tabela 8 Estimativa do Potencial em sequestro de carbono nos Cenários Gerados

<b>CLASSE DE VEGETAÇÃO</b>	<b>2008 T ha.</b>	<b>Transição I</b>	<b>Transição II</b>	<b>Transição III</b>	<b>2008 RL50% +APP</b>	<b>2008 RL80% +APP</b>
<b>Florestas</b>	104.320,00	54.976,00	54.768,00	54.688,00	989.920,00	1.494.080,00
<b>Capoeira com mais de 15 anos</b>	160.047,60	140.211,80	138.604,60	165.164,40	265.704,60	53.140,92
<b>Capoeira até 15 anos</b>	93.441,70	134.892,50	139.253,30	31.568,40	36.204,85	14.481,94
<b>Estoque de carbono na biomassa aérea</b>	<b>357.809,30</b>	<b>330.080,30</b>	<b>332.625,90</b>	<b>251.420,80</b>	<b>1.291.829,45</b>	<b>1.561.702,86</b>

Nesse contexto, é possível vislumbrar alternativas para região driblando a dicotomia entre o conservar e o produzir, principalmente quanto se trata da agricultura familiar, onde a intenção em conservar é, muitas vezes, vencida pela necessidade de produzir. Nesses casos negociações sobre formas de compensação por serviços ambientais prestados pode representar uma alternativa de renda à agricultura familiar.

O sequestro de carbono por intermédio da vegetação secundária poderia representar uma renda adicional à agricultura e uma alternativa de uso às práticas de corte e queima. Entretanto, é importante não perder de vista que toda proposta que prevê modificações nas formas de uso da terra e sistema produtivo implicam em custos para o agricultor. A avaliação desse custo parte do seguinte pressuposto: para que propostas de ações sustentáveis sejam efetivadas na região é necessário investir em alternativas econômicas e sociais promovendo redução da pressão sobre os recursos naturais.

### 6.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE

Os cenários gerados apontam que no ano de 2020 uma área em torno de 40 km<sup>2</sup> (isto é, considerando áreas de capoeira baixa) do universo de 87 km<sup>2</sup> da área em estudo poderá ser convertida em atividades agrícolas. Conforme já mencionado,

a distribuição das culturas agrícolas se dá com maior intensidade nas áreas mais próximas dos recursos hídricos e, portanto, ao entorno dos maiores remanescentes de floresta e capoeira alta, o que faz da agricultura uma das atividades que mais pressionam a vegetação mais antiga, a maior detentora de biomassa e biodiversidade na região.

Trabalhos realizados por Falesi, Baena e Dutra (1980), Smith et al. (1995) e Escalante (2003), destacam que a base dos problemas ambientais gerados na região em decorrência da atividade agrícola se assenta em questões econômicas e sociais. Dessa forma, a redução da pressão dessas atividades sobre os recursos naturais devem contar com ações que viabilizem o desenvolvimento econômico e a inclusão social em parceria com a indução de adoção de formas de uso da terra mais sustentáveis, com enfoque aos agricultores menos capitalizados, que são os que encontram maiores dificuldades em participar de programas de crédito e tecnologias rurais.

Escalante (2003) ao citar pesquisas realizadas na região, ressalta a disposição e consciência de agricultores familiares em adotar tecnologias que possibilitem o manejo sustentável das culturas agrícolas, assim como da própria organização da propriedade. Porém, ainda existe a necessidade de trabalhar formas de facilitar o acesso destas tecnologias por parte dos agricultores, assim como gerar políticas e programas de incentivo aos que praticam atividades sustentáveis. Nesse sentido, o Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural (PROAMBIENTE) tem exercido um importante papel ao compensar através de financiamento os agricultores que praticam agricultura sustentável. O Programa é um dos principais responsáveis pela inserção da discussão sobre Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no Brasil ao desenvolver uma abordagem de certificação de Serviços Ambientais relacionados ao sequestro de carbono, redução do desmatamento, preservação da biodiversidade entre outros, desencadeando uma série projetos de leis sobre o assunto a partir do ano 2000.

A compensação por Serviços Ambientais tem se apresentado como alternativa plausível diante dos altos índices de degradação ambiental e elevadas taxas de desmatamento, apesar de intensas fiscalizações e inúmeras leis de controle de impactos ambientais. Nesse contexto, é importante considerar que mudanças para formas sustentáveis de uso da terra podem implicar em perdas

financeiras para moradores locais, principalmente para os menos descapitalizados. Nesse sentido, Wunder *et al* (2008) destaca a necessidade de avaliar a diferença entre o preço pago por um serviço e custo de oportunidade de sua provisão, fazendo deste um conceito base para valores indicativos de compensação por serviços ambientais.

A etapa de análise de custo de oportunidade realizada na região, assim como todo o trabalho que a precedeu como as viagens à campo, aplicação de questionários e entrevistas, tiveram como foco a agricultura familiar. Dessa maneira, os valores de custo gerado foram para as culturas agrícolas de ocorrência mais comuns nas propriedades analisadas, tais como mandioca (tradicional e mecanizada) e seus consórcios com milho e feijão, além das culturas de maracujá e pimenta-do-reino. Conforme descrito no capítulo 5, os cálculos foram feitos para um período de 18 anos, abarcando a fase de preparação da terra para o plantio, sua colheita e o tempo de pousio para cada cultura, dessa maneira os valores aqui apresentados correspondem a média anual obtida para esse período com base no Valor Presente Líquido.

Nos casos do cultivo de Maracujá houve poucas ocorrências, porém as áreas cultivadas possuíam tamanhos bastante variados, e casos em que o maracujá era a única cultura praticada no lote agrícola. Segundo relatos dos produtores, o preço do produto despencou devido a especulação da empresa compradora de polpa (extinta AMAFRUTAS) chegando a ser ofertado o valor de R\$0,18 pelo quilo da fruta; após a abertura de falência da empresa, apesar da tentativa de uma cooperativa de agriculturas em dar continuidade as negociações, muitos agricultores perderam os principais compradores da produção e a queda nos preços tornou a atividade produtiva apenas para os maiores produtores da região, que dispunham de melhores negociações e alternativas de escoamento da produção.

Os valores de custo de oportunidade para o maracujá apresentaram-se negativos (-55) conforme o previsto nos relatos em campo, o que indica a não rentabilidade da cultura na área pesquisada. Porém, em casos onde a área destinada ao cultivo do maracujá era pequena o agricultor expressava a intenção em mudar de cultura e confirmava a ausência de ganhos com a produção, enquanto que os proprietários com extensas áreas de maracujá, afirmavam ter lucros quando comercializavam uma grande quantidade da fruta, porém a unanimidade entre os

produtores ocorreu quando questionados sobre os custos da produção. De acordo com os produtores, a produção do maracujá é muito trabalhosa, demanda cuidados constantes e grandes investimentos em adubos, fertilizantes e pesticidas tornando-a impossível para agricultores sem capital, além disso, devido à variação de preços (entre R\$0,80 e R\$0,18) a cultura só é rentável quando produzida e larga escala.



Fig. 28 Cultivo de Maracujá

Dessa maneira, o maracujá se mostra como uma cultura pouco viável à agricultura familiar na área estudada, enquanto que a cultura de Pimenta do reino apresentou o maior valor de custo de oportunidade R\$2.034 anual por hectare. Também não ocorreu em grande quantidade na área de estudo, porém onde há ocorrência, sua área plantada costuma ser extensa, viabilizando bons lucros. A pimenta do reino é uma cultura que necessita de grandes investimentos na produção, devido os gastos com maquinários, insumos e, principalmente, nos cuidados durante o cultivo com as capinas e cuidados fitossanitários.

Nos questionários e entrevistas, seus produtores deixam bem clara a intenção em aumentar a área plantada, pois os altos investimento necessários são compensados pelos lucros (os valores de comercialização variam entre R\$ 3,50 e R\$ 5,00 por quilo). Nesse sentido, projetos de compensação por serviços ambientais poderiam encontrar maiores barreiras de implantação, já que ofertas de

compensação por serviços ambientais prestados deveriam oferecer valores mais altos.

Quanto a Mandioca mecanizada, seu valor de custo de oportunidade resultou em R\$659. Geralmente a mandioca mecanizada é cultivada em áreas maiores que a mandioca que adota o sistema tradicional, seu custo de implantação também é mais elevado devido à utilização de maquinários (trator: 70R\$/h sendo que para cada hectare o trator gasta 3 horas de trabalho), no preparo da área para o plantio, no qual são retirados restos de troncos de árvores, vegetação e raízes, o que dispensa essa mesma atividade por alguns anos posteriores, diminuindo, portanto, os custos com a preparação da terra. Entretanto, os gastos com os cuidados com a plantação costumam ser elevados, pois são necessárias capinas e investimentos em fertilizantes.

Diante dos altos valores necessários para iniciar uma cultura agrícola, a alternativa para agricultores descapitalizados se constitui no cultivo da Mandioca no método tradicional que engloba as atividades de corte e queima. Esse tipo de cultivo foi o mais observado nas pesquisas de campo e o mais citado nos questionários e entrevistas. Com exceção das propriedades que adotam a mecanização, todas as demais propriedades cultivam mandioca de forma tradicional, até mesmo em casos onde outra cultura é a principal fonte de renda, o cultivo da mandioca é praticado para o consumo familiar.

O sistema tradicional não envolve grandes custos de implantação da cultura. De acordo com os agricultores o maior trabalho está na abertura da área que compreende a derrubada da vegetação mais alta e mais grossa, e da vegetação do limite da propriedade ou da área a ser cultivada para evitar que o fogo se espalhe para as demais culturas ou propriedades, posteriormente vem a tarefa de colocar fogo na vegetação, essa etapa é geralmente exercida por membros da família e não costuma demorar muitos dias.

Geralmente, as propriedades que adotam o sistema tradicional de cultivo são subdivididas em diversas culturas agrícolas para subsistência, com a ocorrência de pomares, hortas e área de criação de animais. Quanto ao espaço da mandioca, é comumente cultivado em consórcio com o milho ou feijão, o que se constitui uma alternativa de aproveitamento da terra preparada para o cultivo da mandioca viabilizando um complemento na renda e na alimentação.

O valor de custo de oportunidade encontrado para a mandioca tradicional foi R\$ 288 para cada ano, tendo incluso nos custos a produção de farinha o que, geralmente, é realizado com a ajuda de membros da família, fazendo toda a diferença na contabilização final dos lucros. Conforme pôde ser observado em campo e no resultado dos cálculos, o sistema tradicional de cultivo da mandioca reflete as dificuldades enfrentadas pelos agricultores mais descapitalizados e a ausência de alternativas para outros meios de sobrevivência. Em casos onde custo de oportunidade se mostra relativamente baixo, programas de compensação ou de incentivos a adoção de formas de uso da terra sustentáveis, como por exemplo, os Sistemas Agroflorestais (SAF) poderiam dispor de menor custo de implantação do projeto, além de contribuir com a geração de renda para as famílias.

Os valores resultantes da análise de custo de oportunidade foram cruzados com as informações do potencial de carbono para cada uso da terra em cada cenário criado (ver gráfico 9). As análises têm sua base de custo pautado no Valor Presente Líquido sendo que foi gerada uma média ponderada no intuito de associar um único valor a classe de agricultura, o qual ficou estipulado em R\$2.411,49.

As demais classes também tiveram valores associados para viabilizar um indicativo de valor de custo oportunidade por tonelada de CO<sub>2</sub> para cada cenário gerado, dessa maneira, o valor associado às pastagens fundamentou-se no estudo de Siegmund-Schultze (2002) que definiu o valor de custo oportunidade para pastos, o qual foi corrigido pela inflação e ficou definido em R\$133,97, porém, é provável que esse valor subestime o valor real, considerando que o gado representa uma espécie de seguro para o agricultor familiar; função que um PSA normalmente não poderia cumprir a não ser que tivesse um mecanismo de seguro atrelado e portanto sairia mais caro do que um PSA que apenas cobre os custos de oportunidade baseado em análises de custo-benefício convencional.

A classe de solo sob preparo baseou-se nos valores de custo obtidos para a agricultura tendo subtraído os gastos com a preparação da terra, definido em R\$ 3096,69; enquanto que a classe de capoeira baixa teve seu valor derivado da média ponderada dos custos para a agricultura e pastagem, considerando seu uso por ambas as atividades e ficou definido em 1811,11. Os valores de carbono foram relacionados com o preço médio da t/CO<sub>2</sub> (em 27 de agosto), o equivalente a 16,92.

Tabela 9 Quantificação de Custo de Oportunidade por Tonelada de CO2

TRANSIÇÕES*	USOS	Total em hectare	Total do valor em custo de oportunidade (R\$) com base no VPL	Total da capacidade em estoque de carbono	Carbono equivalentes CO2	Custo de oportunidade/ Ton CO2	Valor total potencial de mercado
Conversão de Capoeira alta (2008) para cenário pessimista	Pasto	423	56.669	21.785	79.731	0,71	1.349.053
	Agricultura	355	856.079	18.283	66.914	12,79	1.132.184
	Solo sob preparo	0	0	0	0	0,00	0
	Capoeira baixa	0	0	0	0	0,00	0
Conversão de uso do ano de 2008 para Capoeira alta e floresta no cenário de RL em 50%	Capoeira baixa	1094	1.981.354	56.341	206.208	9,61	3.489.040
	Agricultura	54	130.220	2.781	10.178	12,79	172.220
	Pasto	441	59.081	22.712	83.124	0,71	1.406.460
	Solo sob preparo	41	126.964	2.112	7.728	16,43	130.759
Conversão de uso do ano de 2008 para Capoeira alta e floresta no cenário de RL em 80%	Capoeira baixa	1287	2.330.899	66.281	242.587	9,61	4.104.566
	Agricultura	9	21.703	464	1.696	12,79	28.703
	Pasto	872	116.822	44.908	164.363	0,71	2.781.027
	Solo sob preparo	63	195.091	3.245	11.875	16,43	200.923
Conversão de usos do Cenário pessimista para Floresta e Capoeira alta no cenário de RL em 50%	Capoeira baixa	35	63.389	1.803	6.597	9,61	111.624
	Agricultura	154	371.369	7.931	29.027	12,79	491.145
	Pasto	1356	181.663	69.834	255.592	0,71	4.324.624
	Solo sob preparo	106	328.249	5.459	19.980	16,43	338.061
Cenário pessimista para cenário de RL em 80%	Capoeira baixa	36	65.200	1.854	6.786	9,61	114.813
	Agricultura	160	385.838	8.240	30.158	12,79	510.280
	Pasto	1979	265.127	101.919	373.022	0,71	6.311.527
	Solo sob preparo	15	46.450	773	2.827	16,43	47.839

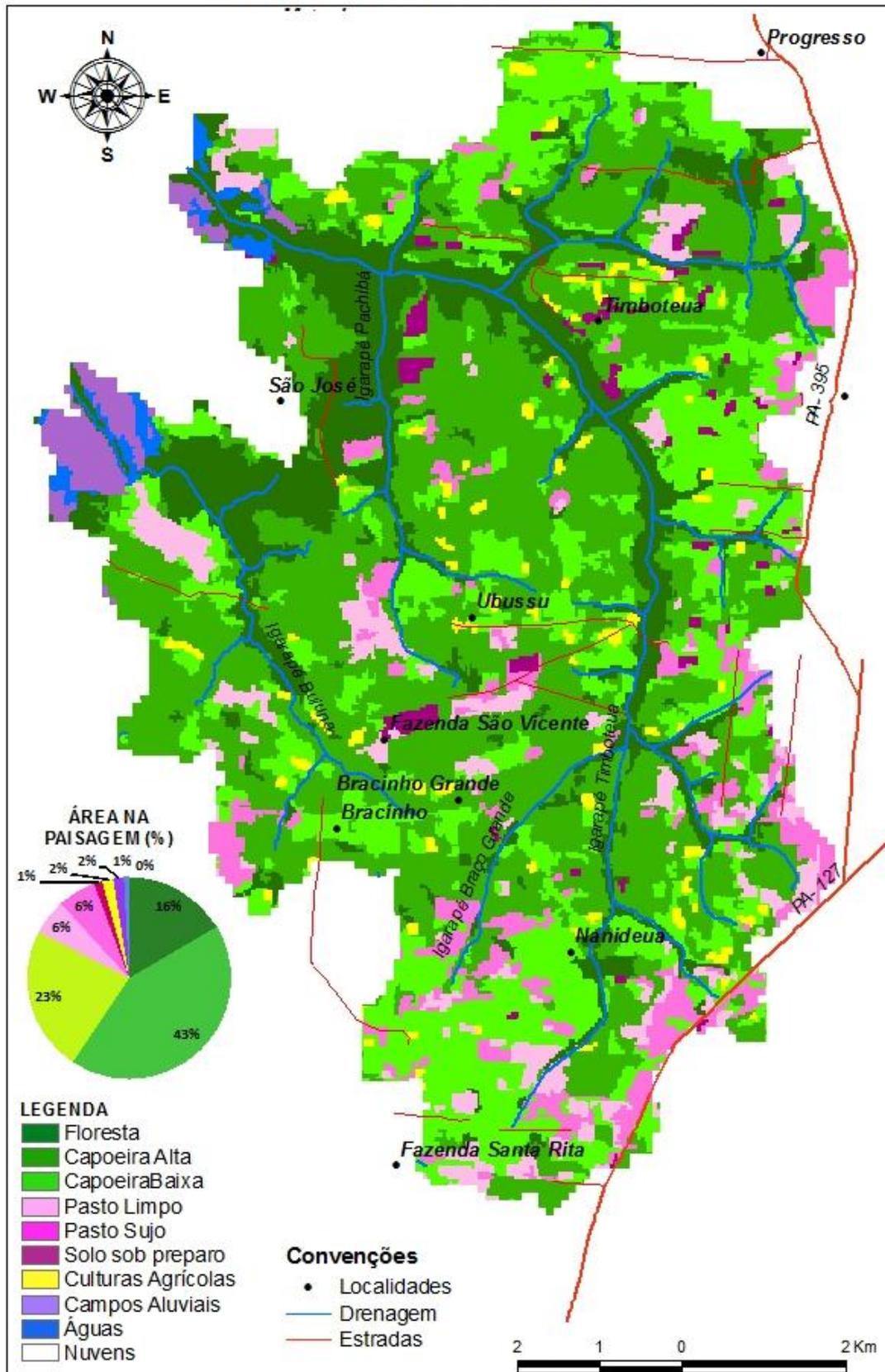
Comparando os valores obtidos com àqueles apresentados por Börner *et al* (2010), e possível constatar que os valores para agricultura superam aqueles estimados para REDD em florestas primárias, isso mostra que zonas agrícolas consolidadas na Amazônia apresentam menor competitividade para REDD em comparação a fronteiras recentes (principalmente por armazenarem menos carbono na sua biomassa). Mesmo assim os custos de oportunidade são considerados baixos, viabilizando menores custos para implantação de projetos de PSA.

Também é importante considerar que em alguns casos, o custo de oportunidade pode chegar a ser muito altos, por exemplo, se a tendência de aumento das áreas de agricultura se consolidasse e a maior parte dos agricultores optasse por cultivar pimenta-do-reino, que apresenta os maiores valores de custos de oportunidade. Provavelmente não seriam compensáveis pelos preços atuais no mercado de carbono. Contudo, para que projetos de PSA sejam introduzidos na região amazônica de forma efetiva, ainda há necessidade de estudos em nível de paisagem, considerando aspectos peculiares das sub-regiões e seus atores.

## 6.4 MAPAS

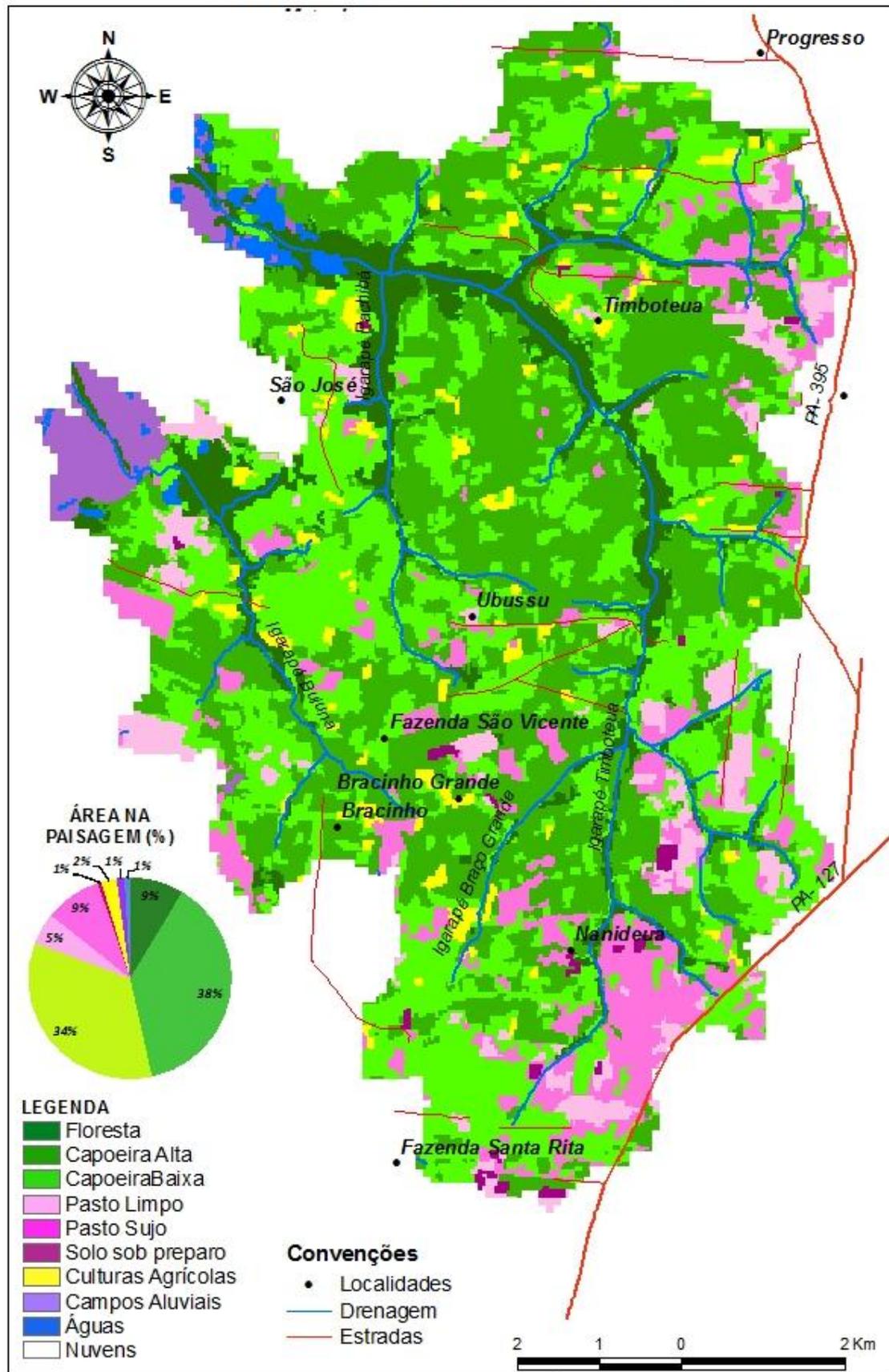
MAPA 1 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1984

MAPA DE USO DA TERRA NO ANO DE 1984



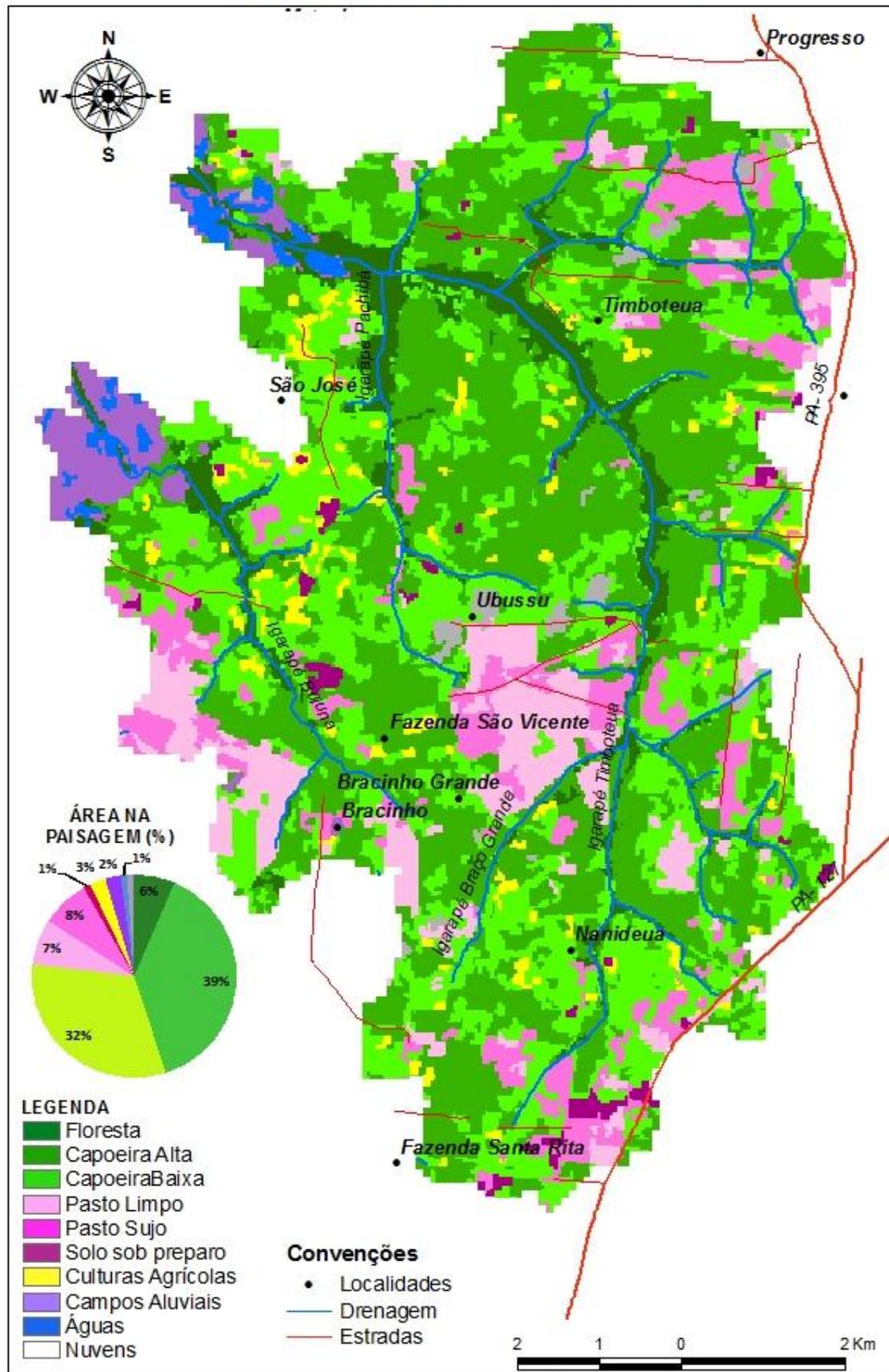
MAPA 2 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1994

## MAPA DE USO DA TERRA NO ANO DE 1994



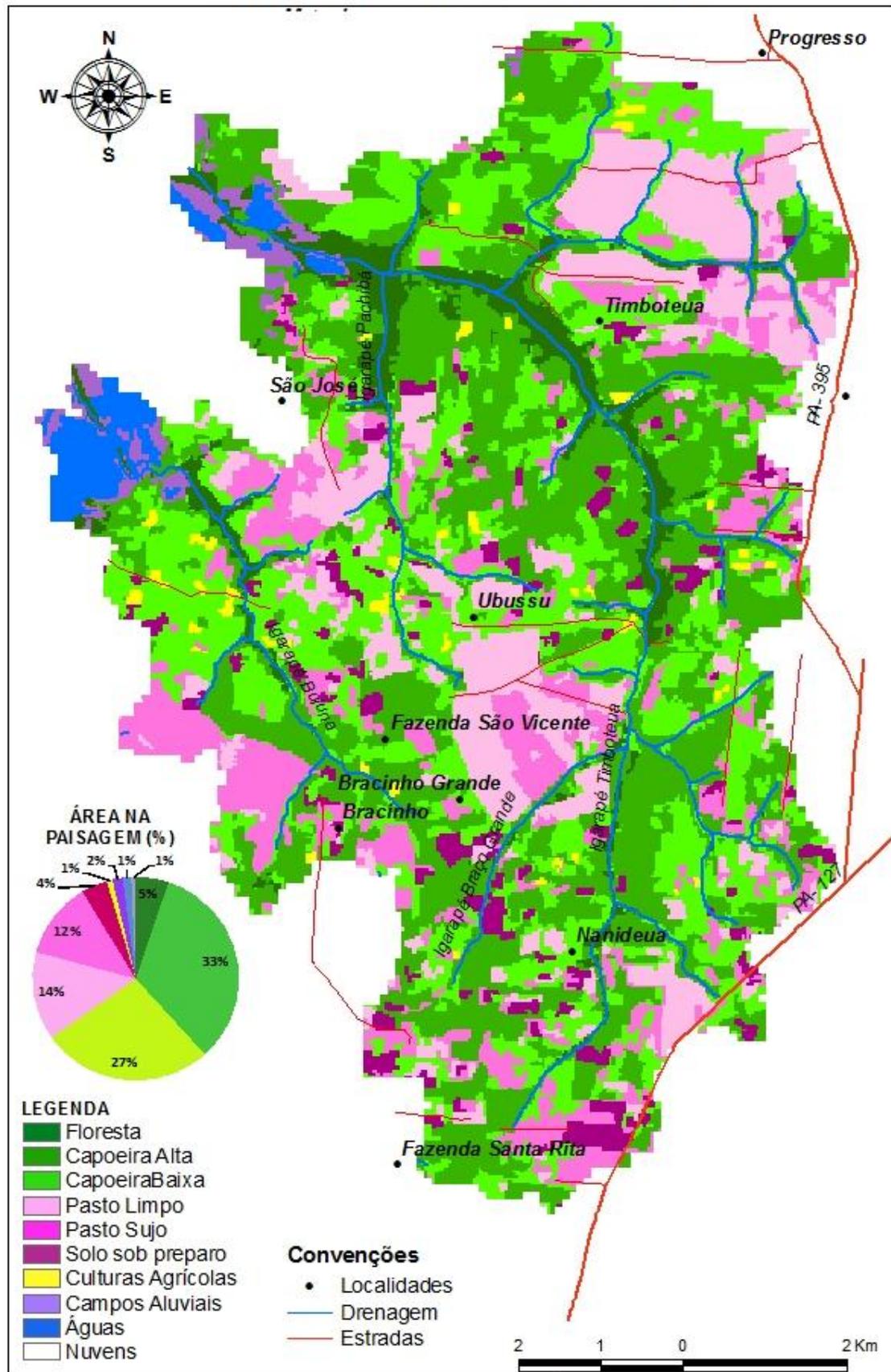
MAPA 3 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 1999

## MAPA DE USO DA TERRA NO ANO DE 1999



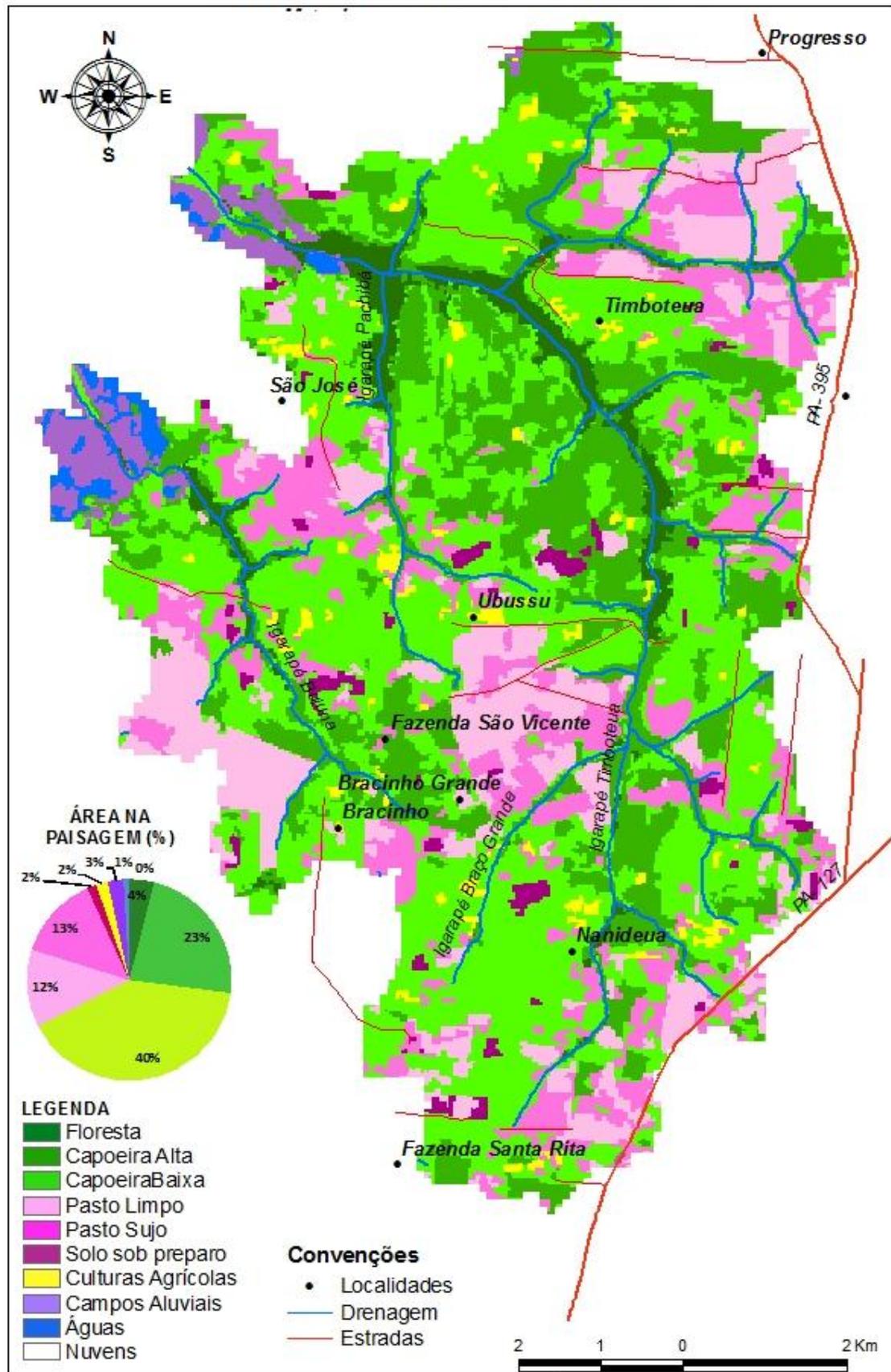
MAPA 4 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 2004

## MAPA DE USO DA TERRA NO ANO DE 2004



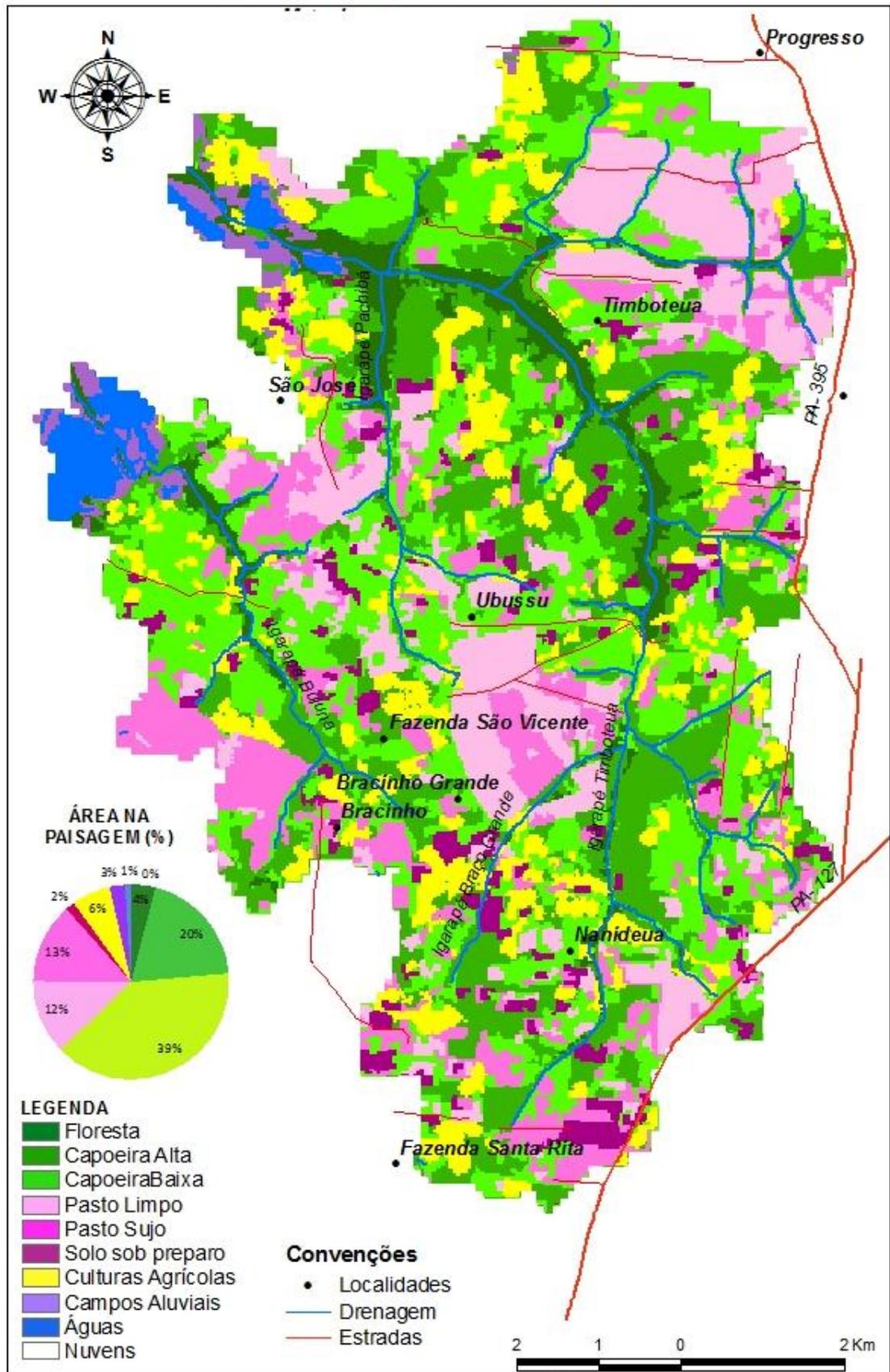
MAPA 5 - MAPA DE USO DA TERRA ANO DE 2008

## MAPA DE USO DA TERRA NO ANO DE 2008



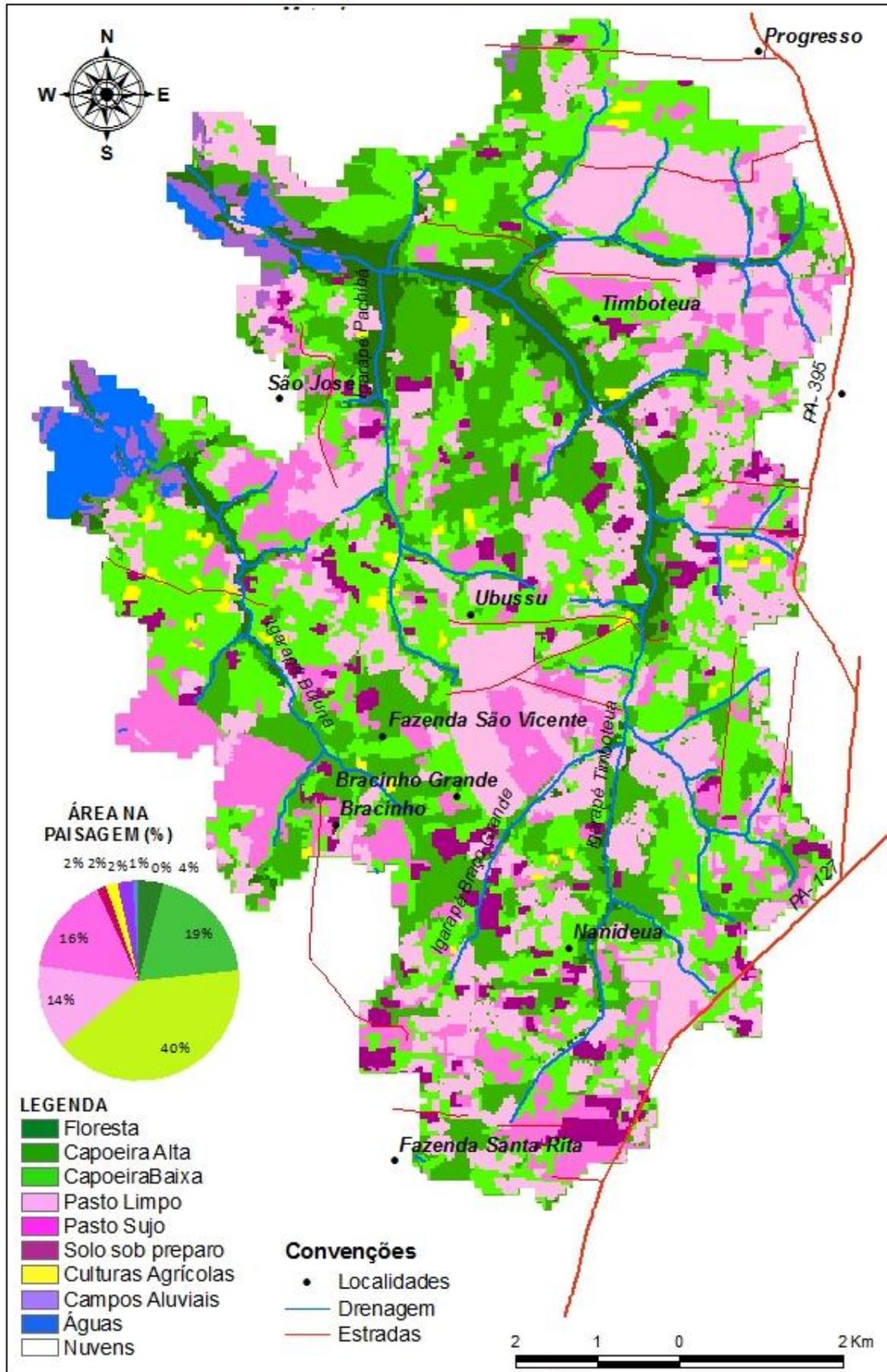
MAPA 6 - CENÁRIO I

CENÁRIO I - EXPANSÃO AGRÍCOLA



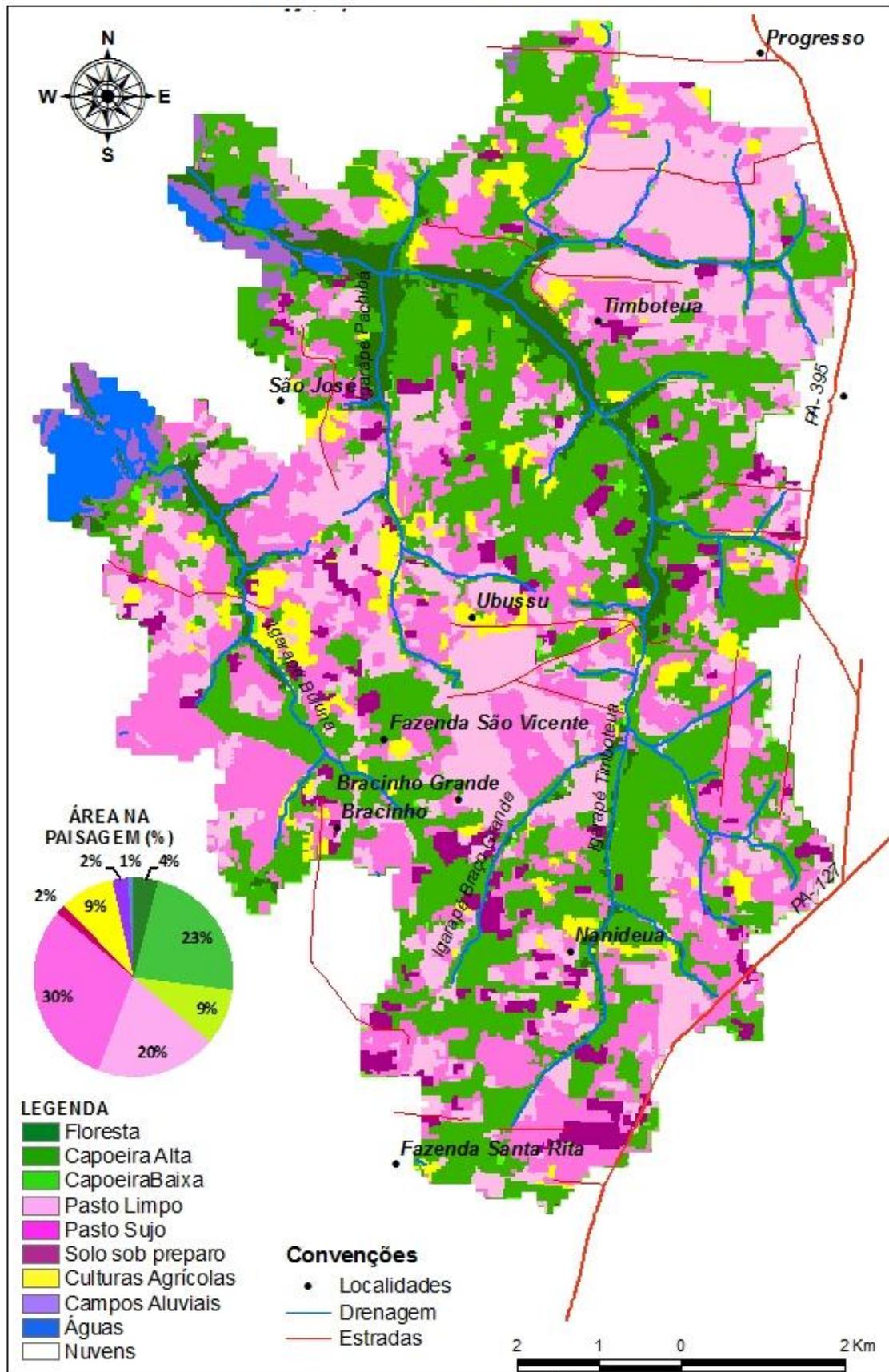
MAPA 7 - CENÁRIO II

CENÁRIO I - EXPANSÃO DE PASTAGEM



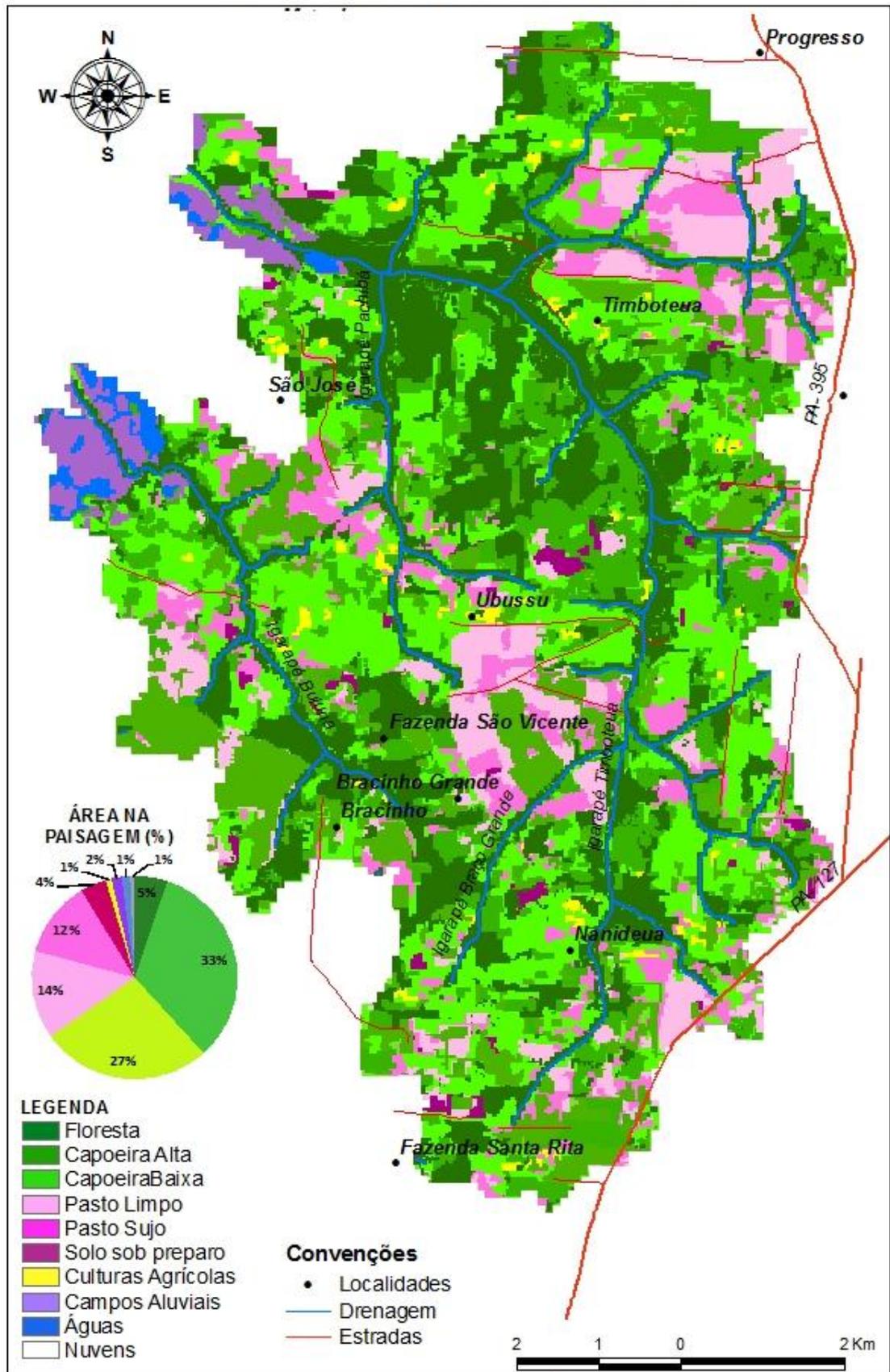
MAPA 8 - CENÁRIO III

CENÁRIO III - EXPANSÃO AGROPECUÁRIA



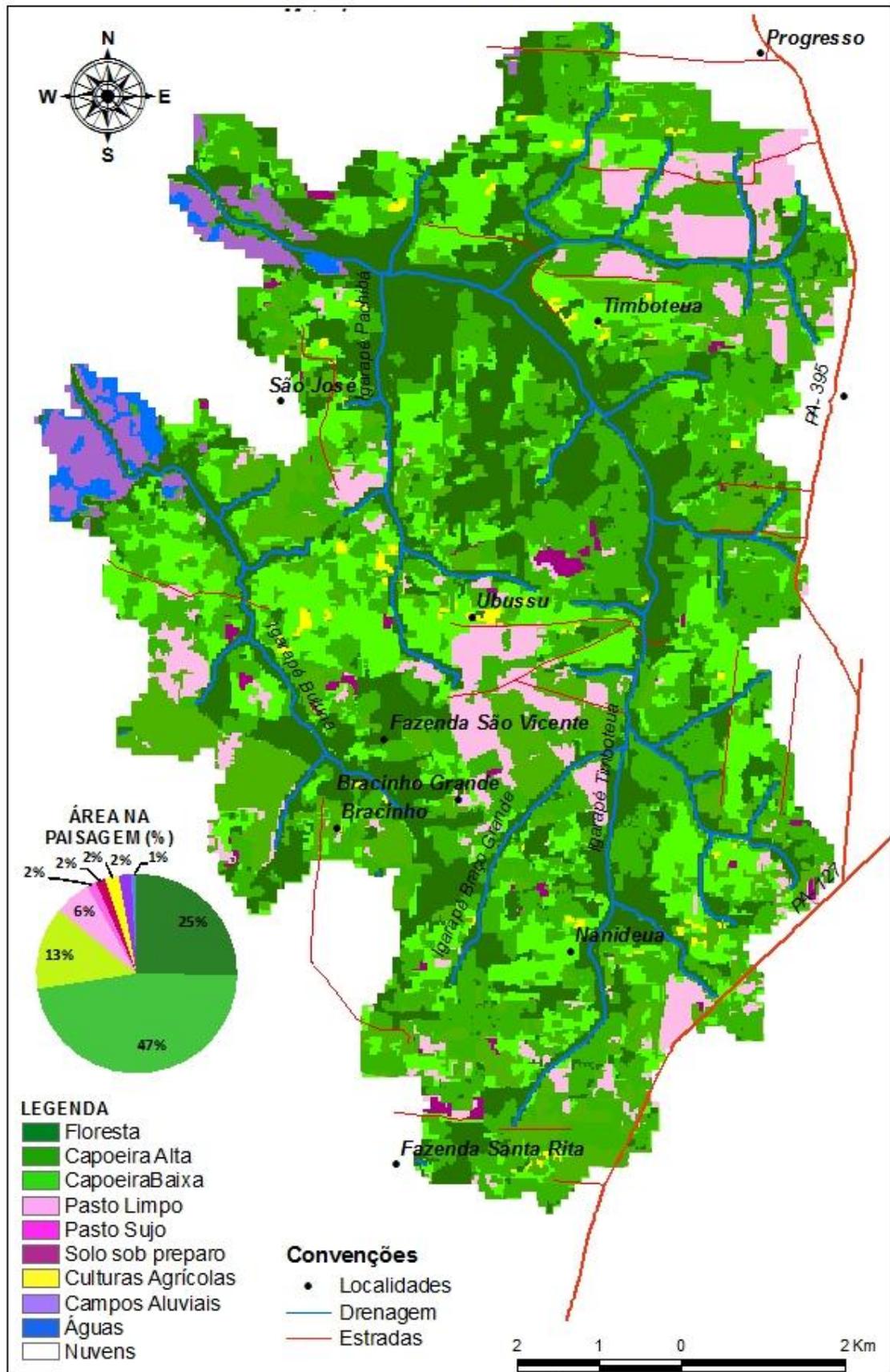
MAPA 9 - CENÁRIO IV

CENÁRIO IV - 50% DE RESERVA LEGAL



MAPA 10 – CENÁRIO V

CENÁRIO V - 80% DE RESERVA LEGAL



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a criação de cenários futuros de uso da terra para as mesobacias dos igarapés Timboteua e Buiuna, localizadas no nordeste paraense. Tal tarefa baseou-se na dinâmica histórica de uso da terra gerada por esse trabalho para o período compreendido entre os anos de 1984 a 2008, e levou em consideração o contexto histórico e socioeconômico da região, dando ênfase às questões que envolvem a agricultura familiar.

Diante dos resultados obtidos, é possível inferir que apesar da região nordeste do Estado do Pará apresentar elevados níveis de degradação ambiental, seu potencial enquanto prestadora de serviços ecossistêmicos ainda é inquestionável. Porém, a intensidade com que processos naturais vêm sendo modificados pode fazer com que a região alcance níveis irremediáveis de degradação e, principalmente, de perda da biodiversidade ainda existente.

As análises de uso da terra constataram a existência de uma dinâmica de mudanças na paisagem bastante ativa na região, apesar de o nordeste paraense ser considerada uma região consolidada. As tendências apontaram à expansão de atividades ligadas a agropecuária em detrimento da vegetação mais antiga, tendência praticada há décadas na região.

Os cenários gerados enfatizaram estas tendências, seus números apresentaram perdas substanciais em área pelas classes de vegetação até o ano de 2020, porém, também ressaltaram a possibilidade de regeneração ambiental através de cenários que demonstram a conservação de 50% e 80% da área total estudada, por intermédio da conservação da Reserva Legal.

Estes valores puderam ser relacionados a valores de potencial de seqüestro e estoque de carbono na região e seus resultados buscaram apontar não só a perda em toneladas de carbono no decorrer dos anos com base nas formas de uso da terra adotados, mas buscou salientar, principalmente, o potencial da região em sequestrar e estocar carbono através da regeneração de áreas já desmatadas.

As análises de custo de oportunidade foram realizadas para a agricultura na região e os resultados obtidos permitiram conceber a agricultura familiar como um elemento chave para recuperação de áreas degradadas e conservação da

biodiversidade, porém, ainda existem inúmeras barreiras impostas aos agricultores, principalmente aos mais descapitalizados. Algumas barreiras são naturais, resultantes da intensa utilização do solo para atividades agrícolas durante décadas; outras barreiras também resultam da queda de produtividade e materializa-se na falta de capital para efetuar o plantio. Dessa maneira, muitos agricultores resolvem adotar culturas agrícolas de menores custos de implantação, sendo de enorme representatividade a mandioca tradicional que mostrou os menores valores e a maior ocorrência, contudo, os métodos adotados ainda são o de corte e queima e a seleção da área para o plantio ainda obedece a lógica de escolher áreas de vegetação com maior idade em busca de solos mais férteis, integrando capoeiras de diferentes idades enquanto fases do ciclo produtivo.

A pesquisa em campo aliada à pesquisa bibliográfica sobre a região permite concluir que apesar dos esforços por parte de projetos de pesquisa em propor alternativas para a região, ainda há enorme necessidade de incentivos para a execução de práticas de manejo, conservação, acesso a tecnologia e políticas públicas capazes de beneficiar agricultores que adotem práticas sustentáveis.

Este trabalho também buscou demonstrar que iniciativas de conservação devem estar relacionadas com o alívio da pobreza levando em consideração que este é um incentivo às atividades que degradam o meio ambiente. Nesse sentido, a compreensão de que a adoção de práticas sustentáveis pode implicar em mais do que custos financeiros para o agricultor que não dispões de capital para investimento e nem de grandes lucros na produção, mas que possuem as práticas agrícolas como identidade, salientando, dessa maneira, a emergência por políticas públicas e programas que visem além da conservação ambiental, a integração de atores locais enquanto agentes participantes de processos que visem à sustentabilidade.

Uma alternativa considerável está na discussão sobre formas de compensação por serviços ambientais, que nesse caso em específico, poderia estar voltado para a captura e estoque de carbono, conforme o potencial já apresentado pela região. Outros benefícios gerados como a mitigação de gases de efeito estufa na atmosfera e a proteção de recursos hídricos também poderiam ser consideradas.

O diferencial de um programa de compensação por serviços ambientais está calcado na possibilidade de negociação desses benefícios junto aos atores

locais. Por exemplo, na agricultura familiar a conservação de uma parcela de propriedade pode implicar em perdas financeiras capazes de comprometer o sustento das famílias, porém, com um programa de compensação, estes agricultores poderiam receber em troca algum benefício, podendo ser financeiro, ou através da disponibilização de tecnologias que viabilizem ganhos de produtividade em menores áreas plantadas, serviços, assim como a própria negociação no mercado de carbono.

Existem inúmeras alternativas que poderiam gerar benefícios para o meio ambiente e para moradores locais, porém, são necessárias pesquisas mais detalhadas, desenvolvimento de mecanismos e tecnologias, o e mais importante, um esforço político no sentido de inserir enquanto ferramenta de gestão políticas ambientais e benefícios a atores chaves que adotam práticas mais sustentáveis. Estados da Amazônia como o Acre e o Amazonas vêm inserindo políticas de Pagamento por Serviços Ambientais em sua gestão, das quais cabe destacar o Programa Bolsa Floresta, instituído no ano de 2007 pelo Governo do Estado do Amazonas, visando, basicamente, a compensação de práticas conservacionistas praticados por famílias que habitam Unidades de Conservação no Estado. O Programa fornece quatro tipos de compensação: as bolsas Renda, Social, Associação e Família com base em requisitos que as famílias devem cumprir, além disso, é estimulada a criação uma cadeia produtiva com base nos serviços e produtos florestais.

Em suma, este trabalho buscou contribuir como subsídio para o planejamento de políticas públicas, projetos e programas voltados para a conservação ambiental ao apresentar valores potenciais de serviços ambientais relacionados a captura e estoque de carbono que podem ser prestados pelas duas mesobacias estudadas. Além disso, o trabalho também apresentou valores que podem ser tomados como indicativos para programa de compensação por serviços ambientais prestados sendo que os valores para a agricultura familiar que envolve sistemas tradicionais apresentaram relativamente baixos e, portanto, competitivos para a implantação de projetos relacionados a REDD.

As tendências apresentadas pelos cenários mostraram-se preocupantes e diante das análises que apontaram a viabilidade de inserção de projetos de compensação e negociação de serviços ambiental no mercado internacional,

emerge a necessidade de inserir análises que associem valores a serviços ambientais de maneira que estes se tornem competitivos às atividades que degradam o meio ambiente. Nesse sentido, as quantificações do potencial em seqüestro e estoque de carbono, assim como seus valores no mercado internacional obtido para cada cenário apresentam a viabilidade de negociações na região.

Contudo, o presente trabalho buscou demonstrar como as práticas agrícolas podem se trabalhadas e consórcio com práticas sustentáveis, ao incentivar e beneficiar moradores que adotam práticas de menor impacto sem perder, necessariamente, sua identidade enquanto agricultor. Salientando, assim, a necessidade de garantir mecanismos capazes de estabelecer a integração de atores locais e a visão de que a produção agrícola e a conservação podem constituir-se em atividades complementares.

## REFERÊNCIAS

BAAR, R.; CORDEIRO, M.R.; DENICH, M. & FÖLSTER, H. 2004. Floristic inventory of secondary vegetation in agricultural systems of East-Amazonia. **Biodiversity and Conservation** 13(3): 501-528.

BECKER, B.K. **AMAZÔNIA**. São Paulo, Ática, 1998. 87p.

BÖRNER, J. **A bio-economic model of small-scale farmers land use decisions and technology choice in the eastern Brazilian Amazon**. Bonn, Deutschland, 206. 202 f. Tese - Rheinischen-Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.

BÖRNER, Jan *et al.* **Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: scope and equity implications**. Special Section for Ecological Economics, 2010.

BÖRNER, J., MENDOZA, A., & Vosti, S.A. (2007) **Ecosystem services, agriculture, and rural poverty in the Eastern Brazilian Amazon: Interrelationships and policy prescriptions**. Ecological Economics, 64, 356-373.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. **CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, J. S, de. **Modelagem de Dados em Geoprocessamento. In: Sistema de Informações geográficas: Aplicações na agricultura**. EMBRAPA – SPI, Brasília. 1998. 434p.

CÂMARA, Gilberto; CLODOVEU, Davis e MONTEIRO, Antônio M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE. São José dos Campos, 2009.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável (org)**. São Paulo.

COSTA, Francisco de Assis; HURTIENNE, Thomas; KAHWAGE, Cláudia (Org.). **Inovação e Difusão Tecnológica para Sustentabilidade da Agricultura Familiar**

na **Amazônia Oriental: resultados e implicações do projeto SHIFT socioeconomia**. Belém: UFPA/NAEA, 2006.

D'ALGE, Júlio César Lima (?). **CARTOGRAFIA PARA GEOPROCESSAMENTO**, in CÂMARA, Gilberto; CLODOVEU, Davis e MONTEIRO, Antônio M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE. São José dos Campos, 2009.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. G. **The potential an dynamics of carbon sequestration in traditional an modified fallow systems of the eastern Amazon region, Brazil**. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. A. (Eds.). *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: Lewis Publishers, 2000. 438 p.

FEARNSIDE, P.M. 2005. **Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates and consequences**. *Conservation Biology* 19(3): 680-688.

FENZL, N. MACHADO, L. A. C. **A Sustentabilidade de Sistemas Complexos: conceitos básico para uma ciência do desenvolvimento sustentável: aspectos teóricos e práticos**. Belém: NUMA/UFPA, 2009.

HAZELL P. and NORTON R.D. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture* **Macmillan Publishing Company**, New York. 1986

HOMMA, A. K. O.; WALKERU, R. T.; SCATENA, F.N.; ROCHA, C. A. **Redução dos desmatamentos na Amazônia: política agrícola ou ambiental**. In: Homma, A. K. Ed. *Amazônia Meio Ambiente e Desenvolvimento Agrícola*. Brasília. EVMBNRUAPOA – SPI, Belém: EVMNBRUAPA CPATYRU, 1998.

HURTIENNE, T. *Agricultura Familiar na Amazônia Oriental: uma comparação dos resultados da pesquisa socioeconômica sobre fronteiras agrárias sob condições históricas e agroecológicas diversas*. **Novos Cadernos NAEA, vol. 2, nº 1**. Junho de 1999. Belém, PA. 75 – 94 p.

HURTIENNE, T. *Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural Sustentável na Amazônia*. In: Coelho, M.C.N.; Castro, E.; Mathis, A.; Hurtienne, T. (orgs.). **Estado e políticas públicas na Amazônia: gestão do desenvolvimento regional**. Belém: Cejup, UFPA-NAEA, 2001, p.178-283.

HURTIENNE, Thomas Peter. *Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável*

na Amazônia. **Novos Cadernos do NAEA**, v. 8, n. 1, p. 19-71, 2005. JENSEN, J. R.; Urban / Suburban Land Use Analysis. In: Colwel, R. N. **Manual of Remote Sensing**. Falls Church, VA, ASP, 1983, v.2, cap.30, p.1511 – 1666.

KAI, L.; MULLER, J.-P. **Sementation Satellite Imagery: a regio n growing scheme**. In: Symposium on International Geoscience and Remote Sensing, Helsink, Finland, 1991.

JOELS, L. C. CÂMARA. G. **O workshop “Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência”**. Revista PARCERIAS ESTRATÉGICAS, Brasília, NÚMERO 12, SET.2001

KRAMER, R.A SHARMA, N. MUNASINGHE, M. **Valuing Tropical Forest: methodology and Case Study of Madagascar**. World Bank Environment Paper 13, The World Bank, Washington DC., 1995.

MEIRELLES, M.S.P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (2007) **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: EMBRAPA, Informação tecnológica. 2007

MERTENS, B.; LAMBIM,E. **Spatial modelling of desforestation in southern cameroon**. Applied Geography. Vol. 17.n 2.1997

MORAES, Ant. Carlos Robert. **Geografia: Pequena Historia Critica**. São Paulo: Hucitec, 1994.

MOURA, A. **Contribuições metodológicas do geoprocessamento à geografia**. Tese (Doutorado em Geografia) – Geoprocessamento, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

NASCIMENTO, Nathália 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.

NOVAES, A. G. **Modelos em planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1981. 290 p.

PENTEADO, A. R. (1967): **Problemas de colonização e uso da terra na região Bragantina do Estado do Pará**, I+II. Ph.D. Thesis. Universidade Federal do Pará, Belém.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Revista Interciência**, v. 26, n. 8, p. 337-341, 2001.

ROSA, Roberto. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSÁRIO, L. T R do. **O custo de oportunidade da conservação para populações do entorno de áreas protegidas**. *Economista*, UnB. VIII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA. 5 a 7 de agosto de 2009. Cuiabá - Mato Grosso - Brasil

SAMPAIO *et al.* **Dinâmica da Cobertura Vegetal e Uso da Terra no Sudeste Paraense: o caso do projeto de assentamento São Francisco**. Série Documentos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003.

SANTOS, Milton. **Pensando o espaço do homem**. São Paulo: Hucitec, 1982.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**. Paulo: Hucitec, 1988.

SIEGMUND-SCHULTZE, M. **Gains from Keeping Cattle on Fallow-Based Smallholdings in the Eastern Amazon**. Göttingen: Cuvillier Verlag, 2002.

SILVA, J. X. Geoprocessamento em Estudos Ambientais: uma perspectiva Sistêmica. In: MEIRELLES, M.S.P.; CÂMARA, G.; ALMEIDA, C. M. (2007) **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: EMBRAPA, Informação tecnológica. 2007. Cap. 1, p. 23 – 53.

SOARES-FILHO, B. **Modelagem da Dinâmica de Paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. 299f. Tese (Doutorado) –Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SOARES FILHO, B.S.; PENNACHIN, C. L.; CERQUEIRA, G. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, n. 3, p. 217-235, 2002.

SOARES-FILHO, B. S., RODRIGUES, H., COSTA, W.. Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Available at [www.csr.ufmg.br/dinamica](http://www.csr.ufmg.br/dinamica). 2009.

SOUSA FILHO, F.R, ARAPIRACA DA SILVA, A., MARQUES, U. M., PINTO, W. S., SANTOS, S. R. M., SILVEIRA, J. L., CAHETE, F. L. S. & CORTELETTI, J. A. **Dinâmica Histórica da Reprodução da Agricultura em Igarapé-Açu (Região Bragantina do Estado do Pará): um estudo de diagnóstico a partir do enfoque de sistemas agrários**. SHIFT ENV25/EMBRAPA - SHIFT ENV44/NAEA/UFPA - CEPLAC - FEIGA/FCAP, Belém, 1998. (Relatório Preliminar).

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico Uno e Múltiplo. **REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES** Universidad de Barcelona, jul. 2001. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/sn-93.htm>

SWALLOW, Brent *et al.* Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits. Nairobi: ASB, 2007.

SWALLOW, Brent *et al.* Tradeoffs Among Ecosystem Services in the Lake Victoria Basin. Nairobi: World Agroforestry Center, 2008.

VENTURIERI, A. **A Dinâmica da Ocupação Pioneira na Rodovia Transamazônica: Uma abordagem de Modelos de paisagem**. Rio Claro, 2003. Tese (Tese de Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista. 48, 49, 77,78 p.

VIEIRA, Ima Célia Guimarães; TOLEDO, Peter Mann de and ALMEIDA, Arlete. **Análise das modificações da paisagem da região Bragantina, no Pará, integrando diferentes escalas de tempo**. *Cienc. Cult.* [online]. 2007, v. 59, n. 3, pp. 27-30. ISSN 0009-6725.

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

WATRIN, O.S. **Estudo da dinâmica da paisagem da Amazônia oriental através de técnicas de sensoriamento remoto**. INPE. São José dos Campos, 1994. (Dissertação de mestrado).

WUNDER, Sven *et al.* **Pagamentos por serviços ambientais perspectivas para a Amazônia Legal**. Brasília: MMA, 2008. (Série Estudos nº10).

WUNDER. 2006. **Causes and drivers of tropical deforestation: Can we reduce Forest loss through global payments?** Sven Wunder, senior economist, CIFOR. Workshop on Reducing Emissions From Deforestations in Developing Countries, Graz, Viena 10-12 May, 2006.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

## LEGENDA DO QUESTIONARIO DE CADASTRAMENTO DE MORADORES

**Quando o entrevistado não saiba responder ou a pergunta = NA**

**Nquestionario** = Número do questionário

**C1**= numero de lotes que o morador possui

**C2a** = tamanho do primeiro lote

**C2auni** = unidade do lote C2a (ha, m<sup>2</sup>, km<sup>2</sup>, etc.)

**C2b** = tamanho de segundo lote

**C2buni**= ver a referencia em C2auni

**C2c** = tamanho do terceiro lote

**C2cuni**= ver a referencia em C2auni

**C3**= pessoas que moram na casa

**C3a**= quantas pessoas têm acima de 60 anos

**C3b** = quantas têm abaixo de 10 anos

**C3c** = quantas pessoas trabalham na agricultura

**C3d**= quantas pessoas trabalham e/ou obtem renda fora do lote

**P1a**= tipo de cultivo (inclui pastagem) que ocupa a maior área em todos os lotes

**P1aarea** = a área de cultivo de P1a

**P1auni** = unidade da área (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc.)

**P1b**= segundo tipo de cultivo (inclui pastagem) que ocupa a maior área em todos os lotes

**P1barea**= ver P1aarea

**P1buni**= unidade da área (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc...)

**P1c** =terceiro tipo de cultivo (inclui pastagem) que ocupa a maior área em todos os lotes

**P1carea**= ver P1aarea

**P1cuni**= unidade da área (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc...)

**P2aarea**= Qual a área de Capoeira fina

**P2auni**= unidade área de Capoeira fina (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc...)

**P2barea**= Qual a área de Capoeira grossa

**P2buni**= unidade área de Capoeira grossa (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc...)

**P2carea**= Qual a área de Floresta

**P2cuni**= unidade área de Floresta (m<sup>2</sup>, ha, km<sup>2</sup>, etc...)

**P3**= Quantas cabeças de gado possui

**P4**= utilização de adubo químico / sim= 1 / não= 0

**P4a**= nome do adubo

**P4b**= cultivos a quais se aplica o adubo

**P4c**= quantidade anual aplicada do adubo

**P4cuni**= unidade aplicada do adubo (kg, g, etc...)

**P4d**= mês de aplicação

**P5**= utilização de adubo orgânico/ sim= 1 / não= 0

**P5a**= nome do adubo

**P5b**= cultivos a quais se aplica o adubo

**P5c**= quantidade anual aplicada do adubo

**P5cuni**= unidade aplicada do adubo (kg, g, etc...)

**P5d**= mês de aplicação

**P6**= utilização de agrotóxico para combate a pragas/ sim= 1 / não= 0

**P6a**= Nome do adubo

**P6b**= cultivos a quais se aplica o adubo

**P6c**= quantidade anual aplicada

**P6cuni**= unidade aplicada do adubo (kg, g, L, ml, etc...)

**P6d**= mês de aplicação

**P7**= preparo de solo mecanizado/ sim= 1 / não= 0

**P7a**= tipo de mecanização

**P7ai**= tipo de cultivo

**P7aii**= tipo de cultivo

**P7aiii**= tipo de cultivo

**P8**= pratica a queima da capoeira no preparo da area/ sim= 1 / não= 0

**P8ai**= tipo de cultivo

**P8aii**= tipo de cultivo

**P8aiii**= tipo de cultivo

**P9C1**= nome do cultivo ou pastagem situada próximo ao igarapé ou nascente

**P9C1dist**= distancia do cultivo

**P9C1uni**= unidade da distancia (m, kg, etc..)

**P9C2**= nome do cultivo ou pastagem situada próximo ao igarapé ou nascente

**P9C2dist**= distancia do cultivo

**P9C2uni**= unidade da distancia (m, kg, etc..)

**P9C3**= nome do cultivo ou pastagem situada próximo ao igarapé ou nascente

**P9C3dist**= distancia do cultivo

**P9C3uni**= unidade da distancia (m, kg, etc..)

**P10**= trabalha com sistema SAF/sim= 1 / não= 0

**P10a**= tipo de SAF

**P10b**= área cultivada

**P10buni** = unidade da área cultivada

**R1v** = importância da agricultura na renda (0 a 10)

**R2v** = importância do extrativismo na renda (0 a 10)

**R3v**= importância da pecuária na renda (0 a 10)

**R4v**= importância da pesca na renda (0 a 10)

**R4CV**= importância da comercio na renda (0 a 10)

**R5v**= importância de remessas e bolsas (gov.) na renda (0 a 10)

**R6v**= importância da venda de mao-de-obra (0 a 10)

**R7v**= outros

**RCM**= comentários

A1a= utiliza água do igarapé para beber/ sim= 1 / não= 0

A1b= para tomar banho /sim= 1 / não= 0

A1c= para lavar roupa/ sim= 1 / não= 0

A1d= para lavar mandioca/ sim= 1 / não= 0

A1e= para lavar malva/ sim= 1 / não= 0

A1f= para irrigação /sim= 1 / não= 0

A1g= outros/ sim= 1 / não= 0

A2a= utiliza água do poço para beber sim= 1 / não= 0

A2b=para tomar banho /sim= 1 / não= 0

A2c= para lavar roupa /sim= 1 / não= 0

A2d= para lavar mandioca /sim= 1 / não= 0

A2e= para lavar malva /sim= 1 / não= 0

A2f= para irrigação/ sim= 1 / não= 0

A2g= outros / sim= 1 / não= 0

A3= percebe alguma mudança na quantidade ou qualidade da água/ sim= 1 / não= 0

A3CM= por que percebe a mudança na quantidade ou qualidade da agua

VR1= tipos de arvores que havia antigamente na beira do igarapé

VR2= tipos de arvores que gostariam que fossem plantada

## ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO II

NOME DO PROPRIETÁRIO: _____	IDADE: _____
VILA/TRAVESSA/COMUNIDADE: _____	MUNICÍPIO: _____
NÚMERO DO QUESTIONÁRIO: _____	DATA DA ENTREVISTA: _____

**I - Dados gerais**

1.1 Há quanto tempo o senhor reside nessa propriedade? \_\_\_\_\_

1.2 Onde o Sr. morava antes de vir para cá?

1.3 Como está constituída sua propriedade atualmente?

Tabela 1

	HOJE		Tempo de pousio	Mes/ano de plantio	Mes/ano de colheita
	area	unidade			
Capoeira fina					
Capoeira grossa					
Roça					
Feijao					
Pastagem					
Floresta					
Não usado					
Soma					

1.9 Há algum tipo de critério de escolha da área para o cultivo em sua propriedade?

Tabela 2

	Critério
Roça (Mandioca, Milho, Feijão)	
Melancia	
Abacaxi	
Maracujá	

	<b>Critério</b>
Pimenta do Reino	
Urucum	
Coco	
Açaí	

### 1.10 Quanto ao rendimento

**Tabela 3**

	Normal	Ruim	Muito Bom	unidade	Preço normal	Preço baixo	Preço Alto	Unidade
Mandioca (raiz)								
Mandioca (Maniva)								
Farinha								
Milho								
Feijão								
Melancia								
Abacaxi								
Maniva								
Maracujá								
Pimenta do Reino								
Coco								
Açaí								
Urucum								
Carvão								
Peixe								

### 1.11 Quais fatores influenciam no rendimento da produção?

Positivos:

Negativos:

## II. MÃO DE OBRA

Tabela 4

	Atividade				Mês (es) EXEMPLO: 1,8,12 ou 5-7	Dias inteiros se fosse 1 homem adulto/Tarefa (CASO NAO SABE EM TAREFAS USE COLUNA 4)	Unidade	Consórcios
	<b>Preparacao de Terra (inclui queimada até o ponto de plantio)</b>							
6.	Gradagem							
7.	Arado							
8.								
	<b>Plantios Anuais</b>							
10.	Mandioca	M	Q	T				
11.								
12.	Feijão							
14.	Melancia							
15.	Abacaxi							
16.								
	<b>Estabelecer Permanentes</b>							
17.	Maracujá							
18.	Urucum							
19.	Coco							
20.	Açaí							
21.								
	<b>Adubação</b>							
22.	Feijão							
23.	Maracujá							
24.	Pimenta do Reino							
25.	Coco							
26.	Urucum							
27.								
	<b>Polinização</b>							
28.	Maracujá							
	<b>Capina</b>							Quantas vezes
29.	Roca							

30.	Feijão					
31.	Maracujá					
32.	Pimenta do Reino					
33.	Coco					
35.	Urucum					
	<b>Colheita</b>					
36.	Mandioca (ate descabeçar)	M	Q	T		
37.	Feijão					
39.	Milho					
40.	Arroz					
41.	Maracujá					
42.	Pimenta do Reino					
43.	Coco					
44.	Abacaxi					
45.	Urucum					

**Quais os tipos de trabalho para que o Senhor pede ajuda de pessoas fora da sua família ? Qual o valor da diária?**

**A que valor de diária o sr. Estaria disposto trabalhar fora do seu estabelecimento?**



Tabela 6

		1.	2.	3.	4.	5.
	Caminho	Horas	Tipo de transporte	Capacidade Max.	Unidade	Custo
		Horas				Reais
1.	da roca pra casa					
2.	da casa pra estrada					
3.	pra cidade					
4.						
5.						
6.						

Quais são os planos do Senhor para os 5 a 10 anos que vem respeito a seu trabalho na agricultura?

3.2 O que lhe impede de realizar essas mudanças ? (para cumprir a lei e cumprir seus “sonhos”)?

3.3 O que o Sr. vai fazer com o terreno caso não consiga mais trabalhar (aposentar)?

#### IV APP e Reserva Legal

4.1 Supondo que existisse um projeto que lhe pagasse por ano para não produzir na APP, que valor seria suficiente para o Sr. Aceitar ?

Tabela 7

50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	outros

Comentários (por quê):