

2003/013

WAT

2003

TS-2003/013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DINÂMICA DA PAISAGEM EM PROJETOS DE ASSENTAMENTOS  
RURAIS NO SUDESTE PARAENSE UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

ORLANDO DOS SANTOS WATRIN

Rio de Janeiro

Setembro de 2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**DINÂMICA DA PAISAGEM EM PROJETOS DE ASSENTAMENTOS  
RURAIS NO SUDESTE PARAENSE UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**

**ORLANDO DOS SANTOS WATRIN**

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - DOUTORADO**

**Orientadores:**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz**

**Prof. Dr. Yosio Edemir Shimabukuro**

**Rio de Janeiro  
Setembro de 2003**

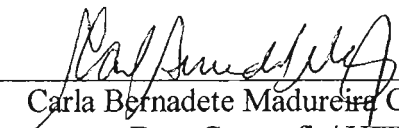
13/2003  
WAT


**DINÂMICA DA PAISAGEM EM PROJETOS DE ASSENTAMENTOS RURAIS  
NO SUDESTE PARAENSE UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**


**Orlando dos Santos Watrin**

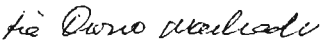
Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Ciências (D. Sc.).

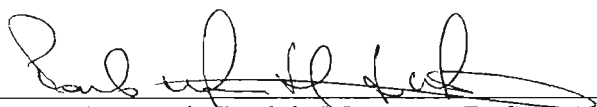
Aprovada por:

Prof<sup>a</sup> Dra.  - Orientadora  
Carla Bernadete Madureira Cruz - D. Sc.  
Dep. Geografia/ UFRJ

Prof. Dr.  - Orientador  
Yosio Edemir Shimabukuro - Ph. D.  
DSR/ INPE

Prof<sup>a</sup>. Dra.  -  
Sandra Baptista da Cunha - D. Sc.  
Dep. Geografia/ UFF

Prof<sup>a</sup>. Dra.  -  
Lia Osório Machado - Ph. D.  
Dep. Geografia/ UFRJ

Prof. Dr.  -  
Paulo Márcio Leal de Menezes - D. Sc.  
Dep. Geografia/ UFRJ

Rio de Janeiro, RJ

2003

WATRIN, Orlando dos Santos.

Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense utilizando geotecnologias / Orlando dos Santos Watrin - Rio de Janeiro, 2003.

xx, 209 p.: il.

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, 2003.

Orientadores: Carla Bernadete Madureira Cruz; Yosio Edemir Shimabukuro

1. Sensoriamento Remoto. 2. Geoprocessamento. 3. Análise Multitemporal da Paisagem. 4. Amazônia Oriental. I. Cruz, Carla Bernadete Madureira; Shimabukuro, Yosio Edemir (Orient.). II Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.



À minha mãe Helena, e  
Às minhas irmãs Suely, Lúcia, Railena, Nelma e Orlena,  
Dedico com gratidão e carinho.

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, por ter me dado forças e iluminado para galgar mais esta etapa de aprimoramento pessoal e profissional, amparando-me sempre nos momentos mais difíceis, sendo todas as dificuldades superadas através da interferência direta Dele.

À Embrapa, por ter me propiciado esta oportunidade de crescimento profissional, através da liberação para realização do curso de doutorado na UFRJ, e do indispensável apoio financeiro concedido.

Ao Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB), pelo suporte financeiro dos custos envolvidos na execução deste projeto de pesquisa.

À Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz e ao Dr. Yosio Edemir Shimabukuro, por terem me aceito como orientando, além dos ensinamentos, comentários e críticas que muito contribuíram para realização deste trabalho.

Ao Dr. Alfredo Kingo Oyama Homma, meu Conselheiro Acadêmico junto à Embrapa e coordenador do projeto de pesquisa Embrapa/ PRODETAB, pelas valiosas sugestões e críticas durante o desenvolvimento do trabalho, assim como pelo apoio acadêmico prestado.

À Dra. Sandra Baptista da Cunha, por ter me aberto as portas do Departamento de Geografia da UFRJ, pelo apoio inicial ao desenvolvimento deste trabalho e por ter aceito o convite para participar da banca examinadora desta tese de doutorado. Igualmente importante foram as colaborações da Dra. Lia Osório Machado e do Dr. Paulo Márcio Leal de Menezes, também membros da banca examinadora.

Aos colegas da Embrapa Amazônia Oriental, Dr. Saturnino Dutra e Dr. Rui Amorim de Carvalho, pelo suporte no tratamento dos dados socioeconômicos no programa SAS e no levantamento de campo, respectivamente. Tais agradecimentos são extensivos também aos colegas, Dr. Benedito Nelson Silva e Dra. Nilza Araújo Pacheco, pelo subsídio na caracterização dos recursos naturais das áreas de estudo.

Ao colega da Embrapa Solos, Dr. Jesus Mansilla Baca, pelos ensinamentos e suporte necessários para realizar a simulação da dinâmica da paisagem das áreas de estudo. Igualmente importante foi a ajuda na construção inicial do banco de dados no SPRING pela colega do INPE, Íris de Marcelhas e Souza.

À colega Nazaré Magalhães dos Santos, do Comitê de Publicações da Embrapa Amazônia Oriental, pela revisão ortográfica e sugestões gramaticais.

Ao técnico da Embrapa Amazônia Oriental, Guilherme Campos, e ao estagiário Walbert Monteiro, pelo apoio na confecção dos mapas de interesse.

Aos amigos Sandra Maria Sampaio, Antônio José Menezes, Antônio Pedro Souza, Maria Iria Melgaço e José Marinaldo Gleriani, pelo apoio, atenção, carinho e abrigo prestados. É sempre bom saber que podemos contar com os amigos.

Aos colegas do curso de doutorado da UFRJ, do Grupo de Sensoriamento Remoto - Espaço (Laboratório de Geomorfologia Marinha da UFRJ) e da Embrapa Amazônia Oriental, pelo convívio amigável e a todos aqueles que colaboraram indiretamente na execução deste trabalho.

Às minhas irmãs, cunhados e sobrinhos e, em especial, à Helena Watrin, que através do estímulo e dedicação permanentes, foi sempre minha maior incentivadora à busca contínua do aprimoramento pessoal e profissional.

## RESUMO

---

WATRIN, Orlando dos Santos. **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense utilizando geotecnologias**. Orientadores: Carla Bernadete Madureira Cruz; Yosio Edemir Shimabukuro. Rio de Janeiro: UFRJ/ PPGG, 2003. Tese (Doutorado em Geografia).

A microrregião do Sudeste Paraense constitui hoje uma das áreas críticas de desflorestamento na Amazônia, fruto das grandes transformações socioeconômicas que tem atravessado. Nesse contexto, o presente trabalho avalia espacialmente a dinâmica da paisagem nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, utilizando produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento. Um levantamento socioeconômico foi realizado visando incorporar informações da dinâmica social às mudanças na cobertura vegetal e uso da terra detectadas e mensuradas a partir de imagens TM/Landsat. Para isso, imagens adquiridas nos anos de 1984, 1988, 1992, 1996 e 2000 foram analisadas no sistema SPRING, considerando a classificação supervisionada por regiões de imagens fração (vegetação, solo e sombra), geradas a partir de modelo linear de mistura espectral. A classe Floresta Primária apresentou reduções progressivas em área, com intensidade variável de acordo com o projeto de assentamento e o período de tempo analisado, sendo porém este processo mais intenso no PA Lago Azul. O recrudescimento das áreas de sucessão secundária, principalmente de Capoeira Baixa, está geralmente associado aos períodos de intensificação das atividades agropecuárias. As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra locais, cujos incrementos em área chegam, por vezes, a duplicar entre anos consecutivos. Para a dinâmica da paisagem, os maiores percentuais de estabilidade ocorreram para as classes de cobertura vegetal, principalmente Floresta Primária e Capoeira Alta, declinando, posteriormente, com a intensificação do uso da terra. Por outro lado, as classes de uso da terra definiram as maiores flutuações em termos de estabilidade, sendo os maiores valores ligados às unidades de pastagem. Foram constatados para todas as classes mapeadas, os maiores percentuais de conversão para pastagem, principalmente para a classe Pasto Sujo, devido à baixa estabilidade dos sistemas de uso da terra empregados. Em uma análise sumária, os processos de antropização, inclusive as taxas de desflorestamento, ocorridos nas áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. Para modelagem da dinâmica da paisagem, os cenários considerados mais pessimistas (matrizes de transição do período 1996-2000), foram mais razoáveis para expressar as modificações ocorridas em nível do uso da terra em um período de quatro anos. A partir do conjunto dos resultados obtidos, foi verificado que a metodologia empregada mostrou-se eficiente para associar as atividades de uso da terra às mudanças ocorridas em nível da cobertura vegetal em áreas de fronteira agrícola na Amazônia.

## ABSTRACT

---

**WATRIN, Orlando dos Santos. Landscape dynamics in rural settlement projects in the southeastern State of Pará, Brazilian Amazonia, using geotechnology.** Advisers: Carla Bernadete Madureira Cruz; Yosio Edemir Shimabukuro. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2003. Thesis (Doctorate in Geography).

The southeastern region of Pará, Brazil, constitutes today one of the critical areas of deforestation in Amazonian region, due to the great socioeconomic transformations that have occurred. In this context, the present work evaluates the spatial dynamics of the landscape in the “Agroextrativista Praialta and Piranheira”, “Lago Azul” and “São Francisco” settlement projects, using products and orbital Remote Sensing and Geoprocessing techniques. A socioeconomic survey was done in order to incorporate the information on social dynamics to changes in the vegetation cover and land use detected and measured in the Landsat TM images. Images from 1984, 1988, 1992, 1996, and 2000 were analyzed in the SPRING system, considering the supervised classification by regions of fraction images (vegetation, soil, and shade), generated by the Linear Spectral Mixing Model. The “Floresta Primária” (Primary Forest) class presented progressive reduction of area, with variable intensity according to different settlement projects and the analyzed time periods, however this reduction has been more intense in the “PA Lago Azul”. The reduction of secondary succession areas, mainly of “Capoeira Baixa”, is generally associated with the intensification periods of agricultural and cattle raising activities. Pasture represents the dominant pattern of local land use, increasing in area, sometimes, doubling in consecutive years. For the dynamics of the landscape, the higher percentage of stability occurred for the vegetation cover classes, mainly “Floresta Primária” (Primary Forest) and “Capoeira Alta”, then declining, with the intensification of land uses. On the other hand, the land use classes showed higher fluctuation in terms of stability, in which the higher values are associated to the pasture units. Higher percentages of conversion to pasture, especially “Pasto Sujo” (Weedy Pasture), were observed for all the classes mapped, due to low stability of the land use systems employed. Summarising, the antropization processes, including the deforestation rates which occurred in the study areas, have shown distinct trajectories, due to the particularities of the migration flux and the strategies of land distribution. For modeling the dynamics of the landscape, the scenarios considered more pessimistic (matrices of the transition period of 1996-2000), better expressed the modifications occurred in land use level in a four-year period. From these results, this methodology was shown to be efficient to associate the land use activities to the changes which occurred in the vegetation cover level in areas of agricultural frontier in the Amazonian region.

## LISTA DE FIGURAS

---

	Pág.
2.1 Número de famílias assentadas por ano em milhares durante os últimos cinco governos no Brasil .....	15
2.2 Dinâmica da cobertura vegetal em municípios da microrregião Bragantina, nordeste do Estado do Pará .....	20
2.3 Concepção de uma paisagem agrícola e seus elementos constituintes .....	28
2.4 Tipos de configuração espacial em uma paisagem hipotética .....	30
2.5 Espaço de atributos onde os círculos concêntricos representam a probabilidade de um <i>pixel</i> pertencer às classe A, B e C .....	38
2.6 Principais componentes de um sistema de informação geográfica .....	39
2.7 Amazônia Legal visualizada a partir de mosaico de imagens TM/ Landsat do ano de 2000 (composição colorida TM 3B-4G-5R) .....	50
2.8 Mosaico de imagens TM/ Landsat do ano de 2000 destacando as áreas críticas no Estado do Pará quanto às modificações ambientais .....	58
3.1 Localização das áreas de estudo .....	63
3.2 Mapa do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará .....	64
3.3 Mapa do Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará .....	65
3.4 Mapa do Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	66
3.5 Distribuição média mensal da precipitação pluviométrica para a estação meteorológica de Marabá, Pará, no período de 1973-1990 .....	68
4.1 Módulo de análise preliminar com as três áreas de estudo (imagem TM/ Landsat de 07/07/2000, composição colorida TM 3B-4G-5R) .....	82
5.1 Gráficos de dispersão de <i>pixels</i> nas bandas <i>Greenness</i> e <i>Brightness</i> para a imagem de referência (1984) e para as imagens retificadas (1988, 1992, 1996 e 2000) sobrepostas à de referência .....	107
5.2 Curvas espectrais dos componentes puros vegetação, solo e sombra .....	108

5.3 Imagens fração dos componentes solo (a), vegetação (b) e sombra (c), obtidas a partir da imagem de 07/07/2000, e a sua correspondente composição colorida R (solo)/ G (vegetação)/ B (sombra) (d), para o PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	109
5.4 Área de floresta primária localizada no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	111
5.5 Aspecto de Capoeira Alta observada em área do PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	113
5.6 Sucessão secundária inicial (Capoeira Baixa) localizada no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	113
5.7 Aspecto das culturas de milho e mandioca em consórcio no âmbito do PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	114
5.8 Pasto Limpo em área do PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	115
5.9 Composição colorida (TM 5R/ 4G/ 3B) da imagem de 07/07/2000 sobreposta ao produto oriundo da segmentação, a partir dos limiares 8 e 10, em âmbito do PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará .....	116
5.10 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	144
5.11 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	144
5.12 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	145
5.13 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	145
5.14 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará .....	146

5.15 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	148
5.16 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	148
5.17 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	149
5.18 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	149
5.19 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	150
5.20 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	152
5.21 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	153
5.22 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	153
5.23 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	154
5.24 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	154



5.25 Trajetórias do desflorestamento observadas entre os anos de 1984 e 2000, nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	168
5.26 Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	169
5.27 Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	169
5.28 Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	170
5.29 Estabilidade das áreas florestais entre os anos de 1984 e 2000, nos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	171
5.30 Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	172
5.31 Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	173
5.32 Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	174
5.33 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	178
5.34 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA Agroextrativista Praiaalta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	178
5.35 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	180

5.36 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	180
5.37 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	181
5.38 Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	181

## LISTA DE TABELAS

---

	Pág.
4.1 Cartas topográficas da DSG na escala 1:100.000 que recobrem as áreas de estudo .....	81
4.2 Valores de $L_{min\lambda}$ , $L_{max\lambda}$ e $E_{sun\lambda}$ (em $mW.cm^{-2}.ster^{-1}.\mu m^{-1}$ ) para as bandas do Landsat 5 - TM .....	86
5.1 Apresentação dos índices de exatidão obtidos para as etapas de georreferenciamento e registro de imagens .....	104
5.2 Médias de reflectância (em ND), dos pontos claros e escuros observadas para a imagem de referência (1984) .....	106
5.3 Médias de reflectância (em ND), dos pontos claros e escuros para as imagens a serem normalizadas antes e após o processo de retificação radiométrica .....	106
5.4 Valores de reflectância aparente dos componentes vegetação, solo e sombra.....	108
5.5 Origem dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense .....	118
5.6 Anos de chegada dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense .....	119
5.7 Tamanho de lotes dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense .....	121
5.8 Calendário agrícola para o subsistema de culturas de subsistência nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	124
5.9 Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra no ano de chegada dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	125

5.10 Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	127
5.11 Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	128
5.12 Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.....	129
5.13 Período de pousio agrícola adotado pelos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	133
5.14 Período decorrido de exploração madeireira nos lotes dos produtores dos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	141
5.15 Benefícios trazidos pela exploração madeireira segundo os produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	142
5.16 Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	157
5.17 Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	157
5.18 Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1992 e 1996, para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	158
5.19 Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1996 e 2000, para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.....	158
5.20 Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.....	161

5.21 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará .....	161
5.22 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1992 e 1996, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará .....	162
5.23 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1996 e 2000, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará .....	162
5.24 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	165
5.25 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	165
5.26 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1992 e 1996, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	166
5.27 Matriz de mudanças porcentuais das classes de cobertura vegetal e uso da terra entre os anos 1996 e 2000, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará .....	166
5.28 Taxas de desflorestamento observadas nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.....	175

**LISTA DE ANEXOS**

---

	<b>Pág.</b>
1 Questionário de levantamento socioeconômico .....	205
2 Produção animal no ano de 2002 para os produtores dos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense .....	209

## SUMÁRIO

---

	Pág.
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA .....	1
1.2 HIPÓTESES E QUESTÕES .....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	6
<b>CAPÍTULO 2 - CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS .....</b>	<b>8</b>
2.1 OCUPAÇÃO DE TERRAS NA AMAZÔNIA .....	8
2.1.1 Aspectos Políticos Deflagradores .....	8
2.1.2 Apropriação e Conflito de Terras.....	12
2.1.3 Dinâmica do Uso das Terras.....	19
2.2 DINÂMICA DA PAISAGEM E GEOTECNOLOGIAS.....	25
2.2.1 Dinâmica da Paisagem .....	25
2.2.2 Integração de Sensoriamento Remoto e SIG .....	34
2.2.3 Modelagem da Dinâmica da Paisagem.....	42
2.2.4 Geotecnologias como Apoio a Estudos Ambientais na Amazônia.....	48
2.2.5 Dinâmica da Paisagem na Amazônia Oriental.....	57
<b>CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO .....</b>	<b>62</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E EXTENSÃO GEOGRÁFICA.....	62
3.2 CLIMA .....	67
3.3 GEOLOGIA.....	68
3.4 GEOMORFOLOGIA.....	69
3.5 SOLOS .....	70
3.6 COBERTURA VEGETAL.....	74

3.7 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO E USO DA TERRA.....	75
3.7.1 Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha.....	75
3.7.2 Projeto de Assentamento Lago Azul.....	76
3.7.3 Projeto de Assentamento São Francisco .....	78
<b>CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>80</b>
4.1 IMAGENS TM/ LANDSAT E MATERIAL CARTOGRÁFICO .....	80
4.2 SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS GEORREFERENCIADOS .....	81
4.3 PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS .....	83
4.3.1 Georreferenciamento e Registro de Imagens.....	83
4.3.2 Atenuação dos Efeitos Atmosféricos .....	85
4.3.2.1 Conversão de Número Digital em Valor de Reflectância Aparente .....	85
4.3.2.2 Retificação Radiométrica.....	87
4.4 APLICAÇÃO DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL.....	89
4.5 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DIGITAIS.....	92
4.5.1 Segmentação .....	92
4.5.2 Classificação Supervisionada por Regiões .....	94
4.5.3 Mapeamento e Edição .....	96
4.6 ANÁLISE ESPACIAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM .....	97
4.7 MODELAGEM DA DINÂMICA DA PAISAGEM .....	98
4.7.1 Projeção dos Estados da Paisagem e Cenários Associados.....	99
4.7.2 Simulação da Dinâmica da Paisagem pelo Algoritmo Efeito de Borda .....	100
4.7.3 Geração de Imagens ao Longo do Tempo .....	100
4.8 TRABALHO DE CAMPO .....	101
4.8.1 Reconhecimento e Caracterização da Paisagem .....	101
4.8.2 Levantamento Socioeconômico .....	102
<b>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>104</b>
5.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS.....	104
5.1.1 Georreferenciamento e Registro de Imagens.....	104
5.1.2 Atenuação dos Efeitos Atmosféricos .....	105
5.1.3 Modelo Linear de Mistura Espectral.....	108



5.1.4 Definição da Legenda Temática .....	110
5.1.4.1 Classes de Cobertura Vegetal .....	111
5.1.4.2 Classes de Uso da Terra .....	112
5.1.5 Segmentação e Classificação de Imagens .....	115
<b>5.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....</b>	<b>117</b>
5.2.1 Caracterização dos Produtores e dos Lotes .....	117
5.2.2 Distribuição da Cobertura Vegetal e do Uso da Terra .....	123
5.2.3 Dinâmica da Cobertura Vegetal e do Uso da Terra .....	130
5.2.4 Adoção de Tecnologias e Insumos.....	136
5.2.5 Produtos Extrativos e Exploração Madeireira .....	138
<b>5.3 DINÂMICA DA PAISAGEM.....</b>	<b>142</b>
5.3.1 Quantificação de Áreas das Classes Mapeadas .....	142
5.3.1.1 Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira .....	142
5.3.1.2 Projeto de Assentamento Lago Azul.....	147
5.3.1.3 Projeto de Assentamento São Francisco.....	151
5.3.2 Dinâmica da Cobertura Vegetal e do Uso da Terra .....	156
5.3.2.1 Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira .....	156
5.3.2.2 Projeto de Assentamento Lago Azul.....	160
5.3.2.3 Projeto de Assentamento São Francisco.....	164
5.3.3 Análise Geral do Desflorestamento .....	168
5.3.4 Modelagem da Dinâmica da Paisagem.....	177
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>183</b>
<b>6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>183</b>
6.1.1 Processamento de Imagens.....	183
6.1.2 Aspectos Socioeconômicos .....	184
6.1.3 Dinâmica da Paisagem .....	186
<b>6.2 CONCLUSÕES .....</b>	<b>188</b>
<b>6.3 RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>190</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>192</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>204</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

A Amazônia como um dos últimos extensos e ricos espaços pouco povoados do planeta, representa imensa disponibilidade de recursos que se tornam escassos como terra, floresta, água e minérios. De acordo com Becker (1991), historicamente, espaço e posição da Amazônia tornaram-na extremamente atraente e ao mesmo tempo inacessível, sendo o seu valor econômico e estratégico transparente na tese da sua internacionalização que surge ciclicamente através de diferentes projetos.

Nas últimas décadas, a Amazônia vem recebendo atenção especial da comunidade científica internacional, proporcionalmente à intensificação das frentes pioneiras de colonização. As preocupações ambientais decorrentes do processo de ocupação da terra, oriundas principalmente de atividades antrópicas como formação de pastagens, agricultura e exploração madeireira devem-se, sobretudo, à velocidade e à intensidade com que vêm sendo implementadas, acarretando alterações ambientais significativas nas áreas mais críticas. Além disso, o desmatamento intensivo da região vem provocando impactos sociais que têm suscitado uma reorientação da ocupação espacial e da exploração econômica, em consonância com os interesses das comunidades aí estabelecidas.

O panorama que atualmente se encontra na Amazônia foi desencadeado com a mudança no quadro político após o golpe de 1964, onde o governo militar, baseado na doutrina de segurança nacional, assume como meta maior a implantação de um projeto de modernização, implicando em mudanças socioeconômicas substanciais no País. A região recebe então atenção especial por parte do Estado, sofrendo uma intervenção sistemática em seu espaço territorial, que é viabilizada a partir de 1966 com a criação da estrutura institucional de apoio às estratégias de ocupação como a SUDAM<sup>1</sup> e o BASA<sup>2</sup>, órgãos responsáveis pelo repasse dos recursos financeiros essenciais a este fim.

---

<sup>1</sup> *Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, atualmente denominada de ADA - Agência de Desenvolvimento da Amazônia.*

<sup>2</sup> *Banco da Amazônia Sociedade Anônima.*

Com o fornecimento das bases iniciais para a chamada integração nacional, econômica e espacial, são construídos grandes eixos viários na Amazônia, inicialmente com a Belém-Brasília (BR-010) ainda na década de 60, seguida de três outros a partir de 1970: as rodovias Cuiabá-Santarém (BR-163), Cuiabá-Porto Velho (BR-364) e Transamazônica (BR-230). Em paralelo ao plano viário, foi implementado um programa de distribuição de terras, sendo beneficiados preferencialmente grandes grupos empresariais com interesse principal na criação de gado, que adquiriram grandes extensões de terras, geralmente próximas às estradas recém-implantadas. Foi concebido também um plano de colonização com a instalação de agrovilas e de assentamentos dirigidos que atraíram numerosos contingentes de migrantes para a região.

A política de ocupação da Amazônia compreendeu ainda a implantação de grandes projetos de mineração, de exploração madeireira e de industrialização, que por sua vez, foram amparados por um plano de construção de usinas hidrelétricas ainda na década de 70, em face do aumento na demanda de energia na região. O conjunto de tais medidas promoveu, entre outras transformações, o início do processo de destruição sistemática dos recursos florestais da região. Como grande elemento modificador da paisagem, a expansão das atividades agropecuárias na região, segundo Veiga & Hebette (1992), é bastante discutida, tanto pela dificuldade de sua sustentabilidade, como pela preocupação mundial com a destruição da floresta em questão, considerada importante na conservação dos solos, no abrigo de recursos genéticos pouco conhecidos e no controle do clima global.

Nesse contexto, insere-se a mesorregião do Sudeste Paraense cuja economia baseada no extrativismo da castanha-do-pará se manteve em ascensão até meados da década de 80, quando então, progressivamente, entrou em declínio pela mudança do paradigma desenvolvimentista (IDESP, 1992b). Na corrida ao desenvolvimento verificada a partir de então, saíram fortalecidos os grandes conglomerados nacionais/internacionais, pois detinham a base tecnológica e os recursos econômicos exigidos neste processo, além de contarem com as facilidades advindas dos programas especiais de incentivos fiscais e creditícios do governo (IDESP, 1992b; Fernandes, 1996). Atraídas pelo incentivo governamental e pela melhoria da infra-estrutura, a região recebeu um fluxo migratório crescente que contribuiu para ampliar ainda mais o espectro de mudanças na ordem socioeconômica reinante na região. Os camponeses

migrantes como em geral não tinham acesso à terra, acirravam os antagonismos sociais, principalmente nas áreas de mais fácil acesso.

No sentido de avaliar espacialmente tal problemática, os estudos ambientais revestem-se de grande importância, pois podem auxiliar de modo efetivo o entendimento dos processos de ocupação de regiões como a Amazônia. Para Soares Filho (1998), o entendimento da dinâmica da paisagem<sup>3</sup> amazônica requer a compreensão dos processos de conversão e de uso do solo, abandono de áreas ocupadas anteriormente por agropecuária e a resultante cadeia de sucessão vegetal. Em adição, tal estudo deve enfatizar a escala e a velocidade com que essas mudanças afetam os sistemas biológico, econômico e social locais, e sobretudo estabelecer as suas forças motrizes.

Considerando essa ótica, impõe-se as abordagens de pesquisa que proporcionem a obtenção de elementos para a caracterização e avaliação dos diferentes ambientes, resultantes das mais variadas formas de ocupação da terra. Dentre as abordagens metodológicas em estudos ambientais baseadas em ações integradas de investigação, Sader *et al.* (1990) destacam que a combinação de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento apresenta-se como ferramenta potencial para subsidiar estudos dessa natureza, em particular no âmbito de ambientes tropicais. Tal afirmativa está calcada no fato em que, através de tal abordagem, é propiciada a análise e integração de dados e informações ambientais de uma forma rápida e precisa, sendo indispensável nos casos em que há um grande número de variáveis e expressivo volume de dados envolvidos (Aronoff, 1989; Lachowsky *et al.*, 1992). Assim, as informações geradas a partir do uso integrado das tecnologias do sensoriamento remoto e de geoprocessamento constituem, no contexto de uma visão sinóptica, fonte altamente relevante para o levantamento e monitoramento dos recursos naturais, além de que os resultados obtidos apresentam potencialidade para planejar política e economicamente a utilização dos citados recursos.

Dessa forma, em um estudo da dinâmica de ocupação e de uso do solo amazônico, Soares Filho (1998) destaca que o sensoriamento remoto aparece como um conjunto instrumental avançado para o mapeamento e monitoramento das mudanças

---

<sup>3</sup> *Entende-se a paisagem como um agrupamento repetitivo de elementos espaciais, formando um mosaico de ecossistemas e usos da terra locais.*

- ❑ Quais são as taxas de desflorestamento e de conversão entre as classes de cobertura vegetal e de uso da terra ?
- ❑ De que modo particular as vegetações primária e secundária atuam no âmbito daquelas modificações ?
- ❑ De que modo as especificidades socioeconômicas interferem na dinâmica da paisagem, no contexto das escalas de análise espacial e temporal deste trabalho ?
- ❑ Quais seriam os reflexos dos padrões locais de dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra sobre a paisagem em um futuro próximo ?

### 1.3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar espacialmente a dinâmica das alterações antrópicas na paisagem em três projetos de assentamentos (PAs), localizados no sudeste do Estado do Pará: o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, o PA Lago Azul e o PA São Francisco. Para isso, serão utilizados, de forma integrada, produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, além de dados socioeconômicos, visando o entendimento da dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal, de modo a subsidiar o planejamento do uso das terras e o manejo sustentável dos recursos disponíveis nas áreas em questão. Dessa forma, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- ❑ Avaliar o desempenho da abordagem metodológica proposta para contribuir na análise multitemporal do uso da terra em áreas de assentamentos rurais;
- ❑ Caracterizar, mapear e quantificar a área das classes de cobertura vegetal e uso da terra em cinco anos distintos (1984, 1988, 1992, 1996 e 2000);
- ❑ Identificar os fatores e processos sociais responsáveis pelas mudanças no uso da terra, possibilitando o entendimento do problema em uma dimensão socioespacial;
- ❑ Analisar a geodinâmica do uso das terras num período de 16 anos (1984 a 2000), estabelecendo as interrelações entre os fatores físicos e socioeconômicos;

- Prognosticar, a partir de uma análise de tendências por modelagem, os prováveis cenários reservados para as áreas de estudo, considerando o conjunto das informações obtidas.
- Oferecer elementos ao processo de repensar as estratégias para implementação de novos projetos de assentamentos e para correção de possíveis distorções naqueles já implantados na região.

#### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Tendo como pressuposto atingir os objetivos apresentados anteriormente, este trabalho encontra-se estruturado sob a forma de seis capítulos, cujos conteúdos são delineados de forma sucinta a seguir.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão teórica de modo a subsidiar a compreensão deste trabalho como um todo. Assim, primeiramente são tratados aspectos relativos aos processos de ocupação de terras na Amazônia, tais como aspectos políticos deflagradores, apropriação e conflitos de terras, além da dinâmica do uso das terras. Em seguida, é abordado conceitos e princípios inerentes à dinâmica da paisagem e ao uso de geotecnologias, bem como algumas aplicações destas técnicas em estudos ambientais na Amazônia, com destaque aos trabalhos da dinâmica da paisagem no Estado do Pará.

Considerando a necessidade de caracterizar as áreas de estudo, no capítulo 3 são apresentadas a localização e abrangência dos projetos de assentamentos rurais de interesse, assim como, uma análise sucinta dos aspectos climáticos, dos ambientes fisiográficos e de como sucedeu o processo de ocupação dos mesmos.

No capítulo 4 são definidos os materiais, equipamentos e técnicas relacionadas à abordagem metodológica proposta, sendo tratados progressivamente a partir da execução de ações específicas. Além disso, é feito um breve embasamento teórico das principais técnicas envolvidas na abordagem em questão.

Os resultados alcançados neste trabalho, para as áreas de estudo, são apresentados e analisados no capítulo 5, sendo divididos em três partes principais. Na primeira parte são discutidos aspectos do processamento das imagens, desde a estruturação dos dados georreferenciados até a obtenção dos produtos temáticos finais,

relativos aos anos de interesse. Os aspectos socioeconômicos são contemplados na segunda parte, sendo dada ênfase aos resultados obtidos a partir do levantamento de campo realizado entre os produtores rurais selecionados. Na terceira parte, a dinâmica da paisagem é tratada considerando as análises derivadas a partir das imagens, à luz dos resultados alcançados no levantamento socioeconômico, e a definição, a partir de modelagem, dos prováveis cenários futuros reservados para as áreas em estudo.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas considerações finais, no contexto dos resultados alcançados, e destacadas algumas conclusões deste trabalho, no tocante à problemática de ocupação de terras no sudeste do Estado do Pará. Adicionalmente, são feitas recomendações que potencialmente podem abrir perspectivas de propostas de trabalho futuras, relacionadas à linha de pesquisa enfocada.

## CAPÍTULO 2

### CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

---

#### 2.1 OCUPAÇÃO DE TERRAS NA AMAZÔNIA

##### 2.1.1 ASPECTOS POLÍTICOS DEFLAGRADORES

De acordo com Becker (2000), o crescimento da economia agrícola em áreas florestais, por meio de posseiros que abrem áreas de mata estimulados por madeireiros e sua expropriação por fazendeiros de gado, apesar de ter sido registrado anteriormente em outras regiões do Brasil, foi na Amazônia em que se tornou característico. Tal processo de ocupação, realizado na região a partir do final dos anos 60, teve a particularidade de ser conduzido em um ritmo muito mais acelerado, gerando profundos conflitos sociais e danos ambientais. Ainda conforme Becker (*op. cit.*), isso foi possibilitado porque, desde a década de 70, em função dos avanços tecnológicos e dos recursos financeiros, as empresas suprimiram a atuação dos posseiros, realizando diretamente o desmatamento e o plantio dos pastos com mão-de-obra assalariada, implicando assim, que os pequenos produtores tivessem que buscar áreas florestais distantes para desmatar e sobreviver.

A ocupação da Amazônia é tornada prioridade máxima após o golpe de 1964, quando, fundamentado na doutrina de segurança nacional, o objetivo básico do governo militar torna-se a implantação de um projeto de modernização, acelerando uma radical reestruturação do País, incluindo a redistribuição territorial de investimento de mão-de-obra, sob forte controle social. Assim, segundo Becker (1991), a Amazônia assume posição-chave frente às prioridades econômicas e geopolíticas de ordens interna e externa.

Para melhor entendimento dessa problemática que vem atravessando a Amazônia brasileira, é necessário buscar, de acordo com Minc (1985), as suas raízes na década de 1950, quando a industrialização urbana se intensifica no Brasil e são dadas algumas das condições para a modernização da agricultura. Entretanto, essas transformações não se verificaram de forma homogênea no País, pois até o final da década de 50, as regiões Norte e Centro-Oeste, que representam quase 2/3 do seu



território, tinham a sua base econômica atrelada, substancialmente, ao extrativismo florestal e mineral. Por outro lado, segundo Minc (1985) e Martins (1986), a partir da década de 1960, o fortalecimento de centros capitalistas no Sudeste, em São Paulo e no Rio de Janeiro, criou necessidades da ampliação espacial do mercado interno nacional, seja para fornecimento de matérias-primas para as suas indústrias, seja para a colocação de produtos industriais nos mercados regionais que ainda estavam desconectados.

A política direcionada à Amazônia, iniciada a partir do final da década de 60, estava comprometida com mudanças na estrutura econômico-social, ao incentivar condições de produção, ampliação de mercado, gestão de força de trabalho, novas regras de colonização e apropriação empresarial da terra (Brito, 1995). Os rumos ditados para o desenvolvimento da região abrangeu os vários ramos da indústria de transformação dos produtos primários (borracha, madeira e fibras) e projetos agropecuários e minerais. Ainda de acordo com Brito (*op. cit.*), para viabilizar essa estratégia desenvolvimentista, o Estado assumiu uma política mais agressiva tanto no que se refere à infra-estrutura, priorizando a construção de grandes eixos viários e de hidrelétricas, como no tocante a estímulos financeiros representados pelas políticas de crédito, de incentivos fiscais e outras vantagens financeiras adicionais. Nesse contexto, foram criados novos órgãos e regulamentadas instituições que já existiam na região, sendo importante a atuação, entre outros, de órgãos como a SUDAM e BASA, além de diferentes programas, como o POLAMAZÔNIA<sup>1</sup>.

Dessa forma, conforme Miranda (1990b), a expansão da fronteira agrícola na Amazônia não foi puramente espontânea ou automática, mas fruto também de políticas explícitas. Com o objetivo de acelerar a ocupação da região e sua integração com o Nordeste e Centro-Sul, o governo decidiu estabelecer e executar uma série de medidas vinculadas ao Plano de Desenvolvimento Econômico do País e ao Programa de Integração Nacional (PIN). Dentre tais medidas, Miranda (1990b) destaca: a construção das rodovias Transamazônica e Cuiabá-Santarém; a delimitação da faixa de 10 km de cada lado das rodovias, visando à colonização e reforma agrária; e a criação do INCRA<sup>2</sup>, com a finalidade de promover, executar, coordenar e controlar a colonização.

---

<sup>1</sup> Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.

Machado (1995) comenta que investimentos públicos foram dirigidos para a construção de estradas pioneiras e para as redes de telecomunicações e de distribuição de energia elétrica (associadas a usinas hidrelétricas de médio e grande portes), além de projetos de apoio ao levantamento de recursos naturais, como o Projeto RADAM. Analisadas em conjunto, as obras são impressionantes e sem paralelo na história da ocupação de terras na faixa intertropical, entretanto, segundo Moran (1990), é também impressionante o volume de críticas ao impacto de tais obras, principalmente no tocante ao impacto ambiental causado pela ruptura de ecossistemas locais, pela construção de rodovias e hidrelétricas, além do estímulo ao desmatamento.

Segundo Martins (1986), a chamada política de integração nacional constituiu-se numa política de construção de estradas que permitiu reorientar o fluxo das mercadorias, antes escoadas pelas vias fluviais para os portos de Manaus, Belém e São Luís, voltados para o exterior, típicos entrepostos de uma economia em grande parte extrativista-exportadora. Assim, o mesmo autor comenta ainda que o planejamento tem sido uma forma de imposição de diretrizes nacionais, de integração nacional, às províncias e regiões, contra diretrizes de ordens local e regional, segundo os interesses das oligarquias e grupos locais.

Para Valverde (1985), com a abertura da rodovia Belém-Brasília na década de 60, foi desencadeado o processo de penetração de posseiros na floresta amazônica que, transpondo inicialmente essa rodovia em Goiás, povoadores vindos de estados nordestinos (principalmente Maranhão, Piauí e Bahia), bem como de Minas Gerais e Goiás, instalaram-se no vale do Araguaia. Atrás desses pioneiros, vieram bandos armados por grileiros<sup>3</sup> que os expulsaram das terras e começaram a atividade de exploração madeireira de forma sistemática, em especial do mogno.

Minc (1985) destaca que o processo de grilagem não é apenas um método de expulsão ou de extorsão de renda, tem a particularidade de produzir no campesinato uma instabilidade permanente, que o conduz a optar por culturas de ciclo curto, pois o tempo de colheita é fator estratégico. Ainda para Minc (*op. cit.*), tal situação mantém o campesinato em estado de precariedade permanente e o leva ao trabalho assalariado em

---

<sup>3</sup> Agente do processo de grilagem de terras, ou seja, pessoa que emprega método de falsificação de títulos de propriedade e documentação de toda ordem para a obtenção de extensões de terra.

grandes empresas e fazendas quando o seu orçamento se desequilibra, pela perda parcial da safra ou do rebanho.

O fato de a Amazônia ser considerada área estratégica do planejamento oficial, favoreceu a mudança do seu papel de área extrativista, para transformá-la em espaço aberto ao capital, onde a incorporação de terras ao processo produtivo se deu, não só, pela implantação de grandes projetos agropecuários, como pela colonização dirigida e pelo povoamento espontâneo (Brito, 1995). Miranda (1990b) destaca que a política de colonização definida para a Amazônia assumia uma magnitude que envolvia as questões de segurança e de posse e uso da terra numa escala sem precedentes, já que por meio de fluxos migratório, pretendia-se, senão eliminar, pelo menos reduzir ou controlar os problemas sociais ligados à terra em outras regiões do País.

A política agrária definida então, conhecida como Estatuto da Terra, manteve-se sob o controle do poder central de forma que não permitisse, segundo Fernandes (1996), o acesso à terra para os camponeses, à propriedade familiar, e sim aos que tinham o interesse de criar a propriedade capitalista. Por outro lado, o Estatuto da Terra, definido como instrumento maior da política agrária da ditadura militar, mostrou-se importante no controle de lutas sociais, desarticulando os conflitos de terra no País. Tal estatuto previa a ocupação de regiões pioneiras para solucionar problemas sociais de outras regiões, ou seja, os problemas de pressão social e fundiária, principalmente do Nordeste, poderiam ser resolvidos na Amazônia, mediante o desenvolvimento de projetos de ocupação de “espaços vazios”, com a criação de pólos de desenvolvimento.

Brito (1995) enfatiza que naquela política é priorizada a grande propriedade, enquanto que para a massa de pequenos produtores é reservada uma frágil opção econômica, representada, na maioria das vezes, pela simples subsistência proveniente da terra ou de outras atividades. Segundo Valverde (1985), a instabilidade dos posseiros na Amazônia foi acentuada, a partir do financiamento de projetos agropecuários pela SUDAM, em favor de grandes empresas estrangeiras ou nacionais do Sudeste. Assim, a espacialização da estrutura fundiária na região não pode ser desvinculada da política oficial de incentivos fiscais e creditícios que acelerou o processo de concentração de terras, aprofundando as desigualdades sociais, inclusive das formas de lutar pelo acesso à terra (Brito, 1995; Becker, 1991).

Para Brito (1995), apesar da política implementada para a Amazônia nas três últimas décadas ter sofrido um realinhamento de seus propósitos, quando comparados aos de políticas anteriores, percebe-se que os mesmos não se fizeram no sentido de quebrar os elos de dependência da região, mas de torná-la cada vez mais atrelada aos centros dinâmicos do País e do exterior. A atual Amazônia surge então moldada por desigualdades, fragilizada em suas estruturas econômico-sociais e desfigurada em seus ambientes naturais. Dessa forma, de acordo com Becker (1995), a Amazônia como uma das últimas fronteiras do planeta, atualmente expressa as transformações e as incertezas do sistema capitalista mundial, e constitui um cenário provável de definição da nova ordem mundial.

### 2.1.2 APROPRIAÇÃO E CONFLITO DE TERRAS

Os governos militares em seu encaminhamento político utilizaram-se da bandeira da reforma agrária, mediante projetos de colonização, na promessa de solucionar os conflitos sociais no campo, atendendo assim, aos interesses do empresariado nacional e internacional (Fernandes, 1996). Entretanto, o problema da terra jamais seria resolvido com os projetos de colonização na Amazônia, pois para o mesmo autor, o que estava por trás desse processo era uma estratégia geopolítica de exploração total dos recursos naturais por grandes grupos nacionais/internacionais.

Segundo Fernandes (1996), durante as duas décadas em que os governos militares estiveram no poder, garantiram a apropriação, por grandes grupos empresariais, de imensas áreas de terras e também o aumento do número e da extensão dos latifúndios. Brito (1995) observou forte concentração fundiária nos estados amazônicos durante o período 1970/1985, que, em última instância, retrata o caráter excludente da política articulada pelo Estado e canalizada para a região. Valverde (1985) complementa que a evolução da malha fundiária, ocorrida em nada mais do que 20 anos, evidencia uma forte concentração de propriedade, característica de uma crise agrária, e comprova, ao mesmo tempo, que o minifúndio é um subproduto do latifúndio.

Para Machado (1995), o padrão espacial do processo de apropriação de terras acompanha fundamentalmente a construção de novas estradas e a implantação de grandes projetos de colonização, hidrelétricas e minerais. Entretanto, segundo o mesmo

autor, as áreas escolhidas para a implantação de tais projetos não coincidiram, em sua maior parte, com as áreas mais povoadas da região.

No contexto amazônico, a agropecuária incentivada acarretou claras distorções no agrorregional, aprofundando a concentração fundiária e privilegiando principalmente segmentos territoriais por produtores mato-grossenses, paraenses e tocantinenses, onde foram alocados em torno de 200 projetos incentivados (Brito, 1995). Para Minc (1985), a grilagem de terras como um dos principais e antigos instrumentos de apropriação capitalista e latifundiária das terras no País, assumiu ainda maiores proporções no norte de Goiás (Tocantins), no sudoeste do Maranhão e no sudeste do Pará, onde foram registrados violentos conflitos de terra.

Segundo Fearnside (2001), o sudeste do Pará desde o início da década de 70 tem experimentado uma série contínua de violentos conflitos de terras entre colonos e grandes proprietários de terras. Para o mesmo autor, a emissão de documentos de posse da terra, os conflitos entre camponeses e latifundiários, a rotatividade de colonos, a expropriação e a invasão de terras, e o contínuo fluxo de migrantes, constituem forças propulsoras no processo de desflorestamento e na propagação de grandes estabelecimentos agropecuários como padrão dominante de uso da terra na região.

Machado (1995) comenta que a partir da segunda metade da década de 80, verificou-se uma redução acentuada na concessão de incentivos fiscais, como resultado do início da recessão econômica que se aprofundaria nos anos seguintes. Em consequência, modificou-se o tipo de investimento privado, no sentido de aumentar o número de produtores rurais capitalizados e diminuir aqueles dependentes de incentivos (Rattner e Udry, 1987, *apud* Machado, 1995).

Para Martins (1986), o enfraquecimento observado nas oligarquias regionais, a partir do pressuposto desenvolvimento da Amazônia imposto pelo Estado, abriu brechas políticas importantes para que as tensões e conflitos emergissem, tendo como atores fundamentais os posseiros e grupos indígenas. Fernandes (1996) destaca que em diferentes pontos do País, no final da década de 70, as ocupações de terra se intensificaram, surgindo inúmeros movimentos sociais no campo com diversas denominações que recebem apoio da Igreja Católica e de alguns partidos de oposição que começavam a ser legalizados, assim como do novo sindicalismo em ascensão.

Brito (1995) afirma que é no contexto da forma e rapidez com que se transformou a ampliação da ocupação do território amazônico, calcada na grande propriedade modernizada ou especulativa, que se originou a reduzida capacidade de o setor agrícola absorver produtores diretos e criar empregos. Assim, tal processo promovendo uma situação de constante expulsão da população do campo, os conflitos passam então a ser gerados no seio da Amazônia, que não mais pode ser considerada como amenizadora de problemas extrarregionais no campo.

Segundo Becker (1995), fragmenta-se assim a grande fronteira amazônica em novas territorialidades de atores conflitivos que tentam se articular diretamente com o espaço transnacional. Para o mesmo autor, as novas territorialidades decorrem do fato de que os grupos dominados locais, como pequenos produtores, índios e seringueiros, resistirem à expropriação, manifestando-se em luta armada e/ou pressões políticas que objetivam legitimar a posse da terra.

De acordo com Fernandes (1996), com as mudanças políticas ocorridas em meados da década de 80, como resultado da ação da sociedade em diversos movimentos políticos contra a ditadura militar, em luta pela instauração da democracia no Brasil, cresceram, na cidade e no campo, as organizações de trabalhadores conquistando novos espaços. Ainda para Fernandes (*op. cit.*), durante o governo José Sarney, foi então elaborada no final de 1985 uma Proposta de Reforma Agrária, que sendo completamente desfigurada, deu origem ao Plano Nacional de Reforma Agrária (PNRA), o qual não atingiu as metas previstas.

Fernandes (1996) considera que durante a elaboração da Constituição de 1988, no capítulo a respeito da reforma agrária, houve um enorme retrocesso, pois tendo como referência o Estatuto da Terra, prevaleceu assim os interesses dos latifundiários. No início do governo Itamar Franco, o recrudescimento da luta pela terra com o aumento da violência no campo propiciou que em 1993 fosse aprovado um projeto de Lei Agrária, além de permitir uma lenta retomada das ações para a execução de novos projetos de assentamentos. Por outro lado, ainda segundo o mesmo autor, no governo Fernando Henrique Cardoso, a reforma agrária foi apresentada como uma medida para o desenvolvimento da agricultura familiar, para solução do problema de segurança alimentar e para a redução dos conflitos agrários, o que na prática não foi plenamente

atingido. Na Figura 2.1 é apresentada a dimensão dos assentamentos realizados nos últimos cinco governos brasileiros, não considerando as particularidades inerentes ao tempo de duração de cada um dos mesmos.

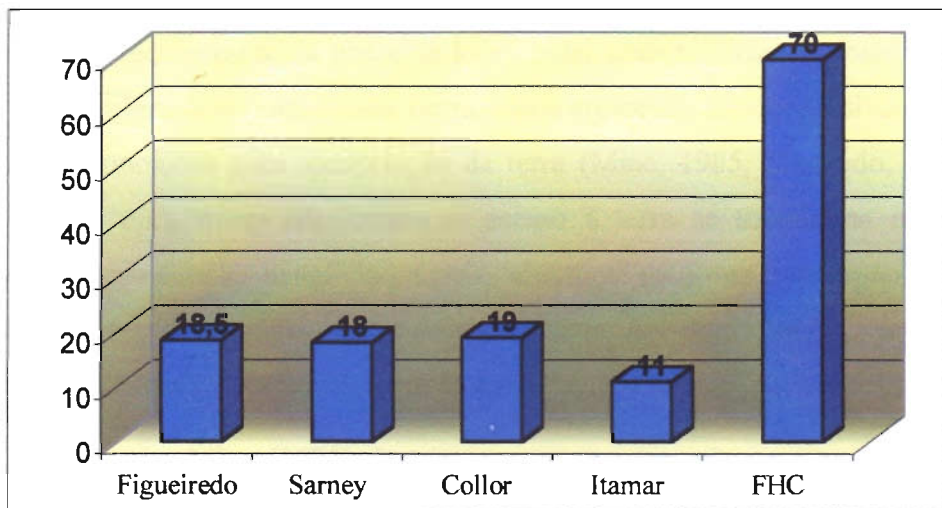


Figura 2.1 - Número de famílias assentadas por ano em milhares durante os últimos cinco governos no Brasil.

FONTE: Mais do que ... (2000).

Para Becker (2000), se a aceleração da reforma agrária é uma inovação, sua implementação na Amazônia mantém o velho padrão de assentamento e colonização em áreas florestais, sem apoio e orientação. Tal processo resulta, ainda de acordo com Becker (*op. cit.*), em rápido desmatamento, acentuado pelo alto índice de abandono dos lotes. Minc (1985) e Carneiro e Assis (2001) enfatizam que a terra é condição básica para a libertação do campesinato, mas, por si só, é insuficiente, se não for acompanhada de crédito, de infra-estrutura, de suporte técnico e de apoio à comercialização.

A reforma agrária brasileira, cujo modelo atual funciona há mais de 20 anos com velocidade variável de assentamentos, tem sido usada, em grande parte, para mandar ou devolver para o campo, desempregados urbanos e legiões de excluídos da atividade rural pelos processos de modernização da agricultura (Mais do que..., 2000). O mesmo artigo cita ainda, que em pesquisa conduzida pelo Vox Populi em 1996, foram observadas grandes distorções entre características dos assentados, tal como um número significativo de pessoas com profissões anteriores sem nenhuma intimidade com a terra. Considerando que o sucesso da propriedade depende sobremaneira da familiaridade e da

aptidão do assentado para o trabalho na terra, é de se supor que uma parcela significativa desses mesmos assentados não consigam gerar renda suficiente para se manter no campo, implicando no abandono do lote.

Em todo o espaço amazônico ocupado pela colonização dirigida, uma parcela dos imigrantes recebe ou toma posse de lotes, outra comercializa tais lotes e, à medida que os fluxos migratórios engrossam, outra, ainda crescente, espera passivamente ou vai acumulando condições para apropriação da terra (Minc, 1985; Machado, 1990). Para Machado (*op. cit.*), quem não consegue acesso à terra se transforma em força de trabalho e mesmo aqueles beneficiados pela “abertura” de novas frentes são obrigados a entrar no mercado de trabalho, diante da necessidade de complementar a renda familiar ou de acumular recursos para a exploração agrícola.

Entretanto, Minc (1985) destaca que as grandes empresas agropecuárias têm geralmente grande necessidade de força de trabalho apenas durante o período de sua instalação para o desmatamento e para a implantação de pastos. Para isso, grandes empresas, sobretudo do Pará e Tocantins, organizaram redes complexas para trazer força de trabalho diretamente de estados nordestinos, sobretudo do Maranhão, do Piauí e do Ceará. Com a queda considerável na demanda de trabalho nas grandes empresas agrícolas, após um período de quatro a seis meses, grande parte dos peões é então demitida, implicando que os mesmos partam em busca de trabalho em outra fazenda, nas grandes cidades ou em garimpos.

Machado (1990) enfatiza que a política de crédito agrícola atua na seleção e conseqüente diferenciação dos produtores, pois uma parte dos mesmos terá condições de participar na capitalização da atividade agrícola, enquanto que a outra continuará pequena, ou seja, permanecerá inserida no esquema produtivo como reserva de mão-de-obra. Ainda segundo o mesmo autor, é essa reserva que, através da mobilidade ocupacional e espacial do trabalho e conforme a escassez relativa de mão-de-obra, se torna manipulável, engrossa eventualmente o contingente de força de trabalho assalariado.

Nesse contexto, Minc (1985) destaca que se deve considerar as variações observadas nas próprias origens regionais e nas características dos grupos de migrantes que se dirigiram aos dois extremos da Amazônia (ocidental e oriental). Enquanto os



camponeses e agricultores do Sul e do Sudeste que chegaram em Rondônia já tinham, em parte, alguma experiência de gestão independente de suas explorações familiares, os camponeses e trabalhadores rurais nordestinos que se dirigiram ao Pará estavam subordinados até então ao rígido domínio territorial e político do latifúndio. Assim, a maior parte desse campesinato pobre não se ajustava aos critérios de seleção para financiamento do Banco do Brasil, ao contrário de uma parte considerável dos camponeses e agricultores do Sul e do Sudeste que foram para Mato Grosso e Rondônia (Minc, *op. cit.*).

Segundo Carneiro e Assis (2001), dentre as ações da política de reforma agrária do governo, o crédito e a assistência técnica assumem papel de destaque, na medida em que passaram a ser temas constantes na pauta das reivindicações das mobilizações camponesas na Amazônia, pelo menos nos últimos dez anos. Os mesmos autores enfatizam que muitos dos problemas do financiamento para a reforma agrária dizem respeito à própria gestão interna de crédito, que estão referidos ao trabalho de organização dos próprios trabalhadores e a relação destes com os agentes da mediação do acesso e repasse dos recursos de forma semelhante ao que se observa numa relação de patronagem.

Para Martins (1986), as populações camponesas e indígenas, confinadas no espaço constituído pela produção mercantil, pela dominação pessoal do latifundiário, como clientela da ordem privada, passam a ser expulsas e deslocadas, expropriadas pelos empresários, os técnicos, os planejadores, os representantes do grande capital e do Estado. Dessa forma, conforme Brito (1995), a “nova” região surge conflitiva, com territorialidades diversas, onde grupos locais de pequenos produtores, índios, seringueiros e castanheiros reivindicam o seu direito de permanência, não expropriação e não devastação da natureza, em um movimento que transpõe fronteiras e coloca em xeque a resistência dos grupos dominantes.

Segundo Becker (2000), apesar de algumas limitações e divergências para avaliar quantitativamente de modo preciso o movimento migratório para a Amazônia, há uma opinião majoritária que a imigração se reduziu em relação às décadas anteriores e que é hoje predominantemente intra-regional. Considerando as direções dos fluxos migratórios que balizam o povoamento atual e indicam o povoamento futuro, Becker

(*op. cit.*) destaca ainda que os estados de Mato Grosso e Pará (em particular a sua porção leste), foram aqueles que mais atraíram migrantes entre 1991 e 1996, pois dentre os estados amazônicos são os que possuem as economias mais dinâmicas.

Em geral, as discussões sobre o papel da política de colonização oficial na Amazônia costumam ser travadas fora do campo da racionalidade, contaminadas por crenças ideológicas e até mesmo por uma certa dose de idealismo, traduzindo um posicionamento polarizado e contraditório. Para Minc (1985), a expansão da colonização oficial foi uma resposta às pressões colocadas pela crescente migração e atendeu, em parte, aos interesses econômicos regionais, entretanto, a condução deste processo representou uma violenta e inconcebível agressão ao patrimônio biológico e grupos indígenas da região. Por outro lado, Valverde (1985) comenta que a colonização da Amazônia, espontânea ou planejada, na maioria dos casos, não foi capaz de fixar o homem à terra, gerou níveis de vida extremamente baixos, enquanto que os posseiros têm sido utilizados apenas como desbravadores gratuitos e, pouco depois, expulsos de suas terras.

Miranda (1990a) comenta que a colonização dirigida, respondendo a incentivos econômicos e objetivos políticos definidos, embora muitas vezes não atingindo as metas programadas, propiciou uma real ocupação do espaço, permitindo parcial e desigualmente atender a população excedente sem terra, oferecendo acesso de forma efetiva aos meios de produção, entre eles e especialmente, a própria terra ao pequeno produtor. Ainda segundo Miranda (*op. cit.*), as experiências de colonização no espaço amazônico, a despeito de representarem ocupação sob forma idêntica, com objetivos comuns, refletem cada uma delas um padrão de ocupação diferenciado, ditado pelas contradições internas próprias e revelando resultados distintos. Essas diferenças estão relacionadas com a atuação dos agentes socioespaciais envolvidos: população, empresas colonizadoras, Estado e lugar. Assim, a colonização dirigida, quer particular quer oficial, apresenta contradições que a colocam numa posição de não representar nem o sucesso que os colonizadores querem fazer crer, nem o fracasso, por muitos apontado, refletindo as condições inerentes à expansão do capitalismo, para a qual foi utilizada como instrumento.

### 2.1.3 DINÂMICA DO USO DAS TERRAS

Segundo Machado (1995), os sistemas agrícolas na fronteira amazônica são muito diversificados, sendo alguns destes motivos comuns às frentes pioneiras em geral: a experimentação e especulação comercial muito marcantes, ou a qualidade diferenciada dos solos e o desconhecimento dos efeitos das práticas agrícolas sobre a sua fertilidade. Machado (*op. cit.*) aponta ainda, como motivos específicos da região, o desnível extremo dos graus de capitalização, a questão da apropriação de terras, a diversidade cultural, o acesso diferenciado aos sistemas de comercialização e as características próprias da floresta amazônica.

Conforme Becker (1991), a diferenciação entre empresas e fazendeiros individuais no espaço amazônico pode ser ilustrada pelo sudeste do Pará e norte de Tocantins, no vale do Araguaia. O sudeste do Pará é a área de predomínio das empresas de trabalho assalariado e das grandes áreas desmatadas, enquanto em Tocantins, região de povoamento mais antigo, é área de domínio dos fazendeiros individuais, com maior proporção de rendistas e desmatamentos menos espetaculares, embora contínuos.

Becker (2000) comenta que a entrada da agricultura capitalizada na Amazônia é uma novidade histórica na região que sempre viveu do extrativismo. Ainda para Becker (*op. cit.*), a cultura emblemática desse novo modelo é a da soja, que, acompanhada pelas de arroz e de milho, ocupa bem recentemente novas e significativas áreas, principalmente em Mato Grosso. A ampliação da área de lavoura se fez acompanhar do aumento do número de máquinas e da quantidade de insumos agrícolas, entretanto, apesar de tais elementos terem provocado alterações na base técnica do sistema produtivo, não foi, muitas vezes, suficiente para aproximá-la do padrão estabelecido em nível nacional (Brito, 1995).

Entretanto, segundo Moran (1990), a utilização de terras na Amazônia tem, num dos aspectos mais característicos, a prática da pequena agricultura familiar, onde áreas com menos de 2 ha são desmatadas, queimadas e cultivadas. Para Becker (1995), dada a heterogeneidade da Amazônia, soluções para o seu desenvolvimento não podem ser generalizadas, e a pequena agricultura pode ser desenvolvida em condições particulares. Dessa forma, como uma das principais formas de uso da terra praticado na

Amazônia, a pequena agricultura, a despeito dos problemas que vem enfrentando, representa o segmento mais importante do setor agrário desta região. Tal afirmativa baseia-se no fato que esse sistema de produção, mesmo geralmente desenvolvido com baixo nível tecnológico, contribui de forma substancial na produção regional de alimentos básicos e na geração de empregos rurais.

De acordo com Denich (1991), o sistema de produção da pequena agricultura constitui-se, essencialmente, de dois subsistemas consecutivos: a fase de cultivo com culturas alimentares de interesse econômico e da vegetação secundária como fase de pouso. Assim, para o mesmo autor, a vegetação secundária desempenha nos regimes da pequena exploração agrícola, a função de acumular na fitomassa os nutrientes a serem liberados através da queima, para permitir a fase de cultivo subsequente, além de ser importante no controle das ervas daninhas instaladas durante a fase de cultivo anterior. Nesse contexto, na Figura 2.2 é apresentado um modelo esquemático da dinâmica da cobertura vegetal em áreas antigas de colonização na Amazônia.

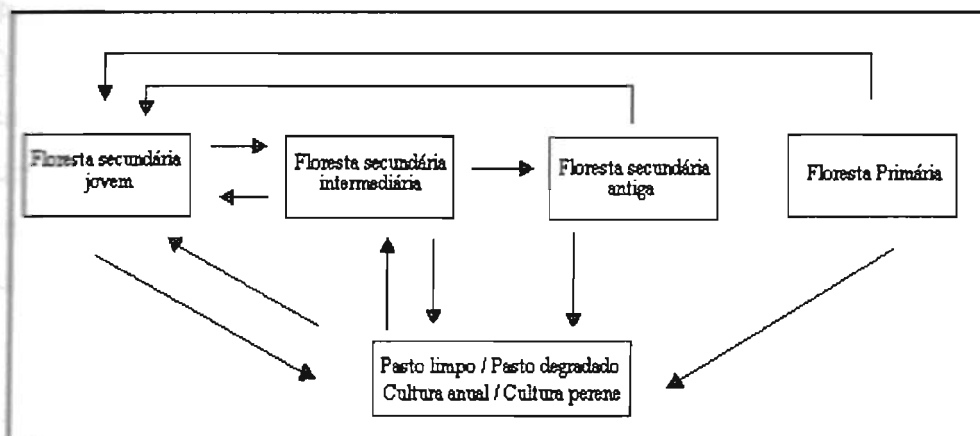


Figura 2.2 - Dinâmica da cobertura vegetal em municípios da microrregião Bragantina, nordeste do Estado do Pará.

FONTE: Alencar *et al.* (1996).

No processo diferenciado de ocupação do espaço amazônico, a posição das lavouras tornou-se mais expressiva em áreas de Mato Grosso, do Pará e de Rondônia, pela implantação de novas culturas e expansão das tradicionais, transformando-as juntamente com a pecuária, numa atividade geradora de recursos e integrada à economia nacional. A expansão da pecuária na região é também um problema polêmico, pois,

segundo Moran (1990), estima-se que a área para o plantio de pasto ocupe pelo menos 10 milhões dos 25 milhões de hectares desmatados até 1988. Atualmente, Homma (2002) vislumbra que dos mais de 60 milhões de hectares já desmatados até 2001, pelo menos 34 milhões representem áreas com pastagens cultivadas.

Para Brito (1995), na concessão de créditos foram privilegiados os empreendimentos que se estabelecessem em áreas de cerrado e floresta aberta, com a justificativa de que tais formações exigiam menor técnica nas etapas de abertura e de preparo mecânico do solo, ambas com reflexos na redução dos custos de implantação do empreendimento. Em paralelo, pretendia-se ainda com tal medida, frear a implantação desordenada de projetos que se localizavam em áreas ecologicamente não recomendadas para o desenvolvimento da atividade pecuária, intento preservacionista que na prática não foi atendido.

O avanço da pecuária foi assim realizado às custas da remoção da vegetação original de cerrado e de floresta, fazendo com que sobre as políticas públicas recaíssem a responsabilidade do desmatamento desordenado efetuado nas áreas em questão (Brito, 1995). Para Machado (1995), apesar dos subsídios governamentais terem sido responsabilizados pela expansão dos desmatamentos na Amazônia, estudos mais recentes mostram que o motivo para tal prática está na própria dinâmica pioneira, de construção de estradas, urbanização e deslocamento de um novo tipo de migrante, criando um mercado interno regional que aumenta o preço da carne bovina.

Segundo Brito (1995), apesar de alguns elementos definidores de uma pecuária modernizada terem sido introduzidos na região, mesmo que de modo artificial, pela via dos subsídios estatais, o seu emprego não foi suficiente para determinar transformações profundas nos sistemas de criação. Considerando-se a destacada importância no valor total dos bens na agropecuária, a terra e o seu uso, através da pecuária, transformaram-se em uma forma de especulação, na medida em que este tipo de uso passou a ser visto como instrumento de posse da terra e não como atividade que exigia, para a sua realização, inversão de capital. Assim, Fearnside (2001) destaca que muitos fazendeiros se sentem na obrigação de abrir áreas florestais para garantir a posse da terra, pois é consenso entre os mesmos que, caso não tomassem esta medida, poderiam perder a terra em questão por expropriação ou invasão de terceiros.

Veiga *et al.* (1996) destacam que na Amazônia Oriental há recentemente uma tendência da agricultura familiar à pecuarização<sup>4</sup>, pois a formação de pastagem é considerada pelos produtores como uma ótima forma de investimento. Esses autores comentam ainda que, tal estratégia fundiária (valorização da terra pela pastagem), poderia afetar, substancialmente, o padrão de uso da terra nas áreas de fronteira agrícola. Para antigas áreas de ocupação na região, tal processo tem provocado uma visível concentração de terra e desestabilizado o sistema agrícola tradicional, implicando, entre outros, no desaparecimento da agricultura familiar e na redução da produção de alimentos.

Segundo Homma *et al.* (1995), a incorporação sucessiva de novas áreas de floresta, nas faixas de expansão recente da fronteira agrícola, é forçada pela pouca disponibilidade de vegetação secundária (capoeiras), elemento comumente utilizado como componente de pousio no sistema tradicional de produção de alimentos na Amazônia. Por outro lado, tal situação é contrária ao observado nas antigas áreas de colonização, que pelo remanescente florestal inexpressivo, estimula que os desmatamentos e queimadas sejam executados exclusivamente em áreas de capoeiras. De acordo com Homma *et al.* (1995; 2000), com a produtividade agrícola decrescente naquelas áreas, onde a capoeira já sofreu sucessivas derrubadas e queimadas e com períodos de pousio muito curtos, a tendência será a inviabilização de utilização das mesmas. Assim, a baixa produtividade do solo, associada aos baixos preços alcançados pelos produtos, vem estimular, por sua vez, a migração dos colonos para novas áreas, dando início a um novo ciclo de ocupação de terras.

Brito (1995) enfatiza que no conjunto dos segmentos produtivos diferenciados, o extrativismo vegetal é visto, atualmente, como uma das alternativas de uso sustentável do território amazônico, contrapondo-se às formas perversas de desenvolvimento das atividades produtivas e do avanço tecnológico, tal como ocorreu nesta região nos últimos 30 anos. Entretanto, para o mesmo autor, não resta dúvida que a importância do extrativismo está mais relacionada à preservação dos sistemas natural e social, uma vez que, do ponto de vista econômico, existe a baixa rentabilidade e a ameaça da substituição dos seus produtos por similares sintéticos, como aconteceu com a borracha.

---

<sup>4</sup> Para os mesmos autores a pecuarização refere-se à tendência de uma parcela de produtores, ou de uma região tipicamente agrícola, em adotar a pecuária como principal componente do sistema de produção.

Para Brito (1995), é no modo excludente de apropriação da terra, associado a novas formas de uso, que emerge, de maneira clara, o declínio dos poderes político e econômico de grupos oligárquicos ligados à atividade extrativista. Tal declínio deve também ser examinado sob o prisma da situação da economia extrativa a qual, em função de preços pouco compensadores e da falta de apoio oficial, mantém-se em longa decadência. No caso dos castanhais do sudeste do Estado do Pará, Homma *et al.* (2000) enfatizam que esse processo conflituoso é marcado pela sua rápida destruição, à medida que a coleta de castanha é substituída pela agropecuária, extração de madeira ou metalurgia, atividades desvinculadas do manejo auto-sustentado da floresta.

Segundo Homma *et al.* (1996), as transformações econômicas que se sucederam acabaram minando o poder político-econômico dos donos dos castanhais da região, fazendo com que o uso da terra com finalidade de cultivo, passasse a ganhar mais importância. Assim, devido à melhoria da infra-estrutura e às suas características geográficas, foi inevitável a pressão dos fluxos migratórios que contribuíram para ampliar ainda mais o espectro de mudanças na ordem socioeconômica reinante na região, havendo uma nítida tendência para a expansão da pecuária em detrimento das tradicionais atividades extrativistas da castanha-do-pará.

A dinâmica atual do uso da terra no sudeste do Pará, onde as áreas de floresta estão gradativamente sendo substituídas por pastagens, pode, segundo Reynal (1999), vir, em determinado momento, a dificultar a reprodutividade da agricultura familiar, na medida em que impede a formação de roças e reduz a diversidade das atividades de produção. O mesmo autor ressalta ainda que, com uma média de 70 ha de superfície por propriedade, a área de floresta representa apenas 37% deste total, mesmo considerando-se localidades sob diferentes idades de ocupação.

Fearnside (2001) destaca que, tanto para pequenos como grandes produtores, o custo associado com a manutenção da produtividade da pastagem é muito maior se comparado aos custos envolvidos com a compra de novas terras com floresta ou pastagem. Portanto, as medidas de reforma do pasto pelos produtores, são desencorajadas desde que na região tenha terra disponível.

Para Homma *et al.* (1996), a localização dos atuais assentamentos fundiários e das invasões de propriedades em áreas de castanhais está levando à derrubada de

castanheiras para dar lugar à agricultura de subsistência, em simbiose com os extratores de madeira. Dessa forma, Homma *et al.* (2000) destacam que madeireiros e agricultura familiar de fronteira são, atualmente, por razões diversas, os principais atores sociais que se complementam e se opõem nas chamadas zonas de frente pioneira na Amazônia. Conforme Teixeira Silva *et al.* (2001), repete-se, assim, um ciclo vicioso no qual os colonos são usados como agente multiplicador da atividade madeireira, além de serem responsáveis pela difícil implementação dos instrumentos de controle de atividades ilegais previstas na legislação ambiental.

De acordo com Teixeira Silva *et al.* (*op. cit.*), a atividade de carvoaria, implementada para atender a demanda das usinas siderúrgicas instaladas na região, tem também contribuído com as altas taxas de desmatamento, principalmente nas áreas de fazenda que possuem como atividade principal a pecuária. Tal comportamento foi observado pelos mesmos autores mesmo para o caso de projeto de assentamento agroextrativista, haja vista a contabilidade financeira favorável ao ganho imediato e compensatório com essa atividade.

Homma *et al.* (1995) afirmam que como os incentivos governamentais para as atividades agropecuárias foram praticamente banidos da Amazônia, os desmatamentos e queimadas executados pelos pequenos produtores tendem a permanecer atualmente como forte componente de destruição ativa dos recursos florestais da região. Tais atividades são frutos de estratégias de sobrevivência que, evoluindo juntamente com as estruturas sociais, aumentam as exigências da população sobre o meio ambiente e promovem, de forma direta, a superutilização dos recursos florestais disponíveis. Conforme McCracken *et al.* (1999), as mudanças ambientais em áreas de fronteira agrícola, tais como, desflorestamento, sucessão secundária e conversão de floresta para pastagem, devem ser entendidas como um produto das características dos produtores, das circunstâncias do fluxo de migração e da idade do assentamento rural, além das mudanças nas políticas de crédito.

De acordo com Brito (1995), a atual crise ambiental, ao revelar rupturas do sistema natural, passa a ser objeto de política desenvolvimentista que busca uma interação homem-natureza dentro da lógica de uma reavaliação, que implica na busca do equilíbrio dos ecossistemas natural e social. Assim, é no seio dessa busca que se



baseia a premissa do desenvolvimento de atividades agropecuárias conservadoras dos recursos naturais, capazes de revelar uma produção auto-sustentável no contexto da Amazônia.

Dessa forma, segundo Becker (1995), a grande fronteira amazônica expressa atualmente, o dilema de definir um novo padrão de inserção do país na ordem internacional, frente à instabilidade decorrente das rápidas transformações no planeta e do esgotamento do projeto geopolítico que promoveu a sua ocupação.

## 2.2 DINÂMICA DA PAISAGEM E GEOTECNOLOGIAS

### 2.2.1 DINÂMICA DA PAISAGEM

A partir do século XX, os estudos integrados do meio ambiente foram sendo realizados com o interesse de dividir a superfície da Terra em regiões naturais uniformes, gerando as primeiras classificações hierárquicas sistemáticas. Mais recentemente, pela necessidade de entender a dinâmica dos sistemas naturais e disciplinar a exploração dos recursos, os conceitos de setorização do meio evoluíram de forma significativa.

Forman (1995), hierarquizando o espaço geográfico a partir de escalas, definiu como paisagem um mosaico onde a mistura de ecossistemas ou usos da terra locais é repetido de forma similar sobre uma área de muitos quilômetros, ou ainda em outras palavras, uma paisagem caracteriza-se por um agrupamento repetitivo de elementos espaciais. Por outro lado, o ecossistema ou uso da terra local, constitui um elemento espacial dentro da paisagem, sendo relativamente homogêneo e sempre distinto dentro de suas bordas, apesar de todos os objetos serem heterogêneos ou variegados, compostos de fragmentos dentro de fragmentos. Ainda de acordo com Forman (*op. cit.*), o arranjo de paisagens em uma região não afeta somente a região em questão, mas também as regiões vizinhas.

Bertrand (1982) afirma que a paisagem pode ser vista como resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem dialeticamente uns com os outros, tornando-se, assim, um todo único e indissociável da evolução contínua de uma certa porção da superfície terrestre. Forman (1995) destaca

que os elementos componentes de uma paisagem são simplesmente elementos espaciais na escala desta paisagem, podendo ter origem natural ou humana, e assim adaptados para os modelos espaciais de diferentes ecossistemas, tipos de comunidade, estágios sucessionais ou usos da terra.

De maneira geral, a compreensão das relações do meio ambiente e de sua dinâmica exigem uma visão integrada dos aspectos físicos e ecológicos dos sistemas naturais, além de suas interações com os fatores socioeconômicos e políticos. Assim, em virtude dos estudos ambientais necessitarem de uma visão holística do problema, houve, conforme Haines-Young *et al.* (1993), condições para o surgimento de uma nova disciplina, a Ecologia da Paisagem. Tal disciplina pode ser considerada dentro de uma visão tradicional, como o estudo das interrelações entre os fenômenos e os processos da paisagem ou da geoesfera, incluindo as comunidades de plantas, animais e o homem.

Entretanto, mais recentemente, o conceito da disciplina Ecologia da Paisagem evoluiu de modo a incluir os estudos integrados dos padrões texturais da paisagem e dos processos de que resultam, possibilitando a formação de uma linha de pesquisa envolvendo o estudo da estrutura, da função e das mudanças da paisagem (Forman e Godron, 1986). Ainda de acordo com Forman e Godron (*op. cit.*), a Ecologia da Paisagem poderia ser agora conceituada como o estudo da estrutura, função e mudança de uma região heterogênea composta de ecossistemas em interação. Nesse contexto, a estrutura refere-se ao produto do relacionamento espacial entre os distintos ecossistemas ou elementos presentes, ou seja, a distribuição de energia, materiais e espécies em relação aos tamanhos, formas, números, tipos e configurações dos ecossistemas. A função constitui as interações entre os elementos espaciais, ou seja, os fluxos de energia, materiais e espécies entre os ecossistemas componentes. A mudança, por sua vez, é dada pela alteração na estrutura e função do mosaico ecológico através do tempo.

A Ecologia da Paisagem é baseada na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Dessa forma, a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e mudança da paisagem.

Conforme McGarigal e Marks (1994), a paisagem não é definida necessariamente pelo seu tamanho e sim por um mosaico integrado de elementos

espaciais relevantes ao fenômeno considerado, em alguma escala. Assim, um dos conceitos fundamentais da Ecologia da Paisagem é representado pela escala, pois cada fenômeno natural apresenta uma escala característica, onde as suas variáveis condicionantes estão subordinadas. A escala é um conceito aplicado para representar dimensões, tais como, espaço, tempo e outras representações pelas quais sua riqueza conceitual complementa outros conceitos de hierarquia e sistemas. A variação espaço-temporal na natureza é uma característica própria desta, caracterizando tal variação como dinâmica da paisagem.

Para Turner (1989), a Ecologia da Paisagem considera o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, a interação e trocas através da paisagem heterogênea, a influência e o manejo desta heterogeneidade nos processos bióticos e abióticos. Considerando o potencial do homem em influenciar a estrutura e a função da paisagem, Soares Filho (1998) destaca que o estudo da Ecologia da Paisagem se concentrará não apenas nas dimensões biológicas e físicas de um ambiente, mas também nos aspectos históricos, culturais e socioeconômicos da Ecologia Humana, que se encontram conectados aos diferentes usos do solo.

Segundo Forman e Godron (1986), a evolução de uma paisagem resulta de três mecanismos operando em diferentes escalas temporais: processos geomorfológicos/geológicos ocorrendo durante um longo tempo, padrões de organismos se desenvolvendo em uma escala média de tempo e intermediados, por vezes, por rápidas perturbações em ecossistemas locais. Devido à dinâmica e às interações entre tais mecanismos, ocorre como resultado uma variedade de padrões caracterizados pela sua complexidade, diversidade e não-linearidade. Para Mansilla Baca (2002), caso se agreguem a isso os diferentes níveis hierárquicos e, portanto, escalas em que ocorrem tais fenômenos, são produzidos adicionalmente fenômenos imbricados que aumentam ainda mais sua complexidade. No entanto, a Ecologia da Paisagem possui uma base teórica e esquemas para modelar tais fenômenos, advindo daí sua força e reconhecimento para tratar problemas e fenômenos ambientais.

A combinação dos mecanismos ligados ao meio físico, aos processos biológicos e os regimes de perturbação resulta em uma paisagem terrestre, composta por diferentes formas de relevo e por tipos de vegetação e usos da terra, organizados em um

mosaico de manchas (*patches*), que formam um agrupamento único de ecossistemas em interação. Conforme Forman e Godron (*op. cit.*), o mosaico de manchas composto por elementos de paisagem definirá um padrão estrutural particular de cada paisagem. Assim, para Soares Filho (1998), diversas paisagens, formadas por distintos processos geomorfológicos, regimes de perturbação e interferência humana possuem em comum essa estrutura fundamental. Exemplificando, a Figura 2.3 representa uma paisagem agrícola, onde pode-se observar que o arranjo dos seus vários elementos constituintes forma um mosaico de manchas de relativa complexidade estrutural.

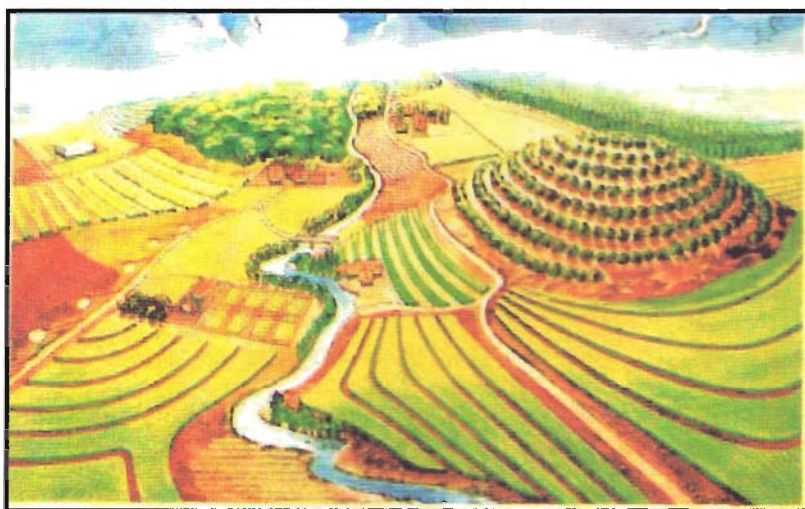


Figura 2.3 - Concepção de uma paisagem agrícola e seus elementos constituintes.

FONTE: São Paulo, 1992.

Dentro desse contexto, a estrutura pode ser entendida como o resultado da lei (função geradora) que governa a organização espacial dos elementos da paisagem, gerando um arranjo espacial representado pela textura ou padrão. De acordo com Forman e Godron (1986), numa paisagem a textura se expressa por um arranjo repetitivo de três componentes básicos, ou seja, um mosaico de manchas e seus corredores dispostos em uma matriz de fundo. Salienta-se que a forma como esses elementos aparecem é que determinará a estrutura da paisagem, afetando diretamente na sua funcionalidade.

Considerando-se os elementos básicos da textura da paisagem, uma mancha pode ser entendida como uma superfície não linear que difere em aparência do seu

entorno, podendo variar em tamanho, forma, tipo, heterogeneidade e características de borda. Segundo McGarigal e Marks (1994), em uma perspectiva ecológica, as manchas representam áreas (domínio espacial) ou períodos (domínio temporal) relativamente discretos de condições ambientais praticamente homogêneas, cujas fronteiras são identificáveis por descontinuidades no estado ambiental dos seus arredores, em magnitudes que são relevantes para o organismo ou fenômeno ecológico considerado.

Normalmente, as manchas de uma paisagem constituem comunidades de plantas e animais, ou seja, o conjunto de espécies. Em qualquer área, a origem das manchas pode estar associada a três tipos de fatores: causada pela perturbação natural (principalmente o fogo), introduzida pela ação antrópica e devido à existência de recursos ambientais distintos. Para Forman e Godron (1986), a dinâmica das espécies e a mudança de fragmentos dependem, em grande parte, da origem do próprio fragmento e tem efeitos no fluxo de energia, no armazenamento de nutrientes nos microambientes e na composição e abundância de espécies pelo efeito de borda.

A menor escala na qual um organismo percebe e responde a estrutura da mancha é denominado grão (McGarigal e Marks, 1994). O menor limite para o grão é ajustado pelas habilidades fisiológica e perceptiva do organismo e, portanto, varia de acordo com as espécies. De maneira análoga, a extensão constitui a escala mais grosseira de heterogeneidade, ou limiar superior de heterogeneidade, ao qual um organismo responde. Como visto anteriormente, o padrão detectado em qualquer mosaico ecológico é uma função da escala e assim o conceito de escala espacial deve abranger a extensão e o grão. A extensão e o grão definem, respectivamente, o limite superior e inferior da resolução da área em estudo e qualquer interferência sobre a dependência de escala num sistema, é limitada por tais elementos do fenômeno investigado.

A ligação entre os elementos de uma mesma classe estabelece numa paisagem um fator de conectividade, onde os corredores permitem o movimento e intercâmbio genético entre animais e plantas, considerando os atributos de largura, conectividade, complexidade e estreitamento. Assim, de maneira simplificada, Forman e Godron (1986) definem os corredores como faixas estreitas de terra que diferem da sua vizinhança. Em geral, podem ser distinguidos dois tipos diferentes de corredores na

mesma paisagem de acordo com a sua origem: corredores de perturbação antrópica e corredores naturais de recursos ambientais.

Da ligação das manchas via corredores extrai-se a noção da matriz, que pode ser definida como o elemento da paisagem mais extensivo e conectado, caracterizado por possuir o papel preponderante no seu funcionamento. Forman e Godron (*op. cit.*), por sua vez, definem a matriz como sendo o elemento da paisagem relativamente homogêneo em toda a sua extensão, que inclui manchas distintas difundidas ou corredores de um tipo diferente. Salienta-se, no entanto, que a constituição da matriz de uma paisagem é dependente da escala de investigação. Lagro (1991) destaca como uma determinada paisagem (Figura 2.4), com 50% de área de tipologia florestal, pode ser estruturada em diferentes configurações espaciais, onde cada uma delas apresenta um conjunto único de implicações ecológicas.

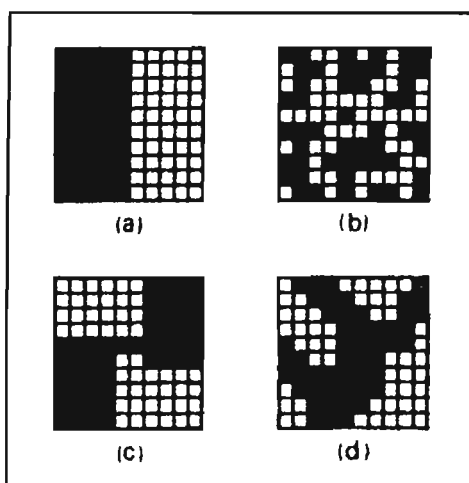


Figura 2.4 - Tipos de configuração espacial em uma paisagem hipotética, onde a área de floresta pode ser representada por apenas uma mancha (a), fragmentada em diversas manchas (b), manchas conectadas (c), e sob forma dendrítica (d).

FONTE: Lagro (1991).

As medidas básicas de uma matriz são representadas pelo grau de porosidade e conectividade. A porosidade relaciona-se à medida de densidade de manchas numa paisagem, enquanto a conectividade estabelece o grau de intercâmbio entre os elementos componentes da paisagem.

Cada paisagem tem um contexto ou ajuste regional em função de sua forma e definição e assim, a interpretação entre os elementos da paisagem e de seus significados ecológicos requer uma compreensão no contexto da paisagem. Uma paisagem pode ser caracterizada por sua composição e configuração - às vezes referidas como fisionomia ou padrão da paisagem - as quais podem afetar de forma combinada ou independente os processos ecológicos e organismos. Conforme McGarigal e Marks (1994), a composição da paisagem abrange a variedade e abundância de tipos de manchas dentro da paisagem, mas não o arranjo ou localização das manchas dentro do mosaico da paisagem. Existem muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, tais como, proporção da paisagem em cada tipo de mancha e a riqueza, regularidade e diversidade das manchas. Por sua vez, a configuração da paisagem segundo McGarigal e Marks (*op. cit.*), refere-se à distribuição física ou característica espacial das manchas dentro da paisagem. Alguns aspectos da configuração, tais como o isolamento ou contágio da mancha são medidas de posicionamento dos tipos de manchas em relação a outros tipos de manchas, aos limites da paisagem ou outra feição de interesse.

Bridgewater (1993) enfatiza que, de uma maneira geral, os estudos que envolvem a estrutura da paisagem necessitam do reconhecimento das mudanças ocorridas através do tempo, haja vista que a mesma consiste, em um dado momento, de um estágio no qual os processos dinâmicos estão ocorrendo, não sendo óbvio o destino dos elementos de paisagem. Dessa forma, conforme Soares Filho (1998), qualquer estudo quantitativo das dimensões corológicas da paisagem requer que o tempo, ou as mudanças temporais sejam consideradas, quer seja na compreensão do relacionamento dos padrões aos processos naturais e antrópicos que os originaram ou para fins de prognose ambiental.

A avaliação da potencialidade dos recursos naturais de qualquer região é de fundamental importância como instrumento básico ao planejamento de ocupação que melhor se ajuste com as características do meio físico e com as condições socioeconômicas das populações que nela habitam. Forman (1995) destaca que o entendimento ecológico da dinâmica da paisagem e seus elementos tem papel fundamental no planejamento da utilização das terras e recursos naturais, incluindo decisões com potencialidade para subsidiar a criação e proteção de áreas para o uso sustentável. Várias aplicações desses conceitos podem ser observadas, tanto na

conservação da biodiversidade como na exploração racional do meio ambiente (Pienkowski *et al.*, 1996).

Para Menezes (2000), o aspecto principal do monitoramento e avaliação da paisagem envolve inicialmente um inventário e um diagnóstico do *status* da mesma, ou seja, do que existe e do que é importante ser representado, podendo também representar aspectos analíticos ou quantitativos da paisagem. Os elementos da paisagem selecionados para serem representados poderão ser diferentes, apropriados a cada estudo aplicado, sendo que a escala de representação irá definir o nível de detalhamento e a generalização das informações a serem mapeadas.

Nas abordagens ligadas ao estudo da paisagem, autores como O'Neill (1988), Stow (1993) e Forman (1995) enfatizam a importância do papel de ferramentas como o sensoriamento remoto e geoprocessamento. Nesse contexto, é destacado como os produtos de sensores remotos, especialmente as imagens de satélite, têm revolucionado a percepção e abordagem para entender as paisagens e as regiões, enquanto que os sistemas de informação geográfica, pela sua flexibilidade, proporcionam resultados promissores em várias áreas como, por exemplo, modelos de previsão de determinados fenômenos.

O sensoriamento remoto orbital constitui uma ferramenta valiosa não apenas para monitorar as grandes mudanças nas paisagens, como também para prever a evolução do padrão da paisagem. De acordo com Forman e Godron (1986), a análise multitemporal da paisagem através de produtos de sensoriamento remoto permite a obtenção de elementos que descrevem variações das características desta paisagem como uma função do tempo. Dessa forma, conforme Skole *et al.* (1994), o sensoriamento remoto orbital possibilitaria, por exemplo, não só documentar a taxa e a expansão do desmatamento na Amazônia, como categorizar os diferentes tipos de ocupação e uso do solo, através da análise de geometria, tamanho, localização e arranjo espacial das áreas desmatadas.

Por outro lado, Bridgewater (1993) enfatiza como os estudos das respostas dos processos e efeitos ecológicos em nível de paisagem tem atraído cada vez mais a utilização do geoprocessamento como um instrumento de análise e modelagem dos dados. Assim, o geoprocessamento pode ser usado tanto para quantificar as mudanças



na paisagem, como também para integrar a quantidade de informação na qual as probabilidades de transição estão baseadas, tais como diferentes cobertura vegetal e uso da terra, topografia, solos, histórico de uso do solo, etc. No contexto da modelagem em geoprocessamento, Forman e Godron (1986) comentam que através da representação cartográfica de manchas pode-se analisar a estrutura de uma paisagem considerando um conjunto de parâmetros ou descritores, tais como tamanho, forma, número, conectividade e distâncias entre manchas.

Segundo Forman e Godron (1986), a partir de dois mapas de uma mesma área obtidos em anos distintos, pode-se verificar o comportamento de cada elemento da paisagem observando-se a sua permanência ou substituição por um outro tipo de elemento, no intervalo de tempo considerado. A verificação do conjunto dessas mudanças permitiria calcular a taxa de substituição entre os diferentes elementos da paisagem, a partir da construção de uma matriz de transição, na qual a mudança de porcentagem para cada uma das possíveis conversões teria como base o número total de pontos observados. Forman e Godron (*op. cit.*) destacam ainda que tais taxas de substituição são importantes para o entendimento da dinâmica da paisagem porque relacionam mudanças na estrutura da paisagem e, portanto, mudanças no seu funcionamento.

De acordo com Forman e Godron (1986), as mudanças na paisagem poderiam ser consideradas significativas quando: a) um tipo diferente de elemento da paisagem aparece na matriz de transição; b) várias porcentagens da superfície coberta pelos diversos elementos mudaram suficientemente; c) um novo tipo de elemento aparece na paisagem e atinge um certo limite da superfície amostrada.

Para Soares Filho (1998), na construção de um modelo de dinâmica da paisagem, é necessário primeiramente mapear os padrões de uso do solo, categorizando-os em função de suas características médias, de modo a permitir avaliar como cada elemento da paisagem se relaciona espacial e temporariamente com os outros. Os processos de fluxos e trocas entre os elementos da paisagem - inclusive o homem - é que determinarão onde os limites irão mudar através do tempo. Por sua vez, Perez-Trejo (1993) salienta que o estudo da dinâmica de uma paisagem deve incluir a definição dos limites do sistema e o objeto de estudo, determinar os seus componentes e como que

elas interagem entre si, em função das variáveis endógenas e exógenas, para produzirem mudanças estruturais.

## 2.2.2 INTEGRAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG

O caráter dinâmico dos processos de produção e exploração econômica traduz a necessidade da coleta e análise de dados volumosos de forma ágil, sendo ainda desejável o desenvolvimento de estudos integrados. Em geral, tais estudos apresentam grande complexidade em uma abordagem tradicional, devido à necessidade de considerar aspectos relacionados ao sistema de produção e ao meio ambiente.

Adicionalmente, algumas abordagens consideram além daqueles aspectos, variáveis socioeconômicas e macroeconômicas. Para McCracken *et al.* (1999), nos estudos da dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra, além da observância de variáveis edáficas, são também importantes os fatores como construção de estradas, políticas de créditos e impostos, migração e crescimento populacional, localização de mercados e tipos de práticas agrícolas. Em uma abordagem alternativa e complementar, a inclusão de variáveis tomadas em nível de propriedade, segundo os mesmos autores, permite identificar uma variedade de mecanismos específicos envolvidos na transformação do uso da terra, bem como indicar modelos divergentes no seu uso e transformação. Assim, as mudanças na paisagem seriam entendidas como resultado da ação de produtores individuais ou dos núcleos agrícolas onde estão inseridos.

Dessa forma, impõe-se as abordagens de pesquisa que proporcionem a obtenção de dados para a caracterização e avaliação de diferentes ambientes, resultantes das mais variadas formas de ocupação da terra. Dentre as abordagens em estudos ambientais com ações integradas de investigação, Aronoff (1989) e Sader *et al.* (1990) observam uma otimização das análises envolvidas com a combinação de técnicas e produtos de sensoriamento remoto e estruturas auxiliares como os sistemas de informações geográficas (SIG's). De acordo com Sader *et al.* (1990), alguns estudos indicam que a análise de dados históricos pode ser empregada, juntamente com modelos de previsão, para estimar o futuro impacto de atividades de desenvolvimento nos padrões de conversão do uso do solo em ambientes tropicais.

O sensoriamento remoto refere-se ao conjunto das atividades envolvidas na aquisição, tratamento e análise de dados de sensores remotos, que captam a energia radiante emitida e/ou refletida de uma área na superfície terrestre, delimitada pelo campo de visão instantâneo (IFOV<sup>5</sup>) destes sensores. Em virtude das propriedades físico-químicas específicas dos alvos que compõem a área amostrada, poderão assim ser obtidas informações referentes a tais alvos, sem que haja contato físico com eles. Tal afirmativa deve-se ao fato de que na paisagem, as variações nas taxas de cobertura do solo promovem respostas espectrais distintas que estariam passíveis de ser detectadas e medidas por sensores remotamente situados.

O sensoriamento remoto constitui-se numa ferramenta de trabalho estratégica no levantamento e monitoramento de recursos naturais, especialmente em países de dimensões continentais como o Brasil. Os estudos desenvolvidos a partir dessa abordagem, são importantes por facilitar a amostragem no campo e permitir o monitoramento de processos de mudança na paisagem, no contexto de uma visão sinóptica. De um modo geral, os autores têm procurado enfatizar a importância crucial de trabalhos de campo intensivos de modo que a informação desejada contida nos produtos de sensores remotos possa ser extraída com maior propriedade.

Dentre os produtos de sensoriamento remoto, aqueles oriundos de sistemas orbitais apresentam algumas vantagens sobre os demais sistemas, para o levantamento e estudo de alvos que apresentam aspectos dinâmicos, tais como feições da cobertura vegetal e uso da terra. Isso deve-se ao fato de que os dados coletados por plataformas orbitais apresentam características espectrais, radiométricas, espaciais e temporais requeridos pelos estudos dessa natureza. Assim, as imagens de satélite permitem, por exemplo, a dinamização satisfatória do processo de avaliação e de dimensionamento das áreas ocupadas por diferentes tipos de vegetação, registrando as suas mudanças sazonais e as alterações ocorridas pela ação antrópica.

As imagens orbitais constituem registros de cenas focalizadas por sensores com a capacidade de registrar o comportamento individualizado dos diferentes alvos presentes na superfície da Terra, em intervalos espectrais determinados do espectro eletromagnético. De acordo com Richards e Jia (1998), os dados oriundos de imagens

---

<sup>5</sup> Campo de Visada Instantâneo.

de satélite são espacialmente compostos de elementos discretos, ou *pixels*, que apresentam-se radiometricamente quantizados em níveis discretos de brilho. Assim, tal arranjo dos dados digitais gera uma matriz, onde as linhas e colunas definem as coordenadas do *pixel*, e o nível de cinza ou brilho indica a radiância presente no mesmo.

O método de análise digital envolve uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens, sendo os quais oriundos de sistemas de varredura multiespectral. Uma imagem multiespectral pode ser representada digitalmente através de uma matriz tridimensional, onde para cada coordenada espacial de um determinado *pixel* ( $x,y$ ) haverá um vetor ( $z$ ) que representará o número digital associado aos canais ou bandas espectrais.

Na análise dos dados digitais de imagens oriundas de sistemas de varredura multiespectral, Richards e Jia (1998) citam como uma das grandes vantagens o fato que os mesmos podem ser tratados por sistemas processadores de imagens. O emprego de tais sistemas representa uma alternativa relevante na análise do grande volume de dados multiespectrais gerados pelos sistemas imageadores, além de que permite a manipulação e a transformação numérica de dados de tal maneira que, potencialmente, possibilita melhora na extração de informação.

Dessa forma, com a utilização de sistemas processadores, as imagens digitais podem ser manipuladas de modo a atender uma necessidade específica de obtenção de informação da área de interesse do usuário. Tal manipulação, denominada de processamento digital de imagens, é dividida por Schowengerdt (1983) em três fases denominadas de pré-processamento, processamento de realce e classificação. Adicionalmente, cita-se a fase conhecida como segmentação, que antecede a classificação de imagens digitais por regiões.

A aplicação das técnicas de pré-processamento refere-se ao tratamento inicial dos dados brutos obtidos pelo sistema sensor, de modo a remover características indesejáveis produzidas na imagem (Schowengerdt, 1983). Assim, devidamente corrigidas, as imagens estariam prontas para serem submetidas a processamentos digitais posteriores e/ou análise visual. De acordo com a origem do problema a ser tratado, as técnicas de pré-processamento podem ser agrupadas em correções do tipo atmosférica, radiométrica e geométrica, relacionadas, respectivamente, à atenuação, nos

dados originais, dos efeitos de absorção e espalhamento atmosférico, de degradações radiométricas (ruídos), e de distorções geométricas de diversas naturezas.

As técnicas de realce de imagens, por outro lado, têm como objetivo principal melhorar ou realçar a qualidade visual de toda a imagem, ou de feições específicas, a partir da alteração das relações de brilho ou níveis de cinza dos *pixels* originais. Assim, segundo Jensen (1986), são aplicados algoritmos que atuam reduzindo o volume de dados e realçando os alvos de interesse para inspeção visual, ou ocasionalmente, para subsequente análise automática. Isso é realizado por transformações pontuais do valor de brilho de cada *pixel* que está sendo processado, ou por transformações espaciais dos *pixels* vizinhos, de modo a realçar as feições de baixo contraste espectral na imagem. A escolha da melhor técnica de realce, ou da melhor imagem realçada está condicionada às características fisiográficas da área de interesse, ao objetivo específico do trabalho e à própria capacidade do analista em interpretar a imagem.

A classificação de imagens digitais consiste em identificar nas mesmas, os diferentes alvos, fenômenos ou feições que apresentam padrões espectrais similares e atribuí-los a uma determinada classe ou tema. Uma hipótese básica subjacente ao processo classificatório reside no fato de que os diferentes alvos terrestres apresentam comportamento espectrais distintos em faixas específicas do espectro eletromagnético, possibilitando a formação de um espaço de atributos que permite a identificação dos mesmos. Geralmente os algoritmos de classificação multiespectral são divididos em função da presença ou não de uma fase de treinamento, pela qual o analista fornece amostras referentes a *pixels* representativos para cada uma das classes de interesse, de modo a orientar o classificador: classificações supervisionada e não supervisionada.

Schowengerdt (1983) destaca que na classificação supervisionada o analista tem algum conhecimento sobre as classes presentes na imagem, permitindo que ele treine o classificador para localizar todos os demais *pixels* pertencentes às classes de interesse, a partir de regras estatísticas pré-estabelecidas. A Figura 2.5 representa um espaço de atributos de classes, onde podem ser observadas as probabilidades de um determinado *pixel* pertencer a uma classe hipotética, com base nos parâmetros estatísticos da área de treinamento. Um fator relevante para que a classificação apresente um bom desempenho refere-se à necessidade de que as áreas de treinamento

sejam amostras homogêneas das classes envolvidas, ao mesmo tempo em que contemplem toda a variabilidade inerente à classe. Conforme Crósta (1992), devido à complexidade relativa da base estatística, para que a classificação seja suficientemente precisa, é necessário um número razoável de *pixels* (maior que uma centena) para cada conjunto de treinamento.

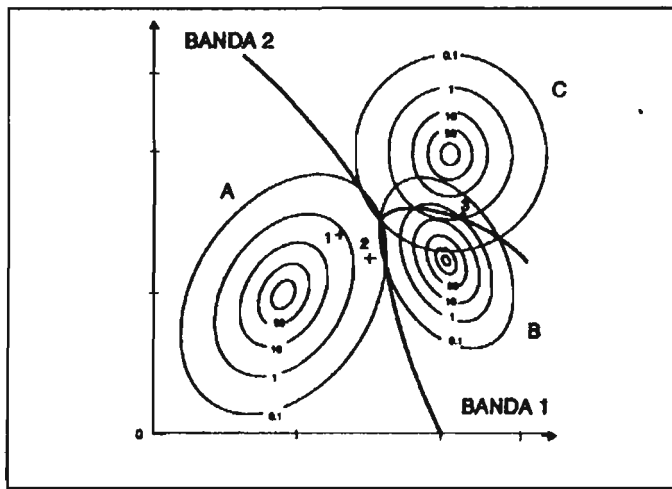


Figura 2.5 - Espaço de atributos onde os círculos concêntricos representam a probabilidade de um *pixel* pertencer às classes A, B e C, enquanto as linhas espessas constituem os limites de decisão para individualização de tais classes.

FONTE: Crósta (1992).

A classificação não supervisionada é utilizada quando não há nenhum tipo de conhecimento sobre a área de estudo, sendo as imagens, segundo Richards e Jia (1998), divididas em classes não conhecidas, ou seja, o algoritmo define tais classes com base em regras estatísticas. Por sua vez, Crósta (1992) enfatiza que a classificação não supervisionada baseia-se em uma análise de agrupamento onde são identificadas no espaço de atributos, nuvens ou *clusters* formadas por *pixels* espectralmente similares. Richards e Jia (1998) enfatizam que para aplicação desse tipo de classificação deve-se primeiramente especificar um número de nuvens de *pixels* ou classes esperadas, apesar de o número atual ou ótimo não ser conhecido. Posteriormente, observa-se quais das concentrações de *pixels* obtidas devem ser tratadas como grupos distintos, atribuindo-se um limiar, cujo valor é definido pelo analista.

Como tecnologia complementar ao sensoriamento remoto, os SIG's representam, segundo Congalton e Green (1992) e Lachowsky *et al.* (1992), unidades de processamento para entrada, armazenamento, manipulação, análise e saída de dados espaciais ou geográficos que auxiliam no processo de tomada de decisão. Burrough e MacDonnel (1998) destacam que, de uma maneira simplificada, os SIG's são formados por quatro componentes básicos: *hardware*, *software*, base de dados e ambiente operacional. Na Figura 2.6 são apresentados os principais componentes de um SIG.

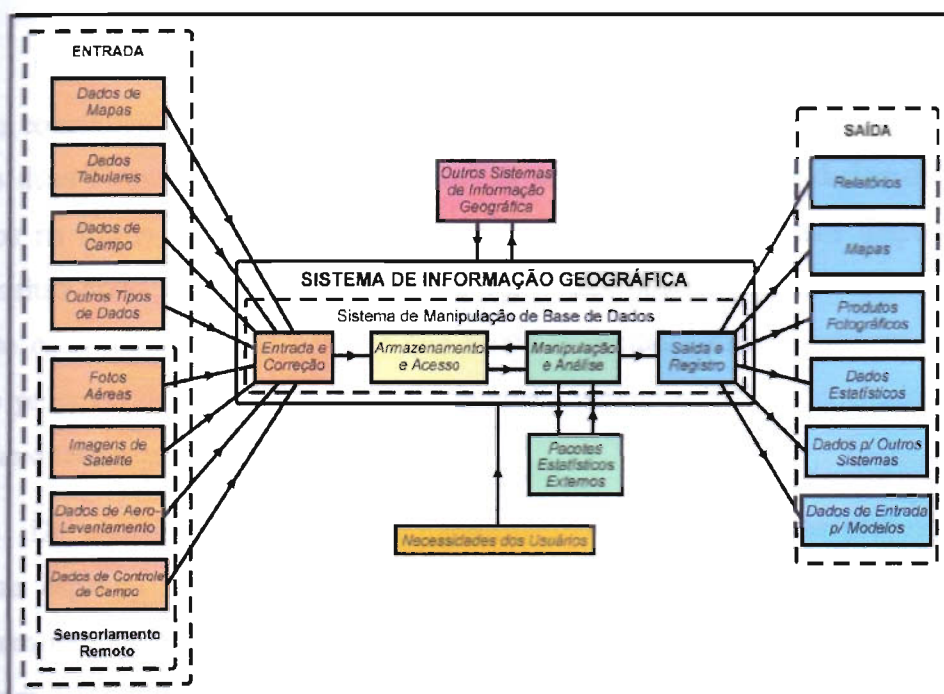


Figura 2.6 - Principais componentes de um sistema de informação geográfica.

FONTE: Modificada a partir de Cracknell (1986).

Esses sistemas devem fornecer ferramentas computacionais que permitam analisar e integrar informações georreferenciadas, objetivando obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no mesmo. Para Burrough (1986), tal tecnologia pode ser utilizada em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real.

Aronoff (1989) comenta que um SIG é alimentado por dados georreferenciados de diversas fontes como, mapas, tabelas de atributos, arquivos de mapas digitais, e dados associados com fotografias aéreas e imagens de satélite. Segundo Burrough (1986), a representação tradicional de dados geográficos é realizada através de um modelo analógico, como um mapa, que possibilita uma forma conveniente de armazenamento de dados espaciais. Vale ressaltar que os dados oriundos de levantamento de campo constituem uma fonte importante para um SIG, principalmente no âmbito da pesquisa na área de recursos naturais e meio ambiente.

Para Aronoff (1989) e Lachowsky *et al.* (1992), os dados de sensoriamento remoto constituem uma fonte de informação importante para um SIG, na medida em que as duas tecnologias apresentam aptidões complementares. Os dados de sensores remotos na forma digital constituem a informação espacial de maior disponibilidade para muitas áreas, oferecendo ainda a vantagem das mesmas apresentarem-se em um formato computacional que permite que sejam importadas diretamente para um SIG. Para o processo de integração do sensoriamento remoto e SIG foi cunhado para este trabalho o termo geotecnologias.

De maneira geral, os SIG's tratam dados para os quais as propriedades de natureza espacial são importantes; propriedades como posição, altura e vizinhança requerem métodos de tratamento específicos incorporados a estes sistemas. Conforme enfatizam Burrough (1986) e Congalton e Green (1992), em um SIG todos os dados geográficos podem ser reduzidos em três conceitos tipológicos básicos: o ponto, a linha e a área (polígono). Dessa forma, em princípio, todos os fenômenos e/ou aspectos da paisagem podem ser representados por aqueles elementos.

Na estruturação de um projeto em um SIG, há necessidade de tratar dados e informações geográficas de formatos distintos, pois no mesmo estão associadas as formas de representação digital das informações contidas em diferentes fonte de dados, como imagem, mapa ou outra. Burrough (1986) e Aronoff (1989) enfatizam que as duas principais estruturas de dados que representam a informação espacial digitalmente correspondem aos modelos vetorial e *raster*. Para Menezes (2000), a diferença básica entre essas duas estruturas de dados corresponde ao modelo adotado por cada uma



delas: a estrutura vetorial adota o espaço geográfico contínuo e a estrutura matricial divide o espaço em elementos discretos.

O modelo vetorial geralmente é resultante da digitalização manual de mapas, representando um conjunto de pontos, principalmente no espaço bidimensional (2D), que delimitam regiões temáticas ou representam redes. No modelo *raster* ou imagem, por sua vez, o conjunto de pontos localiza-se em coordenadas contíguas, implementadas como uma matriz onde o conjunto de pontos distribuídos de forma regular, principalmente no espaço 2D, representa uma área da região terrestre.

Um dos aspectos centrais de um SIG é a possibilidade de geração de mapas contendo informações combinadas sobre a região de interesse (Burrough e MacDonnel, 1998). O modelo define um documento cartográfico como produto a ser gerado pelo sistema, a partir da integração de um conjunto preestabelecido de planos de informação (PI's). Conforme Aronoff (1989), a integração de dados em um SIG consiste em um conjunto de feições geográficas e seus respectivos atributos, agrupadas dentro de PI's selecionados por conveniência do usuário, onde a organização principal pode representar um grupo similar de tipos de feições.

No tratamento de dados oriundos de mapas em SIG's, a sobreposição de dados de diferentes fontes implica na necessidade de compatibilizar parâmetros de escala e projeção cartográfica. A troca de escala é um procedimento freqüente em um SIG devido à utilização de mapas em escalas variadas, seja devido à inexistência do documento na escala de interesse, seja porque os dados já tenham sido introduzidos no sistema para um trabalho em outra escala. No caso da manipulação de dados em projeções diferentes, é indispensável compatibilizá-las antes de serem efetuadas as operações de sobreposição de interesse. Aronoff (1989) enfatiza que na manipulação e análise de dados espaciais além da transformação de formatos e sistemas de projeção, devem ser observados ainda a transformação geométrica, a edição de elementos gráficos, o arranjo das linhas de coordenadas e a mosaicagem (combinação de bordas).

Em geral, a apresentação dos resultados oriundos da manipulação de dados em um SIG consiste na geração de produtos passíveis de entendimento pelo analista como gráficos, mapas e tabelas. Tais produtos podem ainda ser gerados de uma forma que admita recodificação em qualquer outro sistema computacional, permitindo desta forma,

a transferência e a interpretabilidade das informações desejáveis pelo analista (Burrough, 1986).

A construção de documentos cartográficos em um SIG será feita de maneira análoga ao caso da cartografia convencional. Todos os PIs contendo informações de interesse (correspondentes a *overlays*) serão escolhidos pelo analista e combinados digitalmente; legendas e textos podem ser adicionados de forma a permitir a produção de um mapa. A obtenção de produtos na forma de mapas permite representar características genéricas do espaço, como as cartas produzidas pelo mapeamento sistemático. Segundo Menezes (2000), como uma das aplicações típicas do mapeamento tradicional da paisagem, os mapas de uso do solo têm como características mostrar objetivamente o estado atual ou o passado recente do espaço geográfico; estabelecer uma tipologia sintética de zonas homogêneas, caracterizadas pelo mesmo tipo de ocupação do solo; e estabelecer elementos de comparação temporal para evolução de fenômenos geoecológicos.

### 2.2.3 MODELAGEM DA DINÂMICA DA PAISAGEM

A paisagem, em virtude de suas características dinâmicas intrínsecas, encontra-se em perpétua evolução, o que concorre para que haja mudanças em diferentes graus de intensidade na sua estrutura e composição ao longo do tempo. Dessa forma, é de fundamental importância o desenvolvimento de métodos de análise e de previsão de mudanças temporais no espaço geográfico, de modo a proporcionar um melhor entendimento da dinâmica da paisagem. Dentre as abordagens para a análise da dinâmica da paisagem, Soares Filho (1998) destaca que o desenvolvimento de modelos da dinâmica da paisagem constitui em ferramenta valiosa, sobretudo, para compreender o comportamento corrente de sistemas ambientais, de modo a auxiliar a projeção de seus estados futuros.

A arte de construir modelos ou modelagem refere-se, em linhas gerais, ao processo de pesquisa que leva à geração do modelo (representação) de um sistema. Tal processo se desenvolve a partir da definição de um conjunto de hipóteses ou previsões, que poderão ser comparadas com as medidas do mundo real. Vale salientar que, sob o aspecto geográfico, a inclusão de parâmetros que caracterizem o espaço e o tempo, para

obter modelos espaciais e históricos no contexto de uma paisagem, revestem-se de grande importância.

Conforme Steyaert (1993), os modelos computacionais que realisticamente simulam processos espaciais servirão para a avaliação quantitativa e confiável de complexas questões ambientais em escalas locais, regionais e globais. Dependendo da concordância entre o observado e o resultado gerado, o modelo será aceito, rejeitado ou modificado de alguma maneira, para novamente ser testado (Soares Filho, 1998).

Segundo Novaes (1982), tendo em vista que um modelo é a representação de uma realidade específica, pode-se então utilizar essa situação de referência para ajustar suas variáveis, de modo que os resultados obtidos aproximem-se ao máximo dos valores observados. As variáveis obtidas em tal processo conhecido por calibração, passarão a constituir parâmetros fixos incorporados ao modelo.

Para Mansilla Baca (2002), um dos objetivos de todo modelo científico é, ou deveria ser, apresentar uma projeção futura de como será a realidade modelada. Conhecendo o que vai ocorrer amanhã, poder-se-iam praticar ações para obter o melhor proveito dessa informação. Esse tipo de projeção já é feito em muitas áreas, por exemplo: na meteorologia para a predição de chuvas, na agricultura para a predição de safras e no mundo comercial para a predição de comportamento de mercados.

Steyaert (1993) classifica os modelos de forma genérica em três grandes grupos: escala ou réplica, conceitual e matemático. Enquanto o modelo em escala consiste, em geral, numa redução análoga ao original, os modelos conceituais modelam os processos através da construção de blocos diagramas que mostram o sistema principal, processos e interações qualitativas entre os subsistemas. Por sua vez, os modelos matemáticos utilizam-se de sistemas de equações na construção do modelo, podendo ser agrupados em determinísticos ou estocástico-probabilísticos (estatísticos).

No modelo determinístico, a evolução de um sistema no tempo e no espaço pode ser completamente prevista, desde que seja estabelecido um conjunto de condições iniciais. Os modelos determinísticos de dinâmica são representados por equações diferenciais que incluem pelo menos um termo derivado no tempo, podendo para isto serem usadas equações diferenciais totais ou parciais (Steyaert, *op. cit.*). Por outro lado,

os modelos de dinâmica estocástico-probabilísticos utilizam variáveis aleatórias segundo uma lei imutável, mas que depende de fatores do acaso, advindo daí o fato de que cada vez que o modelo for implementado, um resultado diferente pode ser obtido.

De acordo com Mansilla Baca (2002), os modelos podem ser desenvolvidos e usados com vários propósitos: prover um esquema formal organizado em idéias ou dados, para um esquema de síntese e integração; prover um esquema para comparação de sistemas, fornecendo o equivalente de esboço e controle experimental; interpolar ou extrapolar, especialmente através de escalas; explorar cenários reais ou hipotéticos, principalmente nos casos em que as experiências não são fáceis de ser conduzidas, por razões éticas ou logísticas; e fazer predições sobre cenários específicos.

Para Mansilla Baca (*op. cit.*), os modelos apresentam um importante e crescente papel na Ecologia da Paisagem, sendo que essa situação ocorre, em grande parte, devido à dimensão das áreas de estudo que implicam que os levantamentos de campo sejam logisticamente difíceis e muito custosos. Além disso, suas dinâmicas desdobram-se em escalas que são difíceis de ser analisadas empiricamente, principalmente com o passar do tempo.

Assim, em virtude dos aspectos dinâmicos dos diferentes processos que modulam a paisagem, houve, segundo Sklar e Costanza (1991), a necessidade do desenvolvimento de uma nova classe de modelos de simulação espacial, os quais incorporam os conceitos de Ecologia da Paisagem de modo a explorar novas escalas ecológicas. Ainda conforme esses autores, os modelos de simulação são empregados para descrever fenômenos espaciais, predizer a evolução temporal dos seus padrões e integrar escalas temporais e espaciais.

Baker (1989) destaca que pode ser empregada uma variedade de critérios para classificar os modelos de paisagem, sendo os mais relevantes o nível de agregação, estrutura e tipo de matemática usada. Os modelos segundo o nível de agregação e estrutura, por sua vez, podem ser agrupados dependendo do seu nível de detalhe ou agregação em modelos de paisagem totais, distribucionais e espaciais. Os modelos totais de paisagem calculam os valores de uma variável ou de um grupo de variáveis em uma paisagem como um todo, enquanto os modelos distribucionais de paisagem tratam da distribuição ou proporção de valores de variáveis em uma paisagem. Entretanto, os

modelos distribucionais não fornecem informação sobre a localização e a configuração de tais estados da paisagem, sendo assim, mais simples e menos detalhados que os modelos espaciais de paisagem, que necessitam de substanciais dados georreferenciados.

Soares Filho (1998) enfatiza que, atualmente, os modelos espaciais ganham cada vez mais importância, haja vista a grande disponibilidade de dados espaciais oriundos de sensores remotos, associada à ampla capacidade de manipulação e análise fornecida por um SIG. Assim, os modelos espaciais por serem os mais detalhados, são capazes de modelar o destino de subáreas da paisagem e suas configurações, podendo representar além do número e distribuição dos elementos da paisagem, as suas configurações e localizações, a partir de um mapa de mudanças espaciais.

Conforme Mertens *et al.* (2002), os modelos de regressão baseados em dados georreferenciados podem ser apropriados para identificar e avaliar espacialmente na Amazônia as associações entre desflorestamento e variáveis como acesso a mercados, posse da terra, clima, solo, topografia e zonas de restrição. Tais modelos envolvendo grandes áreas amostrais e dados razoavelmente seguros são bem satisfatórios para prever aonde o desflorestamento irá ocorrer.

Para Sklar e Costanza (1991), um modelo espacial de mudanças na paisagem pode ser descrito matematicamente por uma expressão que descreve as mudanças nos padrões espaciais de um tempo  $t$  para um novo padrão espacial no tempo  $t+m$ , tal como:

$$X_{t+m} = f(X_t, Y_t) \quad (2.1)$$

onde,

$X_t$  = padrão espacial no tempo  $t$

$Y_t$  = vetor ou conjunto escalar que afeta a transição

Dessa forma, os componentes básicos de qualquer modelo de mudança na paisagem são: configuração inicial, funções de mudança e configuração de saída. A configuração inicial refere-se a um mapa da distribuição da paisagem, o qual pode ser derivado de uma série de dados, incluindo dados históricos obtidos a partir de sensoriamento remoto. A função de mudança surge nos casos em que as paisagens

sejam moduladas em extensões fixas, sem que haja adição ou remoção de extensão territorial. Essa, por sua vez, modifica a configuração de saída de um modelo total, a distribuição de terras em um modelo distribucional e altera os atributos de subáreas em um modelo espacial de paisagem.

Para Baker (1989), uma função de mudança pode usar matemáticas contínuas ou discretas, envolvendo desde uma simples equação linear diferencial, quando o tempo for uma variável contínua, ou ao contrário, uma equação de diferença, até exemplos mais complexos, como a utilização de seqüência de regras de decisão, conjunto complexo de equações não lineares, com interações recursivas ou não. Conforme Soares Filho (1998), o espaço de estados, apesar de poder ser contínuo, em geral, é assumido como uma representação discreta e assim, à medida em que o número de estados aumenta, a capacidade computacional e o requerimento de dados para estes modelos crescem consideravelmente.

Os modelos de mudança que utilizam equações diferenciais são considerados como modelos determinísticos ou modelos baseados em processos. De acordo com Sklar e Costanza (1991), modelos de paisagem baseados em processos simulam a estrutura da paisagem, em primeiro, compartimentando-a em um projeto geométrico, para com isto descrever os fluxos espaciais intercompartimentos, segundo algoritmos de alocação específicos. Para Soares Filho (1998), nesses modelos, em geral, cada célula ou grupo de células (manchas) contém um submodelo distribucional da paisagem. O grupo de modelos distribucionais em mosaico tem sido usado extensivamente na simulação de fenômenos de perturbação em larga escala na paisagem, como no exemplo de fogo, peste e patogenese (Nyerges, 1993, *apud* Soares Filho, 1998). Algumas aplicações dos principais grupos gerais de modelos determinísticos podem ser encontrados em Soares Filho (1998).

Os modelos distribucionais estocásticos de uso do solo foram construídos no passado, tendo como base os processos ou cadeias de Markov, as quais representam uma formalização de modelagem de sistemas que descreve um dado sistema como um processo estocástico. Como acontece na natureza, as cadeias de Markov, de acordo com Soares Filho (*op. cit.*), modelam a dinâmica de uso do solo de uma maneira multi-

direcional, ou seja, parcelas de uso da terra podem teoricamente mudar de uma categoria mutuamente exclusiva para uma outra, em um tempo qualquer.

Conforme Mansilla Baca (2002), as cadeias de Markov pressupõem que: os estados do sistema são discretos; a escala de tempo que rege a transição entre tais estados pode se dar de forma contínua ou discreta; o estado futuro do sistema depende do estado atual e da matriz de transição que descreve a sua dinâmica atual; e a duração ou a probabilidade de transição de estados do sistema se dá segundo uma lei exponencial. Para Soares Filho (1998), um modelo baseado nas cadeias de Markov requer apenas que seja especificado um número finito de estados e que sejam conhecidas as probabilidades de transição, nas quais as variáveis mudam de um estado para outro em um intervalo de tempo discreto.

Segundo Mansilla Baca (2002), para as paisagens com histórias bem documentadas, tais como mapas multitemporais de cobertura do solo, uma série de modelos de Markov de primeira ordem poderia ser derivada, um para cada par de mapas. Se as taxas de mudança são as mesmas através dos períodos de tempo, bastaria só uma matriz e esta é dita estacionária. Por outro lado, matrizes não-estacionárias de transição sugeririam que as regras ou forças de mudança administram a mudança da paisagem com o passar do tempo. A não-estacionariedade sempre ocorrerá quando a projeção de um período de tempo não coincide com o estado da paisagem no próximo período, ou seja, se a projeção baseada nos tempos  $t1$  e  $t2$ , não prediz o estado no momento  $t3$ . Isso ocorre devido o modelo de Markov ser uma descrição empírica completa das mudanças observadas na proporção de elementos da cobertura da paisagem e, por conseguinte, tem que reproduzir as mudanças agregadas para o período para o qual o modelo foi construído.

Algumas limitações na aplicação do modelo markoviano surgem quando um dos períodos de tempo analisados apresentam dependências espaciais, incluindo variações edáficas e microclimáticas medidas em um determinado ponto, tais como, tipos de solos e posição topográfica. Uma outra dependência surge através dos efeitos de vizinhança, onde as transições a um determinado ponto estariam subordinadas aos efeitos de processos contagiantes dos *pixels* que cercam aquele ponto, como o efeito de queimadas e a proximidade de outros usos da terra. Tais complicações implicariam na

reorientação da abordagem da modelagem para um esquema de Markov estendido, em que as probabilidades de transição dos modelos dependeriam não apenas do estado atual do sistema, mas também de outras condições declaradas.

Na predição do estado futuro em um sistema, pode haver casos em que a informação sobre estados anteriores adicionais é precisa. Caso o uso da terra anterior tenha um resíduo (legado) afetando a dinâmica sucessional futura, então o sistema retém uma “memória” de condições antecedentes e assim, a dinâmica não é mais considerada de primeira ordem (Mansilla Baca, 2002). Tais casos conduziriam a um modelo de Markov de uma ordem maior para predizer seu estado no momento  $t$ .

Quando o tempo de permanência das variáveis em cada estado influir nas transições, pode-se ainda adotar modelos semi-markovianos, que também são estocásticos, mas com o tempo de permanência variado. Entretanto, conforme Baker (1989), a não-estacionariedade não exclui o uso da abordagem das cadeias de Markov, haja vista que se as transições não forem realisticamente estacionárias, a estacionariedade pode ser assumida como um dispositivo heurístico para fornecer respostas sobre o que aconteceria se elas o fossem.

Baker (1989) destaca que os modelos de Markov poderiam ser usados para acomodar efeitos de alta ordem, como a influência de variáveis exógenas e endógenas, efeitos espaciais e heterogeneidade da paisagem. No caso de modelos de paisagem, Soares Filho (1998) comenta que as variáveis exógenas poderiam representar fatores socioeconômicos e condições climáticas, enquanto as variáveis endógenas incluiriam fatores como tipos de solos, declividade e regras de locação.

## 2.2.4 GEOTECNOLOGIAS NO APOIO A ESTUDOS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA

Na avaliação e monitoramento dos processos de ocupação em regiões de grande extensão geográfica como a Amazônia, a necessidade de conduzir estudos relacionados às mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra através de ações integradas de investigação são imprescindíveis. A condução desses estudos é justificada adicionalmente, pela falta de instituições e estruturas técnicas e humanas para a avaliação e monitoramento dos processos envolvidos, vislumbrando a natureza holística dos mesmos. Nesse contexto, Sader *et al.* (1990) observam que um conjunto



fundamental de ferramentas para o monitoramento de processos ambientais compreende os dados fornecidos pelo sensoriamento remoto, a administração de dados armazenados em sistemas de informação geográfica e a capacidade sinérgica destas tecnologias para a derivação de novas informações interpretativas através de modelos. Tais ferramentas são particularmente relevantes no âmbito de ambientes tropicais, pois essa interface proporciona uma fonte de informações valiosas sobre estes ecossistemas que vêm sofrendo rápidas mudanças.

Wood e Skole (1998) destacam que o uso de sensores orbitais para medir a magnitude, a velocidade e o padrão das mudanças na cobertura vegetal e no uso da terra tem sido particularmente relevante na Amazônia, uma região muitas vezes de difícil acesso e que vem experimentando altas taxas de desflorestamento. Na Amazônia, a análise de dados históricos através de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento vem sendo realizada como instrumento auxiliar de planejamento regional e de acompanhamento do impacto das atividades de desenvolvimento. Tal abordagem tem a vantagem de permitir, entre outras informações, a caracterização e quantificação dos elementos que compõem a paisagem no contexto de uma série histórica de dados.

Brondizio *et al.* (1993) comentam que, dada a dimensão continental da Amazônia, as análises nas mudanças da cobertura vegetal e do uso da terra precisam ser desmembradas em escalas compatíveis com a sua variabilidade ambiental, social, cultural e econômica. A Figura 2.7 representa a área abrangida pela Amazônia Legal, como vista a partir de um mosaico de imagens TM/ Landsat, onde pode ser constatado o predomínio de áreas com fisionomia florestal (em verde no mapa), que correspondem a cerca de 4 milhões de km<sup>2</sup>.

De maneira geral, as análises da dinâmica da paisagem amazônica envolvem a aplicação de várias técnicas, incluindo a interpretação visual e/ou processamento digital de produtos de sensores remotos, em integração com sistemas de geoprocessamento. No contexto da estimativa, em escala regional, da extensão do desflorestamento em ambientes tropicais, Shimabukuro *et al.* (1998a) destacam que os métodos usuais baseiam-se substancialmente na interpretação visual de imagens TM/ Landsat e a posterior digitalização manual dos dados obtidos em um SIG, como observado em

Skole e Tucker (1993) e INPE (2002). Em menor proporção, são empregadas metodologias alternativas através do processamento digital de imagens, baseadas na classificação *pixel a pixel*, sem a utilização de informações contextuais dos objetos, ou novas abordagens como segmentação de imagens e/ou modelagem (Alves *et al.*, 1996; Shimabukuro *et al.*, 1998a), que têm se mostrado bastante promissoras.

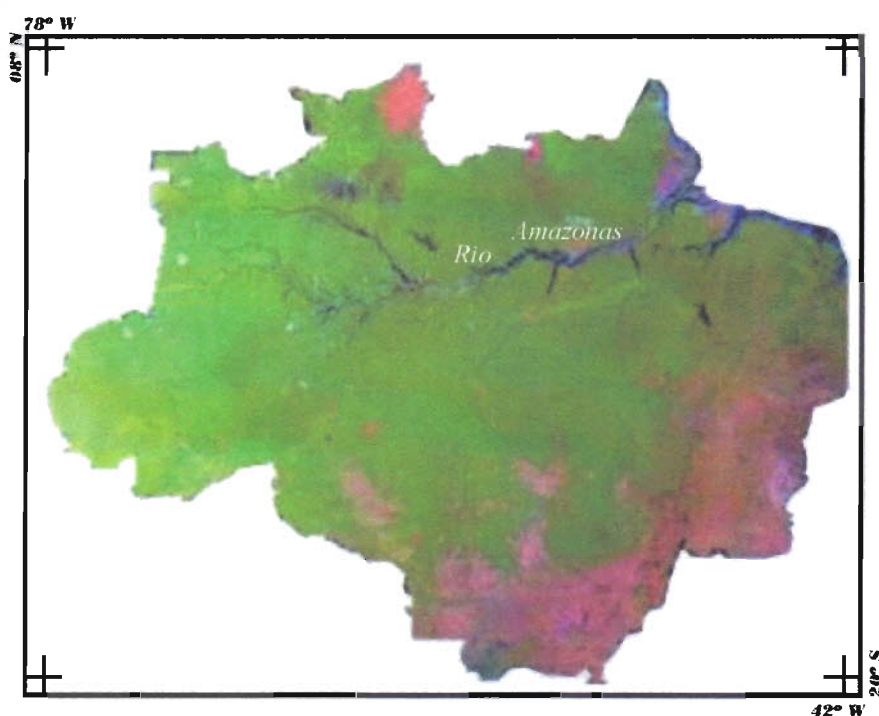


Figura 2.7 - Amazônia Legal visualizada a partir de mosaico de imagens TM/Landsat do ano de 2000 (composição colorida TM 3B-4G-5R).  
FONTE: Modificada a partir de EMBRAPA/ CNPM (2002).

Stone e Lefebvre (1998) salientam que a maioria das estimativas para extensão do desflorestamento em ambientes tropicais úmidos tem sido feitas considerando apenas as áreas efetivamente abertas, isto é, áreas submetidas aos processos de corte e queima da floresta para formação de pastagem e agricultura. Por outro lado, ainda para Stone e Lefebvre (*op. cit.*), grandes áreas submetidas à exploração madeireira não são computadas como áreas antrópicas, em face das limitações atuais das imagens de satélite registrarem este fenômeno.

Um outro aspecto a ser considerado, segundo Skole e Tucker (1993), é que os dados expressos pelo desmatamento bruto encobrem o aspecto da fragilidade biológica

inerente à fragmentação de habitats que é observada nas áreas mais críticas da região. Tais autores quantificaram as áreas onde o habitat foi severamente afetado com respeito à diversidade biológica, verificando que aumentaram de 208.000 km<sup>2</sup> em 1978, para 508.000 km<sup>2</sup> em 1988, ou seja, em torno de 12% da área total da Amazônia Legal, caso fosse considerado o efeito de borda de um quilômetro a partir das áreas desflorestadas.

Conforme Andren (1994), a fragmentação de áreas de floresta implica progressivamente numa redução do tamanho dos fragmentos ou manchas de floresta, num aumento da distância entre os fragmentos, e ainda num aumento de novos habitats, que surgem nas bordas de tais fragmentos. Na zona de borda ocorre uma grande exposição a ventos, diferenças micrometeorológicas acentuadas em distâncias curtas, acesso mais fácil para animais domésticos e caçadores, além de outros efeitos biológicos e físicos. Para Skole e Tucker (1993), o resultado desse processo é uma perda líquida de espécies animais e vegetais nas áreas de borda. Skole e Tucker (*op. cit.*) destacam ainda que a análise espacial da geometria do desflorestamento é crítica para a estimativa da fragmentação da floresta e dos efeitos de borda. Nesse sentido, foi observado que na Amazônia a maior alteração dos habitats resulta da proximidade de áreas desflorestadas.

No contexto da geração de estimativas periódicas da extensão e taxa média do desflorestamento bruto na Amazônia, o trabalho de maior alcance em termos de período de análise vem sendo desenvolvido pelo INPE<sup>6</sup>, a partir da análise das imagens do satélite norte-americano Landsat. De acordo com INPE (2002), com a realização do primeiro levantamento pelo Instituto, abrangendo os anos de 1974 e 1978, a partir de 1988, foram feitos levantamentos anuais com a criação do Projeto de Estimativa do Desflorestamento Bruto da Amazônia (PRODES).

Para as análises relativas ao desflorestamento na Amazônia, que em 2000 chegou a atingir o total de 587.727 km<sup>2</sup>, é importante considerar que do total aproximado de 5 milhões de km<sup>2</sup> creditado para a Amazônia brasileira, cerca de 4 milhões de km<sup>2</sup> estão relacionados a áreas com fisionomia florestal (INPE, 2002). Considerando os dados relativos à extensão do desflorestamento bruto no período de 1978 a 2000 (INPE, 2002), em uma análise sumária, pode-se constatar que os Estados

---

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

que apresentaram as maiores áreas desflorestadas são em ordem decrescente Pará, Mato Grosso e Maranhão, com a particularidade de o primeiro ter atingido um valor superior a 100.000 km<sup>2</sup> já para o ano de 1988. O comportamento observado para os três Estados em questão deve-se, em grande parte, à posição geográfica dos mesmos, nas bordas da grande região (“arco de desflorestamento”), permitindo um fluxo mais agressivo das frentes pioneiras de colonização. Salienta-se que os Estados citados contam com uma malha viária que os conecta diretamente ao Nordeste e ao Centro-Sul do país, sendo ainda bem mais extensa quando comparada com a de outros Estados da região.

Wood e Skole (1998) destacam que numerosos estudos envolvendo o processo de expansão da fronteira na Amazônia têm chamado atenção para as relações entre os conflitos de terras e o desflorestamento. Em um contexto social, como o direito à posse da terra é altamente volátil, os colonos tendem a abrir grandes porções de terra de modo a reforçar o controle das terras reivindicadas. Assim, para Wood e Skole (*op. cit.*), o alto grau de desflorestamento pode, portanto, ser antecipado nas áreas caracterizadas por altos índices de conflito de terras entre grandes proprietários e pequenos colonos.

Fearnside (2001) estima que pelo menos 80% das áreas desflorestadas na Amazônia estão ocupadas com pastagens cultivadas ou constituem vegetação secundária oriunda de áreas de pastagens degradadas e/ou abandonadas, principalmente sob tutela de grandes proprietários de terra. Entretanto, de acordo com os relatórios do IBAMA e INPE (Brasil, 1998), a principal causa dos desflorestamentos mais recentes efetuados na Amazônia é atribuída à conversão da floresta para a produção de pastagens e lavouras temporárias em pequenas propriedades de tamanho inferior a 50 ha.

Considerando-se a taxa média do desflorestamento bruto observada para o período de 1978 a 2000 (INPE, 2002), as taxas médias de desflorestamento bruto que vinham caindo progressivamente na região voltaram a crescer a partir do período de 1991/1992, registrando-se o seu ápice em 1994/1995, ocasião em que foi atingida a taxa média de 29.059 km<sup>2</sup>/ano. McCracken *et al.* (1999) enfatizam que as reduções progressivas nas taxas de desflorestamento observadas na década de 80 constituem um dos reflexos da profunda recessão econômica que o país atravessou no período. Tal afirmação baseia-se em alguns indícios de que há uma relação direta entre a taxa de

desflorestamento em determinado ano e a taxa de crescimento do PIB<sup>7</sup> no período. Assim, nas fases de crescimento mais intenso do País, a atividade econômica na Amazônia também aumenta e a floresta é penalizada.

A partir do período crítico no desflorestamento (1994/1995), houve uma breve tendência das taxas de desflorestamento apresentarem quedas progressivas, entretanto, já entre os anos de 1997/1998 foram observados incrementos significativos (INPE, 2002), que culminaram com a taxa de 18.226 km<sup>2</sup>/ano, definida para o período de 1999/2000. Entretanto, em termos aproximados, a Amazônia brasileira tem sido desflorestada na taxa média de 0,5% ao ano, o que vem sendo atribuído a fatores de diversas naturezas, tais como, construção de estradas e de hidrelétricas, atividades de mineração, programas de colonização, especulação de terras e razões geopolíticas e demográficas.

Segundo INPE (2002), as três maiores taxas de incremento de desflorestamento bruto (km<sup>2</sup>/ano) verificadas a partir do período de 1988/1989 foram registradas de modo contínuo para os três Estados que contemplam os projetos de colonização de maior impacto: Mato Grosso, Pará e Rondônia. Assim, como produto do avanço do conjunto de atividades antrópicas sobre a floresta amazônica, surge uma paisagem formada por um mosaico de pastagens - o uso dominante do solo em áreas desflorestadas - entre remanescentes de florestas primárias e áreas abandonadas, ocupadas por vegetação secundária em vários estágios de sucessão.

Uma outra contribuição aos estudos ambientais na Amazônia foi conduzido por Almeida-Filho e Shimabukuro (2002), visando o monitoramento do processo de formação de áreas degradadas causadas por garimpeiros, para uma região ao norte do Estado de Roraima. Essa avaliação permitiu a identificação de dois períodos distintos: o primeiro (1987-1994), caracterizado pelo aumento das áreas degradadas em torno de 430%, e o segundo (1995-1999), representado pela redução progressiva das mesmas devido ao abandono das áreas de mineração pelos garimpeiros. Os autores também verificaram que o processo de sucessão vegetal foi mais rápido próximo a borda das áreas degradadas, enquanto no centro destas áreas tal processo ocorreu de forma bem mais lenta, devido ao maior impacto das atividades antrópicas.

---

<sup>7</sup> Produto Interno Bruto.

Nos estudos ligados à caracterização e mapeamento da cobertura vegetal na Amazônia a partir da classificação de imagens digitais, tem-se observado, muitas vezes, algumas restrições em estabelecer com precisão, por exemplo, o contato entre tipos fitofisionômicos distintos, tais como floresta de terra firme e várzea. Essas restrições devem-se, em parte, à transição suave entre aqueles dois ambientes, que muitas vezes se interpenetram na natureza, além das limitações inerentes às resoluções dos sensores remotos em operação. Moran e Brondizio (1998) enfatizam que quanto mais homogênea for a área amostrada, o seu mapeamento a partir de imagens digitais será feito potencialmente de forma mais consistente e com alto grau de acurácia, ao passo que para formações vegetais mistas e heterogêneas, tal acurácia dificilmente será obtida.

Segundo Edwards (1990), as classificações temáticas em abordagens tradicionais (*pixel a pixel*) normalmente não produzem tanta informação como poderia ser obtida utilizando fotointérpretes experientes, principalmente quando são aplicados aos dados técnicas de realce. Tal problema reside no fato que, de uma maneira geral, as formações vegetais são caracterizadas por uma larga variabilidade espectral e padrões texturais locais e por um complexo ecossistema que impede que sejam feitas análises e interpretações simplistas. Apesar dos problemas citados anteriormente, têm sido efetuados esforços no sentido de melhorar a acurácia global dos algoritmos de classificação através de abordagens alternativas como a classificação pós-segmentação, envolvendo o emprego de bandas sintéticas derivadas de modelo de mistura espectral e de índices de vegetação (Thales, 2001; Shimabukuro *et al.*, 1998b).

Em uma paisagem agrícola os alvos mais marcantes correspondem à vegetação e ao solo, os quais alternam-se em graus de importância neste ambiente. A cobertura vegetal dentro desse contexto é representada pelos alvos cultura agrícola, pastagem e vegetação secundária, e, em menor proporção, pelas formações naturais que compreendem vários tipos fitofisionômicos distintos. Os solos, particularmente importantes nas suas feições superficiais, são considerados em relação à influência de seus atributos intrínsecos e ao nível de ambiente, na medida em que é um dos fatores condicionantes da vegetação.

O mapeamento de áreas agrícolas na Amazônia sofre algumas limitações devido às características inerentes à pequena agricultura, como o tamanho reduzido das

áreas cultivadas, o emprego da prática de consórcio (cultivo misto) e o uso da terra de forma itinerante. Assim, no caso das imagens TM/Landsat, a resolução espacial de 30 m dificulta a detecção de algumas áreas cultivadas e a correlação existente entre uma cultura específica e a sua correspondente feição espectral. Para Moran e Brondizio (1998), mesmo com as limitações de resolução espacial dos sensores em operação, que podem mascarar o padrão complexo de uso da terra, o entendimento antropológico e geográfico da dimensão e da distribuição espacial das áreas agrícolas permite inferir e interpretar os padrões de cobertura do solo que são espectralmente distinguíveis.

Como geralmente as datas das imagens para a Amazônia passíveis de serem analisadas, em função principalmente da baixa taxa de cobertura de nuvens, referirem-se ao segundo semestre do ano, vale salientar que as culturas de ciclo anual serão encontradas predominantemente na fase de pós-colheita. Dessa forma, em função do calendário agrícola tradicional da região, o comportamento espectral dessas áreas cultivadas será afetado de modo significativo pelo componente solo. Por outro lado, Moran e Brondizio (1998) destacam que poucas análises têm tentado e destas poucas tiveram êxito, para distinguir espectralmente tipos distintos de culturas, pastagens e plantios agroflorestais através de imagens orbitais. Edwards (1990) e Belaid *et al.* (1992) comentam que embora os classificadores baseados no *pixel* tenham sido úteis para a discriminação da maioria das culturas em regiões de extensas superfícies cultivadas, o mesmo não pode ser dito para as regiões de pequena agricultura, que constituem a realidade em muitas áreas do planeta.

Apesar das limitações apontadas anteriormente, vale salientar que alguns trabalhos, entre os quais citam-se Brondizio *et al.* (1993), Alencar *et al.* (1996) e Watrin *et al.* (2000), têm demonstrado a possibilidade de caracterizar e mapear elementos componentes da paisagem agrícola na Amazônia. Nesse contexto, é importante a possibilidade de discriminação de estágios da sucessão secundária e de degradação de pastagens, elementos estes de maior representatividade do uso da terra em áreas sob diferentes graus de pressão antrópica na região.

Para Wood e Skole (1998), os dados de satélite de alta resolução fornecem uma base empírica forte para medir a magnitude e a configuração espacial de desmatamentos, porém, estes dados não explicam as causas das aberturas de origem

antrópica na floresta. Dessa forma, além de se buscar refinar tais medidas, é indispensável considerar que as explicações e projeções efetivas de mudanças na cobertura vegetal dependem da capacidade de modelar em conjunto os determinantes sociais dos desmatamentos.

Nesse contexto, uma contribuição aos estudos ambientais na Amazônia a partir do uso do sensoriamento remoto orbital, consiste em permitir a discriminação indireta de estruturas e processos sociais pela análise de padrões de uso da terra da área imageada. Assim, para Moran e Brondizio (1998), o entendimento das relações espectrais e estruturais dos alvos que compõem uma paisagem agrícola constitui uma ferramenta poderosa para o entendimento do uso da terra e dos ciclos agrícolas das comunidades rurais, concorrendo desta forma para socializar o *pixel*.

Batistella (2001) trabalhou em áreas do noroeste do Estado de Rondônia para avaliar o papel da estrutura espacial e institucional na dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra e seus reflexos no contexto da paisagem, valendo-se da interface sensoriamento remoto e SIG, além de métodos de ecologia da paisagem. Os resultados indicaram que a presença de reservas comunais tem um papel importante na manutenção de baixos níveis de fragmentação de áreas florestais, proporcionando um aumento de 15% na taxa de estabilidade das mesmas em um período de dez anos. Foi também verificado, a partir da análise da estrutura da paisagem, que o assentamento que não obedece o padrão ortogonal da colonização tradicional (“espinha de peixe”) é menos fragmentado, mais complexo e mais disperso.

Brondizio *et al.* (1993) e Moran *et al.* (1994) verificaram as vantagens do uso integrado de dados TM/Landsat e informações coletadas no campo para a análise multitemporal da vegetação e uso da terra em diferentes áreas do Estado do Pará. Para isso concorreram a modelagem de assinaturas espectrais dos alvos de interesse e os dados oriundos de GPS<sup>8</sup>, levantamento florístico-estrutural da vegetação e reconstrução etnográfica do uso da terra. Os trabalhos desenvolvidos dentro dessa abordagem mostraram-se importantes para documentar o papel dos ciclos de desenvolvimento de comunidades rurais na configuração das trajetórias do

---

<sup>8</sup> Sistema de Posicionamento Global por Satélites.



desflorestamento e do uso da terra, além de possibilitarem conhecer a atuação de tais comunidades no manejo dos recursos florestais da região.

Com o objetivo de desenvolver um modelo espacial de simulação de mudanças na paisagem, Soares Filho (1998) selecionou uma área situada na fronteira de colonização amazônica no norte do Estado de Mato Grosso. Os resultados indicaram que é possível desenvolver modelos baseados em ambiente de um SIG que simulem a gênese e o desenvolvimento dos padrões espaciais gerados pela dinâmica da paisagem. Adicionalmente, foi verificado que as variáveis espaciais identificadas nos produtos de sensoriamento remoto orbital, em conjunto com outros dados auxiliares, podem indicar como e onde estão ocorrendo as mudanças na paisagem.

### 2.2.5 DINÂMICA DA PAISAGEM NA AMAZÔNIA ORIENTAL

No tocante à avaliação do processo de desflorestamento nos Estados que compõem a Amazônia Legal (INPE, 2002), o Estado do Pará apresentou, durante toda a década de 1990, a maior extensão de desflorestamento bruto em área e assumiu no período 1999/2000, a maior taxa de incremento anual do desflorestamento (6.671 km<sup>2</sup>/ano). Tais mudanças na paisagem em virtude da extensão geográfica, das pequenas variações edafoclimáticas e, sobretudo, do histórico e da forma de ocupação, que imprimiram por sua vez sistemas de uso da terra diferenciados, não se processaram de maneira homogênea no espaço em questão, gerando algumas áreas mais críticas quanto às modificações ambientais (Figura 2.8). A seguir, são apresentados alguns trabalhos de dinâmica da paisagem desenvolvidos no âmbito dessas áreas, a partir da utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento.

A microrregião Bragantina, no nordeste paraense, representa uma das regiões mais antigas de ocupação humana na Amazônia e constitui um exemplo bem representativo da transformação de paisagens florestais em áreas com grau de antropização acentuado. Alencar *et al.* (1996) e Watrin *et al.* (1996) analisando a dinâmica do uso da terra em diferentes áreas da microrregião Bragantina verificaram que o inexpressivo remanescente florestal encontra-se restrito às margens dos principais rios e igarapés, muito embora, empobrecido por diversos processos de utilização. A unidade dominante na paisagem, segundo esses autores, corresponde às formações

denominadas genericamente de vegetação secundária (capoeiras), em vários estágios de sucessão e com estrutura e densidade variáveis. Foi verificado que a dinâmica da cobertura vegetal nessa região, tende a uma maior relação de uso e troca entre as áreas de vegetação secundária mais novas e as classes de agricultura e pastagem, deixando preferencialmente as classes com feições florestais aptas para regeneração.

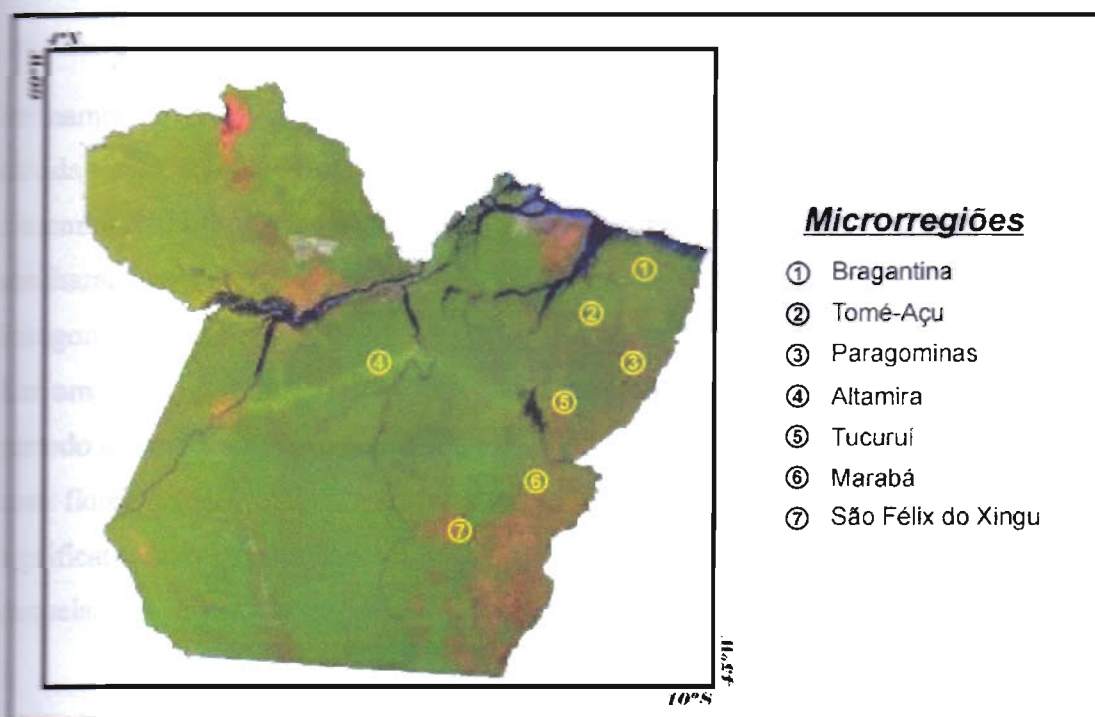


Figura 2.8 - Mosaico de imagens TM/ Landsat destacando as áreas críticas no Estado do Pará quanto às modificações ambientais.

FONTE: Modificada a partir de EMBRAPA/ CNPM (2002).

A microrregião de Tomé-Açu, também localizada no nordeste paraense, apresenta uma certa peculiaridade, pois foi colonizada com maior intensidade a partir da década de 30 por imigrantes japoneses que desenvolveram atividades agropecuárias em bases tecnológicas mais avançadas. Trabalhando em áreas do município de Tomé-Açu, Watrin *et al.* (2000) verificaram que, apesar de apresentar um padrão de ocupação das terras distinto daquele desenvolvido na microrregião Bragantina, foram observadas algumas semelhanças no que tange à distribuição entre as classes de uso da terra, com a particularidade das áreas com floresta primária serem mais expressivas. Ainda no tocante à floresta primária, foi verificado que para o período considerado (1991-1995)

mais da metade do total das áreas identificadas como esta classe permaneceram estáveis, denotando que as áreas de reserva vêm sendo relativamente preservadas. Tais resultados são porém inferiores aos valores de estabilidade observados para outras áreas do nordeste paraense com reservas florestais mais limitadas, como na microrregião Bragantina (Watrin *et al.*, 1996), haja vista que os remanescentes estão circunscritos, principalmente, às margens da rede hidrográfica.

A microrregião de Paragominas tem o seu histórico de colonização intimamente ligado à consolidação da rodovia Belém-Brasília na década de 60 e não há dúvida que o surto de migração e a atividade econômica estimulada a partir de então, disseminou, de forma indiscriminada, o desmatamento na região. Barroso *et al.* (1993) analisaram as mudanças no uso da terra em projetos de colonização na região de Paragominas, enfocando as transformações antrópicas ocorridas na cobertura florestal. Em uma área de colonização mais antiga, as mudanças no uso da terra durante um período de sete anos, foram mais evidentes, registrando-se que quase metade das áreas com floresta (51,4%) permaneceram estáveis. Foram ainda verificados, incrementos significativos das áreas abertas visando à formação de pastagens e agricultura, além daquelas ocupadas com vegetação secundária, consideradas como áreas degradadas.

O processo de ocupação oficial na região da rodovia Transamazônica começa a se concretizar a partir de 1971, com a primeira experiência efetiva de colonização dirigida às suas margens. Moran *et al.* (1993; 1994) utilizaram imagens de satélite de 1985 e 1991 para avaliar a dinâmica da paisagem em duas áreas amostrais distintas localizadas a oeste da cidade de Altamira, na região da rodovia Transamazônica. Em ambos os casos, para o período analisado foi verificado que as áreas florestais constituíram sempre a unidade de mapeamento dominante, observando-se em uma das áreas enfocadas uma redução de 7%, ou seja, um pouco mais de 1% ao ano, taxa esta considerada compatível com as taxas de desflorestamento em geral observadas na Amazônia. Considerando as áreas abertas, foi registrado sempre a dominância da vegetação secundária (nunca inferior a 11% do total), enquanto as classes pastagem e agricultura, apresentaram contribuições mais modestas, com a particularidade de terem comportamento variável de acordo com a área enfocada.

Entrando em funcionamento em novembro de 1984, a hidrelétrica de Tucuruí ainda hoje é considerada um dos grandes marcos de desenvolvimento na Amazônia, tendo promovido, na microrregião de mesmo nome, além de grandes transformações na sua conjuntura socioeconômica, mudanças significativas na paisagem. Um estudo na região sob influência da UHE Tucuruí foi conduzido por Mere e Braga (1988), para avaliar o potencial de utilização de imagens (Landsat MSS e TM) como instrumento de planejamento regional (urbano e rural). Na análise histórica do uso da terra no período 1976 a 1986 foi verificada a complexidade dos impactos no uso do solo causados pela implantação de usinas hidrelétricas na Amazônia.

O sudeste do Estado do Pará corresponde a uma das regiões mais críticas no que tange as alterações da cobertura vegetal na Amazônia, na medida em que serviu de polo de atração de importantes projetos de desenvolvimento implementados pelo governo federal. Assim, a região, devido à melhoria da infra-estrutura e a posição geográfica, recebeu um fluxo migratório crescente a partir da década de 80, que contribuiu sobremaneira para que grandes áreas florestais fossem desmatadas.

Visando caracterizar diferentes tipos de cobertura vegetal e uso da terra em uma área de 2.000 km<sup>2</sup> com predomínio de atividades pecuárias, Pereira *et al.* (1998) puderam constatar a importância que vem assumindo na microrregião de Marabá as áreas com capoeira e babaquais. A primeira denota a baixa estabilidade do sistema utilizado, devido, principalmente, à perda da produtividade do solo, enquanto a segunda serve de indicativo de perturbação da floresta original por atividades antrópicas.

Um outro exemplo emblemático na mesorregião do Sudeste Paraense é representado pelo "Polígono dos Castanhais", onde foram realizados levantamentos pela SUDAM (IDESP, 1992a) e pela EMBRAPA (Sampaio *et al.*, 2000) visando o monitoramento das alterações da cobertura vegetal. Nesses trabalhos foi verificado que o ritmo do desflorestamento vem se mantendo de forma acelerada, a despeito dos resultados obtidos terem sido baseados em produtos, técnicas e escalas diferentes. Assim, para Sampaio *et al.* (*op.cit.*), grandes extensões de floresta primária foram arrasadas em detrimento do avanço da fronteira agropecuária, sendo que, aproximadamente, 70% da área do Polígono até 1997 foi desflorestada e quase 40% de

sua área total, ocupada por pastagens, cujo incremento no período 1984-1997 foi proporcional ao verificado para as áreas de vegetação secundária.

Mertens *et al.* (2002) analisando áreas contrastantes na microrregião de São Felix do Xingu, observaram a partir de modelagem, o efeito de diferentes variáveis, tais como o acesso aos mercados ou proximidade de estradas, nas trajetórias de mudança no uso da terra. Foi verificado que a estrada principal tem maior influência nos primeiros momentos do processo de colonização, cuja implantação surge como resposta ao aumento da demanda por mercados distantes; por outro lado, os desmatamentos mais recentes tendem a ser associados ao crescimento da rede de estradas secundárias. Mertens *et al.* (2002) destacam ainda que a dinâmica do uso da terra e as estratégias dos atores sociais envolvidos neste processo, em particular à conversão de áreas florestais em pastagens, é influenciado sobremaneira por uma miríade de fatores socioeconômicos, porém com respostas individualizadas de acordo com a categoria dos produtores, o tipo de assentamento e o período específico de tempo analisado.

A Amazônia, segundo Homma *et al.* (2000), tem sido, ao longo destas últimas três décadas, o repositório de problemas de outras regiões do País, que redundaram em grande custo social e ambiental, advindo daí a necessidade de frear ou reduzir o ímpeto de determinadas políticas públicas que impliquem em fortes correntes migratórias para a região. Para o mesmo autor, a redução do desmatamento na Amazônia depende da definição sobre o que se quer para a região e da resolução de grandes problemas sociais e econômicos do país, uma vez que a Amazônia reflete o estado orgânico da nação.

## CAPÍTULO 3

### CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

---

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E EXTENSÃO GEOGRÁFICA

As áreas de estudo correspondem a três projetos de assentamentos rurais localizados na mesorregião do Sudeste Paraense (Figura 3.1): o PA Lago Azul e o PA Agroextrativista Praialta e Piranha, ambos em área do município de Nova Ipixuna (microrregião de Tucuruí), e o PA São Francisco, no município de Eldorado dos Carajás (microrregião de Parauapebas). As áreas em questão constituem polígonos irregulares de tamanhos variados: o PA Agroextrativista Praialta e Piranha com área de 28.586,25 ha, situado entre as latitudes 04°43'55" e 04°58'17" S e longitudes 49°13'38" e 49°24'37" WGr. (Figura 3.2); o PA Lago Azul, com 3.244,32 ha, localizado entre as latitudes 05°12'05" e 05°15'30" S e longitudes 49°09'22" e 49°13'50" WGr. (Figura 3.3); e o PA São Francisco com uma área de 7.549,92 ha, entre as latitudes 05°49'10" e 05°56'11" S e as longitudes 49°09'04" e 49°16'02" WGr (Figura 3.4).

A rede hidrográfica é formada pelo rio Tocantins e seus tributários, sendo neste contexto mais importantes o igarapé Piranha e o rio Vermelho, além da parte sudeste do lago formado pela hidrelétrica de Tucuruí. Por sua vez, a malha viária existente está subordinada à influência da rodovia PA-150, que corta toda a porção leste do Estado do Pará no sentido norte-sul.

Vale salientar que a Amazônia Oriental, em particular a mesorregião do Sudeste Paraense, pelas suas características de ocupação humana e desenvolvimento agrícola significativos, reveste-se como área de grande interesse da pesquisa para a condução de estudos da dinâmica do uso da terra, como a forma definida neste trabalho. Por sua vez, os três projetos de assentamento rural selecionados para amostragem apresentam épocas de ocupação e sistemas de uso da terra diferenciados, com representatividade na paisagem do sudeste do Estado do Pará, proporcionando assim traçar paralelos que permitam auxiliar na compreensão da problemática envolvida no trabalho em questão.



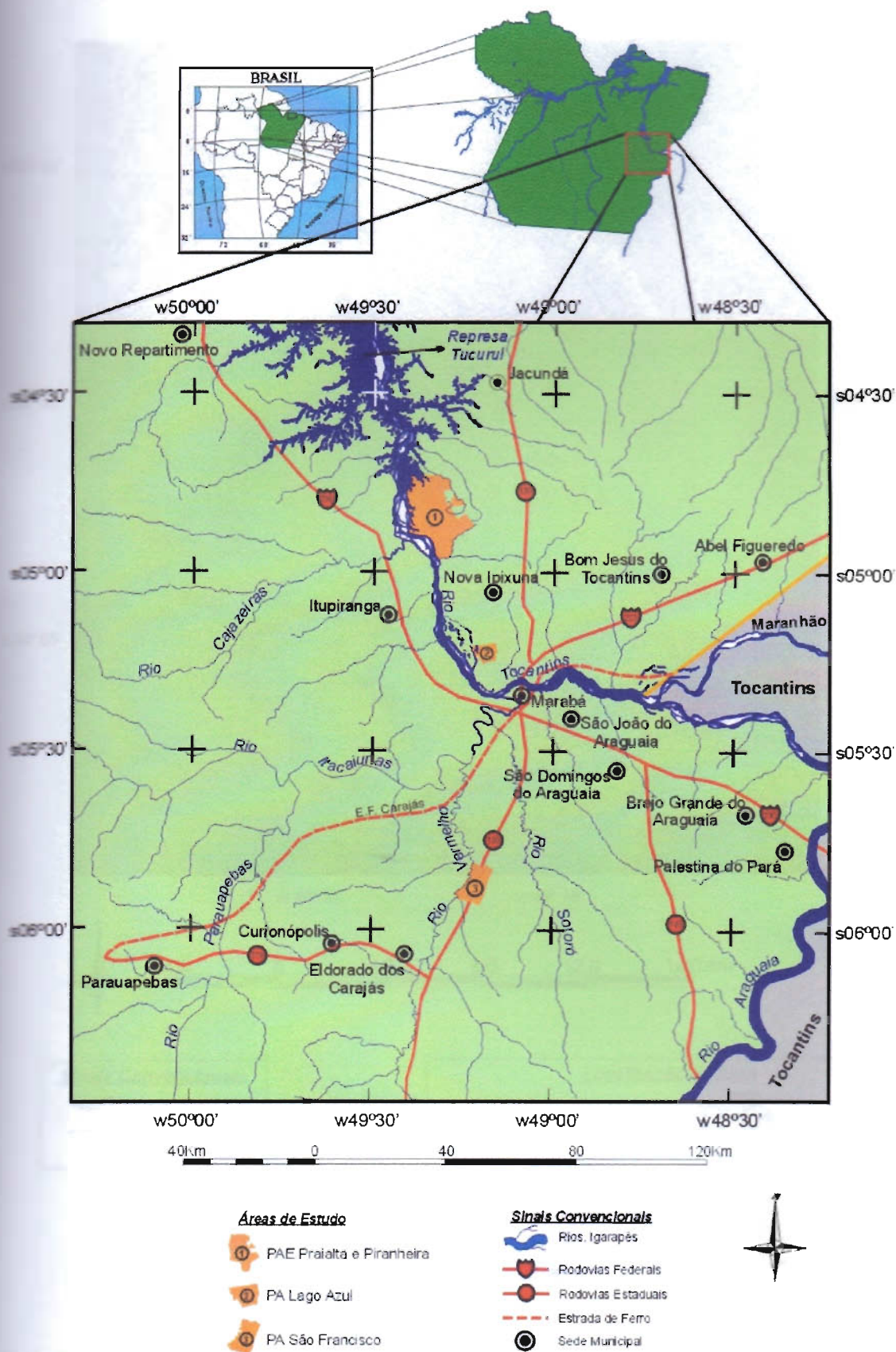
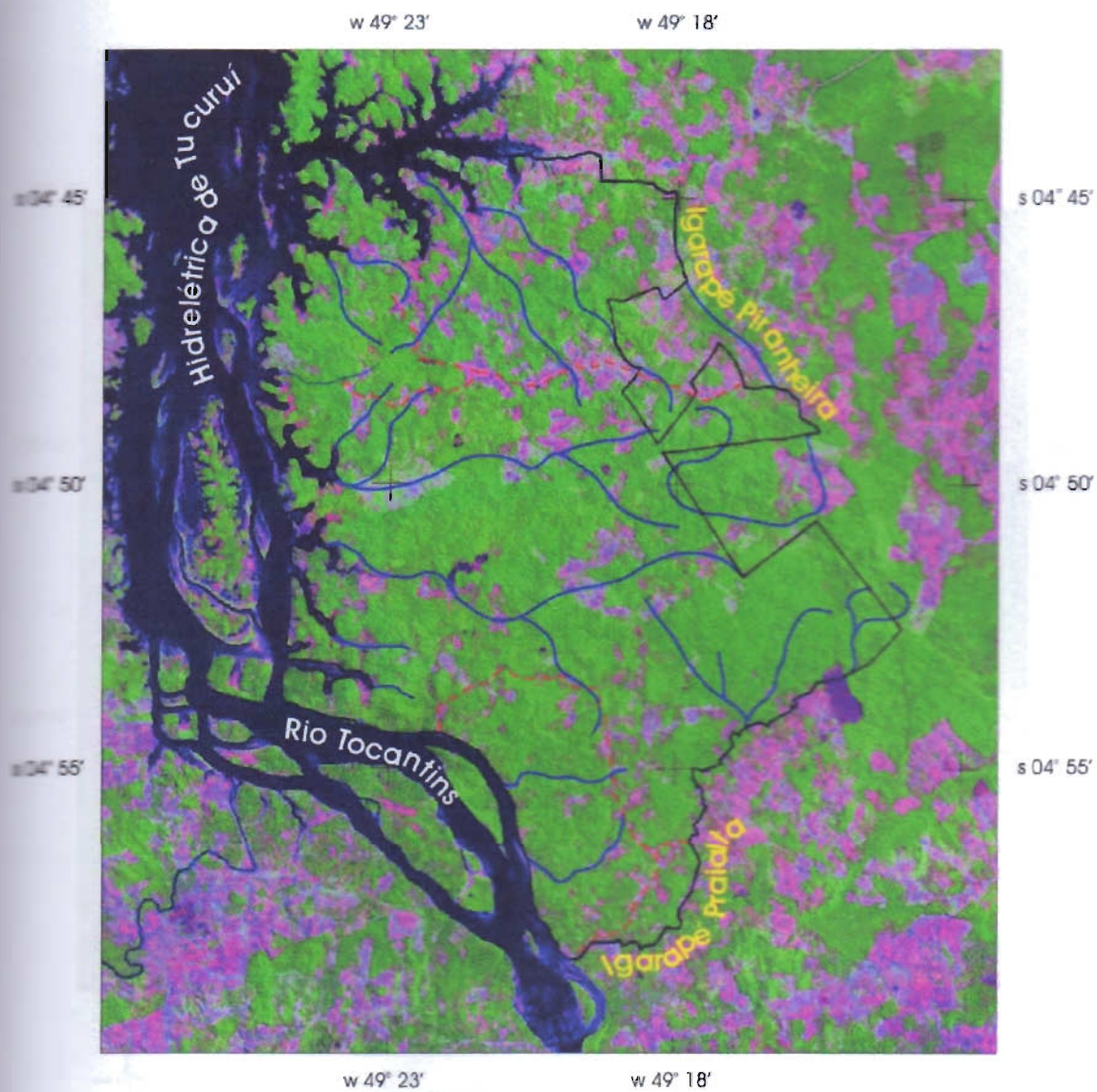


Figura 3.1 - Localização das áreas de estudo.



4.0      0      4.0      8.0      12.0      16.0 Km

**Sinais Convencionais**

-  Rios, Igarapés
-  Limite do PA
-  Ramais

**Localização da Área**



Figura 3.2 - Mapa do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia/O e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.



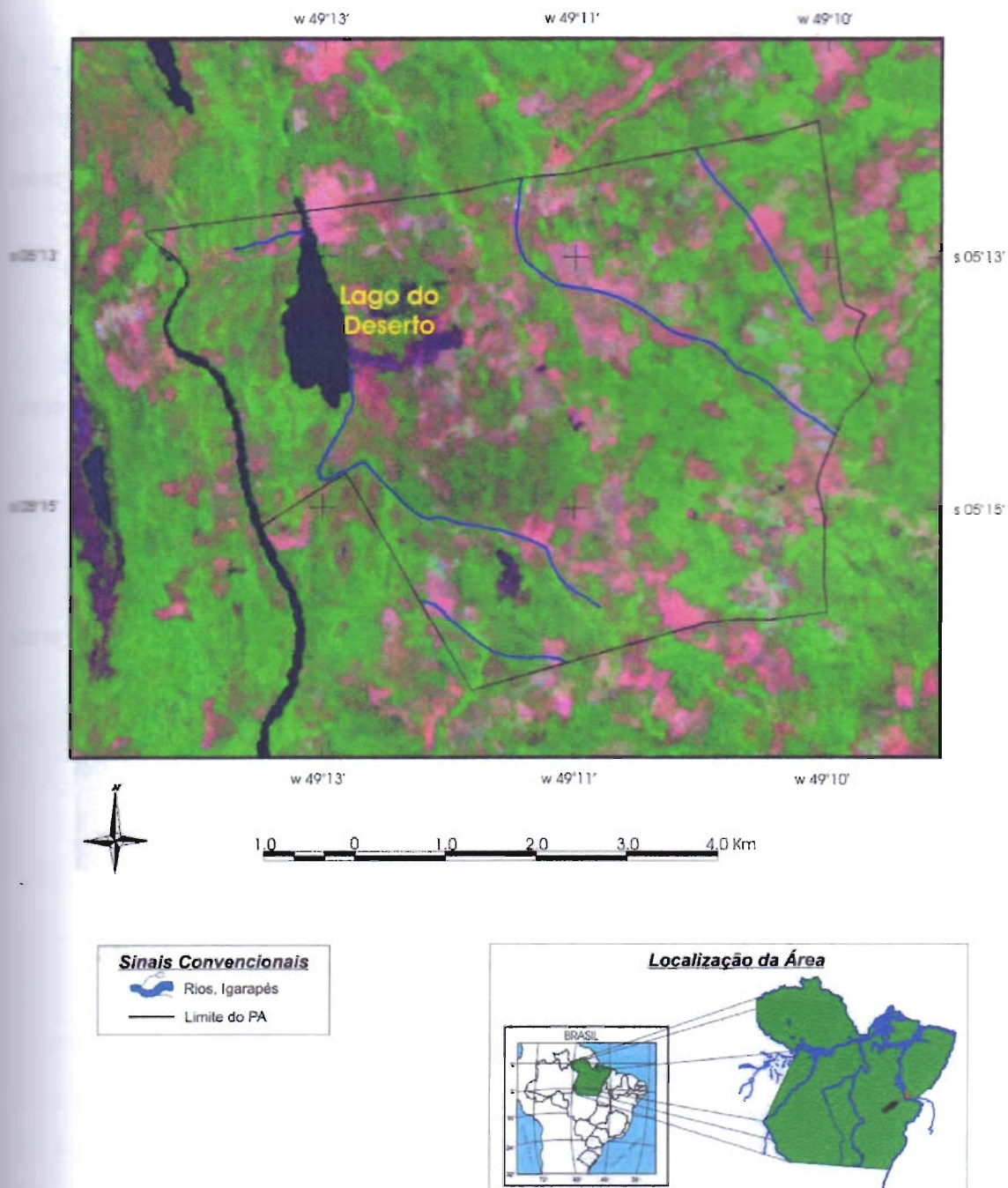


Figura 3.3 - Mapa do Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

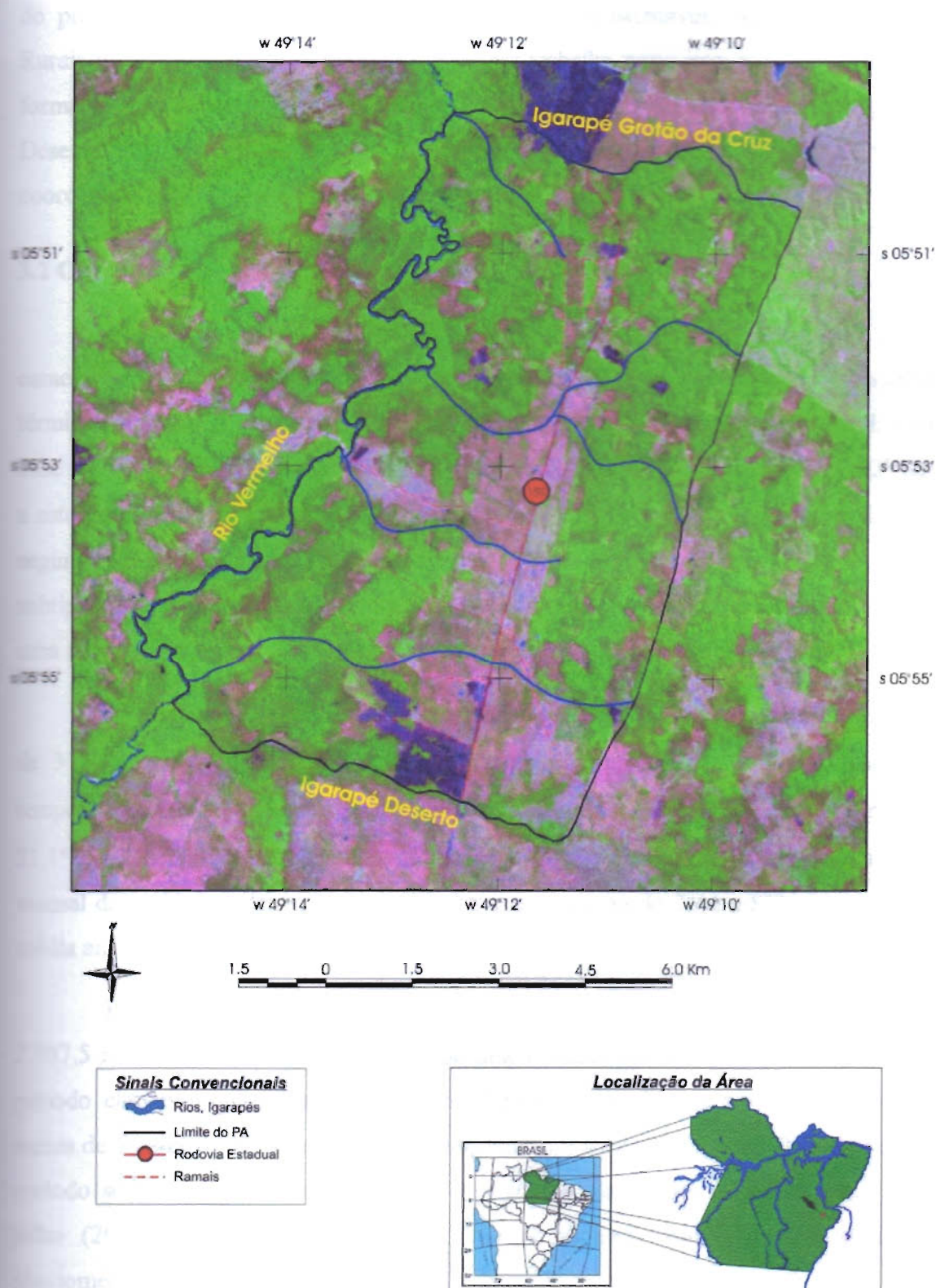


Figura 3.4 - Mapa do Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

Os projetos de assentamentos rurais em estudo constituem áreas de abrangência do projeto de pesquisa "Alternativas Tecnológicas Sustentáveis para Assentamentos Rurais no Sudeste Paraense", sendo o presente trabalho parte integrante do mesmo, na forma de ação de pesquisa. Tal projeto de pesquisa, financiado pelo Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB), é coordenado pela Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará.

### 3.2 CLIMA

Em linhas gerais, o clima da região onde estão inseridas as áreas de estudo caracteriza-se pela temperatura e umidade em geral elevadas, com pequenas variações térmicas espacial e temporal, e considerável flutuação pluviométrica temporal. Com base na análise da série de dados relativos ao período de 1973-1990 (Brasil, 1992) para a estação meteorológica de Marabá ( $\cong 05^{\circ}21'00''$  S e  $49^{\circ}09'00''$  W), o tipo climático segundo a classificação de Köppen é enquadrado no grupo A, como tropical chuvoso, subtipo Aw, com índices pluviométricos anuais relativamente altos e observância de uma nítida estação seca, sendo a precipitação média no mês mais seco inferior a 60 mm.

A média anual da temperatura corresponde a  $26,1^{\circ}\text{C}$ , sendo a máxima em torno de  $31,7^{\circ}\text{C}$ , a mínima de  $22,1^{\circ}\text{C}$  e média compensada de  $26,1^{\circ}\text{C}$ . Com relação às temperaturas médias mensais, as máximas variam de  $30,5^{\circ}\text{C}$  a  $33,4^{\circ}\text{C}$ , as mínimas de  $21,1^{\circ}\text{C}$  a  $22,6^{\circ}\text{C}$  e as médias compensadas de  $24,3^{\circ}\text{C}$  a  $26,8^{\circ}\text{C}$ . Por outro lado, a média mensal da umidade relativa do ar apresenta uma variação de 76% a 87%, sendo que a média anual situa-se próximo a 82%.

Para a precipitação pluviométrica, foi registrado um total médio anual de 2.087,5 mm, distribuídos em períodos de alta e baixa pluviosidade (Figura 3.5). No período chuvoso, entre dezembro e abril, foram observados os maiores índices nos meses de fevereiro (357,0 mm), março (386,9 mm) e abril (298,8 mm). Por sua vez, no período seco, compreendido entre maio a novembro, os meses de junho (34,4 mm), julho (20,6 mm) e agosto (22,4 mm) foram aqueles com os menores índices pluviométricos.



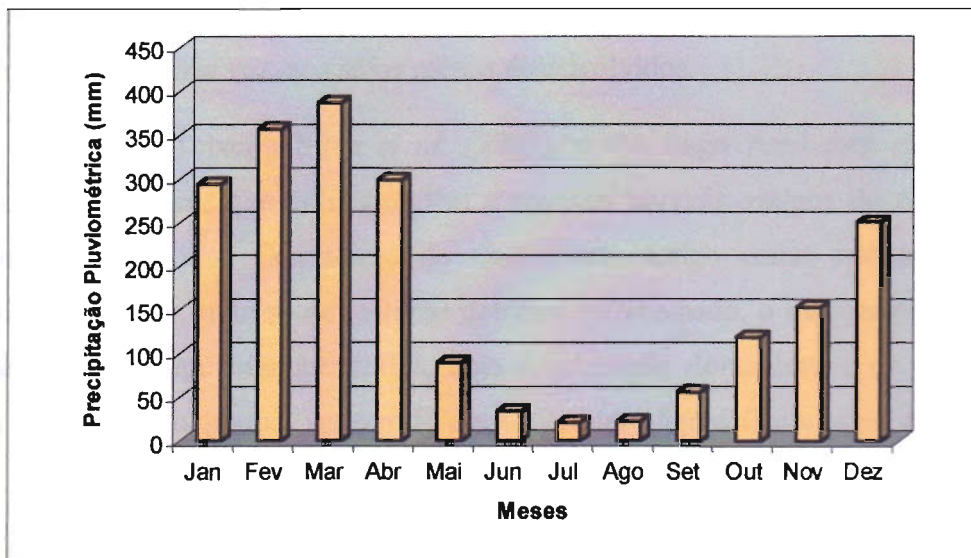


Figura 3.5 - Distribuição média mensal da precipitação pluviométrica para a estação meteorológica de Marabá, PA, no período de 1973-1990.  
 FONTE: Departamento Nacional de Meteorologia (Brasil, 1992).

### 3.3 GEOLOGIA

De acordo com o levantamento do Projeto RADAMBRASIL (Galeão da Silva *et al.*, 1974), na região onde estão inseridas as áreas de estudo a unidade dominante do ponto de vista geológico é representada pelo Grupo Tocantins, do Pré Cambriano Médio a Superior, sendo constituída principalmente por filitos, clorita xistos, clorita-sericita, calco-muscovita-clorita xistos, metagrauvacas conglomeráticas, quartzitos e itabiritos. Em pequenas áreas, aparecem ainda as unidades Complexo Xingu, do Pré-Cambriano Inferior a Médio, e uma cobertura sedimentar recente do Quaternário (Holoceno), denominada genericamente de Aluvião. O Complexo Xingu é constituído em maior expressão por granitos, gronodioritos, migmatitos, dioritos, quartzodioritos, granulitos, amphibolitos, quartzitos, xistos e gnaisses, enquanto a unidade Aluvião compreende depósitos aluviais consolidados de granulometria variada.

Conforme Silva (2003), a maior parte da área do PA Agroextrativista Praialta e Piranha pertence à formação do Pré-Cambriano (Grupo Tocantins), cujos elementos constituintes contribuem como material de origem dos solos mais desenvolvidos. Em menor proporção, próximo à calha do rio Tocantins, ocorre material sedimentar

aluvionar, constituído de cascalhos, areias, siltes e argilas pertencentes ao Holoceno, dando origem, por sua vez, aos solos menos desenvolvidos.

Segundo Teixeira Silva *et al.* (2002), o PA Lago Azul está situado sobre terrenos sedimentares que correspondem a terraços aluviais antigos do rio Tocantins (maioria) e coberturas Cenozóicas do Quaternário antigo como embasamento dos primeiros. Portanto, trata-se de material detrítico retrabalhado, o que impõe a presença de materiais bastante intemperizados, cuja constituição dominante é de minerais de argila (caulinita) e o quartzo, que conferem um caráter oligotrófico a estes sítios.

Silva *et al.* (2002) destacam que para o PA São Francisco, no geral, dominam uma formação de metasedimentos pelíticos (finos) localmente psamíticos (mais arenosos e grosseiros) com maior ou menor quantidade de quartzitos de veios muito fraturados, como xistos e filitos da unidade geológica denominada de Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, pertencente ao Pré-Cambriano.

### 3.4 GEOMORFOLOGIA

Silva e Carvalho (1986) destacam que a região de interesse encontra-se sob domínio da Depressão Periférica e Planalto Dissecado do Sul do Pará, sendo a primeira unidade, a de maior relevância. A Depressão Periférica do Sul do Pará compreende uma superfície de relevo baixo, estendendo-se por áreas com altitudes entre 125 a 190 m, esculpida em rochas do Pré-Cambriano. Ainda de acordo com Silva e Carvalho (*op. cit.*), a litologia paleozóica de tal unidade caracteriza-se por formas colinosas em retomada de erosão, sendo que no pediplano foi originado vales pouco encaixados, em grandes áreas de relevos residuais, agrupados ou dispersos em forma de *inselbergs*. Por outro lado, o Planalto Dissecado do Sul do Pará é formado por maciços residuais de topo aplainado e conjuntos de cristas e picos interpenetrados por faixas de terrenos rebaixados, com altitudes variando entre 500 e 600 m.

Para Silva (2003), a área do PA Agroextrativista Praialta e Piranha está inserida na unidade morfo-estrutural Depressão Periférica do Sul do Pará, apresentando aplainamentos e dissecações em colinas por retomada de erosão no Holoceno. Em menor proporção, são também observadas áreas de relevo forte ondulado dissecado.

De acordo com Teixeira Silva *et al.* (2002), as formas de relevo predominantes para o PA Lago Azul são as planícies aluviais e, particularmente, a existência de um microrrelevo originado de atividades biológicas muito intensas. Dessa forma, dominam os processos pedogenéticos de hidrólise e de gleisação, haja vista que a influência do lençol freático é marcante em boa parte da área.

Na área do PA São Francisco, segundo Silva *et al.* (2002), podem ser identificadas formas de dissecação em colinas e espigões, como superfícies residuais de um planalto dissecado. A influência de processos neotectônicos (em idades geológicas do Terciário e Quaternário) atesta a predominância de processos erosivos que favorecem a morfogênese e um relevo de suave ondulado a muito ondulado, em detrimento da pedogênese. Para Silva *et al.* (*op. cit.*), somente à sudoeste da área do PA é que podem ser encontradas superfícies mais estáveis (pequenos platôs) e um relevo plano, caracterizado por um material retrabalhado de coberturas Cenozóicas.

### 3.5 SOLOS

De maneira geral, os solos das áreas de estudo são caracterizados por apresentarem-se quimicamente pobres (baixa saturação de bases trocáveis e alta saturação de alumínio permutável) e boas propriedades físicas (profundos e bem drenados). As classes de solo apresentam alta relação com as condições do relevo e da litologia das diversas formações geológicas.

Na área do PA Agroextrativista Praialta e Piranha, Silva (2003) destaca que há dominância dos Argissolos Amarelos distróficos, de textura binária média/ argilosa, em relevo suave ondulado, sendo também observadas associações com Latossolos Amarelos distróficos, de textura média a argilosa, com intrusões de Neossolos Quartzarênicos distróficos típicos, em relevo plano. Nas áreas com relevo forte ondulado, ocorre Neossolo Litólico distrófico típico associado ao Cambissolo Háplico distrófico cascalhento de textura argilosa. Em áreas de relevo ondulado, esse último tipo de solo aparece associado ao Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura binária (média/ argilosa). Nas áreas deprimidas (várzeas), ocorrem os Neossolos Quartzarênicos hidromórficos típicos e os Gleissolos Háplicos distróficos típicos.

Segundo Teixeira Silva *et al.* (2002), os solos dominantes na área do PA Lago Azul são os Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico e o Neossolo Quartzarênico Órtico hidromórfico, sendo este último situado na várzea em relevo plano. Representando as superfícies residuais mais antigas, aparece o Latossolo Amarelo distrófico típico, de textura média a argilosa, que ocupa as partes mais altas do relevo em terraços antigos (planos). Nos baixios e na transição com a terra firme ocorrem, respectivamente, os Gleissolos Háplicos distróficos e os Neossolos Flúvicos associados aos Plintossolos Háplicos.

Para a área do PA São Francisco, Silva *et al.* (2002) salientam que os solos mais representativos são os Argissolos Vermelho-Amarelos associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos argissólicos e aos Cambissolos Háplicos. Com ocorrência mais restrita, aparecem nos baixios os Gleissolos Háplicos e os Neossolos Flúvicos.

A partir das ocorrências dos solos em cada uma das áreas de estudo, a seguir é feita uma caracterização dos mesmos, tomando-se por base os trabalhos desenvolvidos por Silva *et al.* (2002), Teixeira Silva *et al.* (2002) e Silva (2003).

- Latossolo Amarelo Distrófico: São solos minerais, muito profundos, excessivamente a bem drenados, com estrutura pequena e média granular, em bloco subangular, de desenvolvimento fraco a moderado, com textura média a argilosa e seqüência de horizontes A, AB, Bw e C. Apresentam-se sob as cores bruno a bruno-amarelado no horizonte A, passando a bruno-amarelado e amarelo nos horizontes Bw e C, respectivamente.
- Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico: São solos com características muito semelhantes ao grupo anterior, tendo porém como particularidade, a seqüência de cores nos horizontes, sendo bruno a bruno-amarelado no horizonte A, passando a bruno amarelado no horizonte AB e vermelho-amarelo no Bw.
- Argissolo Amarelo Distrófico: Constituem solos minerais, profundos a medianamente profundos, de textura média nos horizontes superficiais e argilosa no horizonte B textural, com seqüência de horizontes A, AB, BA, Bt e C. As cores nos horizontes variam de bruno-escuro a amarelo-brunado para o horizonte A e de bruno-amarelado a bruno-forte para o Bt. Apresenta consistência úmida friável nos horizontes A e B, enquanto molhado, mostra-se ligeiramente plástico

a ligeiramente pegajoso no horizonte A e plástico a pegajoso para o B. São solos fortemente ácidos e de baixa saturação de bases trocáveis.

- Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico: São solos pouco a medianamente profundos, medianamente a bem drenados, moderadamente estruturados, textura binária média/ argilosa, cascalhento e com seqüência de horizontes A, Bt e C. Cores bruno a bruno-amarelado no horizonte A, vermelho-amarelado no Bt e variegada com vermelho e rosa no C. A diferença textural entre os horizontes A e B é um pouco maior que dois, sendo pouco perceptível a cerosidade. São solos de média a baixa fertilidade, mas com teores de silte não raro superior a 25%.
- Plintossolo Háptico: São solos minerais, medianamente desenvolvidos, medianamente profundos e com textura areno-argilosa a argilosa. Apresentam seqüência de horizontes A, Bf e Cg, cujo material original corresponde a camadas estratificadas originadas pela sedimentação dos grandes rios. Possuem como limitação edáfica a drenagem (moderada a imperfeita), o que pode representar impedimento físico a alguns sistemas agrícolas. São solos distróficos que apresentam baixa saturação de bases, podendo apresentar caráter álico.
- Cambissolo Háptico: São solos pouco profundos, bem drenados, medianamente desenvolvidos, com uma seqüência de horizontes A, Bi e C, onde a espessura do horizonte Bi não ultrapassa 18 cm. Cores bruno-amarelado-escuro no horizonte A, bruno-forte no horizonte Bi e variegada de vermelho e rosa no C. São solos que, a despeito de apresentarem uma fertilidade mediana, apresentam limitações para as culturas que exijam solos mais profundos para o seu desenvolvimento.
- Neossolo Quartzarênico Distrófico Típico: Constituem solos minerais pouco desenvolvidos, podendo mostrar-se medianamente profundos, bastante arenosos, com seqüência de horizontes A e C. O horizonte A apresenta normalmente coloração bruno-escuro devido à presença de matéria orgânica, enquanto o horizonte C possui coloração esbranquiçada, pela presença de areia quartzosa. São solos fortemente ácidos e de muito baixa saturação de bases trocáveis.
- Neossolo Quartzarênico Órtico Latossólico: São solos medianamente a muito profundos, excessivamente a bem drenados, fraco a moderadamente estruturados, textura arenosa, com seqüência de horizontes A, Bw e C. Cores



bruno-escuro no horizonte A e bruno-amarelado-escuro no horizonte Bw. Possuem média a baixa fertilidade, com dominância da fração areia, sendo na fração argila (< 15%) dominantes os minerais de rede 1:1 (caulinítico) de baixa CTC. Devido à baixa fertilidade natural e à drenagem excessiva, tais solos apresentam grande limitação para fins agropecuários.

- Neossolo Quartzarênico Hidromórfico Típico: São solos minerais, pouco profundos, imperfeitamente drenados, pouco desenvolvidos, que se apresentam com uma seqüência de horizontes A e Cg. Exibem as cores bruno-escuro no horizonte A e bruno-acinzentado-claro no horizonte Cg. Tais solos possuem fortes limitações agrícolas pela restrição a alguns sistemas e a necessidade de adoção de práticas de manejo específicas.
- Neossolo Flúvico: Representam solos pouco desenvolvidos, profundos e com textura variando de cascalhenta-argilosa a areno-argilosa. São solos jovens, formados pela deposição de partículas transportadas nas cheias dos rios. Apresentam seqüência de horizontes com o A sobrejacente a camadas estratificadas (horizonte C), originadas pela sedimentação dos rios Tocantins e Vermelho. Possuem de média a baixa fertilidade, dependendo da natureza do material sedimentar, o que pode traduzir em um potencial agrícola razoável.
- Neossolo Litólico Distrófico Típico: Solos minerais rasos, de textura variando de média a argilosa, com seqüência de horizontes A, C e R, de coloração bruno-escuro no horizonte A e variegada de vermelho, amarelo e cinza no horizonte C, o que denota processos de intemperização neste último. Ocorrem em relevo ondulado a forte ondulado, associados a afloramentos rochosos. Quimicamente apresentam-se fortemente ácidos e com baixa saturação de bases trocáveis.
- Gleissolo Háptico: São solos hidromórficos, pouco desenvolvidos e pouco profundos, de textura argilosa a média e baixa permeabilidade. Podem apresentar-se com média a baixa fertilidade, sendo a seqüência de horizontes A e Cg. São desenvolvidos a partir de sedimentos recentes em áreas de acumulação, em bacias restritas ou calhas aluviais, representando no caso a transição entre as áreas de várzea dos rios Tocantins e Vermelho e a terra firme.

### 3.6 COBERTURA VEGETAL

No tocante à cobertura vegetal, as áreas de estudo estão sob o domínio de uma tipologia florestal que, considerando a fisionomia, a localização ambiental e a posição topográfica que ocupa, é enquadrada na sua maior parte pelo Projeto RADAMBRASIL (Veloso *et al.*, 1974), como Floresta Ombrófila Densa Submontana Aplainada. Segundo Veloso *et al.* (1991), em uma análise geral, essa formação ocupa o dissecamento do relevo montanhoso e dos planaltos com solos medianamente profundos, revestida de árvores com altura aproximadamente uniformes, a despeito de, em alguns casos, serem observados indivíduos emergentes que podem ultrapassar 50 m. Apresenta o sub-bosque constituído de plântulas de regeneração natural arbórea, poucos arbustos, além de palmeiras de pequeno porte e de lianas herbáceas em maior quantidade. Nas áreas de estudo, Veloso *et al.* (1974) destacam que essas matas pesadas e mistas podem apresentar cobertura florestal de maneira uniforme ou com presença de árvores emergentes, entre as quais é freqüente a castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), sendo mais baixa (10 a 15 m) nas áreas serranas e mais alta ( $\geq 25$  m) nos interflúvios. Como espécie representativa do sub-bosque cita-se o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Wild. ex Spreng.), de grande interesse comercial pelos seus frutos.

De acordo com Veloso *et al.* (1974), em menor proporção, são registradas ainda manchas de Floresta Ombrófila Aberta, de mediana biomassa, composta de árvores com menor altura e mais espaçadas (sub-bosque aberto), sob a forma de duas variações distintas ou faciações florísticas, com cipós ou com palmeiras. Para Veloso *et al.* (1991), a floresta de cipó é mais expressiva nas depressões circulares do Pré-Cambriano, sendo que as ocorrências nas encostas dos planaltos e nas serras apresentam uma fisionomia com elementos de alto porte isolados, com densidade muito variável, envolvidos por lianas lenhosas. No caso da floresta aberta com palmeiras, há tendência de ser encontrada sob a forma de comunidades isoladas sempre situadas abaixo dos 100 m de altitude, cuja estrutura depende da densidade de palmeiras, sendo a espécie característica representada pelo babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.).

Em virtude das modificações ocorridas nas áreas de floresta primária, principalmente nas duas últimas décadas, pelas atividades antrópicas, houve formação de áreas significativas de vegetação secundária. Essas formações, denominadas

genericamente de capoeiras latifoliadas (Veloso *et al.*, 1974), são encontradas em vários estágios de sucessão, com estrutura e densidade variáveis, sendo o babaçu uma das espécies mais representativas, em virtude da sua agressividade no processo de colonização.

### 3.7 HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO E USO DA TERRA

#### 3.7.1 PROJETO DE ASSENTAMENTO AGROEXTRATIVISTA PRAIALTA E PIRANHEIRA

Segundo CORRENTÃO/ APAEP (1999), a ocupação da área em questão teve início aproximadamente em 1933 às margens do rio Tocantins, a partir da implantação da comunidade de Praia Alta em área de castanhais de domínio público. Posteriormente, figuras da oligarquia local requisitaram ao Estado o aforamento da área, ficando nesta situação até que fosse requisitada novamente pelo Estado para domínio público. O período de 1963 a 1973 está relacionado à chegada dos primeiros colonos, sendo até o início da década de 80 observado pouca ocupação, existindo pontos de castanha e algumas famílias com pequenas roças. A partir de 1985, houve uma ocupação mais intensa, permitindo que se desenvolvessem, ao longo dos anos, três núcleos de povoamento denominados de Maçaranduba, Vila Belém e Praialta. Conforme CORRENTÃO/ APAEP (1999), tais núcleos abrigam em conjunto 366 famílias, com a particularidade de apresentarem características próprias no que concerne à distribuição de lotes e presença de infra-estrutura.

No início de junho de 1997 foi desencadeado o processo de mobilização de produtores, técnicos e associações para regularização da situação fundiária daquela área, sendo concretizada em 22 de agosto de 1997, com a criação do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira. Tal regularização foi efetuada de forma coletiva através do Contrato de Direito Real de Uso, firmado entre o INCRA e a Associação de Pequenos Produtores do Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira (APAEP), não sendo emitido título definitivo de terra.

De acordo com CORRENTÃO/ APAEP (1999), a forma de ocupação espacial da área em questão se deu através de colonização espontânea e organizada, através de famílias oriundas principalmente do Estado do Maranhão, seguido em importância

decrecente dos Estados do Pará, Bahia, Minas Gerais e Ceará. Os estabelecimentos agrícolas apresentam dimensões dos lotes variando desde 7,5 ha até 250 ha, sendo porém mais comum os com 50 ha, que correspondem a 27% do total de lotes. A mão-de-obra nos estabelecimentos é em sua maior parte de origem familiar e a aplicação de insumos nos sistemas de produção não é prática corrente. A comercialização dos produtos excedentes, além do baixo preço obtido, sofre, muitas vezes, com a precariedade das estradas para o seu escoamento, o que é minimizado nas áreas que podem utilizar o rio Tocantins para este fim.

Ainda conforme CORRENTÃO/ APAEP (1999), o uso da terra está distribuído em 59% de floresta, 17% de vegetação secundária, 18% de pastagem, 4% de culturas anuais e 2% de culturas perenes. No tocante à importância do sistema de produção na renda total dos estabelecimentos, as criações animais contribuem com 63%, as culturas agrícolas com 26% e o extrativismo com 11%. Dos 63% observados para as criações animais, 55% referem-se à criação de gado e 8% correspondem à criação de pequenos animais, principalmente aves. A principal forrageira cultivada nos pastos é o capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich., Stapf.), enquanto o rebanho é composto de animais mestiços de raças zebuínas criados em regime extensivo, visando a produção de leite e carne.

No tocante às culturas agrícolas, as ditas anuais assumem o papel de destaque, sendo o arroz o principal produto, seguido do milho e da mandioca; dentre as culturas perenes, é importante sobretudo o cupuaçu, e, em menor proporção, o café (CORRENTÃO/ APAEP, 1999). São também cultivados em alguns estabelecimentos feijão, coco e laranja, produtos estes que não são comercializados devido à baixa produção. Por outro lado, o extrativismo constitui um elemento adicional de apoio à renda familiar, sendo importantes, segundo Teixeira Silva *et al.* (2001), as atividades de coleta de frutas tropicais (principalmente cupuaçu e castanha-do-pará), cipós e óleos, além de caça e pesca.

### 3.7.2 PROJETO DE ASSENTAMENTO LAGO AZUL

Conforme INCRA *et al.* (2001), considera-se como a origem histórica deste projeto de assentamento o início da década de 80, ocasião em que vinte famílias

ocuparam a área em questão, apesar das intimidações por parte dos proprietários, no intuito de reaver a posse da terra. Com a permanência dos primeiros ocupantes no local, houve estímulo para que outros viessem juntar-se ao grupo inicial, não sendo, entretanto, observado nenhum conflito direto ou qualquer atitude que viesse ameaçar a vida dos ocupantes.

Entre os anos de 1986 e 1987, com a abertura de estrada para acesso direto à área em questão, foi registrada a entrada do maior número de posseiros (INCRA *et al.*, 2001). A partir de então, a comunidade recém-formada começou a se organizar, dando condições para que, em 1993, fosse criada a Associação Agroextrativista do Lago do Deserto. Foram alcançados avanços significativos para a regularização da situação fundiária da população local de tal maneira que, em dezembro de 1999, o PA foi criado oficialmente pelo INCRA.

Por ocasião da criação oficial do PA, foi realizado o cadastro de 85 famílias, as quais figuram atualmente na relação de beneficiários, situação diferente de aproximadamente dez outras famílias que, apesar de possuírem lotes, não se encontram nesta relação (INCRA *et al.*, 2001). A maioria dos assentados são oriundos do Estado do Maranhão (38% do total), sendo ainda representativos os colonos da Bahia, Pará e Paraíba com 16%, 15% e 13% do total, respectivamente. Os tamanhos estabelecidos para os lotes variam de 15 a 70 ha, o que vem demonstrar que a ocupação ocorreu de forma espontânea e organizada, com uma nítida tendência de concentração de terras, pois 65% das famílias possuem lotes com 50 ha, enquanto que apenas 10% das mesmas apresentam lotes com área em torno de 15 ha.

Para INCRA *et al.* (2001), o sistema de produção está estratificado da seguinte maneira: pequenas criações (40%), culturas anuais (27%), gado (21%), culturas perenes (7%) e extrativismo (5%). A criação de pequenos animais (aves e suínos), pelas suas vantagens econômicas está presente na maioria dos estabelecimentos familiares, enquanto a criação de gado compõe-se de pequenos rebanhos com animais mestiços de raças zebuínas, criados em regime extensivo, com a finalidade mista (leite e carne). As principais forrageiras cultivadas nos pastos são: braquiarião, quicuío (*Braquiaria humidicola* Rendle., Schweic.), braquiária (*Braquiaria decumbens* Stapf.) e colônião (*Panicum maximum* Jacq.).

As culturas anuais assumem papel de destaque nos sistemas de cultivo, sendo representadas, principalmente, pela mandioca, arroz, milho e feijão, enquanto que as culturas perenes (cupuaçu, coco, laranja e graviola) são cultivadas de forma mais modesta (INCRA *et al.*, *op. cit.*). A principal mão-de-obra é de origem familiar, enquanto a aplicação de insumos é feita por uma pequena parcela de produtores. Os principais problemas enfrentados pelas famílias são a falta de infra-estrutura básica, sendo a construção e recuperação de estradas, identificadas como uma das principais prioridades.

Com relação ao uso da terra, da área total do PA, a vegetação secundária ocupa 32% e a floresta primária representa 25%, seguido de pasto com 27%, culturas anuais com 12%, culturas perenes com 2% e sítio com 2% (INCRA *et al.*, 2001). Devido às escassas reservas de mata, o extrativismo é modesto, apesar de ainda serem realizadas atividades de coleta de frutos, cipós e óleos, de extração de madeira e de caça. De acordo com INCRA *et al.* (2001), a área de floresta está sendo reduzida ao longo dos anos devido ao sistema de produção de corte e queima da vegetação primária para o plantio de culturas anuais. A mudança progressiva da paisagem provocou a formação de áreas degradadas significativas, devido, principalmente, à perda de produtividade do solo por razões técnicas e socioeconômicas.

### 3.7.3 PROJETO DE ASSENTAMENTO SÃO FRANCISCO

O PA São Francisco situa-se às margens da rodovia PA-150, a 30 km da cidade de Eldorado dos Carajás e a 20 km do lugar onde houve o massacre de 19 sem-terras, ocorrido em 17 de abril de 1996. Segundo Projeto Lumiar (1999), tal assentamento teve sua origem a partir da ocupação da fazenda Vira-Sebo, em abril de 1996, por migrantes sem-terra, que tiveram a informação que tal propriedade encontrava-se em pauta de desapropriação no INCRA, em Belém. Os ocupantes, que após um período aproximado de um ano de permanência já haviam aumentado bastante em número, ficaram acampados nas matas da propriedade, até quando os proprietários contrataram seguranças para retirá-los, gerando um conflito que resultou na morte de três dos ocupantes. Após negociações que incluíram um processo indenizatório da área, deu-se então a criação oficial do assentamento pelo INCRA, em julho de 1997. Dados do Projeto Lumiar (1999) registram a presença de 162 famílias no PA, em sua maioria

oriundas do Estado do Maranhão (48% do total), sendo ainda verificados percentuais significativos para os Estados de Goiás e Pará, com 11% e 8%, respectivamente.

Por ocasião da criação do PA, algumas estimativas apontavam que 15% da área total encontrava-se aberta principalmente com pastagem cultivada, enquanto o restante (85%), ainda era revestido com floresta. Posteriormente, a área da fazenda original foi fragmentada em diversos lotes de terra, com tamanhos variando desde 9 ha até 76 ha, sendo porém que mais da metade (51%) registravam de 31 a 50 ha (Projeto Lumiar, *op. cit.*). A peculiaridade é que os lotes próximos à rodovia, em área já aberta pelos antigos proprietários, ficaram exclusivamente com área de pastagem, enquanto que outros mais afastados, com pastagem e floresta, ou ainda, apenas com floresta primária. Dessa forma, os assentados dispõem de diferentes recursos, pois aqueles que ficaram apenas com pastagens, potencialmente terão os solos quimicamente mais pobres e enfrentarão problemas com o controle da gramínea para o estabelecimento de culturas de subsistência. Por outro lado, os proprietários que possuem floresta em seus lotes além da vantagem de terem disponível uma reserva extrativa muito rica (principalmente madeira e frutas tropicais), podem contar com os solos mais ricos, pelo estoque de matéria orgânica originada da floresta.

De acordo com Projeto Lumiar (1999), dentre os sistemas de produção, a agricultura ocupa uma posição de destaque, a despeito de, nos dias atuais, ter principalmente a função de subsistência, através das culturas de arroz, milho, mandioca, banana e feijão. Em menor proporção, é efetuado o extrativismo do cupuaçu e da castanha-do-pará, sendo a primeira ainda cultivada em algumas propriedades. De forma secundária, são ainda realizadas criações de animais como aves e, em algumas propriedades, gado com animais zebuínos de raça mista, criados de forma extensiva, com interesse principalmente na produção de carne. Como forrageiras mais utilizadas para pastejo dos animais além do braquiarião, citam-se o colonião e o quicuío. Vale ressaltar que o escoamento da produção além de contar com a rodovia PA-150, é realizado ainda a partir de várias estradas vicinais, construídas sob diferentes auspícios, sendo oito por madeireiros, três pelo INCRA e três pela Prefeitura de Eldorado dos Carajás.

## CAPÍTULO 4

### MATERIAL E MÉTODOS

---

#### 4.1 IMAGENS TM/ LANDSAT E MATERIAL CARTOGRÁFICO

Baseado na relação entre posicionamento geográfico das áreas de estudo e o mapa de localização das imagens do sensor TM/Landsat, foi definida a imagem Órbita/Ponto 223/064 N. O valor de Órbita/Ponto corresponde ao fornecido pelo Sistema Internacional de Referência (WRS), permitindo boa localização geográfica das imagens, cuja cena inteira corresponde a uma superfície de 185 km por 185 km.

Na seleção das datas de passagem (tomada de cena) das imagens para a realização do estudo multitemporal, levou-se em consideração que as mesmas apresentassem a menor taxa de cobertura de nuvens, melhores condições de visibilidade e qualidade de gravação dos dados. Os anos definidos para este trabalho foram selecionados por abrangerem um período considerado representativo em termos de mudanças na paisagem local, tomando-se por limites os anos de 1984 (início de operação do sensor TM/Landsat) e de 2000 (disponibilidade de dados ainda calibrados). Assim, foram definidas as imagens, no formato digital, adquiridas em 11/07/1984, 06/07/1988, 02/08/1992, 12/07/1996 e 07/07/2000, correspondentes aos meses com os menores índices pluviométricos observados na região de interesse.

Foram selecionadas todas as bandas do espectro refletido do sensor TM (bandas 1 a 5 e 7) visando a obtenção do maior número possível de dados. A banda 6 foi excluída por apresentar suas resoluções espacial (120 m) e espectral (faixa do termal), incompatíveis com este trabalho, pois tais características impedem que sejam realizadas análises integradas com as demais bandas espectrais empregadas.

Objetivando dar suporte cartográfico às informações obtidas a partir das imagens TM, foram utilizadas cartas topográficas da DSG<sup>1</sup>, na escala de 1: 100.000, que recobrem as áreas de estudo (Tabela 4.1). Essas cartas abrangem individualmente uma área de 30' de latitude por 30' de longitude e encontram-se na projeção UTM<sup>2</sup>. Foram

---

<sup>1</sup> Diretoria de Serviço Geográfico, do Ministério do Exército.

<sup>2</sup> Projeção Universal Transversa de Mercator.



ainda empregados os mapas dos assentamentos na escala de 1: 100.000, elaborados pelo INCRA, visando a definição dos limites das áreas de estudo (perímetros dos assentamentos), além de subsidiarem, quando necessário, a realização de complementações na rede de drenagem e malha viária.

Tabela 4.1 - Cartas topográficas da DSG na escala 1: 100.000 que recobrem as áreas de estudo.

Área de Estudo	Mapa-Índice	Folha	Código
PA Agroextrativista Praialta e Piranha	800	Nova Ipixuna	SB.22-X-B-IV
PA Lago Azul	873	Marabá	SB.22-X-D-I
PA São Francisco	950	Faz. Barreira Branca	SB.22-X-D-IV

## 4.2 SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS GEORREFERENCIADOS

O processamento das imagens, bem como a entrada e análise de dados georreferenciados foram conduzidos no sistema SPRING<sup>3</sup> em ambiente *UNIX* e *Windows* (INPE/DPI, 2002), nas versões 2.0.5 e 3.5.1, respectivamente. Nesse sistema há necessidade inicialmente da construção de um Banco de Dados, correspondente a um diretório, no qual são armazenados suas definições de Categorias e Classes, e os Projetos pertencentes ao banco. Os projetos são armazenados em subdiretórios juntamente com os dados e informações da área de interesse em seus diversos tipos de representação. Assim, foram armazenados como planos de informação, elementos digitalizados com base nas cartas topográficas selecionadas (drenagem e malha viária) e nos mapas do INCRA (limites dos assentamentos). As imagens TM/Landsat dos anos selecionados foram inseridas no sistema, de modo que as áreas dos três projetos de assentamentos ficassem contidas dentro de um único módulo de estudo (Figura 4.1).

As imagens de satélite foram processadas em diferentes etapas (pré-processamento, segmentação e classificação), de modo a permitir a geração de informações relativas à cobertura vegetal e ao uso da terra para as áreas de estudo, nos

<sup>3</sup> Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.

cinco anos considerados. No sistema foram também realizadas as diferentes análises derivadas, tais como a quantificação de áreas das classes mapeadas e a dinâmica da paisagem no período selecionado.

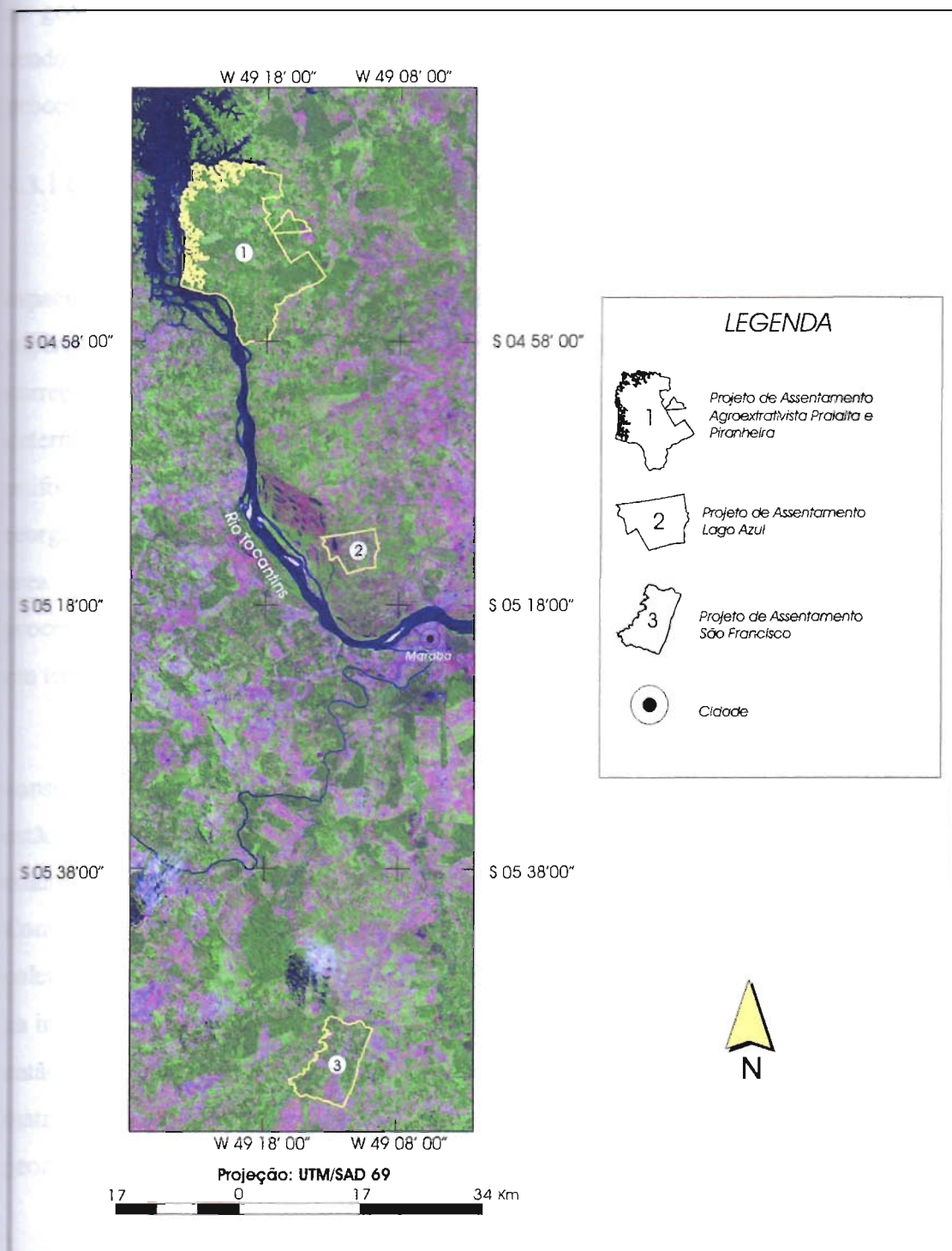


Figura 4.1 - Módulo de análise preliminar com as três áreas de estudo (imagem TM/ Landsat de 07/07/2000, composição colorida TM 3B-4G-5R).

### 4.3 PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Após a definição do módulo de análise preliminar contendo as áreas de estudo, o conjunto das imagens e suas respectivas bandas espectrais foram submetidas às etapas de georreferenciamento/ registro de imagens e de atenuação dos efeitos atmosféricos, sendo ainda realizada análise das mudanças ocorridas nas imagens após a fase de pré-processamento.

#### 4.3.1 GEORREFERENCIAMENTO E REGISTRO DE IMAGENS

As imagens de sensores remotos são sujeitas a uma série de distorções espaciais, não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies ou fenômenos nela apresentados. Assim, torna-se necessário aplicar correções de modo a reorganizar os *pixels* da imagem de interesse em relação a um determinado sistema de projeção cartográfica. Segundo Richards e Jia (1998), a uniformidade obtida é possibilitada pelo fato de que os *pixels* em questão podem ser reorganizados para o sistema de projeção cartográfica de uma carta ou mapa da mesma área imageada, a ser tomado como referência. Para os mesmos autores, através de tal processo denominado de georreferenciamento, os *pixels* estariam agora individualizados em termos de coordenadas geográficas e não apenas no sistema de linhas e colunas.

Dessa forma, foi implementada a operação de georreferenciamento considerando a imagem mais antiga (11/07/1984) e as cartas topográficas da DSG onde estão contidas as áreas de estudo, associando-se as coordenadas da imagem (linha e coluna), com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) adquiridas nas cartas. Com a mesa digitalizadora (Digigraf, tamanho A0) devidamente calibrada, foram coletados pontos de controle, representados por entidades facilmente identificáveis tanto na imagem como na carta (p. ex. cruzamento de estradas e confluência de drenagens), e então obtidas as equações de mapeamento. Essas equações permitiram a criação da matriz de reamostragem e, conseqüentemente, a geração da imagem de saída já georreferenciada.

Vale salientar que na execução daquele processamento, dentre os três tipos de interpoladores disponíveis (vizinho mais próximo, interpolação bilinear e convolução cúbica), optou-se pelo vizinho mais próximo, que utiliza um *pixel* para o cálculo do

valor do nível de cinza do *pixel* da grade corrigida. Tal escolha deve-se, sobretudo, ao método em questão não alterar os níveis de cinza da imagem de saída, como enfatizado por Davison (1986), o que é desejável para as condições de processamento posterior.

No processo de georreferenciamento, foi observado que o seu índice de precisão deveria ficar dentro dos limites de precisão cartográfica (Espartel, 1982), ou seja, superior a 0,2 mm da escala da carta topográfica tomada como referência. Como as cartas topográficas utilizadas encontram-se na escala de 1: 100.000, a precisão exigida seria de 20 m. Considerando a resolução espacial de 30 m do sensor TM, então o erro interno de posicionamento deverá ser inferior a 0,66 *pixel*.

Também devido à abordagem multitemporal deste trabalho, o processo de registro de imagens torna-se imprescindível, pois proporciona uma uniformidade cartográfica às diferentes imagens utilizadas. Segundo Jensen (1986), para que duas imagens sejam perfeitamente coincidentes no espaço é necessário que as mesmas sofram um tipo de transformação espacial. Tal transformação denominada de registro de imagens, refere-se ao processo de alinhamento geométrico de duas ou mais imagens, ou seja, o ajuste do sistema de coordenadas de uma imagem ao sistema equivalente de outra, cobrindo a mesma área. Para Davison (1986), o registro de imagens se faz necessário nos casos em que se deseja realizar uma análise comparativa de imagens multitemporais, combinar imagens de diferentes sensores, ou ainda justapor imagens.

Dessa forma, as imagens dos anos de 1988, 1992, 1996 e 2000 foram registradas considerando-se como referência a imagem já georreferenciada do ano de 1984. Em tal procedimento foi observado que o erro de posicionamento interno ficasse em torno de 0,5 *pixel*, procurando-se obter os mesmos pontos de controle nas imagens envolvidas, de modo a minimizar os erros nesta reamostragem e assim não comprometer a precisão do registro.

#### 4.3.2 ATENUAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS

Os *pixels* que compõem as imagens de sensores remotos apresentam níveis discretos de brilho, que estão relacionados através de um modelo linear, com a intensidade média da radiação refletida/ emitida em cada *pixel*. Segundo Robinove (1982), tais níveis de brilho são comumente utilizados na análise das imagens de satélite

em virtude, sobretudo, da conveniência para o processamento dos dados. Entretanto, os resultados obtidos são muitas vezes inconsistentes e subjetivos, pois os níveis de brilho ou números digitais (DN) não representam um valor físico real (radiância ou reflectância). Para Robinove (*op. cit.*), tal problema pode ser agravado nos casos em que são empregados dados de diferentes sensores, em diferentes datas e locais, ou obtidos em diferentes ângulos de iluminação solar.

Assim, de forma a minimizar a variação interanual dos dados devido às interferências atmosféricas e, conseqüentemente, buscar neste trabalho a uniformização dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra presentes nas imagens selecionadas, foi empregado um processo de normalização radiométrica envolvendo duas etapas distintas. A primeira etapa relaciona-se à conversão dos números digitais para valores de reflectância, conforme proposto por Markham e Barker (1986), enquanto a segunda refere-se à retificação radiométrica propriamente dita, a partir da abordagem definida por Hall *et al.* (1991).

#### 4.3.2.1 Conversão de Número Digital para Valor de Reflectância Aparente

Nesta etapa os números digitais das imagens brutas foram transformados em valores de radiância a partir de parâmetros orbitais do satélite e de calibração do sensor. Os valores de radiância obtidos foram então convertidos para reflectância dita aparente, pois baseiam-se na irradiância no topo da atmosfera, não representando assim a reflectância da superfície. Para a execução desses processos, foram consideradas, respectivamente, as seguintes equações, como descrito por Markham e Barker (1986) :

$$L_{\lambda} = L_{Min_{\lambda}} + \left( \frac{L_{Max_{\lambda}} - L_{Min_{\lambda}}}{QCAL_{Max}} \right) \cdot QCAL \quad (4.1)$$

onde,

$L_{\lambda}$  = radiância espectral ( $mW \cdot cm^{-2} \cdot ster^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )

$L_{Min_{\lambda}}$  = radiância espectral mínima ( $mW \cdot cm^{-2} \cdot ster^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )

$L_{Max_{\lambda}}$  = radiância espectral máxima ( $mW \cdot cm^{-2} \cdot ster^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )

$QCAL$  = número digital

$QCAL_{max}$  = número digital máximo

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{E_{sun_\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad (4.2)$$

onde,

$\rho_p$  = reflectância aparente (adimensional)

$L_\lambda$  = radiância espectral ( $\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ster}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ )

$d$  = distância Sol-Terra (em unidades astronômicas)

$E_{sun_\lambda}$  = irradiância espectral média do Sol no topo da atmosfera ( $\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ )

$\theta_s$  = ângulo zenital solar (em graus)

Tais transformações foram implementadas nas imagens brutas a partir do programa Reflete (Godoy Jr. e Novo, 1989), escrito na Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), disponível na Divisão de Sensoriamento Remoto do INPE. Os valores para os parâmetros  $L_{Min_\lambda}$ ,  $L_{Max_\lambda}$  e  $E_{sun_\lambda}$  para as bandas do Landsat 5 - TM podem ser observados na Tabela 4.2. O valor para o parâmetro  $\theta_s$  foi obtido a partir do ângulo de elevação solar presente no cabeçalho de informação, no formato texto, que acompanha cada imagem. O parâmetro  $QCALmax$  para o sensor TM/Landsat corresponde a 255, enquanto o parâmetro  $d$  foi considerado igual a 1.

Tabela 4.2 - Valores de  $L_{min_\lambda}$ ,  $L_{max_\lambda}$  e  $E_{sun_\lambda}$  (em  $\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ster}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ ) para as bandas do LANDSAT 5 - TM.

Banda Espectral	$L_{min_\lambda}$	$L_{max_\lambda}$	$E_{sun_\lambda}$
TM 1	-0,150	15,210	195,700
TM 2	-0,280	29,680	182,900
TM 3	-0,120	20,430	155,700
TM 4	-0,150	20,620	104,700
TM 5	-0,037	2,719	21,930
TM 7	-0,015	1,438	7,452

FONTE: Markham e Barker (1986).

#### 4.3.1.2 Retificação Radiométrica

Após a obtenção dos valores de reflectância aparente para as bandas TM 1 a 5 e 7 das imagens selecionadas para estudo, foi aplicado o método de retificação radiométrica proposto por Hall *et al.* (1991). Esse método busca, em linhas gerais, minimizar a influência do efeito de geometria de iluminação e da atmosfera, no processo de análise comparativa entre imagens de uma determinada área, obtidas em datas diferentes, a partir da normalização de todas as imagens envolvidas na análise por aquela considerada a de melhor qualidade visual. Assim, as imagens são retificadas com relação à imagem de referência, possibilitando certa uniformidade como se tivessem sido obtidas nas mesmas condições atmosféricas e de iluminação, sendo as variações radiométricas entre as imagens atribuídas apenas à alteração na natureza dos alvos, ao longo do tempo.

Segundo Hall *et al.* (1991), o método é baseado em duas etapas distintas: a aquisição de um conjunto de dados de controle claros e escuros, correspondentes a alvos com baixa ou nenhuma variação das reflectâncias médias entre as imagens; e a determinação empírica dos coeficientes para a transformação linear das imagens de interesse em relação aos dados tomados por referência, de modo a normalizar as respostas radiométricas das imagens em questão, em suas diferentes bandas. O conjunto dos dados de controle é composto por *pixels* pertencentes a áreas não vegetadas, relacionados aos extremos do espaço bi-dimensional "Greenness-Brightness" de Kauth-Thomas (Kauth e Thomas, 1976): *pixels* escuros (dados radiométricos escuros de controle) e *pixels* claros (dados radiométricos claros de controle). O modelo usado na retificação radiométrica é dado por um conjunto de transformações lineares como apresentado a seguir :

$$T_i = m_i \cdot x_i + b_i \quad (4.3)$$

onde,

$T_i$  = número digital da imagem retificada

$i$  = banda espectral do sensor TM (1 a 5 e 7)

$x_i$  = número digital da imagem original

$$m_i = \frac{(Br_i - Dr_i)}{(Bs_i - Ds_i)}$$

$$b_i = \frac{(Dr_i \cdot Bs_i - Ds_i \cdot Br_i)}{(Bs_i - Ds_i)}$$

e,

$Br_i$  = média de reflectância do conjunto de referência claro

$Dr_i$  = média de reflectância do conjunto de referência escuro

$Bs_i$  = média de reflectância do conjunto claro a ser retificado

$Ds_i$  = média de reflectância do conjunto escuro a ser retificado

Antes de realizar esse processamento, foi definida primeiramente para este trabalho a imagem a ser tomada como referência, sendo selecionada a de 11/07/1984 devido a cena estar livre de cobertura de nuvens e por ser aquela mais antiga, e portanto, com os padrões de calibração do sensor otimizados. A partir de tal seleção, o conjunto das imagens reflectância obtidas anteriormente foram migradas para o sistema PCI (Easi-Pace, 1997), em ambiente *UNIX*, de modo a permitir a aplicação do modelo definido por Hall *et al.* (1991), através de algoritmos específicos. Dessa forma, foram então geradas as imagens “Greenness” (GR) e “Brightness” (BR) para cada uma das datas de passagem envolvidas, para posterior extração dos pontos de controle. Considerando que os pontos de controle para a aplicação do modelo devem corresponder a alvos com pouca ou nenhuma diferença em seus valores de reflectância ao longo do tempo, neste trabalho os pontos claros foram obtidos a partir de áreas de solo exposto e os pontos escuros considerando corpos d’água limpos. Assim, as amostras de pontos claros e escuros para as imagens *GR* e *BR* em cada uma das datas de interesse foram obtidas através de fatiamentos, sendo estas selecionadas atribuindo-se os intervalos dos valores de reflectância mais baixos para os pontos escuros e os mais altos para os pontos claros.

Os produtos obtidos foram então manipulados, observando-se que os pontos claros gerados para as imagens *GR* e *BR* de uma mesma data fossem cruzados entre si, de modo a originar uma nova máscara, referente aos pontos claros para a data em questão. De maneira análoga, tal procedimento foi efetuado para os pontos escuros, obtendo-se assim, uma máscara dos pontos escuros correspondente à data de passagem



considerada. Essas etapas foram posteriormente aplicadas para todas as datas de passagem envolvidas neste trabalho, sendo as médias obtidas para a imagem de 1984 adotadas como referência para retificar as demais imagens. O modelo foi então implementado com o intuito de aproximar ou igualar as médias de reflectância dos pontos de controle claros e escuros de cada passagem com as médias de reflectância da imagem de referência, conforme a equação apresentada anteriormente.

#### 4.4 APLICAÇÃO DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL

A radiância detectada em nível orbital para alvos da superfície terrestre depende sobremaneira das características dos sensores e das propriedades espectral e espacial dos alvos que foram imageados. De acordo com Shimabukuro e Smith (1991), em virtude da resolução espacial dos sensores hoje em operação, a resposta espectral de cada *pixel* que compõe uma imagem representa a soma integrada de diferentes materiais, o que pode limitar a extração de informações de dados multiespectrais. Assim, para Shimabukuro *et al.* (1998b), cada *pixel* de uma imagem, que pode assumir qualquer valor da escala de cinza, irá conter informações sobre a proporção e a resposta espectral de diferentes materiais dentro de cada elemento de resolução do sensor em questão. Nesse sentido, o modelo de mistura espectral, conforme Abrahão *et al.* (1990), visa separar as contribuições espectrais dos componentes dominantes na imagem (componentes puros ou *image endmembers*), em cada *pixel*, transformando valores de número digital ou reflectância em fração.

Shimabukuro *et al.* (1998a) destacam que as áreas florestadas podem ser modeladas considerando três componentes puros: solo, vegetação e sombra. Adicionalmente, Adams *et al.* (1995) e Roberts *et al.* (1998) incluem como parte integrante dos modelos de mistura a componente material vegetal não fotossintético (folhas secas, cascas de árvore e troncos), que poderá ser distinguida da componente solo, dependendo do sensor e do espectro deste solo. A separabilidade entre os distintos componentes puros é, dessa forma, baseada no comportamento diferenciado da reflectância registrado pelos mesmos ao longo do espectro eletromagnético. A presença da clorofila na componente vegetação condiciona um contraste espectral alto nas regiões do vermelho e do infravermelho próximo, o que permite distingui-la da componente solo. A componente sombra, por sua vez, tem a sua presença relacionada,

principalmente, à vegetação ou à rugosidade do relevo, misturando-se em todas as proporções e variando em todas as escalas.

Segundo Roberts *et al.* (1998), o modelo de mistura espectral é dependente da determinação correta do número de componentes puros e de suas relativas respostas espectrais. Os componentes puros podem ser definidos considerando espectros de laboratório ou campo (componentes puros de referência), ou selecionados a partir da própria imagem (componentes puros da imagem). A utilização dos componentes puros de referência exige uma biblioteca espectral apropriada para a calibração dos dados da imagem, transformando os valores de números digitais para reflectância. Em contrapartida, os componentes puros da imagem representam medidas espectrais na mesma escala dos dados, sendo de aplicação mais freqüente por serem facilmente obtidos (Roberts *et al.*, 1998).

Nos modelos lineares de mistura espectral, a resposta de cada *pixel* de uma imagem é considerada uma combinação linear das respostas espectrais de cada componente existente na mistura. Assim, esses modelos visam, segundo Shimabukuro e Smith (1991), estimar a proporção das componentes constituintes para cada *pixel*, a partir da resposta espectral nas diferentes bandas de um sensor, gerando imagens sintéticas correspondentes às frações de cada componente puro. Tendo como premissa que as respostas espectrais dos componentes puros para qualquer imagem multiespectral são conhecidas, então as proporções dos mesmos podem ser estimadas e vice-versa. Para Shimabukuro e Smith (*op. cit.*), o modelo linear de mistura espectral, dentro dessa ótica, pode ser representado pela seguinte equação:

$$r_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} \cdot x_j) + e_i \quad (4.4)$$

onde,

$r_i$  = reflectância espectral média na banda  $i$ , de um *pixel* com um ou mais componentes

$a_{ij}$  = reflectância espectral do componente  $j$  de um *pixel* na banda  $i$

$x_j$  = valor de proporção do componente  $j$  dentro do *pixel*

$e_i$  = erro na banda  $i$

sendo que,

$j = 1, 2, \dots, n$  (número de componentes assumidos no problema)

$i = 1, 2, \dots, m$  (número de bandas do sistema sensor)

Ainda de acordo com Shimabukuro e Smith (1991), considerando que o número de componentes a serem separados ( $n$ ) seja menor que o número de bandas utilizadas ( $m$ ), o sistema de equações pode ser resolvido através de diversas técnicas, com resultados semelhantes. Assim, a partir da utilização das bandas originais de um sensor, pode-se formar um sistema de equações lineares que poderá ser resolvido mediante a utilização do método dos mínimos quadrados. O modelo de mistura pode ser então descrito agora como :

$$r_i = a \cdot veget_i + b \cdot solo_i + c \cdot sombra_i + e_i \quad (4.5)$$

onde,

$r_i$  = resposta do pixel na banda  $i$

$a$  = proporção de vegetação

$b$  = proporção de solo

$c$  = proporção de sombra ou água

$veget_i$  = resposta espectral da componente vegetação na banda  $i$

$solo_i$  = resposta espectral da componente solo na banda  $i$

$sombra_i$  = resposta espectral da componente sombra na banda  $i$

$e_i$  = erro na banda  $i$

$i$  = bandas do sistema sensor

O método utilizado para a aplicação do modelo linear de mistura espectral neste trabalho baseia-se no critério dos mínimos quadrados, que visa estimar as frações dos componentes minimizando a soma dos quadrados dos erros, denominado de mínimos quadrados ponderados (MQP). Nessa abordagem são impostas como restrições que a somatória das frações dos componentes seja igual a um e que as frações de cada componente estejam entre zero e um.

Na implementação do modelo de mistura, primeiramente foram identificados os alvos pertencentes a cada componente puro de interesse (vegetação, solo e sombra), neste caso, considerando-se as seis bandas espectrais originais da imagem tomada como padrão (1984). Para isso, seguindo orientação de Shimabukuro *et al.* (1998a), foi feita a

comparação das curvas de reflectância definida pelos *pixels* selecionados como pertencente a cada componente puro, com aquelas consideradas como padrão dos alvos em questão, nas diferentes bandas espectrais do sensor TM. Considerando-se esse critério, o componente vegetação foi obtido em área de sucessão secundária em estágio inicial, que, pela uniformidade do dossel, apresenta pouca influência do componente sombra, além de que a resposta do solo é considerada desprezível. Por outro lado, o componente solo foi definido com base em amostra coletada em área de solo exposto, enquanto o componente sombra considerado foi selecionado diretamente da água do rio Tocantins, sendo caracterizado pela baixa reflectância em todas as bandas espectrais.

Com a definição das amostras de cada componente puro de interesse, o modelo foi aplicado, sendo então estimadas as proporções de cada componente dentro dos *pixels*, gerando como produtos novas bandas referentes às imagens fração vegetação, solo e sombra. Considerando que as demais datas de passagem das imagens envolvidas neste trabalho encontravam-se ajustadas radiometricamente em relação à imagem padrão, o modelo obtido a partir da imagem de 1984 foi aplicado a todas as demais imagens, obtendo-se para cada uma delas as suas correspondentes imagens fração.

## 4.5 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DIGITAIS

### 4.5.1 SEGMENTAÇÃO

A análise de imagens multiespectrais vem sendo realizada mais comumente através do método de classificação estatística (ponto a ponto), cujo objeto pictórico é o *pixel*. Nessa análise, entretanto, a identificação dos objetos de interesse sofre algumas limitações, pois são considerados apenas atributos exclusivamente espectrais do *pixel* nas diferentes bandas do sensor, sendo por isto de natureza bastante limitada.

Visando minimizar as limitações intrínsecas dos métodos de classificação por *pixel*, têm sido propostas metodologias alternativas, em que a fase de análise é precedida pela fase de segmentação. Edwards (1990) comenta que em tais metodologias a imagem é particionada em regiões<sup>4</sup> de onde são extraídos atributos espectrais, geométricos e contextuais, os quais serão utilizados posteriormente na classificação das

<sup>4</sup> Entende-se como região um conjunto de *pixels* contíguos com alguma similaridade, que se espalham bidirecionalmente.

mesmas. Segundo Belaid *et al.* (1992), na classificação por regiões há incorporação além de informações como média e variância espectrais, dos parâmetros que descrevem a forma, o tamanho e o contexto do segmento ou região. Salienta-se que cada região que compõe uma imagem segmentada deve preferencialmente apresentar-se uniforme e homogênea com respeito a algumas características, como por exemplo, nível de cinza ou textura. Adicionalmente, tais características devem apresentar-se diferentes em relação às regiões adjacentes.

De acordo com Gonzalez e Wintz (1987), a segmentação é um processo geralmente baseado em duas das propriedades dos níveis de cinza da imagem: a descontinuidade e a similaridade. A descontinuidade corresponde à partição da imagem baseada na mudança abrupta na tonalidade de cinza, em que são importantes as operações de detecção de pontos isolados, linhas e bordas. Por outro lado, a similaridade refere-se ao processo de agregamento dos *pixels* de uma imagem pela semelhança com a sua vizinhança, sendo baseada nos critérios de limiarização, crescimento de regiões e separação/junção de regiões.

Segundo Bins *et al.* (1993), o método de segmentação de imagens implementado no SPRING é baseado no critério de crescimento de regiões, ou seja, na similaridade de níveis de cinza da imagem, sendo de emprego amplo por ser considerado simples e efetivo. Conforme Kai e Muller (1991), a técnica de crescimento de regiões pode ser assim resumida: a) segmentação da imagem em regiões (um ou mais *pixels*); b) comparação de cada segmento com seus vizinhos e fusão dos segmentos estatisticamente mais similares, seguido da atualização das médias dos níveis de cinza; c) comparação dos segmentos formados com os seus novos vizinhos até não existirem mais segmentos para serem interligados, formando assim uma região, que será rotulada; e d) análise da próxima célula inconsolidada, repetindo toda a seqüência até que todas as células sejam rotuladas.

Bins *et al.* (1993) enfatizam que no processo de segmentação de imagens dois limiares têm de ser escolhidos pelo analista, de modo a definir as regiões que serão usadas posteriormente para a etapa de classificação: os limiares de similaridade e de área. O limiar de similaridade refere-se ao valor mínimo da distância Euclidiana entre a média do número digital de duas regiões, estabelecido de modo que as mesmas possam

ser consideradas similares. O limiar de área, por sua vez, indica a área mínima, dada em número de *pixels*, para que uma região seja individualizada.

No processo de crescimento de regiões, o procedimento considerado mais simples para agrupar *pixels* com características similares dentro de regiões contíguas é conhecido por agregamento de *pixels*, sendo baseado na similaridade entre as propriedades de um conjunto de *pixels* em relação a sua vizinhança. Para Haralick e Shapiro (1985), dois *pixels* vizinhos serão similares se o valor absoluto da diferença entre seus níveis de cinza for suficientemente pequeno de tal modo que permita que os mesmos sejam conectados por um arco. As propriedades dos *pixels* mais utilizadas no processo de crescimento de regiões são o nível de cinza e textura, porém existem outros critérios que aumentam a força do algoritmo tais como o tamanho, a comparação entre as intensidades de um *pixel* e a média de uma região, e a forma de uma região em crescimento.

Segundo Gonzalez e Wintz (1987), durante a implementação da técnica de crescimento de regiões devem ser observados critérios como a definição dos *pixels* selecionados para dar início ao processamento, os quais devem ser bem representativos das regiões de interesse; e a seleção das propriedades convenientes para a inclusão dos *pixels* em regiões. A seleção do critério de similaridade é dependente não somente do problema de estudo, mas também do tipo de dado disponível. A conclusão do processo de crescimento de uma dada região ocorre quando os *pixels* disponíveis não satisfaçam mais o critério de inclusão na referida região.

Visando reduzir a dimensionalidade dos dados, o processo de segmentação neste trabalho foi aplicado considerando-se apenas as imagens fração vegetação, solo e sombra obtidas para cada uma das datas consideradas. Com a definição das imagens para processamento, foram selecionados, a partir de inspeção visual, os limiares considerados mais adequados para a formação de segmentos homogêneos que individualizassem os diferentes padrões de cobertura vegetal e uso da terra de interesse.

#### 4.5.2 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA POR REGIÕES

Após a fase de segmentação, foram gerados arquivos de contexto onde são armazenadas informações como tipo de classificador (por regiões ou por *pixel*), bandas

ou imagens utilizadas, e imagem segmentada de interesse (INPE/DPI, 2002). Posteriormente, as imagens foram então submetidas ao processo de extração de regiões de atributos estatísticos, conforme indicado por Bins *et al.* (1993), sendo adquiridos os parâmetros necessários para a etapa de classificação das imagens envolvidas, tais como média, matriz de covariância e área.

O processo de classificação por regiões no Spring pode ser conduzido através de dois algoritmos de classificação distintos, sendo neste trabalho empregado o algoritmo Bhattacharya, que por ser ligado ao método supervisionado, necessita de uma noção prévia pelo analista das feições ocorrentes na área de estudo. Dessa forma, o analista teria algum conhecimento sobre as classes presentes na imagem quanto a seu número e aos *pixels* representativos destas classes, de forma que possa fornecer as amostras de treinamento e teste para o sistema, viabilizando o processo de classificação.

Em tal abordagem, o analista treina o classificador, deixando a ele a tarefa de localizar todas as demais regiões pertencentes às classes anteriormente definidas, baseando-se em regras estatísticas pré-estabelecidas. Richards e Jia (1998) salientam que apesar do poder da classificação supervisionada, a mesma necessita para o seu bom desempenho, ter delineadas *a priori* classes espectrais unimodais. Segundo Adeniyi (1985), a classificação supervisionada envolve várias fases no tratamento de dados multiespectrais, tais como: seleção de áreas de treinamento (supervisionamento); definição pelo analisador do comportamento espectral das amostras (áreas de treinamento); e classificação da cena, através das amostras fornecidas pelo analista.

De maneira análoga ao observado para a fase de segmentação das imagens, a classificação foi realizada considerando-se apenas as imagens fração vegetação, solo e sombra, referentes a cada uma das datas envolvidas. Convém salientar que se optou por incluir simultaneamente as três imagens fração no processo de classificação devido à necessidade que, para a perfeita separabilidade das classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse, seriam necessárias as informações presentes nestas três componentes.

Por outro lado, a não inclusão das bandas originais no processo de classificação, além do aspecto de reduzir de modo substancial a dimensionalidade dos dados, deve-se sobretudo ao baixo desempenho obtido quando estas bandas foram associadas às bandas sintéticas, conforme observado por Aguiar (1991). Segundo este

autor, tal resultado deve-se ao fato de que as bandas sintéticas apresentam altíssima variância e, quando adicionadas às originais, aumentam muito o nível de detalhe e misturam informações conceitualmente diferentes.

Após a definição das bandas a serem utilizadas, foram então coletadas as amostras das classes de interesse, dando início ao processo de classificação propriamente dito. Com base fundamental no trabalho de campo efetuado e o apoio de informações obtidas para outras áreas do Estado do Pará por Watrin *et al.* (2000) e Sampaio *et al.* (2000), procurou-se obter as amostras nos diversos setores das imagens, enquadrando-as na legenda pré-estabelecida. Após a fase de aquisição, com o intuito de analisar o desempenho das amostras coletadas, procedeu-se a análise individual de cada classe e suas respectivas amostras utilizando limiar de 99,9%, sendo nesta ocasião gerada a matriz de confusão da classificação das imagens, a partir dos critérios de desempenho, abstenção e confusão médios. A classificação foi realizada utilizando-se o mesmo limiar da fase de análise das amostras (99,9%), visando obter um menor índice de rejeição, sem no entanto baixar o desempenho da classificação.

Trabalhando com dados orbitais oriundos de regiões onde predominam as pequenas áreas de cultivo agrícola, Corr *et al.* (1989) e Belaid *et al.* (1992) verificaram a potencialidade das técnicas de classificação por regiões para caracterizar e mapear diferentes culturas, assim como permitir que mudanças potenciais do uso da terra fossem isoladas. De acordo com Belaid *et al.* (1992), os algoritmos de classificação baseados na segmentação por crescimento de regiões conduziram à melhor acurácia global na classificação quando comparados aos métodos convencionais. Tal aumento da precisão das classificações pós-segmentação pode ser atribuído ao uso dos *pixels* agrupados dentro de entidades homogêneas (segmento), e pela introdução de informações cartográficas.

#### 4.5.3 MAPEAMENTO E EDIÇÃO

A partir da classificação das imagens, foi realizado o mapeamento para as geoclasses (definidas no banco de dados no SPRING), visando a criação das imagens temáticas finais para cada ano envolvido no estudo. Isso é feito associando uma determinada classe definida na imagem classificada com a sua classe correspondente



existente no banco de dados. Salienta-se ainda que nessa fase, as unidades que constituíam subclasses, tais como Pasto Limpo Seco e Pasto Limpo Vigoroso, foram oportunamente reagrupadas para uma única classe, neste caso para Pasto Limpo. Dessa forma, foram criadas novas imagens que foram armazenadas em uma nova categoria denominada de imagens temáticas.

De modo a refinar as imagens temáticas geradas anteriormente, as mesmas foram submetidas a um tratamento adicional denominado edição, compreendendo duas etapas distintas: vetorial e matricial. Tal procedimento foi necessário devido à ocorrência de pequenos segmentos indesejáveis no contexto de uma classe específica como, por exemplo, aqueles de capoeira alta em área de floresta primária. Com a correta integração dos segmentos às classes correspondentes, foram então obtidos os produtos temáticos desejados.

Almeida-Filho e Shimabukuro (2002) destacam que a acurácia dos produtos oriundos da classificação pós-segmentação pode ser considerada similar aos dos mapas gerados através de interpretação visual, pois as classes mapeadas podem ser reagrupadas baseadas na experiência do analista. Assim, os produtos obtidos a partir dessa abordagem apresentarão uma aparência realista, na medida em que os chamados erros de omissão e comissão serão potencialmente reduzidos.

Com a obtenção das imagens temáticas finais para todos os anos de interesse, estas foram então “recortadas” em função dos planos de informação correspondentes aos limites de cada uma das áreas de estudo (máscaras). Dessa forma, houve a formação de novas imagens temáticas, agora obedecendo o perímetro de cada um dos projetos de assentamento rural em estudo, estando aptas para ser efetuada a análise espacial da dinâmica da paisagem no período considerado.

#### **4.6 ANÁLISE ESPACIAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM**

A partir da obtenção das imagens temáticas de interesse, foram realizadas a quantificação de área das classes de vegetação e uso da terra para cada um dos anos envolvidos neste estudo, a partir da função medida de classes. Posteriormente, foi conduzida a etapa referente à análise da dinâmica da paisagem no período considerado, através do cruzamento entre imagens de datas consecutivas (tabulação cruzada ou *cross-*

*tabulation*), com base na distribuição espacial de suas informações temáticas, gerando como produto matrizes de mudanças. Uma matriz de mudança corresponde a uma matriz  $N \times N$ , onde  $n$  classes formam os elementos da paisagem e cujos elementos representam a área total da mudança de uma classe para outra no intervalo de tempo considerado. Através da inspeção da diagonal principal dessas matrizes, pode-se verificar a porcentagem da área que permaneceu efetivamente como a mesma classe, isto é, áreas onde não foram registradas mudanças no referido lapso de tempo. Os demais valores apresentados naquelas matrizes referem-se às interações de uma determinada classe em relação às outras consideradas, ou seja, o correspondente percentual em área de uma classe que foi convertida em outra durante o período de tempo analisado. Nesse contexto, a soma de todos os elementos componentes da referida matriz corresponde à área total da paisagem de interesse.

As matrizes de mudanças anteriormente concebidas apresentam normalmente valores que, pelas grandezas envolvidas (*pixels*,  $\text{km}^2$  e ha), dificultam sua interpretação e análise. Assim, tais valores foram transformados em porcentagens, tomando-se como referência a área total da paisagem selecionada, permitindo desta forma, avaliar as mudanças individuais de cada classe em relação à paisagem onde estão inseridas, no âmbito dos períodos de tempo analisados.

Segundo Mansilla Baca (2002), uma matriz de mudança seria o resultado da análise da paisagem em forma total, considerando que a dinâmica da paisagem pode ser caracterizada quando um fragmento de uma classe num tempo  $t1$  muda para outra classe num tempo  $t2$ . Em uma análise sumária, o objetivo dessa matriz é quantificar a mudança entre as diferentes classes numa paisagem, a partir da caracterização das áreas de mudança. Assim, neste trabalho a dinâmica das classes de vegetação e de uso da terra das áreas de estudo teve por base a análise das matrizes de mudança, considerando as conversões ocorridas entre tais classes durante os intervalos selecionados (neste caso, de 1984 para 1988, de 1988 para 1992, de 1992 para 1996 e de 1996 para 2000).

#### **4.7 MODELAGEM DA DINÂMICA DA PAISAGEM**

De modo a enriquecer as análises da dinâmica da paisagem nas áreas de estudo, foram conduzidas algumas simulações a partir do modelo desenvolvido por Mansilla Baca (2002), que visa a predição dos estados da paisagem para tempos futuros, a

projeção na paisagem de tais mudanças com a construção de cenários futuros e a simulação no tempo de tais projeções. Para viabilizar essa etapa, foram utilizados os produtos temáticos finais obtidos a partir do processo de classificação de todas as imagens de interesse para cada uma das áreas de estudo. Assim, para a realização daquelas projeções e simulações, foi empregado algoritmos específicos a partir do programa MATLAB, considerando a teoria de processos ou cadeias de Markov, a simulação de Monte Carlo e o “algoritmo de efeito de borda”, sendo aplicados a partir das seguintes etapas metodológicas, como descrito em Mansilla Baça (2002).

#### 4.7.1 PROJEÇÃO DOS ESTADOS DA PAISAGEM E CENÁRIOS ASSOCIADOS

A projeção dos estados da paisagem para o futuro é feita a partir da geração da matriz de transição (MT) para o período desejado, considerando-se que o tempo é levado para tantos “passos” quantos compreenderem o intervalo em questão em relação ao tempo inicial (base do cálculo da MT). Com o número de “passos”, o vetor de estados e a matriz de transição, então é aplicada a seguinte fórmula:

$$[VE_a]_{1.M} = [VE_b]_{1.M} * [[MT]_{M.M}]^3 \quad (4.6)$$

onde,

VE = vetor de estados

M = estados ou classes na paisagem

a = ano futuro a ser projetado na análise

b = ano inicial da análise

Para realizar projeções em um produto no formato *raster*, é invocada a matriz de transição na base do *pixel a pixel*, porém, como cada *pixel* só pode mudar no máximo para um outro estado, isto é feito probabilisticamente, através de um algoritmo específico. Ao terminar o processamento, cada *pixel* teria mudado - a “mudança” poderia ter sido permanecer no mesmo estado - e haveria um novo mapa apresentando tais mudanças, sendo uma de muitas possíveis imagens estocásticas. As imagens geradas mantêm sua estrutura, porém, existem diferenças entre os dois conjuntos de imagens, explicadas pelo tempo decorrido entre ambas, o que permite projetar cenários futuros para a paisagem sob os supostos markovianos de primeira ordem.

#### 4.7.2 SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DA PAISAGEM PELO ALGORITMO “EFEITO DE BORDA”

Em virtude da configuração das imagens geradas anteriormente não serem alcançadas, a despeito de manterem a estrutura do sistema, as mesmas são submetidas a um algoritmo denominado “efeito de borda”, que permite espacializar aleatoriamente as mudanças entre as diferentes classes da paisagem. Tal algoritmo gera todas as bordas das classes de uma paisagem e armazena os *pixels* que formam as mesmas, bem como aqueles *pixels* com os quais fazem contato. Nesse procedimento é feita uma análise de como cada *pixel* relaciona-se com seus vizinhos, considerando-se a fórmula :

$$\text{Valor} = \text{NC} \cdot (\text{FP} - 1) + \text{CP} \quad (4.7)$$

onde,

NC = número de colunas da imagem

FP = fila posicionada do *pixel* vizinho

CP = coluna posicionada do *pixel* vizinho

Após essa fase, é realizada a análise de todos os *pixels* da área de interesse, de modo que sejam formadas as bordas de cada classe, sendo implementadas sob a forma vetorial. Com o emprego do vetor de estados das porcentagens das classes e a *matriz* de transição, a dinâmica da paisagem é simulada, seguindo-se o conjunto de etapas metodológicas descritas em detalhes por Mansilla Baca (2002). O resultado de todo esse processamento é a geração de imagens ou realizações estocásticas da dinâmica da paisagem. O algoritmo implementado permite a criação de mapas que tenham a configuração e a estrutura do mapa original, modificado de acordo com as tendências da *matriz* de transição correspondente, com a particularidade de poder continuar aproveitando a teoria de Markov para projetar simulações do futuro da paisagem.

#### 4.7.3 GERAÇÃO DE IMAGENS AO LONGO DO TEMPO

O esquema de simulações de paisagens futuras permite que possam ser geradas imagens ao longo do tempo para  $N$  “passos”, que sob forma seqüencial, permitiriam a geração de filmes de simulação da dinâmica da paisagem, no tempo considerado. A riqueza desse esquema possibilita que sejam produzidas visualizações dinâmicas do que

ocorre na paisagem, ou seja, a simulação dinâmica seria igual a  $M$  imagens ou realizações geradas com  $N$  passos seqüencialmente de 1 até  $M$ .

Considerando que para a geração de uma imagem são processadas todas as instâncias que compõem a paisagem (números de *pixels* que devem mudar nos  $N$  "passos"), divide-se este número pelo total de anos a ser projetado e, a cada um destes intervalos, gera-se a imagem correspondente ao ano de interesse. Apesar de que essa geração teoricamente não seja exata, pois o produto final não é um resultado instantâneo e sim uma agregação dos resultados obtidos ao longo do tempo, ainda assim, o mesmo pode ser considerado como boa aproximação. A visualização dessa simulação é possível com o apoio de sistemas computadorizados que apresentam em seqüência tais imagens por curtos períodos de tempo, o que cria o efeito de dinamismo (animação). Para este trabalho, foi considerada apenas as imagens estocásticas obtidas para o ano de 2004, pois as análises realizadas vinham sendo conduzidas em intervalos de quatro anos. Assim, foram obtidas imagens num futuro próximo (2004), contemplando um cenário mais otimista e outro mais pessimista, obtidos respectivamente, a partir das matrizes de transição dos períodos 1984-1988 e 1996-2000, para cada uma das áreas de estudo.

#### 4.8 TRABALHO DE CAMPO

As atividades desenvolvidas no campo envolveram simultaneamente o reconhecimento e caracterização das feições de uso da terra e o levantamento sócio-econômico das áreas de estudo. Considerando a relativa uniformidade dentro de cada assentamento, foi estabelecido que a amostragem deveria abranger 20% do total de famílias assentadas, o que implicou que fossem amostrados um número variável de lotes: 44 para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 17 para o PA Lago Azul e 35 para o PA São Francisco. A escolha dos lotes a serem amostrados foi feita de modo aleatório, considerando que tivessem uma distribuição espacial homogênea dentro de cada assentamento, contemplando os diferentes ramais e núcleos de povoamento.

##### 4.8.1 RECONHECIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM

O reconhecimento e a caracterização da paisagem das áreas de estudo foram efetuados através da correlação entre as feições espectrais presentes na imagem mais recente (07/07/2000) com os padrões de cobertura vegetal e uso da terra observados no

campo. Para isso, foram concebidos produtos em papel na escala 1:50.000 das três áreas de estudo, considerando a composição colorida (TM 3B-4G-5R), realçada a partir da técnica de ampliação linear de contraste.

Dessa forma, os padrões de interesse foram rotulados diretamente nas imagens de modo a corresponder a verdade terrestre, sendo ainda nesta ocasião coletados alguns pontos de controle com o auxílio de um GPS (Magellan Field PRO VTM, 3.03). Salienta-se que devido a data de passagem da imagem mais recente ser de julho de 2000 e o trabalho de campo conduzido entre os meses de abril a maio de 2002, os dados referentes ao histórico de uso da terra foram imprescindíveis para correlacionar as feições definidas nas imagens e os padrões recentes observados no campo. A partir desse procedimento, foi possível estabelecer, com precisão, os diversos padrões tonais, formas e textura exibidos por cada uma das classes de cobertura vegetal e uso da terra consideradas neste trabalho. Salienta-se ainda que a consolidação da legenda temática para as áreas de estudo foi indispensável para maximizar a fase de coleta de amostras de treinamento no âmbito do processo de classificação das imagens em laboratório, como já destacado anteriormente no item 4.5.2.

#### 4.8.2 LEVANTAMENTO SOCIOECONÔMICO

O levantamento socioeconômico realizado visou, em linhas gerais, incorporar informações da dinâmica social às mudanças detectadas e mensuradas nos mapeamentos efetuados a partir das imagens. A identificação dos perfis sociais, agronômicos e tecnológicos dos sistemas de produção em cada assentamento rural de interesse foi realizada a partir da aplicação de um questionário (Anexo 1) entre os produtores selecionados. Segundo Menezes (2002), tal abordagem é conduzida a partir da formulação de perguntas abertas e/ou fechadas, procurando-se usar o máximo de expressões conhecidas dos entrevistados, dentro de uma linguagem coloquial, de modo que as informações obtidas permitam atingir os objetivos da pesquisa.

Dessa forma, tal levantamento foi conduzido de modo que fossem apreendidos junto aos produtores rurais os fatores e processos sociais responsáveis pelas mudanças no uso da terra, direção e intensidade dos desmatamentos, expansão agrícola, etc., possibilitando o entendimento deste problema no contexto de uma dimensão

socioespacial. Os dados coletados foram agrupados nos seguintes temas: caracterização dos produtores e dos lotes; distribuição da cobertura vegetal e uso da terra; dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra; adoção de tecnologias e insumos; e produtos extrativos e exploração madeireira.

Posteriormente, os dados do levantamento de campo foram codificados de modo a permitir que fossem tabulados, tratados e analisados estatisticamente, considerando-se os programas EXCEL e SAS. Assim, foram verificados o número de ocorrências para cada situação e o seu correspondente porcentual de participação em relação ao número total amostrado. Adicionalmente, quando necessário, foram obtidos para alguns dados coletados, parâmetros estatísticos tais como, valor mínimo, valor máximo, média e desvio padrão, que concorreram para enriquecer as análises de interesse.

Conforme McCracken *et al.* (1999), a meta atualmente para integração de análises de sensoriamento remoto em nível de propriedade com levantamento entre produtores rurais seria estabelecer conexões entre a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra com estratégias de utilização do solo e características das famílias (inclusive demografia), além de fatores econômicos e ambientais.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

##### 5.1.1 GEORREFERENCIAMENTO E REGISTRO DE IMAGENS

Na etapa de georreferenciamento da imagem de 1984 com as cartas da DSG, observando-se que o índice de exatidão, deveria ficar dentro dos limites de precisão cartográfica (Espartel, 1982), ou seja, o georreferenciamento deveria apresentar um erro interno médio de posicionamento inferior a 0,66 *pixel*, como de fato ocorreu (0,509 *pixel*). Nas etapas subseqüentes, do tipo registro imagem x imagem, a imagem de 1984 já georreferenciada foi tomada como referência para registrar as imagens dos anos de 1988, 1992, 1996 e 2000, observando-se que o erro de posicionamento interno deveria ficar em torno de 0,5 *pixel*, o que também foi atingido (0,300 a 0,467 *pixel*). Na Tabela 5.1 são apresentados os índices de exatidão das etapas de georreferenciamento e registro efetuados nas imagens selecionadas, indicando que ambos os processamentos apresentaram resultados satisfatórios, dentro dos limites requeridos. Assim, com todas as imagens envolvidas já georreferenciadas, foram então realizadas as demais análises de interesse.

Tabela 5.1 - Apresentação dos índices de exatidão obtidos para as etapas de georreferenciamento e registro de imagens.

Data das imagens	Tipo de registro	Nº de pontos usados	Média do erro interno dos <i>pixels</i> usados no mapeamento		
			Horizontal	Vertical	Total
11/07/1984	imagem-carta	07	0,235	0,364	0,509
06/07/1988	imagem-imagem	07	0,341	0,202	0,467
02/08/1992	imagem-imagem	08	0,201	0,122	0,300
12/07/1996	imagem-imagem	07	0,276	0,186	0,410
07/07/2000	imagem-imagem	08	0,254	0,248	0,424



### 5.1.2 ATENUAÇÃO DOS EFEITOS ATMOSFÉRICOS

Após a fase de georreferenciamento/ registro, os números digitais das imagens envolvidas foram transformados para valores de reflectância aparente, como descrito no item 4.4.2.1. Através de inspeção visual, foi observado que as imagens de interesse após tal transformação passaram a apresentar certa uniformidade radiométrica entre si. Segundo Pereira *et al.* (1996), isso foi possibilitado pelo fato de que as mudanças na resposta espectral dos alvos estariam agora associadas apenas às propriedades estruturais/ espectrais dos alvos em questão e não às mudanças no ângulo de iluminação solar ou variação dos sensores. Adicionalmente, contribuiu para esse resultado, o fato de que as imagens foram selecionadas considerando apenas os meses de julho e agosto, dando assim uma uniformidade em termos de estação do ano aos dados.

As imagens originais, após serem transformadas para imagens reflectância, foram então submetidas à etapa de retificação radiométrica. As imagens envolvidas que já se mostravam com uma certa uniformidade, a partir desse processamento, exibiram visualmente um padrão radiométrico de grande semelhança. Tal comportamento foi comprovado quando as médias de reflectância dos pontos claros e escuros das imagens a serem retificadas foram comparadas com as obtidas para a imagem de referência, como observado na Tabela 5.2.

Os valores de reflectância convertidos para número digital (ND), em todas as datas de passagem, diferiram dos da imagem de referência em termos de décimos, indicando, desta forma, que o processo de retificação radiométrica realizado foi bastante satisfatório. Na Tabela 5.3 são apresentadas as médias de reflectância (em ND), dos pontos claros e escuros observadas para as imagens a serem normalizadas antes e após o processo de retificação radiométrica.

O resultado do processo de retificação radiométrica pode também ser constatado quando comparados os gráficos de dispersão de *pixels* para as bandas *Greenness* e *Brightness* da imagem de referência com aqueles das imagens já retificadas (Figura 5.1). Através desses gráficos pode-se visualizar que as nuvens de espalhamento de *pixels* das imagens dos anos de 1988, 1992, 1996 e 2000 encontram-se justapostas àquela da imagem de referência (1984).

Tabela 5.2 - Médias de reflectância (em ND), dos pontos claros e escuros observadas para a imagem de referência (1984).

<b>Bandas</b>	<b>Pontos escuros</b>	<b>Pontos claros</b>
TM 1	22,867	45,389
TM 2	17,725	58,341
TM 3	10,825	74,363
TM 4	7,206	96,659
TM 5	0,284	130,709
TM 7	0,018	127,888

Tabela 5.3 - Médias de reflectância (em ND), dos pontos claros e escuros para as imagens a serem normalizadas antes e após o processo de retificação radiométrica.

<b>Bandas</b>	<b>Pontos escuros</b>		<b>Pontos claros</b>	
	<b>Imagem a ajustar</b>	<b>Imagem retificada</b>	<b>Imagem a ajustar</b>	<b>Imagem retificada</b>
<b>1988</b>				
TM1	22,582	22,582	44,105	45,061
TM2	17,269	17,269	57,141	58,089
TM3	11,267	10,267	74,982	73,982
TM4	6,118	7,117	95,284	96,284
TM5	0,255	0,218	132,765	129,925
TM7	0,037	0,008	129,760	127,715
<b>1992</b>				
TM1	23,211	22,227	40,460	44,969
TM2	16,066	17,137	49,709	57,760
TM3	10,885	10,024	67,091	73,831
TM4	10,830	6,854	87,817	96,292
TM5	1,406	0,130	124,306	130,228
TM7	0,009	0,009	121,942	127,398

(continua)

Tabela 5.3 - Conclusão

1996				
TM1	21,881	22,690	41,315	45,109
TM2	15,450	17,355	50,602	57,713
TM3	9,546	10,543	69,671	73,663
TM4	6,973	6,815	86,807	96,159
TM5	0,339	0,195	124,485	130,326
TM7	0,143	0,020	124,465	127,448
2000				
TM1	20,865	22,574	41,485	44,902
TM2	14,096	17,119	49,895	57,794
TM3	8,712	10,471	66,684	73,812
TM4	6,354	6,441	85,293	96,102
TM5	0,437	0,081	129,401	130,390
TM7	0,275	0,008	140,659	127,373

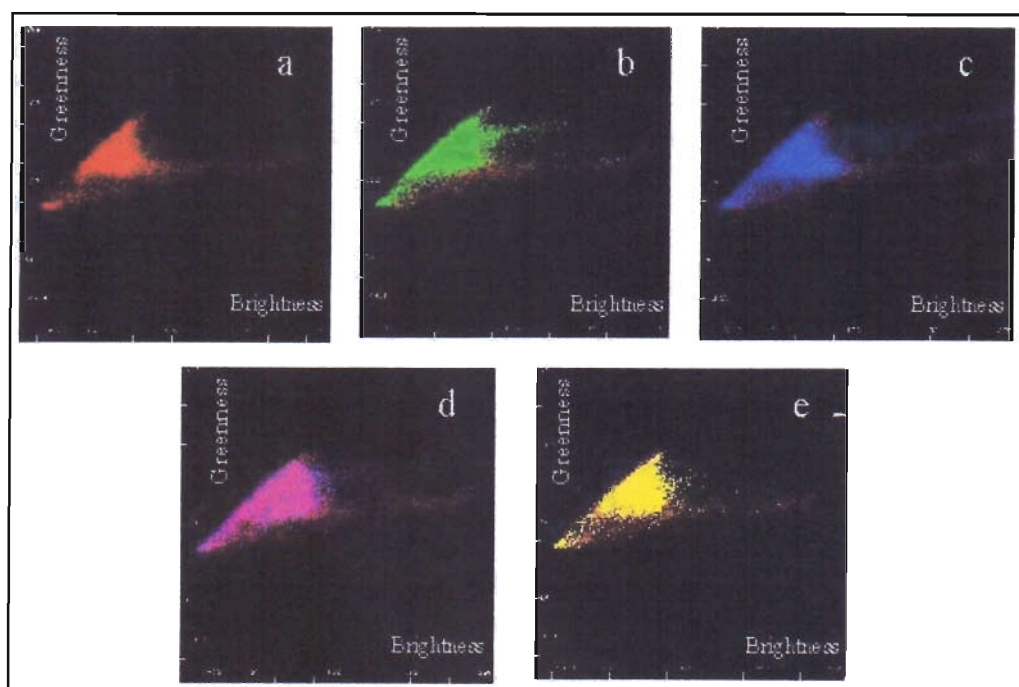


Figura 5.1 - Gráficos de dispersão de *pixels* nas bandas *Greenness* e *Brightness* para a imagem de referência - 1984 (a) e para as imagens retificadas sobrepostas à de referência - 1988 (b), 1992 (c), 1996 (d) e 2000 (e).

### 5.1.3 MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL

Na Tabela 5.4 são apresentados os valores de reflectância aparente para cada componente puro utilizados para a geração das imagens fração, enquanto na Figura 5.2 podem ser visualizadas as suas correspondentes curvas espectrais, considerando as bandas TM 1 a 5 e 7. Através da análise dos valores em questão e da plotagem destes na forma de curva espectral, foi constatada a concordância com as curvas de reflectância consideradas padrão para os alvos vegetação, solo e sombra, condição básica para a geração das imagens fração a partir do modelo de mistura espectral adotado.

Tabela 5.4 - Valores de reflectância aparente dos componentes vegetação, solo e sombra.

Bandas	Componente		
	Vegetação	Solo	Sombra
TM1	0,090	0,149	0,086
TM2	0,075	0,173	0,067
TM3	0,043	0,220	0,039
TM4	0,404	0,282	0,027
TM5	0,176	0,404	0,000
TM7	0,059	0,392	0,000

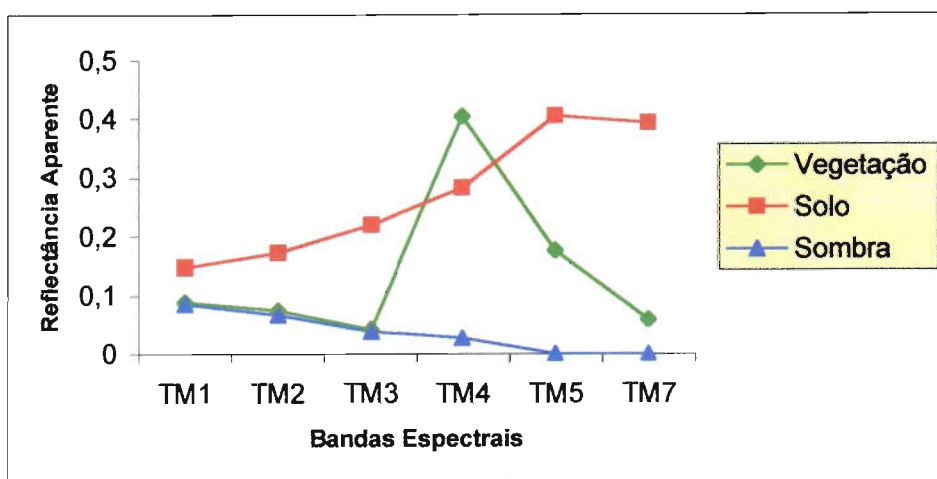


Figura 5.2 - Curvas espectrais dos componentes puros vegetação, solo e sombra.

A partir de análise visual das imagens fração resultantes e da comparação destas com as imagens originais, foi observada a adequação do modelo linear de mistura espectral empregado. Nas imagens resultantes, os valores exibidos pelos *pixels* representam a fração dos componentes puros, sendo as áreas mais claras correspondentes às maiores proporções dos componentes (vegetação, solo e sombra), enquanto as mais escuras aos valores de proporção mais baixos. Na Figura 5.3 são apresentadas, como exemplo, as imagens fração dos componentes puros obtidas para a área do PA São Francisco e o produto colorido formado pela combinação das mesmas.

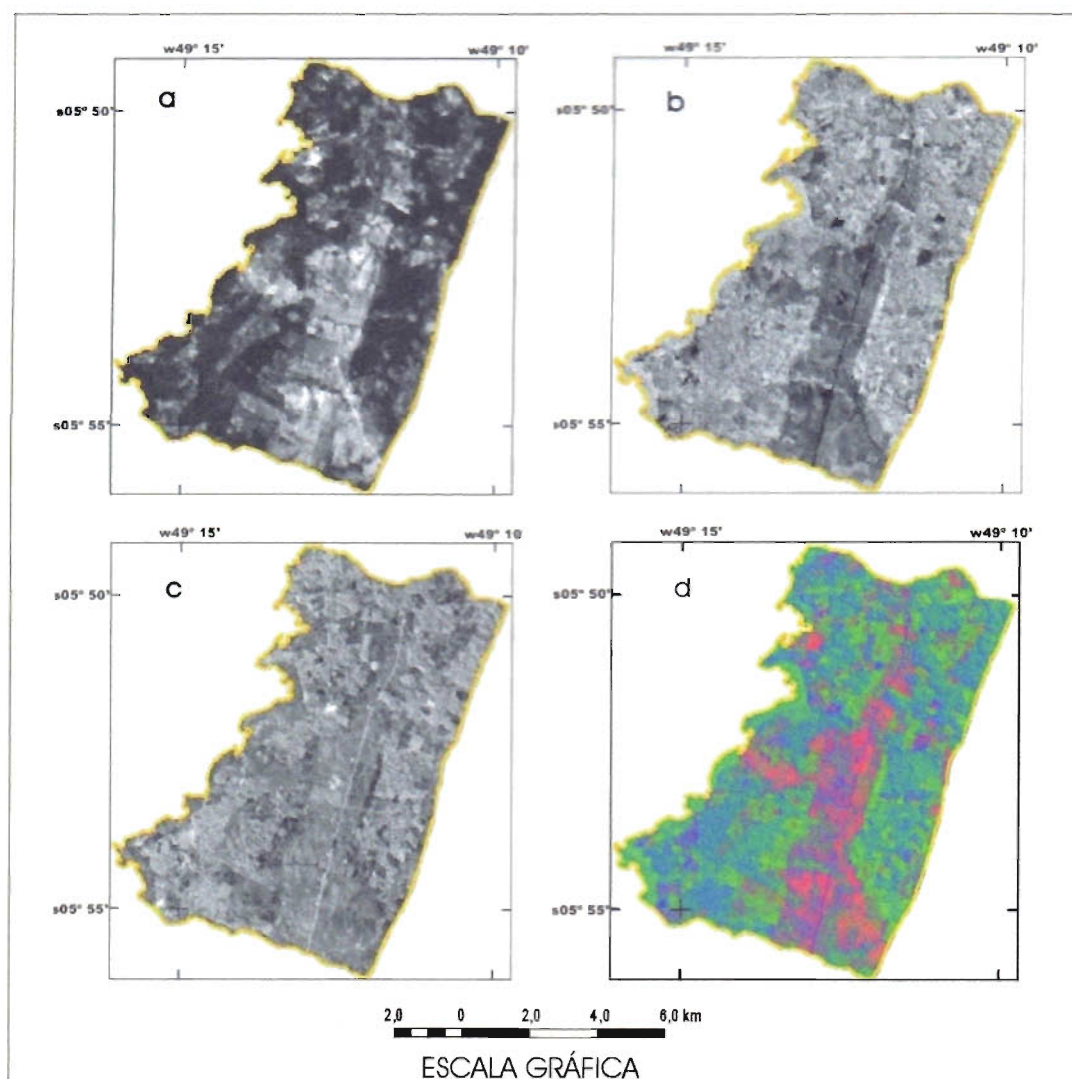


Figura 5.3 - Imagens fração dos componentes solo (a), vegetação (b) e sombra (c), obtidas a partir da imagem de 07/07/2000, e a sua correspondente composição colorida R (solo)/ G (vegetação)/ B(sombra) (d), para a área do PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

Segundo Shimabukuro *et al.* (1998b), as imagens fração geradas a partir de um modelo de mistura espectral podem ser utilizadas para a classificação da cobertura do solo, analisando a proporção de cada componente nos *pixels*. As áreas ligadas às classes de cobertura vegetal, além da significativa presença do componente vegetação, apresentam proporções variadas do componente sombra e baixa contribuição do solo. As áreas de floresta, em função da estrutura heterogênea do dossel, onde os indivíduos emergentes fazem sombra àqueles do estrato inferior, possuem alto sombreamento interno. Comparativamente à floresta, as áreas de capoeira registram maior proporção do componente vegetação e menor proporção de sombra, pois, segundo Adams *et al.* (1995), há maior homogeneidade exibida pelo dossel. Por outro lado, as áreas ocupadas com atividades agropecuárias apresentam respostas variadas de acordo com a classe de uso da terra, tendo porém, no geral, proporções significativas do componente solo e baixa proporção de sombra. Nesse contexto, a maior resposta do componente vegetação é observada para áreas de pasto sujo, sendo esta, entretanto, inferior à registrada para as áreas de capoeira.

Aguiar (1991) e Aguiar *et al.* (1999) observaram a eficiência dos produtos obtidos a partir de modelo de mistura espectral para o mapeamento e caracterização de áreas de plantios florestais. Foi ainda destacada a capacidade dessa abordagem como forma de reduzir a dimensionalidade dos dados para a classificação multiespectral, com a particularidade que, nas novas bandas geradas, as classes não são descritas em função de suas respostas espectrais, mas sim em uma característica física. Assim, para o caso de análise visual, não existe para os autores em questão, a dependência de se conhecer a assinatura espectral das classes, mas apenas as suas características estruturais.

#### 5.1.4 DEFINIÇÃO DA LEGENDA TEMÁTICA

Baseado na avaliação das imagens de interesse com o suporte do trabalho de campo nas áreas de estudo, foi definida uma legenda temática compreendendo três classes de cobertura vegetal e quatro de uso da terra. Adicionalmente, foram consideradas como unidades de mapeamento as classes Água e Nuvem, sendo a primeira considerada apenas para o PA Lago Azul, enquanto a última relaciona-se aos alvos nuvem e sombra de nuvem, observados na área do PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha para as imagens dos anos de 1988, 1992 e 1996.



#### 5.1.4.1 Classes de Cobertura Vegetal

Como classes de cobertura vegetal figuram uma de vegetação primária (Floresta Primária) e duas de vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa). Segundo Moran *et al.* (1994) e Watrin *et al.* (1996), a individualização dessas formações deve-se ao sombreamento interno promovido pelas suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Tal comportamento permite assim que haja individualização da floresta primária da mesma forma que a diferenciação entre estágios de sucessão secundária, desde que apresentem também uma taxa de sombreamento diferenciado.

O remanescente da cobertura vegetal original ainda encontra-se presente nos três assentamentos, apesar de que muitas das áreas mapeadas como Floresta Primária (Figura 5.4), tenham sido submetidas à exploração seletiva de madeira, em diferentes graus de intensidade, principalmente nos PAs Lago Azul e São Francisco. Por outro lado, as áreas intensamente exploradas ou que sofreram descaracterização na sua estrutura por ação do fogo, foram potencialmente rotuladas como Capoeira Alta.



Figura 5.4 - Área de floresta primária (segundo plano) localizada no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

De acordo com McCracken *et al.* (1999), enquanto tem sido comum pensar os estágios sucessionais da vegetação em termos de anos, a variação nas práticas de uso da terra tem mostrado que afetam a taxa de crescimento da vegetação secundária, pois duas formações podem apresentar idades muito diferentes, porém a mesma estrutura. Neste trabalho, as diferentes formações secundárias foram agrupadas em função da altura média alcançada e da estimativa de sua idade. Assim, definiu-se como Capoeira Baixa as formações com altura média inferior a 10 m e idade menor a dez anos, enquanto Capoeira Alta relaciona-se às formações com altura média igual ou superior a 10 m e idade maior ou igual a dez anos.

As áreas mais representativas referentes ao estágio de sucessão secundária avançada (Capoeira Alta) estão concentradas, em grande parte, em regiões de difícil acesso, devido à infra-estrutura mais deficiente no tocante à presença de ramais (Figura 5.5). Tal comportamento é justificado pelo fato de que as capoeiras formadas nessas áreas *sofrem menor pressão para serem incorporadas novamente ao processo produtivo*, permitindo assim, que o processo sucessional evolua normalmente. Em oposição, as áreas revestidas com os estágios intermediário e inicial da sucessão secundária (Capoeira Baixa) aparecem com mais frequência junto às regiões onde as atividades agropecuárias são desenvolvidas com maior intensidade e que são melhor servidas por ramais (Figura 5.6).

#### **5.1.4.2 Classes de Uso da Terra**

Para o uso da terra, foram definidas as classes Solo Exposto, Pasto Limpo, Pasto Sujo e Queimada, baseando-se nos estágios de desenvolvimento e nas diversas práticas culturais e de manejo utilizadas na região de estudo, as quais promovem diferentes taxas de exposição do terreno. Assim, a definição da legenda temática para as classes de uso da terra foi regida pela programação do calendário agrícola da região por ocasião das datas de passagem das imagens TM/Landsat envolvidas nas análises (meses de julho e agosto).





Figura 5.5 - Aspecto de Capoeira Alta (segundo plano) observada em área do PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.



Figura 5.6 - Sucessão secundária inicial (Capoeira Baixa) localizada no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

A classe Solo Exposto refere-se às áreas em preparo para empreendimento agropecuário, ou ainda, áreas com culturas anuais (Figura 5.7) que, por ocasião da tomada das imagens, estavam na fase de colheita e pós-colheita, exibindo baixa taxa de cobertura do terreno, ou seja, um predomínio da feição solo na resposta espectral das mesmas. A classe Pasto Limpo (Figura 5.8) corresponde às áreas recém-implantadas ou com baixo grau de infestação por invasoras (“juquira”), pastagens estas em diferentes estados de vigor por ocasião da tomada das imagens (pasto seco e pasto vigoroso). Por outro lado, a classe Pasto Sujo envolve as pastagens em diferentes estágios de degradação, mas que ainda comportam o pastejo do gado, com presença significativa de invasoras herbáceas e observância de subarbustos e palmeiras, como o babaçu. A classe Queimada refere-se às áreas que foram, por ocasião da data de passagem das imagens, submetidas à prática de queima da fitomassa aérea, quer seja para serem incorporadas ao processo produtivo, no caso de áreas de floresta primária e vegetação secundária, ou como recurso para reforma das pastagens (limpeza dos pastos).



Figura 5.7 - Aspecto das culturas de milho e mandioca em consórcio no âmbito do PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.





Figura 5.8 - Pasto Limpo em área do PA Agroextrativista Praialta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.

Convém salientar que devido às limitações para perfeito mapeamento das áreas com culturas perenes, tais alvos agrícolas foram englobadas na classe Capoeira Baixa. Isso deve-se ao fato de que as culturas perenes além de serem pouco representativas nas áreas de estudo, quando plenamente desenvolvidas apresentam um padrão espectral muito semelhante ao exibido pela classe Capoeira Baixa, comparativamente à unidade de maior dominância na região de estudo. Além desse aspecto, uma das culturas perenes de maior expressão na região, o cupuaçu, é muitas vezes cultivado sombreado a partir de árvores deixadas propositadamente na área para este fim. Watrin *et al.* (2000) observaram restrições no mapeamento de culturas perenes no município de Tomé-Açu, Pará, sendo verificado que os valores em área obtidos encontravam-se subestimados em detrimento das áreas ocupadas com sucessão secundária em estágio inicial.

#### 5.1.5 SEGMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

No tocante à segmentação das imagens fração solo, vegetação e sombra, foi realizada uma inspeção visual dos vários produtos gerados, sendo selecionado aquele definido pelos limiares oito para similaridade e dez para área, pois foi considerado o mais

adequado para a formação de segmentos homogêneos para individualização dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra de interesse. Apesar de que com tais limiares ser observado, por vezes, um particionamento excessivo nas imagens, essa escolha mostrou-se essencial para a perfeita formação de bordas dos segmentos que individualizassem classes espectralmente próximas, tais como, Floresta Primária e Capoeira Alta. No caso do limiar de área, vale ressaltar que, na seleção do valor dez, foi ainda considerado que o tamanho do menor lote nas áreas de estudo corresponde a 9 ha ou 100 *pixels*; então, para individualizar um determinado uso da terra dentro do lote em questão, foi estimado que seriam necessários em torno de dez *pixels*. Em virtude do melhor desempenho verificado com aplicação dos limiares de 8 (similaridade) e 10 (área) para a segmentação, os mesmos foram aplicados nas imagens em todas as datas analisadas. Em nível de exemplo, na Figura 5.9 é apresentada a imagem referente ao PA Lago Azul sobreposta pelo produto da segmentação com os limiares selecionados.

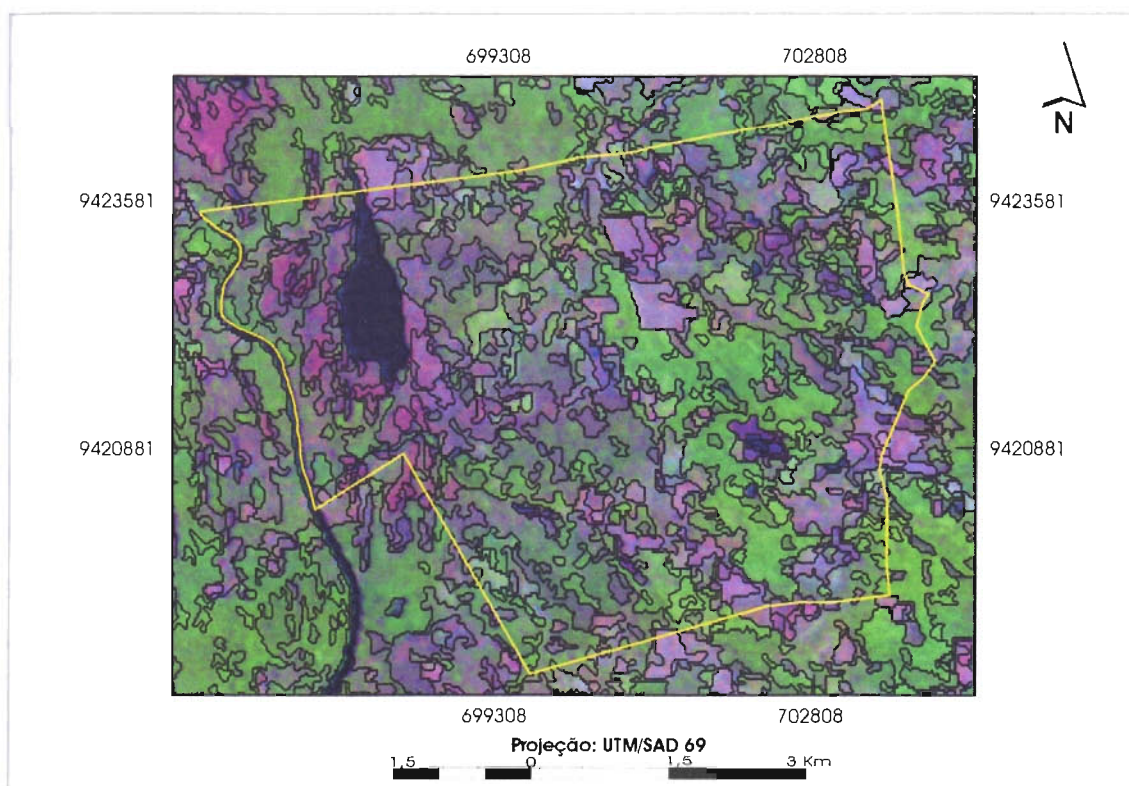


Figura 5.9 - Composição colorida (TM 5R/ 4G/ 3B) da imagem de 07/07/2000 sobreposta pelo produto oriundo da segmentação, com os limiares 8 para similaridade e 10 para área, em âmbito do PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

Com a obtenção das imagens segmentadas de forma adequada para a realidade das áreas de estudo, o processo de classificação supervisionada por regiões transcorreu normalmente, a partir da utilização das imagens fração solo, vegetação e sombra. Pode-se verificar que os treinamentos realizados no âmbito do algoritmo Bhattacharya apresentaram-se bem consistentes, na medida em que houve uma correspondência aos dados e informações coletados no campo. Assim, apesar da complexidade das áreas de estudo, onde as nuvens de *pixels* referentes às classes espectrais são pouco distanciadas entre si, foram detectadas e discriminadas todas as classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse, atendendo os objetivos propostos neste trabalho. Corr *et al.* (1989) e Belaid *et al.* (1992) foram um dos primeiros a preconizar a potencialidade dos algoritmos de classificação supervisionada por regiões para o melhor dimensionamento de classes em áreas de grande heterogeneidade de feições espectrais.

Vale destacar que foram identificadas duas variantes para a classe Pasto Limpo, relacionadas ao estado de vigor da pastagem por ocasião da tomada das imagens (seca e vigorosa). Apesar de espectralmente diferentes, tais variantes foram reagrupadas dentro da mesma classe, pois representavam no campo o mesmo alvo. A subdivisão inicial foi necessária devido à classe em questão não apresentar uma distribuição gaussiana, em virtude da grande amplitude espectral registrada pela mesma.

Ainda no contexto do processo de classificação das imagens, vale salientar que, em virtude de ter sido realizada a fase de edição nas imagens analisadas, não foi avaliada a acurácia dos produtos obtidos a partir da classificação. Esse aspecto deve-se ao fato de que os produtos oriundos da classificação pós-segmentação apresentarão uma aparência realista, similar aos dos mapas gerados através de interpretação visual, pois, conforme Almeida-Filho e Shimabukuro (2002), os chamados erros de omissão e comissão serão potencialmente reduzidos.

## 5.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

### 5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTORES E DOS LOTES

Como enfatizado anteriormente, a mesorregião do Sudeste Paraense foi palco da implantação de grandes projetos de desenvolvimento que, por sua vez, possibilitaram o fluxo de grandes contingentes migratórios que deixaram marcas indeléveis nos seus

aspectos ambientais e socioeconômicos. De modo a caracterizar os produtores das áreas de estudo, foi primeiramente analisada a origem dos mesmos (Tabela 5.5). Foi verificado que, de maneira geral, os colonos são em sua grande maioria oriundos de estados da região Nordeste do País, sobretudo do Estado do Maranhão, atraídos pela busca de melhores condições de vida, a partir da obtenção de um lote de terra.

Tabela 5.5 - Origem dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

<b>Estados de origem</b>	<b>Número de produtores</b>	<b>Porcentual de produtores</b>
<b>Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranha</b>		
Maranhão	14	31,82
Bahia	7	15,91
Pará	6	13,64
Piauí	4	9,09
Outros	13	29,54
Total	44	100,00
<b>Projeto de Assentamento Lago Azul</b>		
Pernambuco	6	35,29
Maranhão	4	23,54
Ceará	3	17,65
Bahia	2	11,76
Outros	2	11,76
Total	17	100,00
<b>Projeto de Assentamento São Francisco</b>		
Maranhão	12	34,29
Goiás	7	20,00
Minas Gerais	6	17,14
Piauí	3	8,57
Outros	7	20,00
Total	35	100,00

Vale salientar, que os colonos oriundos do Maranhão assumiram papel mais relevante nos PAs São Francisco e Agroextrativista Praialta e Piranha, com 34,29% e 31,82% do total amostrado, respectivamente. Entretanto, foi observada pequenas particularidades locais, tais como a presença significativa de colonos do Estado do Pará no PA Agroextrativista Praialta e Piranha (13,64%), o que pode ser explicada pelo fato de que antes do estabelecimento oficial do mesmo, a área já era ocupada por pequenos produtores locais que viviam sobretudo do extrativismo. Por outro lado, no PA São Francisco foi verificada presença significativa de colonos de estados não nordestinos, como Goiás e Minas Gerais, contribuindo, respectivamente, com 20,00% e 17,14% do total de produtores amostrados.

No tocante à época de chegada dos colonos nas áreas dos projetos de assentamento (Tabela 5.6), foram observados comportamentos bem distintos na medida em que os mesmos apresentaram épocas de ocupação diferenciadas. No PA Agroextrativista Praialta e Piranha, a despeito de serem registrados percentuais significativos de colonos com permanência na área superior a dez anos, o fato de 43,18% do total de produtores estarem enquadrados na faixa correspondente a menos de cinco anos de chegada no local, dá claros indícios que o processo de colonização na área foi intensificado sobretudo nestes últimos anos.

Tabela 5.6 - Anos de chegada dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Anos de chegada	PAE Praialta <sup>1</sup>		PA Lago Azul		PA São Francisco	
	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)
< 5	19	43,18	1	5,88	13	37,14
5 - 10	6	13,64	2	11,76	22	62,86
> 10 - 15	13	29,54	8	47,06	0	0,00
> 15	6	13,64	6	35,30	0	0,00
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100,00</b>	<b>17</b>	<b>100,00</b>	<b>35</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranha.

Foi constatado que o PA Lago Azul constitui, dentre as áreas estudadas, aquela onde o processo de colonização encontra-se mais consolidado, pois 82,36% do total de produtores entrevistados chegaram na área há mais de dez anos. Situação inversa foi observada para o PA São Francisco, onde não foi registrado estabelecimento de colonos acima de dez anos, sendo a ocupação da área realizada sobretudo na faixa de cinco a dez anos (62,86% do total), sendo a resposta mais comum no âmbito do mesmo referir-se a cinco anos (51,43% do total), correspondente ao ano de criação do PA (1997).

Em virtude das áreas de estudo constituírem projetos de assentamentos rurais, a maioria das propriedades apresentam pequenas dimensões, como pode ser constatado na Tabela 5.7. Nos PAs Lago Azul e São Francisco, que possuem áreas totais mais limitadas, foi observado que o tamanho dos lotes estão concentrados no intervalo de 20 a 60 ha, correspondendo, respectivamente, a 88,24% e 74,28% do total amostrado. Para o PA Lago Azul, foram mais significativos os lotes com tamanho de 20 a 40 ha (47,06% do total), sendo a média de 30,62 ha, enquanto para o PA São Francisco foram mais relevantes aqueles definidos no intervalo de 40 a 60 ha, representando 42,85% do total e assumindo uma média de 49,07 ha.

Por outro lado, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha onde a área total é proporcionalmente bem maior que os dois projetos de assentamento anteriores, 63,64% dos lotes encontram-se enquadrados no intervalo compreendido entre 40 a 80 ha. Nesse contexto, foi observada predominância de lotes entre 40 a 60 ha, com uma área média de 53,89 ha, correspondendo a 40,91% do total amostrado. Entretanto, foi registrado neste PA que uma parcela significativa de produtores (20,45% do total) apresentam lotes com tamanho superior a 80 ha, dando indícios de concentração de terras que, segundo Menezes (2002), levará futuramente a especulações nos casos daquelas propriedades superiores a 100 ha.

Quanto ao aspecto do número de lotes sob o domínio de cada produtor, foi verificado que a maioria dos mesmos possui um único lote, sendo 94,12% (16 produtores) no PA Lago Azul, 93,18% (41 produtores) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha e 80,00% (28 produtores) no PA São Francisco. Para o PA São Francisco foi registrado um número significativo de produtores com mais de um lote, sendo 14,29% (cinco produtores) com dois lotes e 5,71% (dois produtores) com três lotes.



Tabela 5.7 - Tamanho de lotes dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

<b>Tamanho do lote (ha)</b>	<b>Número absoluto</b>	<b>Número relativo (%)</b>	<b>Média (ha)</b>	<b>Desvio padrão (ha)</b>
<b>Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira</b>				
20 - 40	7	15,91	28,57	8,02
> 40 - 60	18	40,91	53,89	4,71
> 60 - 80	10	22,73	68,10	6,06
> 80 - 100	4	9,09	98,75	2,50
> 100	5	11,36	155,40	69,23
<b>Projeto de Assentamento Lago Azul</b>				
20 - 40	8	47,06	30,62	7,76
> 40 - 60	7	41,18	50,00	5,00
> 60 - 80	1	5,88	65,00	0,00
> 80 - 100	1	5,88	85,00	0,00
> 100	-	-	-	-
<b>Projeto de Assentamento São Francisco</b>				
20 - 40	11	31,43	30,36	6,12
> 40 - 60	15	42,85	49,07	5,24
> 60 - 80	4	11,43	75,00	7,07
> 80 - 100	4	11,43	95,00	5,77
> 100	1	2,86	150,00	0,00

De acordo com Homma *et al.* (2001), parece comum em todos os projetos de assentamentos no Sudeste Paraense que o processo de ocupação possui uma dinâmica interna que modifica quanto ao número de assentados, as áreas médias planejadas e a incorporação de lotes. Ainda para os mesmos autores, a incorporação de lotes de assentados desistentes por novos assentados externos, constitui uma outra característica desses projetos de assentamento. Isso ocorre para uma parcela de produtores que tendo a

área de floresta esgotada para desenvolvimento de culturas de subsistência, resta a alternativa de vender o lote para outros produtores interessados na expansão das pastagens e procurar novas áreas.

Foi registrado que na totalidade dos produtores amostrados nos PAs Lago Azul e São Francisco os lotes encontram-se demarcados e existe um documento de posse da terra, entre os quais, o recibo de compra e venda da mesma. Por outro lado, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha os lotes demarcados representam 70,45% (31 produtores), enquanto os não demarcados alcançam 29,55% (13 produtores). Nesse último PA foi também observada a particularidade do documento de posse da terra existir em apenas 77,27% dos lotes (34 produtores), sendo os restantes 22,73% (dez produtores) formado por posseiros. O comportamento observado para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha pode ser explicado pelo fato da área encontrar-se ainda em intenso processo de ocupação, além de que a regularização da situação fundiária ocorra de forma coletiva, sem a emissão do título definitivo de terra. Nos PAs Lago Azul e São Francisco a realidade é bem diferente, tendo em ambos os casos já consolidado o processo de distribuição de terras junto ao INCRA.

Para Homma *et al.* (2001), as demarcações de terra efetuadas no Sudeste Paraense não obedeceram o padrão ortogonal, com lotes retangulares, típicos da colonização na Transamazônica e em Rondônia, mas buscou-se demarcar áreas já invadidas por posseiros ou por integrantes do MST, apresentando assim contornos irregulares. A área dos lotes maiores poderá ser fragmentada, levando desta forma a aumentar a capacidade de assentar novos colonos.

Quando analisada a problemática da dinâmica de compra e venda de lotes nas áreas de estudo, os produtores que não efetuaram a venda de lote, desde o momento em que se estabeleceram nos seus respectivos PAs, representam 93,18% (41 produtores) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 88,57% (31 produtores) no PA São Francisco e 88,23% (15 produtores) no PA Lago Azul. Por sua vez, a compra de novos lotes também não foi observada entre a maioria dos produtores, sendo de 86,36% (38 produtores) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 82,35% (14 produtores) no PA Lago Azul e 74,29% (26 produtores) no PA São Francisco. Entretanto, no PA São Francisco foi registrado que 25,71% dos produtores efetuaram a compra de novos lotes,

mostrando uma ligeira tendência de permuta de lotes, a partir da desistência de alguns assentados, ou mesmo a incorporação dos mesmos por aqueles que desejam ampliar a propriedade original, ferindo assim, ao objetivo da criação do projeto de assentamento.

### 5.2.2 DISTRIBUIÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA

De acordo com Walker *et al.* (1998), as decisões sobre o uso da terra são afetadas por uma série de circunstâncias endógenas e externas à propriedade. Assim, o sistema de uso da terra em determinado local e tempo, e sua vinculação como formas de cobertura do solo, constitui o resultado de um conjunto de fatores interagindo em um processo evolucionário. Para esses autores, as condições de mercado e do solo evoluem ao longo do tempo, levando o produtor a um conjunto de opções dinâmicas. Assim, as mudanças dos sistemas de produção familiar dependem de alternativas mais lucrativas ou decorrentes de um ato mais imediato de necessidade econômica do produtor.

Os sistemas de produção agrícola praticados nos três assentamentos são geralmente desenvolvidos em pequenas propriedades, com baixa diversificação e baixo nível tecnológico. Nesse contexto, destaca-se o subsistema de culturas anuais de subsistência, incluindo arroz, mandioca, milho e feijão (Tabela 5.8), conduzidas geralmente em sistema de consórcio.

Outros subsistemas encontrados nas áreas de estudo são representados pelas pastagens cultivadas e culturas perenes/ subperenes (principalmente cupuaçu e banana), que são implantadas obedecendo o mesmo cronograma das atividades de preparo de área observado para as culturas de subsistência. Em geral, no subsistema de culturas perenes/ subperenes é realizado como trato cultural apenas uma roçagem anual, sendo a etapa de colheita/ beneficiamento para a banana e cupuaçu efetuada um e três anos após o plantio, respectivamente. No subsistema de pastagens cultivadas aparecem como particularidades nos tratos culturais a limpeza para controle de invasoras através do fogo, realizada no intervalo de um a dois anos, durante a época mais seca, e o replantio do capim, conduzida na época chuvosa. O rebanho bovino assume maior expressão no PA São Francisco, com a média de 40,54 animais por lote, seguido pelos PAs Lago Azul e Agroextrativista Praialta e Piranheira, com médias de 21,76 e 15,84 animais por lote, respectivamente. Maiores informações a respeito dos resultados obtidos para a produção animal nas áreas de estudo podem ser encontradas no Anexo 2.

Nos locais onde as áreas florestais são mais escassas, como no PA Lago Azul, é corrente o uso da vegetação secundária como elemento de pousio agrícola. Nesse sistema, a vegetação secundária é incorporada periodicamente à área agrícola através dos processos de corte e queima, pois a mesma desempenha a função de acumular na fitomassa os nutrientes a serem liberados através da queima, além de ser importante no controle das ervas daninhas instaladas durante a fase de cultivo (Denich, 1991). Assim, a incorporação de capoeiras jovens ao processo produtivo é desestimulada, pois implicaria no aumento do número de capinas para a manutenção dos cultivos agrícolas.

Tabela 5.8 - Calendário agrícola para o subsistema de culturas de subsistência nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
broca <sup>2</sup>											
←-----→											
derruba											
			←-----→								
			queima <sup>2</sup> coivara <sup>3</sup>								
				←-----→							
				plantio		←-----→					
				(arroz, milho, mandioca)				←-----→		plantio	
								(feijão)			
						←-----→					
						capina <sup>4</sup>					
←-----→		←-----→		←-----→		←-----→		←-----→		←-----→	
colheita/ beneficiamento		colheita/ beneficiamento		colheita/ beneficiamento		colheita/ beneficiamento		colheita/ beneficiamento		colheita/ beneficiamento	
(feijão)		(mandioca)		(arroz, milho)		(arroz, milho)		(arroz, milho)		(arroz, milho)	

Na Tabela 5.9 são apresentados os resultados obtidos para a distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra, considerando o ano de chegada dos produtores em seus lotes nas diferentes áreas de estudo. Nessa Tabela, foram omitidos os valores

<sup>2</sup> Prática agrícola que consiste na eliminação de arvoretas e cipós da floresta (indivíduos do sub-bosque) de modo a facilitar o rendimento da etapa posterior de derruba.

<sup>3</sup> Prática relacionada à eliminação pelo fogo, de pedaços de madeira que não foram destruídos por ocasião da fase de queimada.

<sup>4</sup> Em geral, o pequeno produtor realiza uma única capina para as culturas do arroz e do milho, porém, nos casos da mandioca e do feijão, são feitas três e duas capinas, respectivamente, em intervalos regulares (três e dois meses).

mínimos registrados, pois para todas as classes consideradas, os mesmos foram sempre iguais a zero, ou seja, em pelo menos um dos lotes amostrados, não apresentava a classe de cobertura vegetal e uso da terra de interesse.

Tabela 5.9 - Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra no ano de chegada dos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Classe	Área média (ha)	Desvio padrão (ha)	Valor máximo (ha)
<b>Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira</b>			
Floresta Primária	60,95	45,63	275,00
Capoeira Alta	1,70	5,52	30,00
Capoeira Baixa	3,23	6,73	25,00
Pastagem	2,82	8,11	43,00
<b>Projeto de Assentamento Lago Azul</b>			
Floresta Primária	29,71	20,32	68,00
Capoeira Alta	3,12	6,24	20,00
Capoeira Baixa	3,79	4,24	10,00
Pastagem	3,38	6,78	25,00
<b>Projeto de Assentamento São Francisco</b>			
Floresta Primária	36,30	26,38	100,00
Capoeira Alta	0,48	2,03	10,00
Capoeira Baixa	2,53	5,21	25,00
Pastagem	14,97	24,10	80,00

Foi observado que as áreas de floresta eram predominantes na maioria dos lotes dos assentados por ocasião da chegada dos mesmos nos três PAs, sendo entretanto, o valor médio para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira bem superior ao observado nos demais, haja vista a existência de lotes de maiores dimensões. No tocante às áreas de sucessão secundária, a grande variação das mesmas entre os lotes amostrados em cada PA implicou que os valores médios obtidos fossem sempre superiores aos seus correspondentes de desvio padrão. A despeito das diferenças de área total entre os PAs

e, conseqüentemente, do tamanho de lotes, foram detectadas flutuações modestas nas áreas médias ocupadas com capoeira baixa, variando entre 2,53 ha para o PA São Francisco e 3,79 ha para o PA Lago Azul. Tal comportamento foi distinto ao observado para as áreas médias ocupadas com capoeira alta, cuja amplitude de variação foi bem maior, com a particularidade de no PA São Francisco serem de pouca representatividade, sendo a área média de 0,48 ha. Por sua vez, a área média definida para pastagem no PA São Francisco (14,97 ha) foi bastante superior às registradas para as outras áreas de estudo, pois por ocasião da chegada da maioria dos colonos no PA em questão já existia uma parcela significativa da terra com este tipo de uso.

De modo a caracterizar a distribuição atual da cobertura vegetal e do uso da terra nos lotes, nas Tabelas 5.10, 5.11 e 5.12 encontram-se os dados levantados junto aos produtores amostrados nas três áreas de interesse. De maneira análoga à Tabela 5.9, os valores mínimos obtidos não foram também lançados nessas tabelas, em virtude de terem sido sempre iguais a zero.

Para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha (Tabela 5.10), foi observado que apesar do recrudescimento expressivo das áreas antrópicas, as áreas de floresta primária constituem ainda o padrão dominante na paisagem local, ocupando uma área média de 36,18 ha por lote, o que corresponde a mais da metade da área média inicial. Como área de colonização relativamente recente, as áreas de sucessão secundária são dominadas por capoeiras baixas, cujas áreas médias por lote são superiores ao dobro das com capoeira alta, ou seja, de respectivamente 7,19 ha e 3,12 ha, sendo em ambas verificada uma amplitude de variação grande entre o tamanho de áreas. As culturas anuais assumiram posição de destaque no contexto das áreas agrícolas, haja vista o predomínio da vertente da agricultura de subsistência entre os produtores, principalmente o arroz e o milho, que registraram áreas médias por lote de 1,30 ha e 1,04 ha, respectivamente. Entretanto, o uso da terra mais marcante é representado por áreas de pastagem, sendo as áreas médias de pasto limpo (12,61 ha) bem maiores que as observadas para pasto sujo (7,65 ha).

McCracken *et al.* (1999) observaram em área de colonização na rodovia Transamazônica que, apesar de muitas vezes os produtores estarem inicialmente envolvidos na conversão da floresta em culturas de subsistência, existe uma tendência

de lentamente as famílias começarem a diversificar o uso da terra para pastagem e culturas perenes. Ainda para tais autores, as áreas de pastagem atuam como reserva econômica estratégica, ao passo que as culturas perenes, por exigirem um período relativamente longo para produzirem, necessitam de investimento substancial de trabalho e de recursos financeiros. Dessa forma, os produtores que são incapazes de acumular capital suficiente para implantação de pastagem ou culturas perenes, são fadados a depender unicamente da produção de culturas anuais.

Tabela 5.10 - Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.

Classe	Área média (ha)	Desvio padrão (ha)	Valor máximo (ha)
Floresta Primária	36,18	27,90	130,00
Capoeira Alta	3,12	6,82	35,00
Capoeira Baixa	7,19	9,21	40,00
Arroz	1,30	1,41	5,50
Feijão	0,04	0,09	0,25
Milho	1,04	1,33	5,00
Mandioca	0,64	0,82	4,00
Banana	0,42	1,38	7,50
Cupuaçu	0,18	0,68	4,30
Outras Culturas	0,02	0,11	0,50
Pasto Limpo	12,61	17,33	85,00
Pasto Sujo	7,65	9,45	44,50
Tamanho do Lote	68,70	42,24	-

A partir da análise da distribuição atual da cobertura vegetal e do uso da terra no PA Lago Azul (Tabela 5.11), foi verificada uma redução substancial das áreas de floresta primária, pois passaram da média de 29,71 ha para 4,34 ha por lote, fruto do intenso processo de desmatamento a que foi submetida. Por outro lado, as áreas médias com sucessão secundária nos lotes aumentaram, principalmente as de capoeira baixa, que duplicaram entre o período considerado. De maneira análoga ao observado para o PA Agroextrativista Praialta e Piranheira, as culturas anuais foram aquelas de maior

expressão nos lotes, especialmente as lavouras de milho (0,72 ha) e de arroz (0,59 ha). As áreas médias de pastagem por lote, distribuídas entre as unidades pasto limpo (13,88 ha) e pasto sujo (8,17 ha), representam atualmente também o uso da terra dominante, sendo o seu avanço realizado sobretudo em detrimento da remoção de áreas florestais.

Tabela 5.11 - Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

Classe	Área média (ha)	Desvio padrão (ha)	Valor máximo (ha)
Floresta Primária	4,34	4,73	15,00
Capoeira Alta	4,94	5,00	15,00
Capoeira Baixa	7,97	7,66	29,00
Arroz	0,59	0,50	1,50
Feijão	0,36	0,25	1,00
Milho	0,72	0,70	2,00
Mandioca	0,51	0,50	1,50
Banana	0,03	0,12	0,50
Cupuaçu	0,26	0,45	1,50
Outras Culturas	0,02	0,08	0,30
Pasto Limpo	13,88	7,95	25,00
Pasto Sujo	8,17	9,92	40,00
<b>Tamanho do Lote</b>	40,59	17,49	-

Conforme Homma *et al.* (2001), o ciclo dos cultivos anuais vai depender da área de floresta disponível que, quando esgotados, encerra-se a primeira sustentabilidade para uma grande categoria de produtores. Para esse conjunto de produtores, resta a alternativa de vender o lote para outros produtores interessados na expansão das pastagens e procurar novas áreas. O conjunto representado pelos plantadores de cultivos perenes e àqueles interessados na pecuária, inicia-se a segunda sustentabilidade, com possibilidade de permanência, dependendo do manejo do rebanho e das pastagens, pelos próximos dez anos (Homma *et al.*, 2001).

Apesar da ocupação das terras no PA São Francisco ser relativamente recente, foi observado que a área média do remanescente florestal nos lotes representa atualmente menos da metade daquela de origem, registrando apenas 14,84 ha (Tabela



5.12). Por outro lado, a área média de capoeira alta manteve-se estável, indicando que tal formação sofreu poucas intervenções no período, comportamento este distinto ao apresentado pela área de capoeira baixa que chegou quase a duplicar (4,72 ha) em função da baixa estabilidade dos sistemas agropecuários adotados. No contexto das culturas agrícolas, milho e arroz, como verificado nos demais PAs, continuaram a ocupar uma posição proeminente, porém, salienta-se que a cultura da banana contribuiu com uma parcela significativa da produção agrícola local, ocupando uma área média por lote de 2,48 ha. As áreas com pastagem foram também ampliadas, registrando áreas médias de 16,18 ha para pasto limpo e 10,80 ha para pasto sujo, entretanto, devido à já existência de uma parcela significativa da área da fazenda de origem com este tipo de uso, tal incremento foi comparativamente menor ao registrado nos demais PAs.

Tabela 5.12 - Distribuição da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2002 no Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

Classe	Área média (ha)	Desvio padrão (ha)	Valor máximo (ha)
Floresta Primária	14,84	12,81	60,00
Capoeira Alta	0,48	2,03	10,00
Capoeira Baixa	4,72	6,05	23,00
Arroz	1,76	1,79	5,00
Feijão	0,07	0,16	0,50
Milho	2,23	2,51	12,50
Mandioca	0,29	0,47	2,00
Banana	2,48	3,43	12,00
Cupuaçu	0,46	1,54	9,00
Outras Culturas	0,04	0,17	0,90
Pasto Limpo	16,18	20,72	110,00
Pasto Sujo	10,80	11,42	50,00
<b>Tamanho do Lote</b>	<b>54,29</b>	<b>27,24</b>	<b>-</b>

Em parte, o aumento das áreas de pastagem está relacionado à redução da fertilidade do solo pela intensificação das práticas de corte e queima, levando o pequeno agricultor, na tentativa de valorizar a sua terra, a optar pela introdução de pastagens que são potencialmente menos exigentes em termos nutricionais. Em nível de unidades

familiares, Homma *et al.* (1995) explicam que o problema dá-se em função do sistema de derruba e queima não apresentar um equilíbrio estável, tendo em vista o tamanho dos lotes. Nesses casos, com o esgotamento da vegetação mais densa e a utilização da capoeira por quatro ou cinco vezes como pousio agrícola, as repercussões negativas na produtividade do solo chegam a tal ponto que o proprietário tem condições apenas de efetuar na propriedade cultivos com baixa exigência nutricional, como a mandioca.

### 5.2.3 DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA

A dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos assentamentos rurais de interesse se processa dentro de um modelo de comportamento, muitas vezes considerado como padrão em áreas de fronteira agrícola. Dessa forma, segundo McCracken *et al.* (1999), durante os estágios iniciais do assentamento agrícola, os produtores estarão envolvidos na abertura anual de 2 a 5 ha de floresta em detrimento do aumento da implantação de culturas de subsistência. Para os mesmos autores, os produtores comumente utilizam tais áreas durante dois a três anos até a fertilidade do solo declinar, sendo destinadas posteriormente para: a) formação de vegetação secundária; b) implantação de pastagem; e c) desenvolvimento de culturas perenes.

De maneira a subsidiar o entendimento dos principais mecanismos envolvidos no processo de dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra nos assentamentos rurais em estudo, a seguir são apresentados os resultados do levantamento conduzido entre os produtores amostrados. No aspecto da finalidade de derruba das áreas de mata, a maioria absoluta dos entrevistados respondeu que tal medida visava apenas a formação do roçado, correspondendo a 88,64% (39 produtores) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 64,71% (11 produtores) no PA Lago Azul e 71,43% (25 produtores) no PA São Francisco. Dentre as outras possíveis motivações, salienta-se que uma pequena parcela dos produtores citaram ainda que a remoção das áreas de mata visava simultaneamente, a formação de roçado e a obtenção de renda imediata, sendo 9,09% (quatro produtores) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 11,76% (dois produtores) no PA Lago Azul e 5,72% (dois produtores) no PA São Francisco.

Por sua vez, as áreas de capoeira alta são incorporadas ao processo produtivo de maneira diferenciada nas áreas de estudo, em virtude não apenas de sua disponibilidade, mas também da existência de mata e capoeira baixa. Tais formações

estão ausentes em nove produtores (20,45%) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, quatro produtores (23,53%) no PA Lago Azul e 18 produtores (51,43%) no PA São Francisco. Para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, as áreas de capoeira alta são destinadas a incorporar simultaneamente roça e pasto em 19 produtores (43,18%), apenas roça em dez produtores (22,73%), enquanto que quatro produtores (9,09%) deixam a mesma para regenerar. No PA Lago Azul, tais áreas são preferencialmente destinadas à formação do roçado por oito produtores (47,06%), enquanto que para roça e pasto corresponde apenas a dois produtores (11,77%). Para o PA São Francisco, foi observado que oito produtores (22,86%) usam esta formação para formar roça e pasto, cinco (14,28%) apenas para pasto e quatro (11,43%) simultaneamente para roça e pasto.

Quanto ao destino das áreas que já foram utilizadas para o roçado, houve também algumas particularidades de acordo com a área enfocada. No PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha as respostas mais freqüentes foram formar, simultaneamente, capoeira e pasto em 24 produtores (54,54%) e apenas capoeira ou pasto em, respectivamente, 13 produtores (29,55%) e seis produtores (13,64%). Nos demais projetos de assentamentos em que o processo de pecuarização é mais intenso, a resposta predominante foi converter tais áreas exclusivamente para pastagem, sendo oito produtores (47,06%) para o PA Lago Azul e 22 produtores (62,86%) para o PA São Francisco. Foi ainda observado que uma parcela considerada significativa dos produtores, desses dois últimos projetos de assentamentos, pretende deixar as antigas áreas de roça para formar capoeira, sendo no PA Lago Azul sete produtores (41,18%) e no PA São Francisco oito produtores (22,86%). No geral, foram verificadas intenções muito modestas em transformar aquelas áreas em culturas perenes, sendo o máximo de dois produtores (5,71%) para o PA São Francisco, haja vista que o ciclo destas culturas implica na necessidade de investimento de capital, o que inviabiliza qualquer projeto de tal natureza em nível de pequeno produtor.

No caso das antigas áreas de roçado serem destinadas à formação de capoeira, tais áreas podem vir a ser reutilizadas para uma nova roça pela totalidade dos produtores do PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha (44 produtores). Nos PAs Lago Azul e São Francisco, apesar daquele comportamento ainda ser majoritário para onze produtores (64,71%) e 22 produtores (62,86%), respectivamente, a incorporação das áreas de

capoeira ao processo produtivo considera entre os produtores restantes outros tipos de uso, em particular pastagem.

Com a perda gradativa da produtividade dos solos em virtude do uso intensivo e da baixa tecnificação a que foram submetidos, após terem suportado um segundo roçado, aquelas áreas em todos os PAs são, preferencialmente, convertidas para pastagem e, em menor proporção, deixadas para formar capoeira. No PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha as áreas em questão são destinadas à formação de pasto por 32 produtores (72,73%), de capoeira por oito produtores (18,18%) e de culturas perenes por quatro produtores (9,09%). Para o PA Lago Azul, foi observado que do total dos produtores amostrados, 14 (82,36%) implantam pasto, dois (11,76%) capoeira e um (5,88%) culturas perenes. Por outro lado, no PA São Francisco, as áreas são convertidas para pasto por 31 produtores (88,57%), culturas perenes por três produtores (8,57%) e capoeira por um produtor (2,86%).

Segundo Homma *et al.* (2001), a estabilidade dos assentados em projetos de colonização no Sudeste Paraense está diretamente relacionado ao tipo de atividade desenvolvida e à capacidade de gerenciamento da dotação de recursos naturais, criando diferentes graus de sustentabilidade. É regra geral iniciar com atividades de venda de madeira, derrubada de parte da floresta para plantar culturas de subsistência e, quando possível, repetir pela segunda vez, dependendo do nível de infestação da área por ervas daninhas. Ainda para os mesmos autores, caso essa área esteja próxima de pastagens, a entrada de capins é acelerada, reduzindo as possibilidades de plantio em anos consecutivos. Outros produtores podem tomar o caminho pela transformação em pastagens ou cultivos perenes como cupuaçu ou banana, ou deixar a área em pousio para posterior derrubada da capoeira.

No tocante ao período destinado pelos assentados para que as áreas de sucessão secundária sejam novamente incorporadas ao processo produtivo (Tabela 5.13), foi verificado que em mais da metade dos produtores amostrados nas áreas de estudo a duração do pousio agrícola é de três anos. Foram registradas ainda taxas significativas para o período de quatro anos de pousio, variando de 14,28% (cinco produtores) para o PA São Francisco, a 18,18% (oito produtores) para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha. Segundo Denich (1991), a agricultura tradicional praticada com relativa

intensidade e com observância de períodos de pousio curtos, o processo de sucessão vegetal não chega ao estágio final potencial, já que a vegetação secundária é um elemento integrante do sistema tradicional de cultivo.

Tabela 5.13 - Período de pousio agrícola adotado pelos produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Pousio (anos)	PAE Praia Alta		PA Lago Azul		PA São Francisco	
	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)
2	3	6,82	2	11,76	7	20,00
3	30	68,18	9	52,94	21	60,00
4	8	18,18	3	17,65	5	14,28
5	0	0,00	3	17,65	2	5,71

Considerando o processo de uso do fogo para o preparo de área nas propriedades, foi constatado que a maioria absoluta dos assentados das áreas de interesse realiza tal processo anualmente e, em menor proporção, a cada dois anos. Para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, o fogo é utilizado anualmente por 43 produtores (97,33%) e a cada dois anos por um produtor (2,27%). No PA Lago Azul, a taxa para utilização anual do fogo cai para 58,82% (dez produtores), em detrimento do aumento daqueles que utilizam tal prática a cada dois anos, correspondendo a 29,41% (cinco produtores), sendo ainda observado casos em que é utilizado a cada três anos (dois produtores ou 11,77% do total). Por sua vez, no PA São Francisco foi registrado que o fogo é empregado anualmente por 30 produtores (85,71%), enquanto que aquele realizado a cada dois anos por dois produtores (11,77%).

A prática corrente de preparo de área a partir do uso do fogo, além das implicações diretas observadas em nível do solo, afeta indiretamente os elementos componentes da paisagem, pois nos casos de entrada de fogo acidental pode ocorrer a destruição de áreas de lavoura e de florestas. No PA Lago Azul, onde os lotes são de pequenas dimensões e com uso da terra mais intensivo, foi registrado que 16 produtores (94,12%) já sofreram com os problemas advindos do fogo acidental, muitas vezes

originado em propriedades vizinhas. Por outro lado, a maioria dos produtores nos PAs Agroextrativista Praia Alta e Piranha e São Francisco não foram afetados pelos danos provocados pelo fogo acidental, sendo 34 produtores (77,27%) e 19 produtores (54,29%), respectivamente. Ainda assim, foi registrado que uma parcela dos produtores entrevistados nesses PAs tiveram contato com o problema em questão, sendo dez produtores (22,73%) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha e 16 produtores (45,71%) no PA São Francisco.

Foram observadas pequenas variações de acordo com a área enfocada, quando os produtores foram questionados sob a disposição de permanecerem em seus lotes, sendo registrado que apenas para o PA Lago Azul o total de assentados pretende permanecer em suas propriedades originais. Nos PAs São Francisco e Agroextrativista Praia Alta e Piranha foram verificadas intenções, para ambos, de abandonar o lote por dois produtores, correspondendo a 5,71% e 4,54% dos mesmos, respectivamente. Tais resultados mostram que apesar dos problemas e limitações de toda ordem enfrentadas pelos produtores, existe uma tendência para que os mesmos continuem a investir trabalho e capital para o sucesso do empreendimento agrícola nas propriedades obtidas originalmente.

Homma *et al.* (2001) destacam que em projetos de assentamento rural conflitam-se diversos interesses, pois há produtores que buscam adquirir uma área para desenvolver suas atividades, àqueles que perderam a sustentabilidade das suas atividades em outros locais pela destruição contínua dos recursos naturais e àqueles interessados em apropriar lotes para futura venda para familiares e conhecidos. Para os mesmos autores, a impossibilidade de seleção adequada dos colonos e seu controle, fazem com que se crie um mercado negro de venda de lotes no início da ocupação e, posteriormente, após a sua implantação.

Com relação às perspectivas futuras para o uso da terra nas áreas de interesse, a relação de uso e troca das classes de cobertura vegetal e de uso da terra está intimamente ligada à disponibilidade das primeiras e à intensidade do processo de colonização, o qual difere entre os projetos de assentamento analisados. No PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha 28 produtores (63,44%) pretendem abrir as áreas de mata para outros usos, sendo 13 produtores (29,54%) com o intuito de ampliar,

simultaneamente, as áreas com culturas anuais e pastagem, e cinco produtores (11,36%) visando aumentar as áreas de culturas anuais, culturas perenes e pastagem. No mesmo PA, cinco produtores (11,36%) pretendem incorporar áreas de capoeira alta para a agropecuária, sendo três produtores (6,82%) para culturas anuais e pastagem, um produtor (2,27%) para culturas anuais e culturas perenes, e um produtor (2,27%) apenas para pastagem. As áreas de capoeira baixa seriam incorporadas ao sistema produtivo por dez produtores (22,73%), dos quais cinco produtores (11,36%) apenas para pastagem, três produtores (6,82%) para culturas anuais e culturas perenes, e dois produtores (4,55%) para culturas anuais e pastagem.

Devido às reservas florestais bem mais limitadas, para o PA Lago Azul, apenas dois produtores (11,77%) demonstraram intenção de abrir áreas de mata para implantação de atividades agropecuárias, sendo um (5,88%) apenas para culturas anuais e o outro de forma simultânea para culturas anuais, culturas perenes e pastagem. As áreas com capoeira alta seriam abertas em detrimento do aumento das áreas cultivadas por cinco produtores (29,41%), sendo dois produtores (11,77%) para culturas anuais e pasto, dois produtores (11,77%) apenas para pastagem, e um produtor (5,88%) apenas para culturas perenes. Em virtude de sua maior disponibilidade, as áreas com capoeira baixa seriam abertas por nove produtores (52,94%), dos quais cinco produtores (29,41%) visavam o aumento de culturas anuais e pastagem, e quatro produtores (23,53%) exclusivamente o aumento de culturas anuais.

Considerando a intensidade do processo de colonização no PA São Francisco, 25 produtores (71,43%) pretendem abrir áreas de mata para incorporá-las ao sistema produtivo, sendo para culturas anuais e pastagem dez produtores (28,57%), apenas para pastagem seis produtores (17,14%), para culturas anuais, culturas perenes e pastagem cinco produtores (14,29%), e para outras opções quatro produtores (11,43%). Em virtude das áreas de capoeira alta não estarem disponíveis na maioria dos lotes amostrados, não foi registrada nenhuma intenção de convertê-las para outros usos. Por outro lado, nove produtores (25,71%) pretendem incorporar áreas de capoeira baixa para atividades agropecuárias, dos quais quatro produtores (11,42%) visam aumentar apenas pastagem, três produtores (8,57%) culturas anuais e pastagem, e dois produtores (5,72%) culturas anuais, culturas perenes e pastagem.

Ainda no contexto das perspectivas futuras para o uso da terra, foi finalmente analisada a intenção de abrir a totalidade das áreas de mata existente nas propriedades. Foi verificado que a maioria dos produtores nas três áreas de estudo não pretende desmatar toda a área de floresta existente no lote, correspondendo a 42 produtores (95,45%) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 24 produtores (68,57%) no PA São Francisco e dez produtores (58,82%) no PA Lago Azul. A taxa de manutenção das áreas de floresta bem superior observada para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha pode ser justificada pelas próprias características de concepção do mesmo, com respeito ao processo de distribuição de terras e onde a floresta contribui, muitas vezes, como um componente ativo na produção da renda total da propriedade. Por outro lado, foram verificados nos PAs Lago Azul e São Francisco percentuais significativos de produtores que pretendem desmatar toda a área, sendo de, respectivamente, 41,17% (sete produtores) e 31,43% (onze produtores). Devido ser a área de colonização mais antiga e ter lotes de pequenas dimensões, as áreas de mata existentes no PA Lago Azul sofreram ao longo do tempo grande pressão de ocupação, de modo que foram praticamente exauridas em muitos dos lotes. Para os resultados obtidos no PA São Francisco, deve-se considerar que na amostragem realizada foram computados também aqueles produtores que por ocasião da distribuição de terras ficaram exclusivamente com lotes que já se encontravam totalmente abertos com pastagem.

#### 5.2.4 ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS E INSUMOS

O sucesso do empreendimento agrícola tem implícita a adoção espontânea de tecnologias, principalmente mecanização e adubação, para o aumento da produtividade, as quais dependem de recursos financeiros para investimento, sendo ligada a um segmento de produtores em melhores condições econômicas. Em geral, devido o baixo nível tecnológico dos sistemas de produção desenvolvido nos três assentamentos em estudo, o aspecto relativo à adoção de tecnologias e insumos foi bastante revelador. Foi verificado que a totalidade dos entrevistados nos três assentamentos realizam o preparo de área exclusivamente de forma manual e não fazem uso da aplicação de calcário, adubo orgânico, inseticida e fungicida. Adicionalmente, foi observado que as três áreas de estudo não contam com qualquer tipo de assistência técnica, o que dificulta sobremaneira o acesso a novas tecnologias visando o aumento de produtividade.



Watrin *et al.* (2000) observaram o antagonismo apresentado em duas áreas amostrais vizinhas no município de Tomé-Açu, Pará, em nível da dinâmica da paisagem, devido às particularidades existentes nos sistemas de uso da terra empregados. Como a mecanização e a adubação estão vinculadas à intensificação do uso do solo para produção de alimentos, estas práticas contribuem para a manutenção da fertilidade do solo que, por sua vez, tem impactos na redução de desmatamentos, fixando o produtor por mais tempo numa mesma área. Dessa forma, no módulo de estudo onde a mecanização e a adubação já estavam incorporadas ao processo produtivo na totalidade dos produtores, houve a criação de cenários mais estáveis, quando comparada à área onde aquelas práticas eram empregadas em escala muito reduzida.

Os poucos insumos aplicados nas áreas de estudo estão, em grande parte, ligados intimamente ao rebanho bovino, tais como: aplicação de vacinas e antibióticos e administração de sal. Assim, quando considerados em conjunto esses dois grupos de insumos, foi verificado que os mesmos são empregados por 29 produtores (65,91%) no PA Agroextrativista Praialta e Piranheira, doze produtores (70,59%) no PA Lago Azul e 27 produtores (77,14%) no PA São Francisco. A aplicação de herbicida é realizada em escala bem modesta, sendo dois produtores (4,54%) no PA Agroextrativista Praialta e Piranheira, quatro produtores (23,53%) no PA Lago Azul e seis produtores (17,14%) no PA São Francisco. Por sua vez, o uso de adubo químico foi registrado apenas em dois dos produtores amostrados tanto para o PA Lago Azul como no PA São Francisco, correspondendo a 11,76% e 5,72%, respectivamente.

Com relação ao aspecto da mão-de-obra, foi verificado que a de origem exclusivamente familiar foi predominante apenas no PA Lago Azul, representada por nove produtores (52,94%), sendo ainda no mesmo PA observado cinco produtores (29,41%) que utilizam a mão-de-obra de origem familiar em adição a assalariada temporariamente. Nos PAs Agroextrativista Praialta e Piranheira e São Francisco foi mais relevante o uso de forma simultânea da mão-de-obra familiar e assalariada temporariamente, representada por 25 produtores (56,82%) e 21 produtores (60,00%), respectivamente, enquanto aquela só de origem familiar contribuiu com 18 produtores (40,91%) no PA Agroextrativista Praialta e Piranheira e 12 produtores (34,29%) no PA São Francisco. Quando analisado em conjunto, a mão-de-obra familiar, a assalariada temporariamente e o aspecto de cessão/venda de mão-de-obra, foi registrado um

produtor (2,27%) para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, três produtores (17,65%) para o PA Lago Azul e dois produtores (5,71%) para o PA São Francisco.

As características socioeconômicas e culturais dominantes nas áreas de estudo não indicam, aparentemente, a uma demanda pela mecanização. Entretanto, no caso do PA São Francisco, a busca pela diversificação da produção, com a introdução de culturas perenes e semi-perenes, pode constituir um estímulo, em médio e longo prazos, para introdução desta tecnologia, tal como aconteceu em algumas áreas das regiões de Altamira e de Tomé-Açu, no Estado do Pará. Vale destacar que tal expectativa está em parte calcada no fato de a área em questão ser favorecida pela sua localização às margens da rodovia PA-150 e relativamente próxima às cidades de Marabá e Eldorado dos Carajás, permitindo assim, facilidade no escoamento dos produtos e presença de mercado consumidor.

#### 5.2.5 PRODUTOS EXTRATIVOS E EXPLORAÇÃO MADEIREIRA

Conforme Menezes (2002), apesar de o sistema extrativo ser um componente de importância estratégica para a sobrevivência dos agricultores familiares, com relação aos estoques de recursos naturais e os riscos destes em diminuir ou desaparecer na propriedade ou fora dela, esta alternativa econômica não tem sido apropriadamente analisada. O mesmo autor ressalta os níveis de desmatamento na propriedade ou na região é que vão determinar a redução do número de espécies frutíferas, a riqueza das espécies silvestres e os outros produtos extrativos, utilizados nos estabelecimentos agrícolas familiares e/ou fora deles.

No âmbito do levantamento realizado nas áreas de estudo, quando ainda é observada a presença de mata na propriedade, a totalidade dos produtores dos três PAs utiliza este remanescente florestal como reserva extrativa em diferentes graus de intensidade, de acordo com o tamanho da área, a riqueza de produtos e a facilidade de acesso. Sendo assim, a manutenção das áreas de floresta nos lotes está em sua totalidade muito mais ligada a sua utilização como reserva extrativista do que para uma visão com o intuito preservacionista.

Quando analisada a importância da atividade extrativa em nível de propriedade, inclusive no aspecto de sua possível contribuição na renda total da mesma,

foi verificado que as áreas de estudo apresentam padrões diferenciados, fruto de suas características intrínsecas. Dessa forma, em uma análise sumária, foi verificado que apenas no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha o extrativismo assume um papel de certa relevância, sendo considerado de importância média para 29 produtores (65,91%), baixa para 13 produtores (29,54%) e nula para dois produtores (4,55%). No PA Lago Azul, pelo inexpressivo remanescente florestal, foi observado que para mais da metade dos lotes amostrados (dez produtores ou 58,82%), o extrativismo tem importância nula, apesar de sete produtores (41,18%) considerarem esta atividade ainda de importância baixa. Para o PA São Francisco, foi observado que uma parcela significativa de 27 produtores (77,14%) consideram a atividade em questão de baixa importância, enquanto que para oito produtores (22,86%), não é desenvolvida qualquer atividade extrativa.

No tocante aos produtos extrativos de maior relevância, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha se destacaram o cupuaçu (36 produtores ou 81,81%) e a castanha-do-pará (34 produtores ou 77,27%) como produtos destinadas, principalmente, à comercialização. Madeira para construção (41 produtores ou 93,18%), lenha (40 produtores ou 90,91%), açaí (26 produtores ou 59,09%) e palha (15 produtores ou 34,09%) figuram entre aqueles produtos para o consumo no próprio lote. Em virtude da pouca expressão das atividades ligadas ao extrativismo no PA Lago Azul, os poucos produtos visam, na sua totalidade, atender à demanda do próprio lote, tais como madeira para construção (oito produtores ou 47,06%), lenha (cinco produtores ou 29,41%), carvão (três produtores ou 17,65%), e cupuaçu, palha e cipó (dois produtores ou 11,76% para cada um dos produtos). Por sua vez, para o PA São Francisco, foram importantes os produtos visando, simultaneamente, a venda e o consumo interno do lote como lenha (17 produtores ou 48,57%), carvão (dez produtores ou 28,57%), cupuaçu (dez produtores ou 28,57%) e castanha-do-pará (seis produtores ou 17,14%). Salienta-se que nesse projeto de assentamento, foram também relevantes os produtos destinados apenas ao uso no próprio lote como madeira para construção (25 produtores ou 71,43%) e açaí (oito produtores ou 22,86%).

Considerando o aspecto da ocorrência de exploração madeireira nos lotes, para a grande maioria das propriedades já foi conduzida tal prática, sendo correspondente a 39 produtores (88,64%) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 15 produtores (88,24%) no PA Lago Azul e 32 produtores (91,43%) no PA São Francisco. A principal

diferença na forma da exploração seletiva de madeira nas áreas de estudo refere-se a intensidade com que foi realizada, sendo aparentemente a mais leve conduzida no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha e a mais intensa no PA Lago Azul, cujas árvores foram removidas em vários períodos sucessivos, começando primeiramente com a eliminação dos indivíduos das espécies mais valiosas.

Com relação ao período de tempo decorrido da fase inicial do processo de exploração madeireira nas propriedades (Tabela 5.14), foram também observadas algumas particularidades entre as áreas de interesse. No PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha tal processo foi intensificado sobretudo nos últimos quatro anos decorridos a partir do ano do levantamento de campo (2002), sendo registrado em 16 lotes (36,36%), apesar de serem significativas as intervenções realizadas no período de nove a doze anos atrás (22,73%). No caso do PA Lago Azul, o processo de exploração madeireira teve lugar principalmente nos períodos mais tardios, de nove a doze anos (23,53%) e superior a doze anos (29,42%), ocasião esta em que foi intensificado o processo de colonização da área em questão. Por outro lado, no PA São Francisco as atividades de exploração madeireira são bem mais recentes, com a particularidade de terem se concentrado no intervalo de cinco a oito anos (51,43%), sendo os anos de 1996 e 1997 os mais citados no levantamento, respectivamente aquele da invasão da propriedade por migrantes sem-terra e da criação oficial do projeto de assentamento. Tal comportamento dá indícios que o proprietário da fazenda invadida, sentindo a iminente desapropriação de suas terras pelo INCRA, buscou através da exploração de madeira uma compensação financeira adicional pela perda da mesma.

Os produtores selecionados para amostragem nas três áreas de estudo quando indagados se ainda ocorria exploração madeireira em seus lotes relataram em sua maioria que tal processo não vinha sendo conduzido atualmente, correspondendo a 39 produtores (88,64%) no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, 17 produtores (100,00%) no PA Lago Azul e 29 produtores (82,86%) no PA São Francisco. Apesar disso, cinco produtores do PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha (11,36%) e seis produtores do PA São Francisco (17,41%) admitiram que ainda era realizada a exploração de madeira em seus lotes, o que foi confirmado pelo fluxo de caminhões transportando madeira nas imediações das áreas em questão, por ocasião do levantamento de campo.

Tabela 5.14 - Período decorrido de exploração madeireira nos lotes dos produtores dos *Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.*

Período (anos)	PAE Praiaalta		PA Lago Azul		PA São Francisco	
	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)
1 - 4	16	36,36	2	11,76	5	14,29
5 - 8	8	18,18	2	11,76	18	51,43
9 - 12	10	22,73	4	23,53	3	8,57
> 12	2	4,55	5	29,42	0	0,00
Não sabe	8	18,18	4	23,53	9	25,71

Quanto aos benefícios trazidos para os assentados pela atividade de exploração madeireira em suas propriedades, as respostas mais comuns foram custear o roçado, venda para sobrevivência, abertura de ramal e nenhum benefício (Tabela 5.15). Nos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira e Lago Azul, a renda obtida pela venda de madeira foi mais importante como auxílio para a sobrevivência inicial de, respectivamente, 68,18% e 47,06% das famílias dos assentados, e como auxílio para custear o primeiro roçado de 54,54% e 41,18% das mesmas, respectivamente. A exploração madeireira teve impacto bem mais modesto para as famílias dos produtores do PA São Francisco, sendo observado que para 37,14% delas, não trouxe nenhum tipo de benefício, enquanto para 48,57% das mesmas houve apenas o benefício indireto da abertura do ramal. Como destacado anteriormente, potencialmente o maior beneficiado com a venda de madeira nesse assentamento foi o antigo proprietário da fazenda.

No tocante à ocorrência de árvores de madeiras nobres nas propriedades, foram observadas algumas peculiaridades entre os projetos de assentamento de interesse. Foi verificado que a maioria dos produtores dos PAs Agroextrativista Praiaalta e Piranhaeira e São Francisco acusam ainda a presença de indivíduos enquadrados como “madeira-de-lei” em seus lotes, correspondendo, respectivamente, a 34 produtores (77,27%) e a 18 produtores (51,43%). Potencialmente, tais ocorrências são constituídas por poucos indivíduos, sendo uma parte significativa representada por árvores jovens. Entretanto, a ausência desse tipo de madeira em dez lotes (22,73%) do PA Agroextrativista Praiaalta e

Piranheira, em nove lotes (52,94%) do PA Lago Azul e 17 lotes (48,57%) do PA São Francisco, dá indícios da pressão contundente dos madeireiros sobre estas áreas.

**Tabela 5.15 - Benefícios trazidos pela exploração madeireira segundo os produtores nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.**

Benefício Trazido	PAE Praialta		PA Lago Azul		PA São Francisco	
	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)	Número absoluto	Número relativo (%)
Sobrevivência	30	68,18	8	47,06	7	20,00
Custear roçado	24	54,54	7	41,18	7	20,00
Abertura de ramal	8	18,18	6	35,29	17	48,57
Nenhum	8	18,18	4	23,53	13	37,14

Considerando finalmente o aspecto de produção de carvão nos lotes, apenas uma pequena parcela dos produtores amostrados admitiu que realizava tal prática, sendo três produtores (17,65%) para o PA Lago Azul e de sete produtores (20,00%) para o PA São Francisco. Dessa forma, não é produzido carvão em 14 propriedades (82,35%) do PA Lago Azul e 28 propriedades (80,00%) do PA São Francisco. No PA Agroextrativista Praialta e Piranheira não foram registradas ocorrências de produção de carvão na totalidade dos lotes amostrados, pois tal prática vem sendo desestimulada entre os produtores, como medida paleativa de modo a garantir a sobrevivência dos importantes remanescentes florestais ainda existentes neste PA.

### 5.3 DINÂMICA DA PAISAGEM

#### 5.3.1 QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DAS CLASSES MAPEADAS

##### 5.3.1.1 Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira

Em virtude das imagens nos anos de 1988, 1992 e 1996 para a área do PA Agroextrativista Praialta e Piranheira terem apresentado cobertura parcial de nuvens, os resultados obtidos na quantificação de áreas das classes temáticas foram afetados nos

referidos anos. Entretanto, considerando que as imagens de 1984 e 2000, ou seja, os anos extremos considerados para análise não apresentaram esse problema, pôde-se ter uma idéia melhor de como transcorreu o processo de conversão do uso do solo na área em questão no período de interesse. A partir das Figuras 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 podem ser observadas as imagens temáticas dos anos de estudo em associação aos resultados obtidos pela quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra. A classe Floresta Primária foi a unidade de mapeamento dominante em todos os anos analisados, apresentando flutuações em área que variaram de 91,87% em 1984 para 60,55% do total em 2000, tendo porém esta redução ocorrida de forma gradual, no decorrer dos anos, em virtude do processo de colonização da área não ter sido efetuado de maneira massificada. Segundo CORRENTÃO/ APAEP (1999), a ocupação efetiva da área ocorreu lentamente, a partir de 1985, sendo o processo de colonização feito de forma espontânea e organizada, possibilitando que a regularização fundiária fosse efetivada em 1997.

A incorporação de novas áreas, principalmente as com feições florestais para o estabelecimento de atividades agropecuárias, está vinculada ao custo dos processos de derruba e queima, que segundo Homma *et al.* (1995), dependem de uma série de variáveis econômicas e tecnológicas. Para McCracken *et al.* (1999), apesar da rápida abertura de áreas florestais observada, em geral, no processo inicial de estabelecimento dos colonos em áreas de fronteira agrícola, as aberturas subseqüentes dentro de cada lote será um produto das estratégias agrícolas individuais adotadas pelos produtores.

As áreas de sucessão secundária assumiram papel de destaque entre as classes relativas às áreas antrópicas, contribuindo com taxas variando de 5,60% em 1984 e 26,20% em 2000. Desses totais, a classe Capoeira Alta, que apresentou papel preponderante em 1984, foi paulatinamente perdendo importância, até que em 2000 foi sobrepujada pela classe Capoeira Baixa em termos de dominância. Assim, em 2000 as áreas de Capoeira Baixa atingiram 14,65% da área total do PA, enquanto a de Capoeira Alta registrou a taxa de 11,64% deste total. O aumento progressivo das áreas de Capoeira Baixa está potencialmente ligado à intensificação das atividades agropecuárias no âmbito da área de estudo e à baixa estabilidade dos sistemas de uso da terra em geral empregados pelos pequenos produtores rurais.

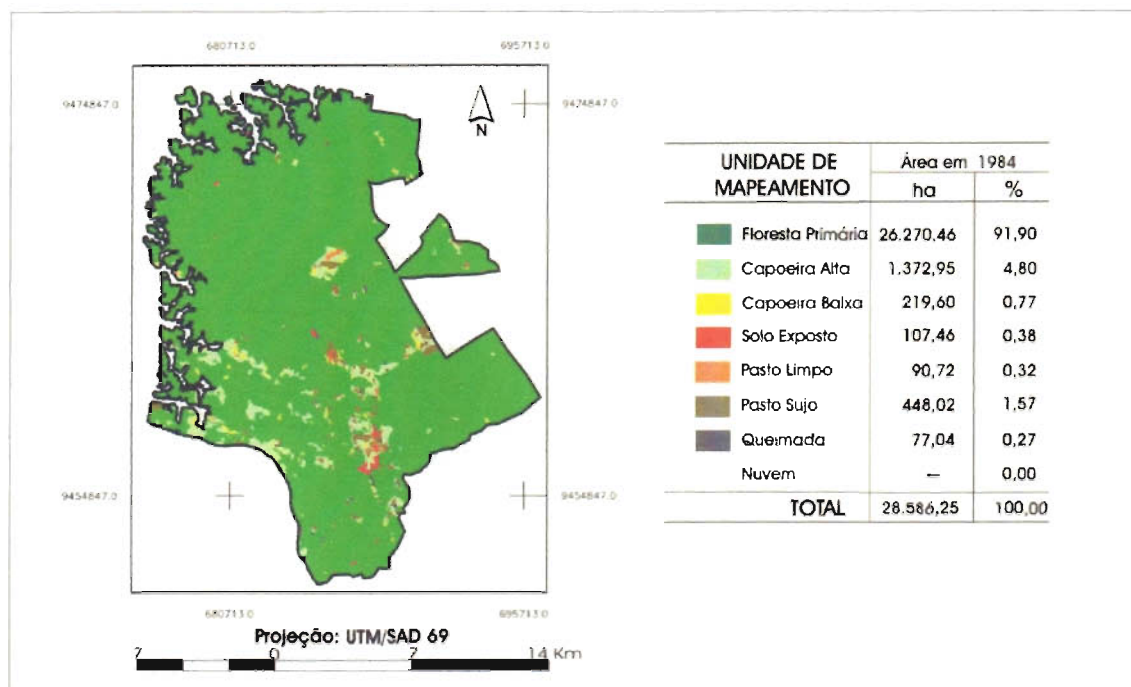


Figura 5.10 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.

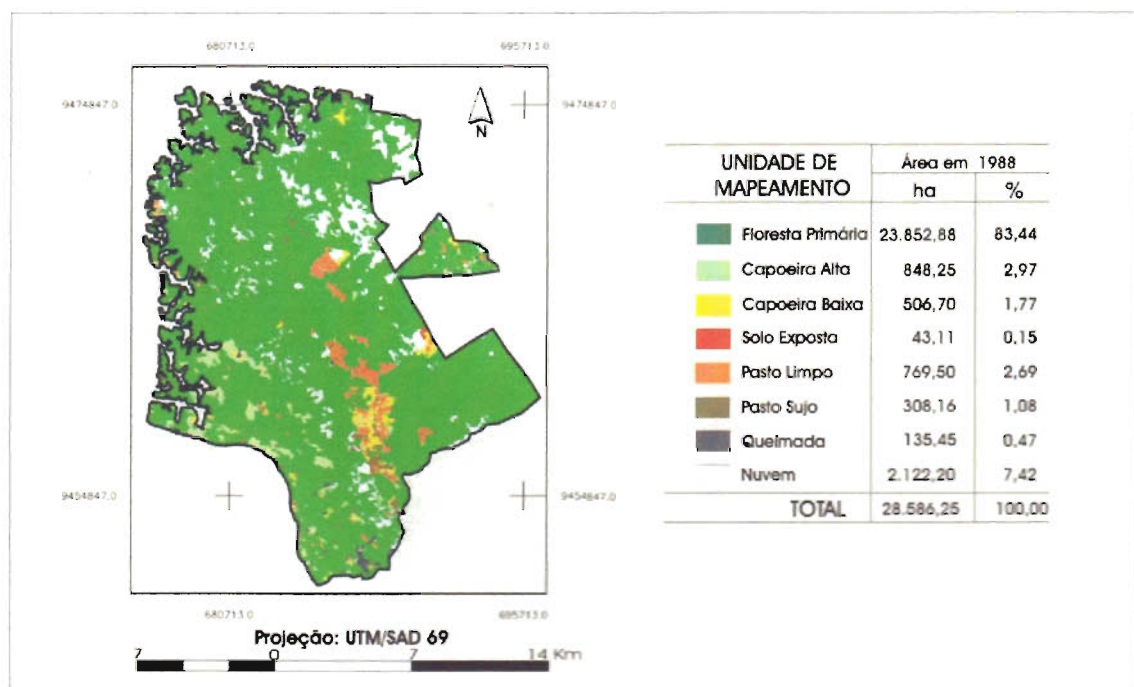


Figura 5.11 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.



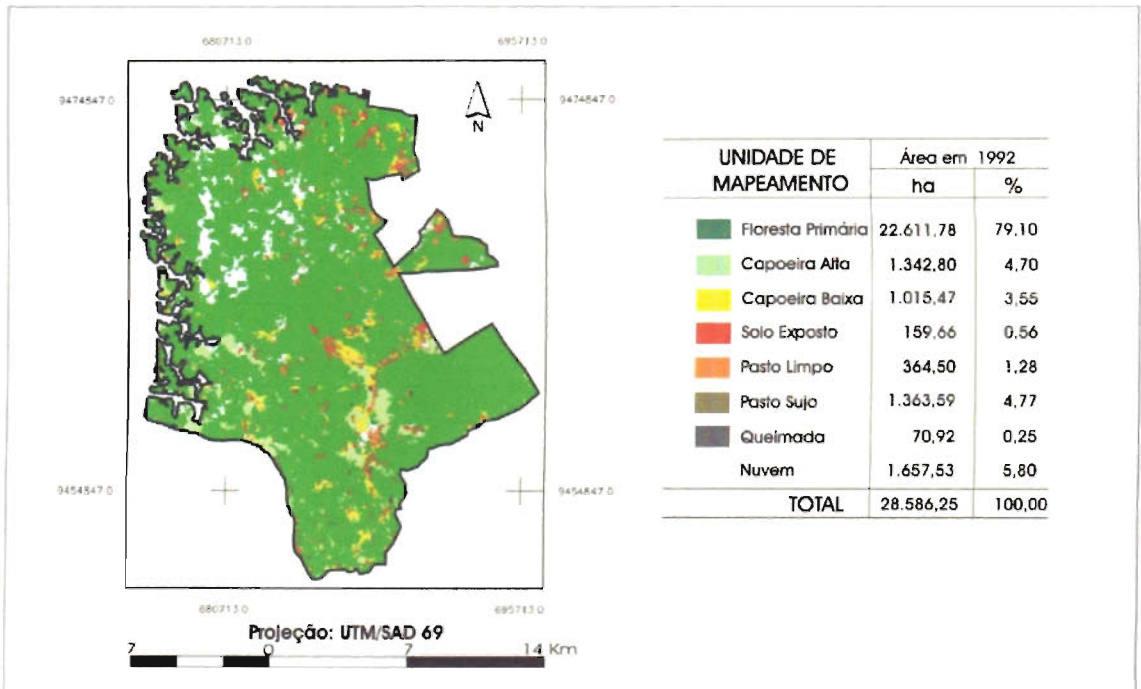


Figura 5.12 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

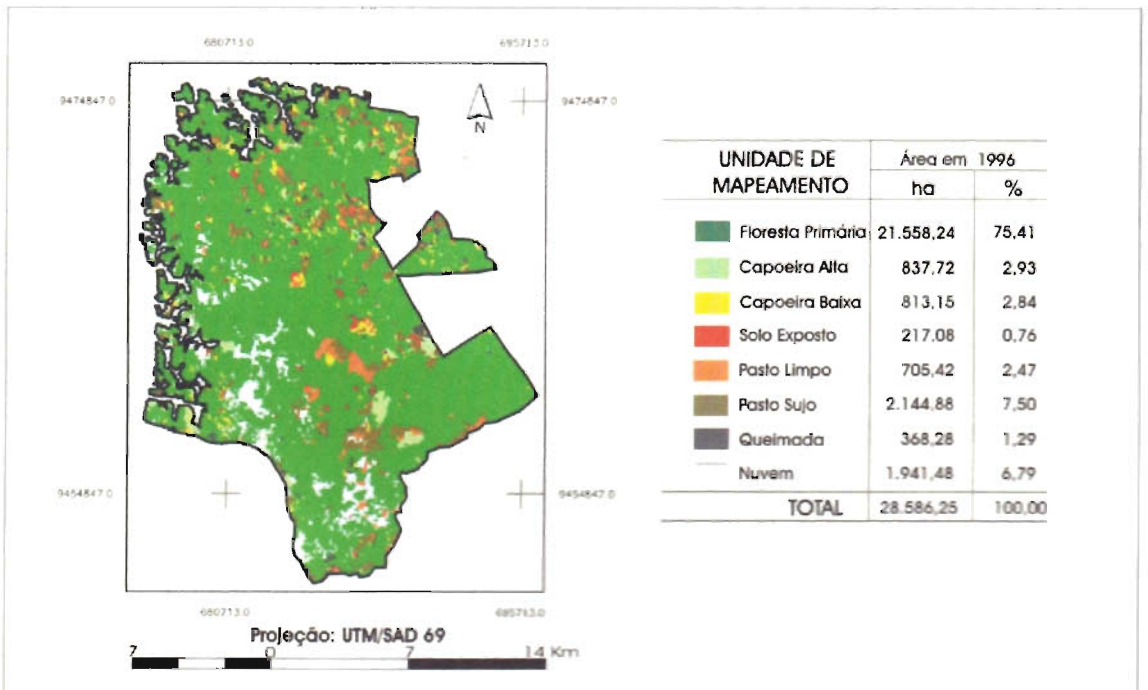


Figura 5.13 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

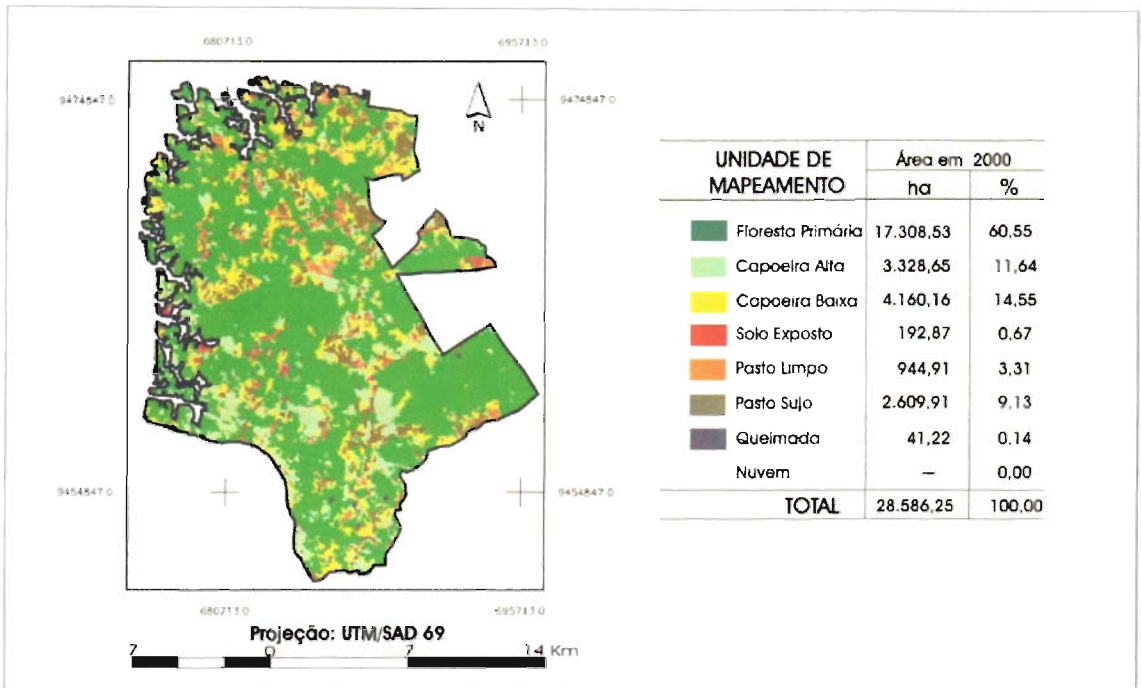


Figura 5.14 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranhiera, Nova Ipixuna, Pará.

Considerando que as pastagens representam o padrão dominante no contexto do uso da terra local, as classes Pasto Limpo e Pasto Sujo contribuíram com os maiores percentuais de áreas totais quando comparadas às classes Solo Exposto e Queimada. Em 1984, as áreas com pastagens contribuíram com menos de 2% da área total do PA, sendo a partir de então, observados incrementos significativos em área, chegando mesmo a duplicar entre anos consecutivos, como observado no período de 1984/1988. Dessa forma, foi possível que em 2000 as pastagens já atingissem mais de 3,5 mil hectares (12,44% da área total do PA), com a particularidade da classe Pasto Sujo ser a unidade de maior representatividade absoluta (9,13% do total).

Por outro lado, as classes Solo Exposto e Queimada apresentaram comparativamente no âmbito do PA pouca representatividade em termos de área. As áreas com Solo Exposto registraram valores sempre inferiores a 1% do total, sendo o menor observado para 1988 (0,15%) e o maior em 1996 (0,76%); para a classe Queimada foi verificada uma amplitude maior, cujos valores oscilaram de 0,14% em 2000 para 1,96% em 1996. Para explicar a pouca expressão da classe Queimada na área

de interesse, deve-se considerar que as imagens TM/Landsat utilizadas nas análises corresponderem aos meses de julho e agosto, enquanto a prática de queimada é realizada no período mais seco da região, geralmente entre os meses de setembro e outubro.

### 5.3.1.2 Projeto de Assentamento Lago Azul

As Figuras 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 apresentam as imagens temáticas obtidas para os anos analisados e os resultados correspondentes à quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra, nos respectivos anos. Em decorrência de mudanças no processo de exploração econômica ao longo dos anos considerados, a classe Floresta Primária sofreu mudanças profundas no que tange à área total ocupada, sendo superior a 81% em 1984, tendo perdas progressivas até chegar aproximadamente a 11% em 2000, ocasião em que as áreas antrópicas já ocupavam mais de 86% da área total do PA. Vale salientar que o remanescente florestal observado em 2000 encontra-se empobrecido por diversos processos de utilização, em particular a exploração seletiva de madeira.

Para Teixeira Silva *et al.* (2001), é facilmente constatado que as práticas de manejo usadas para o estabelecimento dos sistemas agrícolas na Amazônia, incluindo as lavouras de ciclo curto e as pastagens, em muito tem contribuído para o incremento da área desmatada. Ainda segundo os mesmos autores, no caso específico do Sudeste Paraense, a forte tradição cultural da maioria dos colonos atuais, constituídos de nordestinos, principalmente do Estado do Maranhão, tem tendência a estabelecer roças de arroz, seguidas de pastagem, as quais requerem sempre novas aberturas, via desmatamento. Portanto, a necessidade de atender a uma demanda para a produção de alimentos, ainda que prioritariamente para a subsistência, acaba por fortalecer um modelo de agricultura altamente demandante por novas áreas abertas em direção à floresta primária.

Com o aumento das atividades antrópicas, foi observado incremento das áreas de vegetação secundária que atingiram quase 15% da área total do PA já em 1988, apresentando a seguir (1992), uma queda significativa em detrimento do aumento das áreas de pastagens. Em 1996, houve uma pequena recuperação das áreas de sucessão secundária, notadamente Capoeira Baixa, possibilitando que atingissem quase 13% da área total no ano em questão.

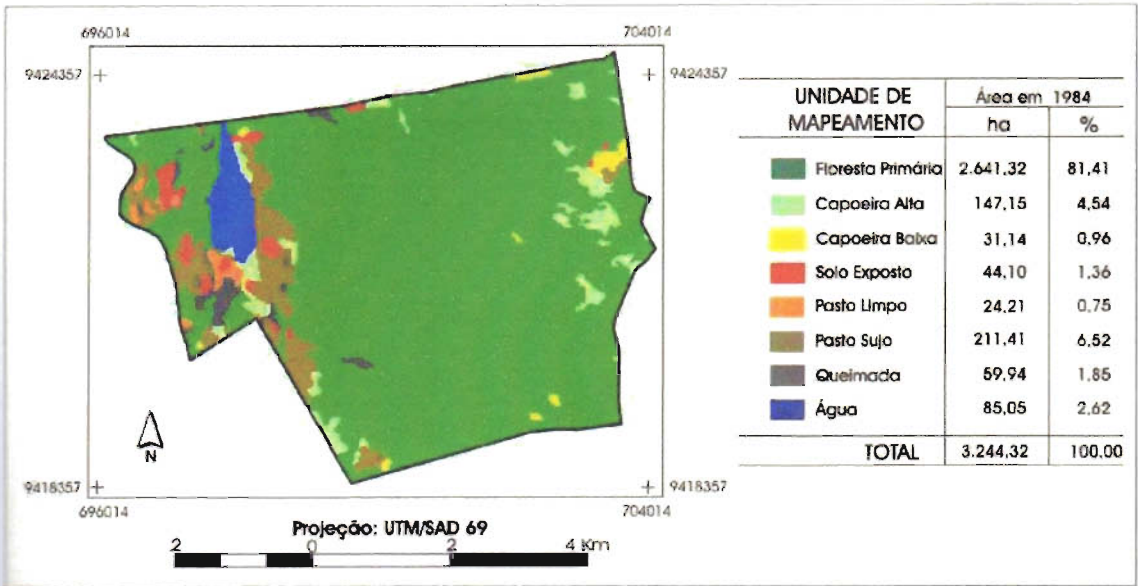


Figura 5.15 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

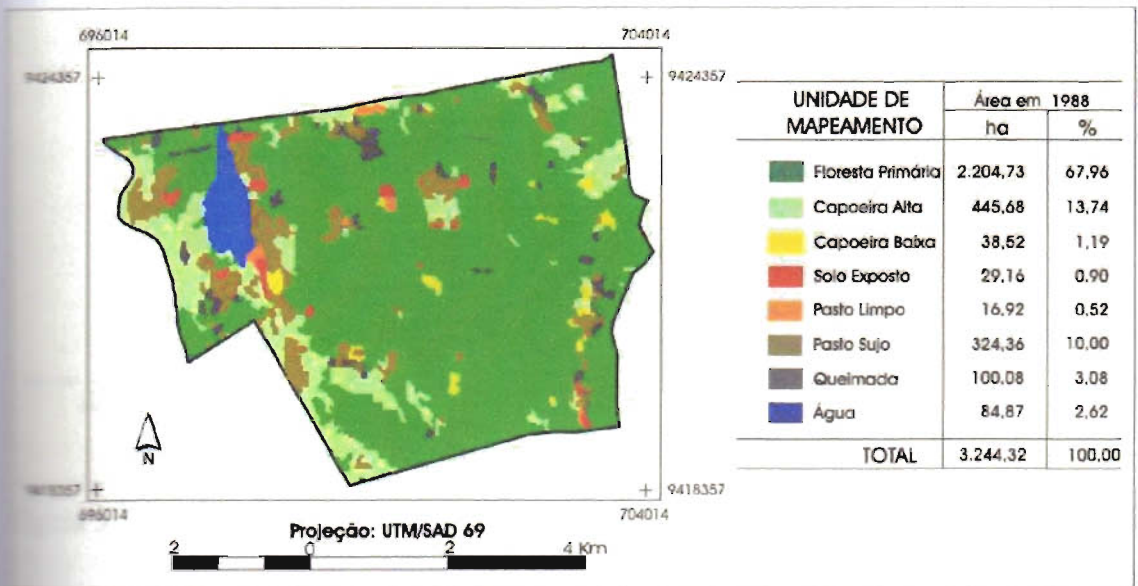


Figura 5.16 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.



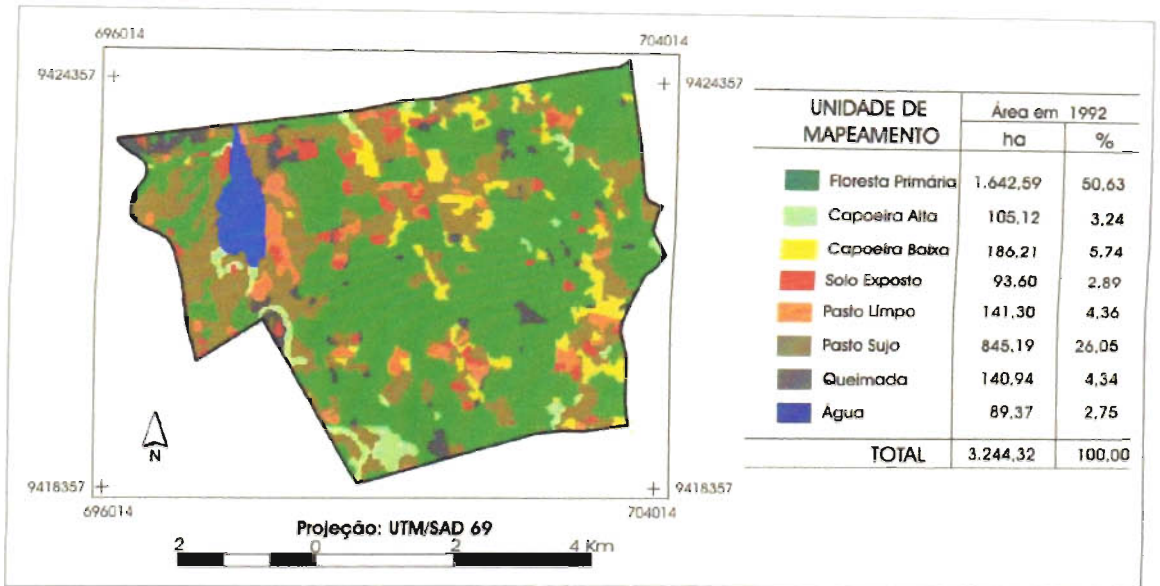


Figura 5.17 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

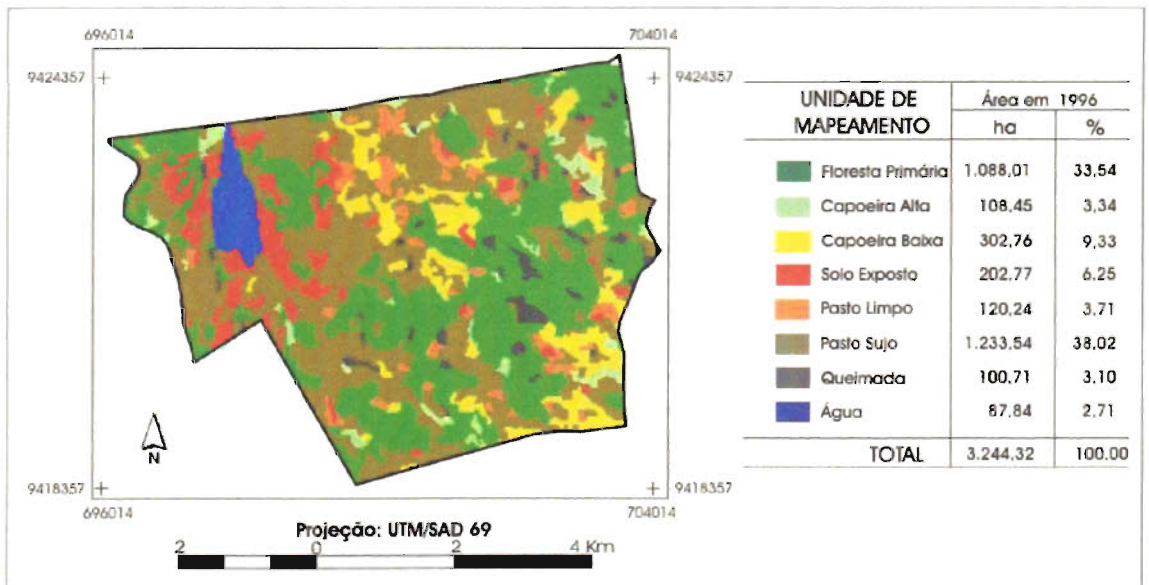


Figura 5.18 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

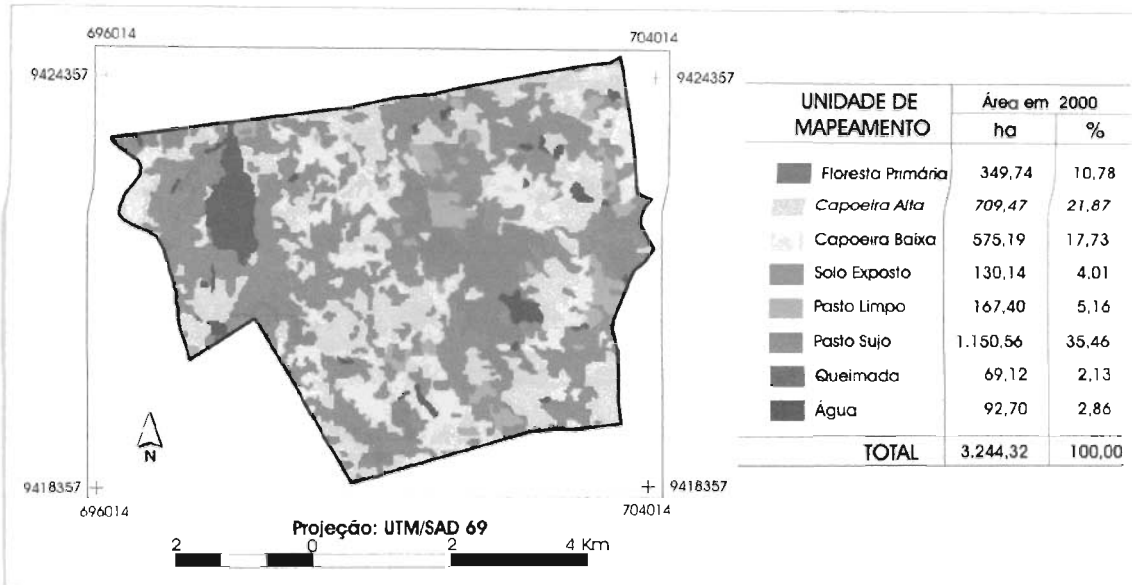


Figura 5.19 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

Entretanto, o ponto culminante do processo de ampliação daquelas áreas foi observado em 2000, quando atingiu em torno de 40%, dos quais 22% representavam áreas de Capoeira Alta. Parte das áreas rotuladas como Capoeira Alta representam antigas áreas de floresta submetidas a intenso processo de exploração madeireira ou que foram descaracterizadas pelo fogo acidental oriundo do preparo de área para atividades agropecuárias ou reforma de pastagens limítrofes às mesmas, tal como observado por McCracken *et al.* (1999), em área de colonização na rodovia Transamazônica.

Dentre as unidades de uso da terra, as áreas de pastagem foram aquelas que mais se destacaram em todos os anos analisados, além de terem também experimentado incrementos significativos em área quando considerados anos consecutivos. Em 1984, as áreas de pastagem correspondiam a um pouco mais de 7% da área total, entretanto, de maneira análoga ao comportamento observado para as áreas de sucessão secundária, em 2000 já contribuíam com mais de 40% da área total do PA. Tal avanço das atividades agropecuárias na área em questão constitui um reflexo direto da entrada progressiva de posseiros, cujo processo foi desencadeado segundo INCRA *et al.* (2001), a partir de 1987 com a consolidação de uma estrada de acesso ao local. Foi também observado que a unidade Pasto Sujo contribuiu com a maior parcela das áreas de

pastagem, o que pode ser explicado devido à interação desfavorável de fatores, tais como a baixa fertilidade dos solos e o baixo nível tecnológico empregado pelos produtores, os quais repercutem diretamente na estabilidade das pastagens cultivadas. Esse aspecto pode também explicar a ligeira retração das áreas de pastagens entre os anos de 1996 e 2000 e a ampliação significativa das áreas de Capoeira Baixa.

Para Mertens *et al.* (2002), a dinâmica das pastagens em áreas de fronteira agrícola na Amazônia reflete não apenas a **necessidade** direta de fornecer alimentação para o rebanho, mas apresenta outras **funções** para os atores sociais envolvidos no processo, tais como a **apropriação e valorização da terra**. Segundo Veiga *et al.* (2001), a pastagem é o uso da terra principal nessas áreas **em virtude** de ser a estratégia mais comum entre todos os atores sociais, pois é o **caminho mais barato** e eficiente de obter o controle efetivo da área quando comparados com **todos os demais** sistemas de uso da terra. Assim, considerando que as pastagens **permitem aumentar** o valor da terra no mais baixo custo e por um longo prazo, Mertens *et al.* (2002) destacam que para ambos os propósitos agrícola e econômico, as pastagens têm se mostrado como o melhor uso da terra no contexto da especulação de terras, mesmo nos casos das áreas em que este processo não seja evidente.

As classes Solo Exposto e Queimada, por estarem associadas ao preparo de área para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, apresentaram flutuações em área que podem ser consideradas normais no contexto do aumento das atividades antrópicas. Até 1992 a classe Solo Exposto contribuiu com áreas inferiores a 3% do total, sendo que em 1996 mais que duplicaram (6,25%) e em 2000 tiveram uma nova retração (4,01%). Por sua vez, para a classe Queimada, foram observadas áreas ainda mais modestas, oscilando entre 1,85% e 4,34% do total, respectivamente, para os anos de 1984 e 1992. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que as datas das imagens empregadas não correspondem à época mais favorável para detecção da mesma, como já mencionado anteriormente.

### **5.3.1.3 Projeto de Assentamento São Francisco**

Nas Figuras 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 são apresentadas as imagens temáticas associadas aos resultados referentes à quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra nos anos analisados. A unidade de mapeamento dominante para os

cinco períodos analisados foi Floresta Primária, sendo observado reduções progressivas os cinco períodos analisados foi Floresta Primária, sendo observado reduções progressivas em área, porém com comportamento particularizado de acordo com o período de tempo analisado. Entre os anos 1984 e 1988, a classe em questão manteve-se relativamente estável, contribuindo com mais de 80% da área total, sendo entretanto, em 1992, registrada uma redução para cerca de 72% da área total. No período compreendido entre 1992 e 1996 novamente manteve-se praticamente estável, porém, em virtude da mudança na posse da terra com a criação do PA, em 1997, a floresta remanescente foi reduzida praticamente à metade em 2000 (37%), abrindo espaço para outros usos. A consolidação do projeto de assentamento constitui de maneira inequívoca o fator de maior impacto na modificação da paisagem no período em estudo, afetando sobremaneira a distribuição de todas as classes de cobertura vegetal e uso da terra, inclusive na espacialização das áreas antrópicas, antes concentradas principalmente ao longo da rodovia PA-150.

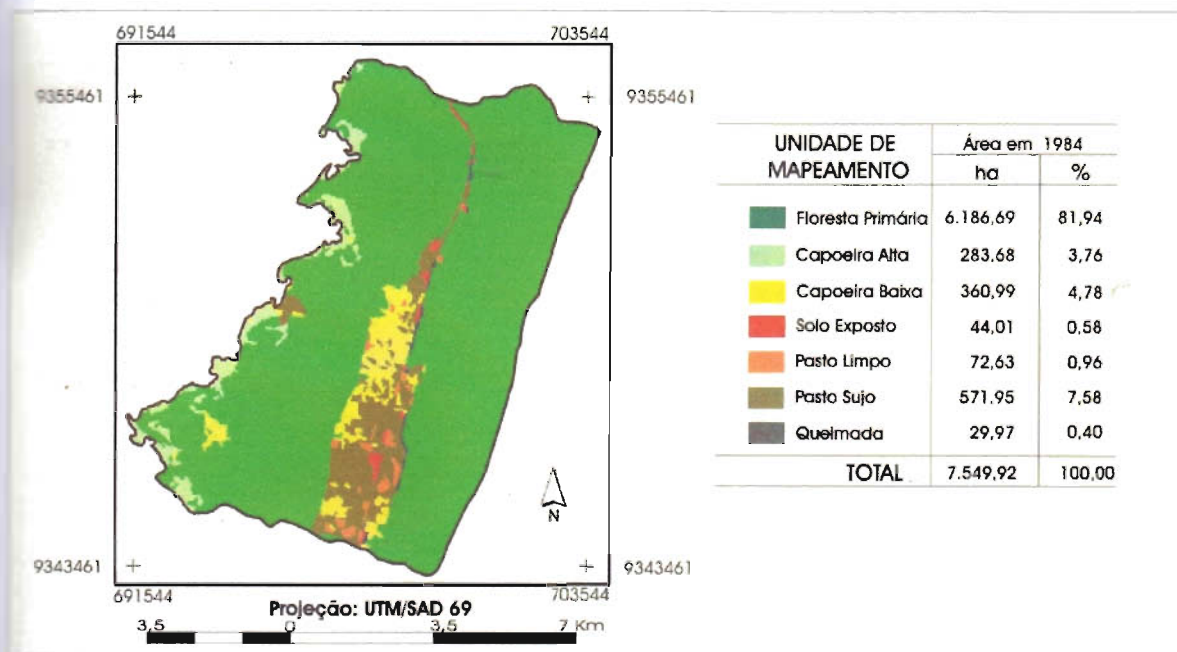


Figura 5.20 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1984, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.



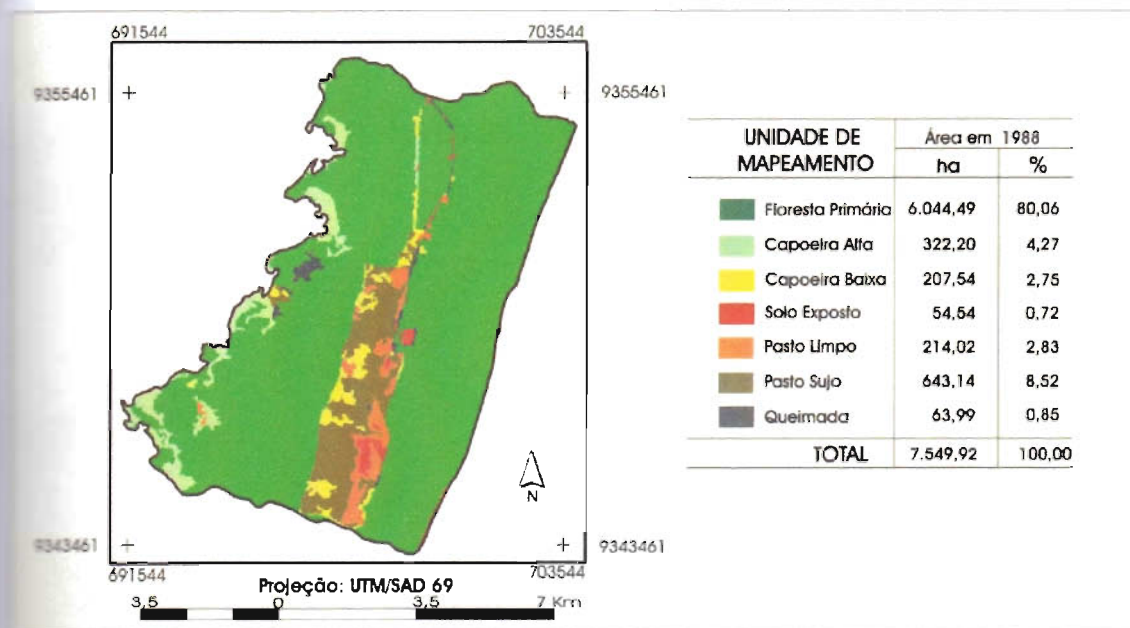


Figura 5.21 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1988, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

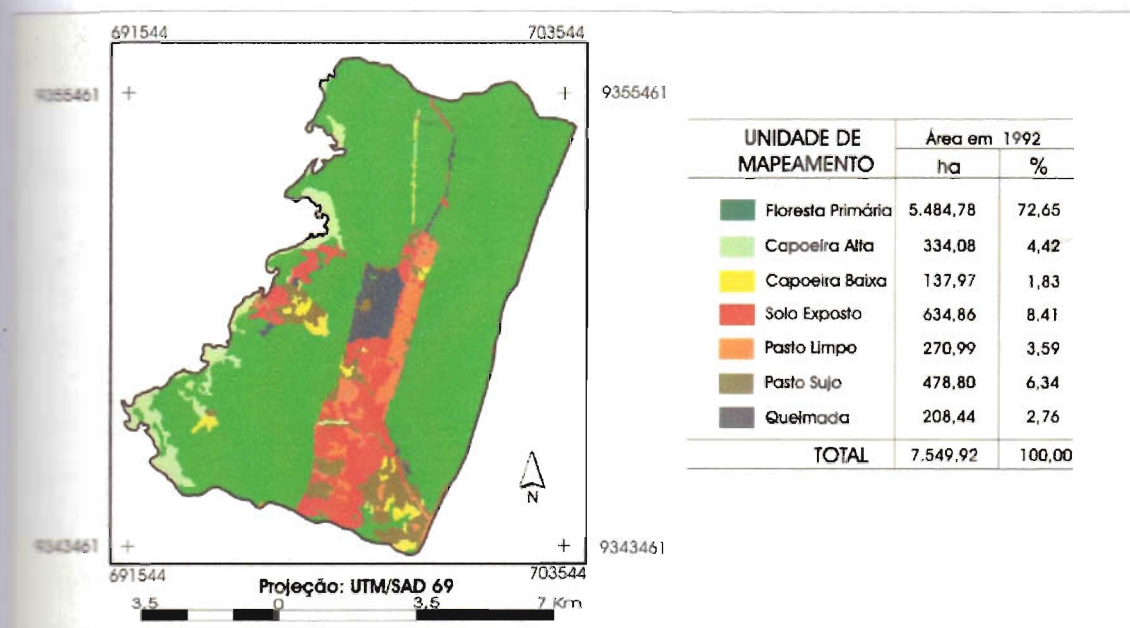


Figura 5.22 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1992, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

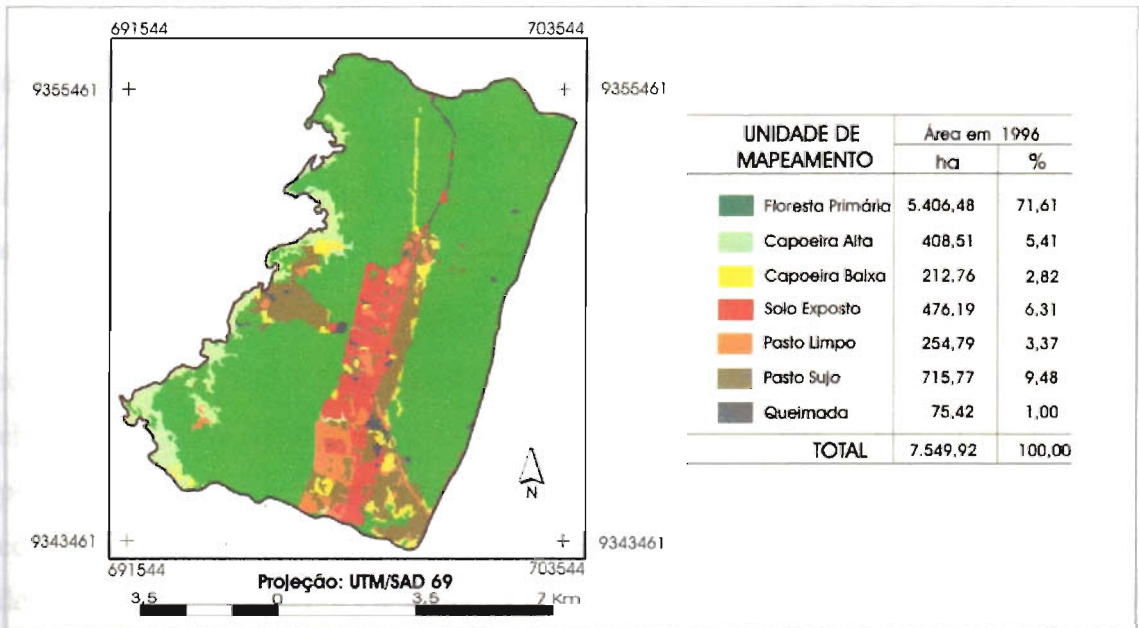


Figura 5.23 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 1996, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

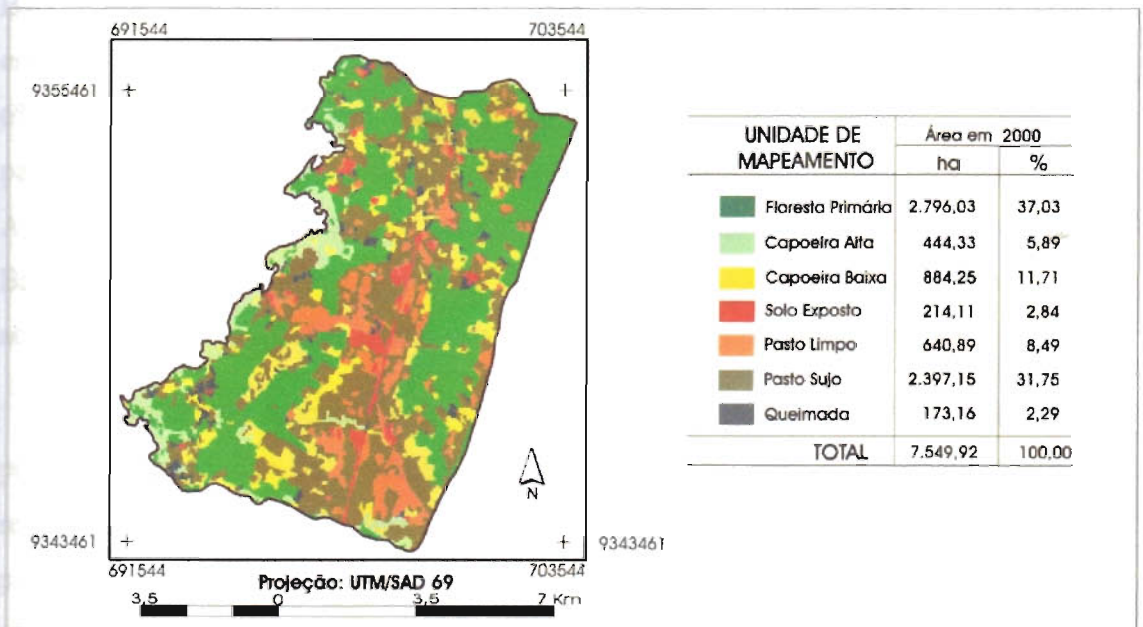


Figura 5.24 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra em 2000, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

Vale salientar que uma parcela do remanescente florestal observado em 2000 encontra-se sob a forma de pequenas manchas descontínuas ou fragmentos de mata. Para Watrin *et al.* (2001), isso dificulta a preservação futura desses fragmentos florestais, na medida em que se tornam bastante vulneráveis para novas intervenções antrópicas, ou mesmo quando se considera o aspecto de sua maior fragilidade biológica.

As áreas de pastagem (Pasto Limpo e Pasto Sujo) que vinham variando em torno de 8% em 1984 a 13% em 1996, já em 2000 registraram um aumento expressivo, chegando a 40% do total da área de estudo, sugerindo que o avanço da fronteira pecuária na região ocorreu sobretudo em detrimento de áreas de floresta. Nesse contexto, vale ainda salientar que as áreas com a classe Pasto Sujo foram sempre dominantes nos diferentes anos analisados, sendo nunca inferiores ao dobro do total registrado para as áreas de Pasto Limpo. Tal comportamento demonstra indícios da baixa estabilidade no uso das terras na região, a qual constitui um reflexo do emprego de uma base tecnológica deficiente.

Outra questão a ser considerada é que a esse processo de mudança no uso da terra se soma o aparecimento da vegetação secundária (Capoeira Alta e Capoeira Baixa), que vem assumindo papel relevante na paisagem. No período compreendido entre 1984 e 1996, as mesmas registraram pequenas flutuações ocupando em torno de 6% a 8%, entretanto, como em 2000 foram observadas mudanças significativas na paisagem, a vegetação secundária neste ano contribuiu com cerca de 17% da área total. A classe que sofreu as maiores flutuações em termos de área no período foi Capoeira Baixa, na medida em que é a unidade de maior preferência para incorporação periódica ao processo produtivo, pois atua como elemento ativo no pousio agrícola.

Devido os incentivos governamentais para a atividade pecuária terem sido praticamente banidos da Amazônia, a principal causa atual do desflorestamento na região segundo Brasil (1998), deve-se à conversão da floresta para a produção de pastagens e lavouras temporárias em propriedades de tamanho inferior a 50 ha, como observado no PA São Francisco. Tais atividades são frutos de estratégias de sobrevivência que, evoluindo juntamente com as estruturas sociais, aumentaram as exigências da população sobre o meio ambiente, promovendo, de forma direta, a superutilização dos recursos florestais disponíveis.

Ocupando áreas mais modestas, aparecem ainda as classes Solo Exposto e Queimada, que apresentaram flutuações nas áreas ocupadas de acordo com os anos de estudo. Em 1984 e 1988, ambas as classes contribuíram cada uma com menos de 1% da área total, enquanto em 1992 as contribuições foram superiores a 8% para Solo Exposto e 2% para Queimada. Nos anos de 1996 e 2000, a classe Queimada sofreu ligeiras variações, comportamento este distinto ao apresentado pela classe Solo Exposto que teve reduções progressivas, chegando em 2000 a registrar apenas 2,84%, mesmo considerando que neste ano as áreas antrópicas já registravam quase 63% da área total.

### 5.3.2 DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DA TERRA

#### 5.3.2.1 Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha

De modo a subsidiar o entendimento do processo de dinâmica da paisagem, nas Tabelas 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 são apresentadas as matrizes de mudança entre as classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse, no âmbito dos períodos selecionados para análise. Vale salientar que a presença de nuvens em alguns setores das imagens de 1988, 1992 e 1996, apesar de promover limitações pontuais nas análises, não interferiu no dimensionamento daquela problemática em um contexto mais amplo.

Foi observado que dentre as classes consideradas, Floresta Primária apresentou os maiores percentuais de estabilidade para todos os períodos de análise, sendo que os valores apesar de decrescentes, foram sempre superiores a 76%. Assim, pelo menos mais de dois terços das áreas mapeadas como Floresta Primária permaneceram nos períodos analisados como sendo esta classe, denotando que a despeito da crescente intervenção antrópica que vêm sofrendo, as reservas florestais vêm sendo ainda relativamente preservadas. É interessante salientar que apesar da área em questão estar inserida em região de fronteira agrícola, as taxas de estabilidade são próximas às observadas para áreas antigas de colonização do nordeste paraense, como na microrregião Bragantina (Watrin *et al.*, 1996), onde os remanescentes florestais estão circunscritos em sua maioria às margens dos rios e igarapés. As áreas de Floresta Primária quando não permaneceram estáveis, apresentaram um comportamento diferenciado de acordo com o período focado, sendo convertidas principalmente ora para os estágios da sucessão secundária, ora para unidades de pastagem.

Tabela 5.16 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

1984 / 1988	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Nuvem
<b>Floresta Primária</b>	<b>88,32</b>	1,07	0,96	0,07	1,32	0,58	0,48	7,21
<b>Capoeira Alta</b>	19,80	<b>46,16</b>	8,55	0,30	16,00	2,61	0,27	6,30
<b>Capoeira Baixa</b>	1,71	32,58	<b>25,45</b>	1,11	17,56	4,59	1,19	15,80
<b>Solo Exposto</b>	1,95	1,68	1,29	<b>0,84</b>	27,62	37,80	0,84	27,99
<b>Pasto Limpo</b>	1,52	4,12	13,27	0,00	<b>38,84</b>	18,14	0,00	24,11
<b>Pasto Sujo</b>	1,21	4,27	27,02	3,98	25,37	<b>18,19</b>	0,42	19,54
<b>Queimada</b>	1,49	7,40	6,80	26,01	15,61	25,51	<b>1,19</b>	15,99
<b>Nuvem</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Tabela 5.17 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

1988 / 1992	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Nuvem
<b>Floresta Primária</b>	<b>86,78</b>	2,12	2,15	0,24	0,67	2,63	0,18	5,23
<b>Capoeira Alta</b>	16,76	<b>45,24</b>	26,01	0,81	0,73	6,25	0,04	4,16
<b>Capoeira Baixa</b>	1,39	43,98	<b>22,53</b>	1,07	10,90	14,27	0,82	5,05
<b>Solo Exposto</b>	1,37	5,85	11,90	<b>17,97</b>	22,85	25,24	6,47	8,35
<b>Pasto Limpo</b>	1,63	1,32	16,02	2,32	<b>24,49</b>	40,13	0,27	13,81
<b>Pasto Sujo</b>	1,41	1,29	30,78	9,80	9,52	<b>35,95</b>	3,21	8,03
<b>Queimada</b>	0,00	1,04	1,56	30,23	29,39	29,70	<b>0,93</b>	7,15
<b>Nuvem</b>	48,77	3,35	9,09	2,39	5,56	16,47	0,42	<b>13,96</b>

Tabela 5.18 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1992 e 1996, para Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.

1992 / 1996	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Nuvem
<b>Floresta Primária</b>	<b>84,96</b>	1,66	2,05	0,56	1,02	4,01	0,98	4,75
<b>Capoeira Alta</b>	15,70	<b>39,85</b>	16,31	0,33	3,22	8,31	1,33	14,95
<b>Capoeira Baixa</b>	1,58	33,49	<b>7,73</b>	0,65	9,60	28,01	1,06	17,88
<b>Solo Exposto</b>	1,56	1,63	1,63	<b>7,95</b>	24,54	30,32	18,43	13,92
<b>Pasto Limpo</b>	1,25	1,58	7,58	2,86	<b>29,58</b>	37,75	2,05	17,35
<b>Pasto Sujo</b>	1,51	1,23	24,81	2,77	18,33	<b>34,07</b>	3,12	14,17
<b>Queimada</b>	1,08	1,44	1,27	6,63	49,52	20,81	<b>2,58</b>	16,66
<b>Nuvem</b>	52,36	3,79	6,58	1,09	4,72	15,14	2,16	<b>14,16</b>

Tabela 5.19 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1996 e 2000, para o Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Nova Ipixuna, Pará.

1996 / 2000	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Nuvem
<b>Floresta Primária</b>	<b>76,04</b>	8,12	9,41	0,43	1,83	4,05	0,12	0,00
<b>Capoeira Alta</b>	20,62	<b>44,29</b>	24,92	0,11	3,32	6,75	0,00	0,00
<b>Capoeira Baixa</b>	1,28	32,55	<b>43,28</b>	0,25	10,74	11,90	0,00	0,00
<b>Solo Exposto</b>	1,26	11,21	29,56	<b>3,57</b>	26,36	28,05	0,00	0,00
<b>Pasto Limpo</b>	1,43	1,76	28,59	1,75	<b>26,10</b>	40,33	0,05	0,00
<b>Pasto Sujo</b>	1,00	2,59	39,33	1,14	19,65	<b>36,22</b>	0,06	0,00
<b>Queimada</b>	0,97	1,57	31,46	3,56	24,15	37,72	<b>0,56</b>	0,00
<b>Nuvem</b>	7,68	32,90	30,81	2,59	4,31	21,13	0,56	<b>0,00</b>

Apresentaram também percentuais de estabilidade significativos às áreas de vegetação secundária, sendo os maiores valores obtidos para a classe Capoeira Alta, que oscilaram entre 39,85% e 46,16%, respectivamente, para os períodos de 1992-1996 e 1984-1988. Uma parcela significativa das áreas de Capoeira Alta foi geralmente transformada em Capoeira Baixa, muito embora tenha-se também verificado, em menor proporção, a evolução para a classe Floresta Primária. Por outro lado, as áreas de Capoeira Baixa que não evoluíram para o estágio de Capoeira Alta dentro do processo sucessional normal, foram incorporadas ao processo produtivo para formação de áreas de pastagem.

As classes de uso da terra, por sua vez, apresentaram proporcionalmente menores percentuais de estabilidade, sendo os maiores valores observados para as unidades ligadas à pastagem (Pasto Limpo e Pasto Sujo), enquanto os menores foram registrados para as classes Solo Exposto e Queimada. Assim, a classe Pasto Limpo registrou valores de estabilidade que oscilaram entre 24,49% e 38,84%, respectivamente, nos períodos de 1988-1992 e 1984-1992. No tocante à classe Pasto Sujo, não houve mudanças substanciais nos percentuais de estabilidade em relação aos registrados para a classe Pasto Limpo, os quais ficaram na faixa de 18,19% para o período de 1984-1988 e de 36,22% durante o período de 1996-2000.

Foi observado uma certa tendência das áreas ocupadas com Pasto Limpo serem convertidas para Pasto Sujo entre anos subseqüentes, com taxas variando de 18,14% a 40,33%, enquanto que as áreas antes rotuladas como Pasto Sujo, com o subseqüente abandono, evoluíssem para o padrão de Capoeira Baixa. Esse comportamento deve-se, principalmente, à perda de produtividade das pastagens, sendo relacionada a problemas tais como manejo inadequado e falta de capital para realizar reforma destas áreas. Ainda assim, foram observadas, em menor proporção, conversões de áreas de Pasto Sujo em Pasto Limpo, indicando que o processo de renovação das pastagens é uma prática que vem sendo desenvolvida em pequena escala na área de estudo.

Por outro lado, as classes Solo Exposto e Queimada devido estarem relacionadas com uma etapa de mudança no uso do solo, registraram baixos percentuais de estabilidade, especialmente a classe Queimada, cujos valores variaram de 0,93% a 2,58%. Nos diferentes períodos analisados, houve uma tendência que tais classes

fossem convertidas para o uso da terra dominante, ou seja, áreas de pastagem, sendo os maiores percentuais ligados a classe Pasto Sujo.

### 5.3.2.2 Projeto de Assentamento Lago Azul

No contexto da dinâmica das classes de cobertura vegetal e de uso da terra, as Tabelas 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23 representam as matrizes de mudanças entre as mesmas nos períodos de interesse. Foi observado que Floresta Primária apresentou os maiores percentuais de estabilidade quando comparadas às demais classes, apenas durante os períodos de 1984-1988 e 1988-1992, sendo os mesmos em torno de 81% e 64%, respectivamente. Nos períodos subseqüentes, com a intensificação gradativa do uso da terra no PA, os valores de estabilidade dessa classe declinaram para aproximadamente 53% em 1992-1996 e 23% em 1996-2000, pois, dentre as três áreas de estudo, o PA Lago Azul é aquele de colonização mais antiga. Por sua vez, a classe Capoeira Alta, que vinha apresentando valores de estabilidade decrescentes nos três primeiros períodos de análise, registrou para 1996-2000 um valor de quase 46%, indicando uma tendência à preservação das manchas remanescentes deste estágio de sucessão.

Excetuando-se o primeiro período de análise (1984-1988), onde as maiores conversões daquelas classes de tipologia florestal ocorreram entre si (Floresta Primária para Capoeira Alta e vice-versa), nos demais períodos, foram observadas conversões das mesmas, principalmente para as classes Pasto Sujo e Capoeira Baixa. A classe Capoeira Baixa apresentou percentuais de estabilidade sempre inferiores às demais classes de cobertura vegetal, com a particularidade destes permanecerem relativamente estáveis entre os diferentes períodos considerados. Dentre as conversões dessa classe, foram registrados sempre percentuais significativos para a classe Capoeira Alta (25% a 60%), em virtude da evolução normal no âmbito do processo sucessional, porém, em virtude da redução das áreas florestais, houve intervenções progressivas das áreas de Capoeira Baixa, com o intuito de serem incorporadas ao processo produtivo. Conforme Alencar *et al.* (1996), em áreas de colonização mais antigas, a dinâmica da cobertura vegetal tende à maior relação de uso e troca entre as áreas de vegetação secundária mais novas e as classes de agricultura e pastagem, deixando preferencialmente as classes com feições florestais aptas para regeneração.



Tabela 5.20 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

1984 / 1988	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Água
<b>Floresta Primária</b>	<b>80,74</b>	9,67	0,75	0,52	0,34	4,76	3,05	0,17
<b>Capoeira Alta</b>	20,46	<b>60,95</b>	7,28	0,00	2,26	7,16	1,65	0,24
<b>Capoeira Baixa</b>	1,40	59,64	<b>33,18</b>	3,18	0,00	1,45	1,16	0,00
<b>Solo Exposto</b>	1,33	1,08	3,00	<b>10,20</b>	18,47	58,16	7,76	0,00
<b>Pasto Limpo</b>	0,55	1,35	0,00	10,78	<b>9,00</b>	77,95	0,37	0,00
<b>Pasto Sujo</b>	1,19	1,94	34,29	3,45	1,06	<b>57,85</b>	0,04	0,17
<b>Queimada</b>	0,75	1,20	20,12	0,00	11,26	44,74	<b>21,62</b>	0,30
<b>Água</b>	1,69	0,95	0,00	0,11	0,42	2,17	0,21	<b>94,44</b>

Tabela 5.21 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

1988 / 1992	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Água
<b>Floresta Primária</b>	<b>64,38</b>	1,92	6,07	2,86	2,79	17,03	4,85	0,10
<b>Capoeira Alta</b>	26,71	<b>19,51</b>	5,15	1,72	1,84	41,03	3,17	0,87
<b>Capoeira Baixa</b>	1,78	32,34	<b>17,52</b>	7,94	2,57	37,85	0,00	0,00
<b>Solo Exposto</b>	1,02	0,00	0,93	<b>12,04</b>	19,04	66,98	0,00	0,00
<b>Pasto Limpo</b>	1,06	0,00	3,19	18,62	<b>14,70</b>	58,51	0,00	3,91
<b>Pasto Sujo</b>	1,10	1,88	13,05	2,86	17,87	<b>58,49</b>	4,16	0,58
<b>Queimada</b>	1,40	1,60	8,72	3,42	29,83	50,27	<b>5,67</b>	0,09
<b>Água</b>	0,53	0,00	0,00	0,64	0,32	2,29	0,85	<b>95,38</b>

Tabela 5.22 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1992 e 1996, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

1992 / 1996	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Água
<b>Floresta Primária</b>	<b>53,10</b>	3,49	5,57	3,51	2,46	27,68	4,13	0,06
<b>Capoeira Alta</b>	20,54	<b>18,27</b>	15,39	3,68	1,80	37,76	2,48	0,09
<b>Capoeira Baixa</b>	1,30	25,62	<b>31,61</b>	0,77	5,85	34,56	0,29	0,00
<b>Solo Exposto</b>	1,23	1,54	10,77	<b>14,23</b>	18,19	50,48	2,69	0,87
<b>Pasto Limpo</b>	1,03	0,25	8,98	22,93	<b>14,25</b>	51,78	0,06	0,70
<b>Pasto Sujo</b>	1,40	1,26	24,56	9,94	4,83	<b>56,55</b>	1,22	0,23
<b>Queimada</b>	1,01	0,51	4,41	5,17	24,53	52,36	<b>11,88</b>	0,13
<b>Água</b>	1,01	0,10	0,00	2,22	0,00	2,02	0,00	<b>94,65</b>

Tabela 5.23 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1996 e 2000, para o Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

1996 / 2000	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada	Água
<b>Floresta Primária</b>	<b>23,40</b>	29,53	18,99	0,77	2,10	24,01	0,97	0,23
<b>Capoeira Alta</b>	13,36	<b>45,98</b>	16,43	1,16	1,49	20,75	0,83	0,00
<b>Capoeira Baixa</b>	1,98	25,17	<b>22,77</b>	3,09	13,23	32,94	0,83	0,00
<b>Solo Exposto</b>	1,26	1,37	15,67	<b>23,39</b>	3,71	48,65	4,08	1,86
<b>Pasto Limpo</b>	0,84	1,08	23,49	9,51	<b>17,89</b>	46,66	0,52	0,00
<b>Pasto Sujo</b>	1,88	1,95	36,63	4,10	6,98	<b>46,46</b>	1,74	0,25
<b>Queimada</b>	0,96	1,24	15,38	2,70	18,06	37,09	<b>24,58</b>	0,00
<b>Água</b>	1,02	0,31	0,20	0,00	0,00	2,59	0,00	<b>95,88</b>

Em oposição às unidades de cobertura vegetal, as classes de uso da terra, dada as suas características dinâmicas na área de interesse, foram aquelas que proporcionalmente definiram as maiores flutuações em termos de estabilidade. As maiores porcentagens de permanência para este grupo foram definidas entre as áreas de pastagem, em particular Pasto Sujo, registrando valores entre 46% a 58%, sendo aquele mais baixo observado no período de 1996-2000.

Conforme Mertens *et al.* (2002), a evolução da cadeia de produtos animais tem promovido redes mercadológicas que influenciam muito nos processos de mudança da cobertura vegetal e do uso da terra. A dinâmica da conversão de áreas florestais, a especulação de terras, a complementariedade entre os atores sociais, a intensificação ou não dos sistemas produtivos, e as várias formas de uso da terra são todos relacionados de uma certa forma com a organização e desenvolvimento dessas redes.

Apesar de os valores de estabilidade para a classe Pasto Limpo serem bem mais modestos quando comparados ao observados para Pasto Sujo, houve uma tendência de aumentarem de modo progressivo entre os períodos analisados, indo de 9% em 1984-1988 para quase 18% em 1996-2000. Tal comportamento foi também verificado para a classe Solo Exposto, cujos valores de estabilidade cresceram de 10% para 23%, respectivamente, nos períodos de 1984-1988 e 1996-2000. Por outro lado, a classe Queimada, cuja estabilidade oscilou entre percentuais em torno de 6% a 24%, seguiu um padrão diferenciado, intercalando períodos de valores altos e baixos.

No contexto das mudanças observadas entre as classes de uso da terra, de maneira análoga ao verificado para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, houve tendência das áreas ocupadas com Pasto Limpo serem convertidas para Pasto Sujo, sendo os valores nunca inferiores a 46%. Foi também observado que as áreas antes definidas como Pasto Sujo, evoluíram para o padrão de Capoeira Baixa em decorrência da intensificação do processo de colonização de espécies invasoras, representada por plantas lenhosas (“juquirá”) e palmeiras (babaçu). No tocante à classe Solo Exposto, grande parte das ocorrências foram geralmente convertidas para pastagem, sendo os maiores percentuais associados à classe Pasto Sujo, comportamento este semelhante ao observado para a classe Queimada. Vale ainda salientar que para ambas as classes foram ainda registrados percentuais significativos de conversão para a classe Capoeira Baixa.

### 5.3.2.3 Projeto de Assentamento São Francisco

Para melhor entendimento das modificações ocorridas em nível da dinâmica da paisagem, nas Tabelas 5.24, 5.25, 5.26 e 5.27 são apresentadas as matrizes de mudança entre as classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse, nos respectivos períodos considerados. Como já observado anteriormente na quantificação de áreas, o elemento que teve grande repercussão em nível de modificações na paisagem foi a mudança na posse da terra, com a criação do projeto de assentamento em 1997. Assim, em uma análise sumária, pode-se afirmar que foram observados dois quadros distintos no tocante a dinâmica da paisagem, um antes e outro depois da consolidação do PA.

Nos três primeiros períodos de análise (1884-1988, 1988-1992 e 1992-1996), foram registrados percentuais de estabilidade expressivos para as classes com feições florestais, sendo para Floresta Primária nunca registradas taxas inferiores a 88%, enquanto que para Capoeira Alta, o menor índice foi superior a 71%. Os percentuais de estabilidade para essas classes no período de 1992-1996 foram superiores ao verificado no período antecedente (1988-1992), devido à inexpressiva intervenção sofrida nas áreas correspondentes, mantendo-se, nesta ocasião, praticamente estáveis. Em contrapartida, no período de 1988-1992 houve maior taxa de desflorestamento e, conseqüentemente, menor estabilidade das áreas florestais. Ainda assim, as áreas com tipologia florestal vinham até então sendo relativamente preservadas, com a particularidade das eventuais intervenções antrópicas ocorridas ficarem limítrofes às áreas já efetivamente abertas.

Por outro lado, para o período de 1996-2000, a análise da matriz de mudanças indicou que os percentuais de estabilidade para aquelas classes foram reduzidos de forma substancial, ficando em torno de 50% para Floresta Primária e de 60% para Capoeira Alta. Tal resultado, fruto da intensificação do processo de ocupação da área, constitui uma característica comum às faixas de fronteira agrícola, onde o menor estoque de vegetação secundária força a abertura progressiva de áreas florestais para serem incorporadas em atividades agropecuárias. Deve-se ainda salientar que com a fragmentação da propriedade de origem em lotes, o padrão espacial das áreas antrópicas foi bastante modificado, pois se até 1996 permaneciam substancialmente ao longo do eixo rodoviário principal, a abertura de novos ramais possibilitou a colonização de áreas mais remotas, de modo que os desmatamentos ficaram bem mais dispersos.

Tabela 5.24 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1984 e 1988, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

1984 / 1988	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada
<b>Floresta Primária</b>	<b>95,75</b>	1,34	0,80	0,18	0,31	0,86	0,75
<b>Capoeira Alta</b>	10,68	<b>72,02</b>	6,83	0,00	10,00	0,00	0,48
<b>Capoeira Baixa</b>	1,94	8,48	<b>25,98</b>	2,15	10,70	50,71	0,05
<b>Solo Exposto</b>	1,00	0,00	8,79	<b>17,18</b>	47,67	16,56	8,79
<b>Pasto Limpo</b>	1,24	0,00	5,58	18,71	<b>26,39</b>	48,08	0,00
<b>Pasto Sujo</b>	1,21	0,76	9,39	3,56	19,65	<b>62,34</b>	3,09
<b>Queimada</b>	1,53	0,00	0,00	17,30	48,62	26,13	<b>6,42</b>

Tabela 5.25 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1988 e 1992, para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

1988 / 1992	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada
<b>Floresta Primária</b>	<b>88,63</b>	1,96	1,81	1,15	1,65	4,45	0,36
<b>Capoeira Alta</b>	13,84	<b>71,82</b>	3,72	5,14	0,78	3,69	1,01
<b>Capoeira Baixa</b>	1,24	9,26	<b>3,65</b>	24,74	14,02	34,98	12,11
<b>Solo Exposto</b>	1,11	0,00	0,17	<b>44,46</b>	44,02	7,11	3,14
<b>Pasto Limpo</b>	0,27	1,64	3,11	59,92	<b>10,05</b>	14,91	10,09
<b>Pasto Sujo</b>	0,76	0,18	1,35	47,98	16,19	<b>12,97</b>	20,56
<b>Queimada</b>	1,14	0,00	0,28	46,84	30,50	16,60	<b>4,64</b>

Tabela 5.26 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1992 e 1996 para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

1992 / 1996	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada
<b>Floresta Primária</b>	<b>94,81</b>	2,40	1,23	0,24	0,15	0,71	0,47
<b>Capoeira Alta</b>	9,06	<b>77,03</b>	12,02	0,93	0,77	0,00	0,19
<b>Capoeira Baixa</b>	1,07	13,07	<b>35,96</b>	3,65	5,41	40,83	0,00
<b>Solo Exposto</b>	0,86	0,77	5,59	<b>36,12</b>	23,46	27,87	5,33
<b>Pasto Limpo</b>	1,59	0,17	4,92	27,10	<b>10,89</b>	54,80	0,53
<b>Pasto Sujo</b>	0,83	2,05	24,45	9,12	9,91	<b>52,14</b>	1,50
<b>Queimada</b>	0,92	0,00	3,63	51,38	19,97	21,07	<b>3,02</b>

Tabela 5.27 - Matriz de mudanças percentuais das classes de cobertura vegetal e de uso da terra entre os anos 1996 e 2000 para o Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

1996 / 2000	Floresta Primária	Capoeira Alta	Capoeira Baixa	Solo Exposto	Pasto Limpo	Pasto Sujo	Queimada
<b>Floresta Primária</b>	<b>50,05</b>	2,65	14,23	0,93	3,80	26,22	2,13
<b>Capoeira Alta</b>	12,49	<b>60,10</b>	6,83	0,29	0,33	13,00	6,96
<b>Capoeira Baixa</b>	1,56	19,51	<b>18,19</b>	1,57	10,15	45,18	3,85
<b>Solo Exposto</b>	0,30	1,30	0,93	<b>20,47</b>	20,00	55,79	1,21
<b>Pasto Limpo</b>	1,41	1,17	5,69	12,22	<b>29,04</b>	48,78	1,70
<b>Pasto Sujo</b>	0,81	2,10	3,06	2,99	33,57	<b>56,67</b>	0,80
<b>Queimada</b>	0,68	0,96	10,16	12,19	32,74	36,36	<b>6,93</b>

Comparativamente, os valores de estabilidade para a classe Capoeira Baixa nos diferentes períodos analisados foram bem mais modestos e bastante variáveis, oscilando em torno de 4% (período de 1988-1992) a 36% (período de 1992-1996). As menores taxas de estabilidade observadas para Capoeira Baixa deve-se à tendência de que quando há disponibilidade da mesma, a ampliação das atividades agropecuárias seja efetuada a partir da intervenção neste estágio da sucessão secundária. Por isso, observaram-se conversões expressivas dessa classe para pastagem, em especial a classe Pasto Sujo, com taxas variando em torno de 35% a 51%.

As áreas de Floresta Primária, quando não permaneceram estáveis, foram preferencialmente convertidas nos períodos de maior intervenção antrópica para pastagem, sendo as taxas superiores a 6% e 30% para os períodos de 1988-1992 e 1996-2000, respectivamente. As áreas com Capoeira Alta apresentaram taxas de conversão para o padrão de Floresta Primária variando de 9% a 13%, sendo ainda observadas nos diferentes períodos de análise, conversões significativas para Capoeira Baixa, bem como, para classes de uso da terra. Vale destacar que quando essas diferentes formações foram transformadas em áreas de pastagem, a classe Pasto Sujo contribuiu sempre com os maiores percentuais totais.

As flutuações em termos de estabilidade para as diferentes classes de uso da terra apresentaram comportamento bastante variável de acordo com o período enfocado. Entretanto, a classe Pasto Sujo, excetuando o período de 1988-1992, apresentou percentuais de estabilidade sempre bem expressivos, oscilando em torno de 52% (período de 1992-1996) a 62% (período de 1984-1988), dando indícios que a prática de reforma das pastagens degradadas vem sendo pouco empregada, mesmo após a mudança de posse da terra. Apresentando percentuais de estabilidade considerados significativos aparecem ainda as classes Pasto Limpo (10% a 29%) e Solo Exposto (17% a 44%). A classe Queimada, por sua vez, apresentou percentuais de estabilidade bem inferiores aos registrados para as outras classes de uso da terra, ficando na faixa de 3% a 6%, sendo as maiores conversões ocorridas para as classes Solo Exposto ou Pasto Limpo. Nos períodos analisados, observaram-se em todas as classes mapeadas os maiores percentuais de conversão para pastagem, principalmente para a classe Pasto Sujo, fenômeno ligado ao processo de pecuarização que vem ocorrendo em áreas de fronteira na Amazônia.

### 5.3.3 ANÁLISE GERAL DO DESFLORESTAMENTO

A partir da análise das Figuras 5.25, 5.26, 5.27 e 5.28, observou-se que no período considerado, os processos de antropização ocorridos no âmbito das três áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. O processo de desflorestamento foi conduzido de forma mais intensa no PA Lago Azul, entre outros fatores, por ser aquele de colonização mais antiga, além de que o menor tamanho médio de lotes restringe a disponibilidade de recursos naturais pelo pequeno produtor. Em contrapartida, a antropização verificada para o PA Agroextrativista Praialta e Piranheira ocorreu mais lentamente devido à colonização ter sido realizada de forma gradual até 1996, além de que as intervenções ocorridas nas áreas florestais foram proporcionalmente bem menores aos seus estoques, haja vista ao maior tamanho médio das propriedades. No PA São Francisco, as taxas de incremento das áreas antrópicas ocorreram também em um ritmo mais lento até 1996, ocasião esta em que a área ainda estava sob o domínio de propriedade particular, sendo o aumento abrupto da taxa de desflorestamento em 2000 associada à intensificação do fluxo de colonização desencadeado em 1997, a partir da criação oficial do PA.

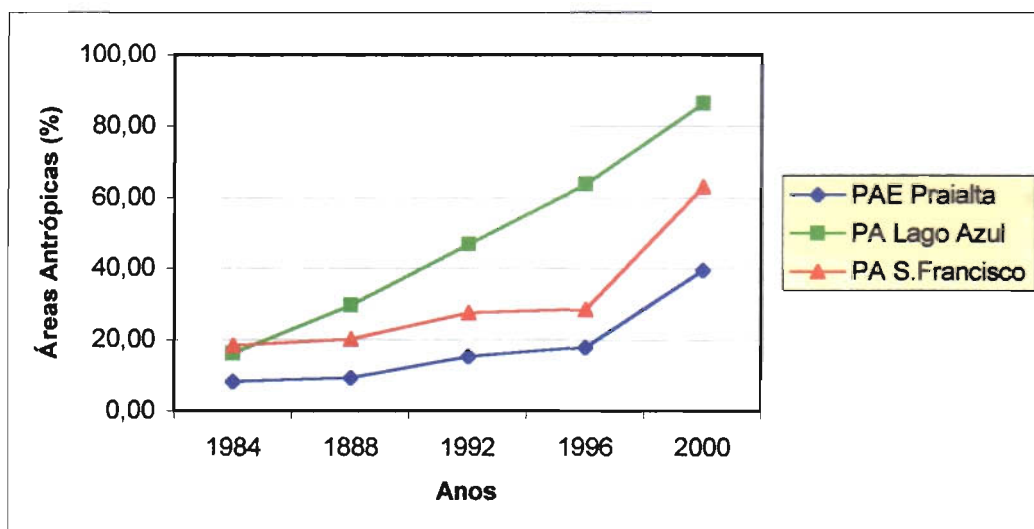


Figura 5.25 - Trajetórias do desflorestamento observadas entre os anos de 1984 e 2000, nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.



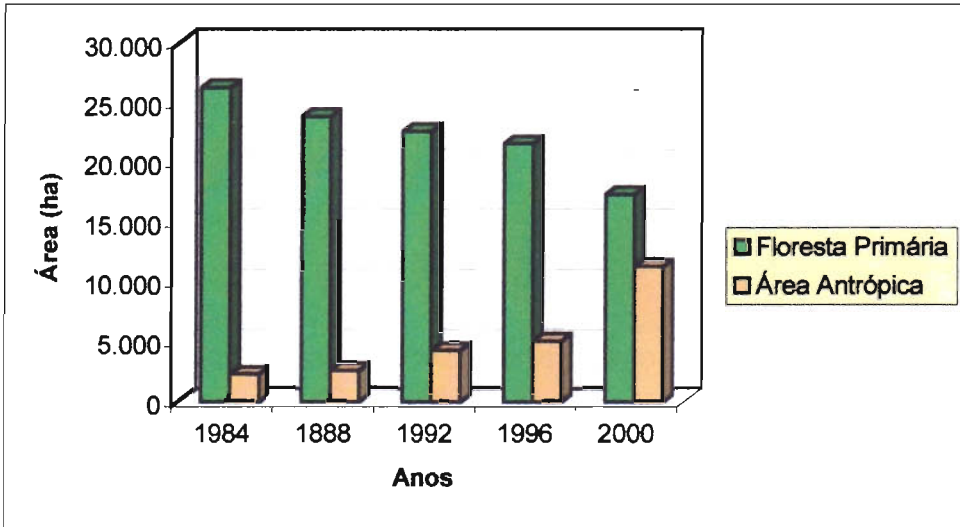


Figura 5.26 - Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

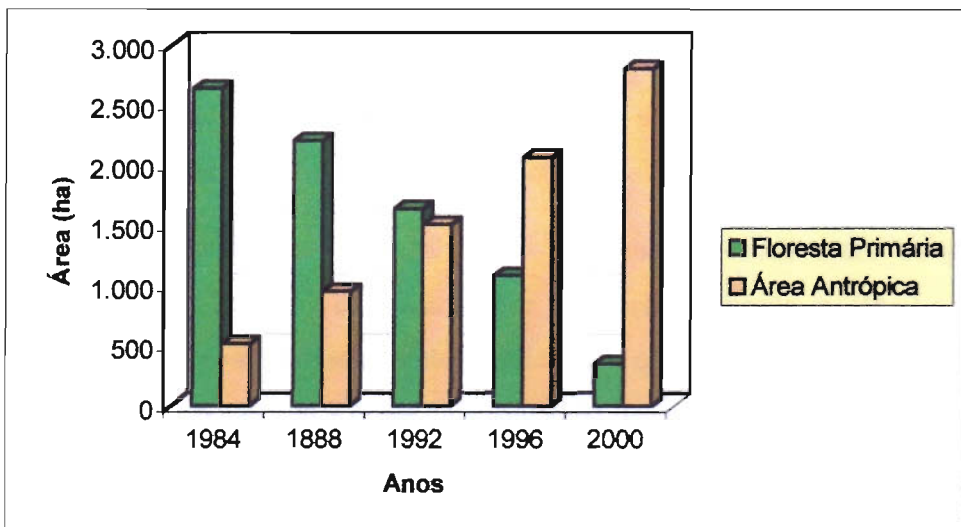


Figura 5.27 - Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no Projeto de Assentamento Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

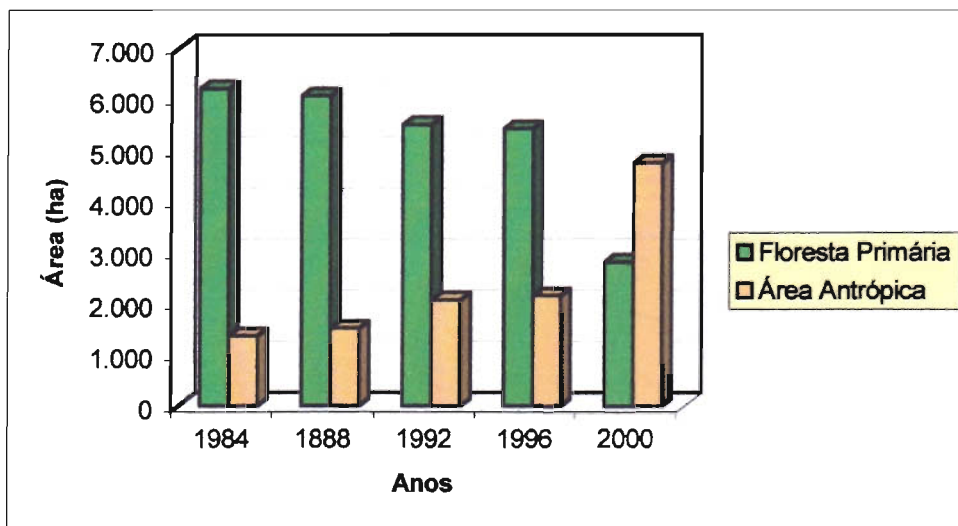


Figura 5.28 - Dinâmica das áreas florestais e antrópicas observadas entre os anos de 1984 e 2000, no Projeto de Assentamento São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

De acordo com McCracken *et al.* (1999), é possível observar grandes diferenças nas trajetórias no processo de desflorestamento em propriedades espacialmente adjacentes e que partilham das mesmas características do meio físico. Assim, existem evidências que tais diferenças nas taxas de desflorestamento e, conseqüentemente, do uso da *terra*, poderiam estar associadas às desigualdades na composição dos produtores e/ou no seu acesso ao capital.

Quando considerada a estabilidade das áreas florestais entre os períodos analisados (Figura 5.29), foi constatado que proporcionalmente o PA Lago Azul apresentou a curva mais descendente, indicando que a ampliação da fronteira agropecuária no mesmo se deu à custa da eliminação de praticamente todo o estoque de florestas. No PA São Francisco onde foi observada uma recuperação da taxa de estabilidade de suas áreas florestais entre os anos de 1992 e 1996, em virtude das intervenções antrópicas bem limitadas no período, houve a partir de então uma queda acentuada, de modo que aproximadamente apenas a metade das áreas ocupadas com floresta em 1996 permaneceram estáveis em 2000. Por outro lado, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, a despeito das taxas de estabilidade das áreas

florestais terem também decrescido nos períodos analisados, estas ocorreram de forma mais gradual, dando uma conformação mais linear à curva correspondente.

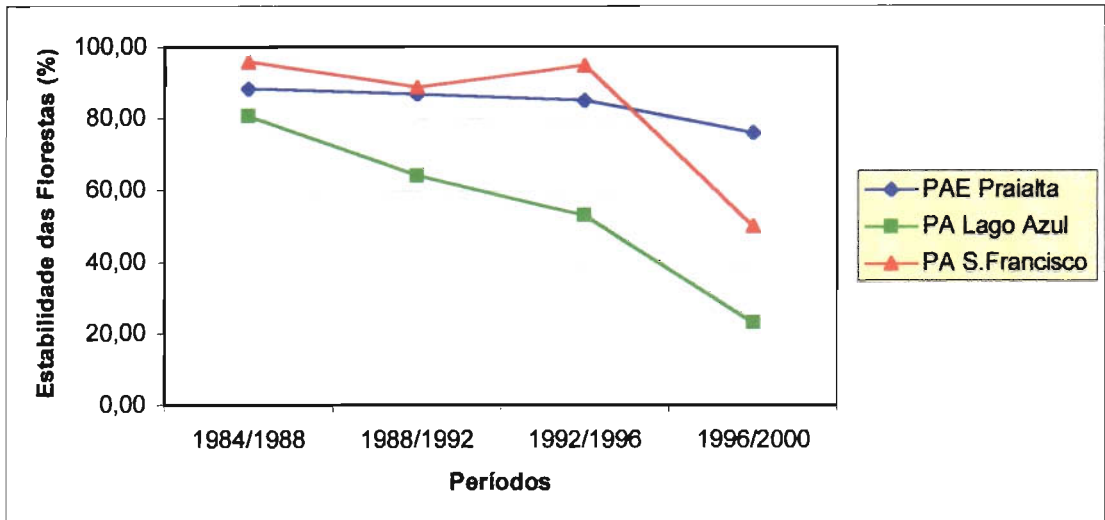


Figura 5.29 - Estabilidade das áreas florestais entre os anos de 1984 e 2000, nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

As Figuras 5.30, 5.31 e 5.32 apresentam mapas simplificados da dinâmica do uso da terra nos anos considerados para análise nos PAs Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, respectivamente. Nesses mapas, as áreas antrópicas em 1984, 1988, 1992, 1996 e 2000 correspondem às áreas modificadas (capoeiras, solo exposto, pastagens e queimada), nos respectivos anos, enquanto que floresta remanescente refere-se às áreas de Floresta Primária observadas em 2000. Através dos mesmos, pode ser melhor constatada a dinâmica do desflorestamento nas áreas de estudo, onde a intensidade e o padrão espacial das áreas antrópicas foi bastante modificado, a partir da intensificação do processo de colonização. Assim, em geral, a fragmentação das áreas de origem em lotes e a abertura de novos ramais possibilitou a colonização de áreas mais remotas, de modo que os desmatamentos ficaram bem mais dispersos no contexto das três áreas de estudo. A despeito das áreas florestais no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira serem ainda bastante expressivas, aparentemente há uma tendência de fragmentação de habitats como já constatado nas demais áreas.

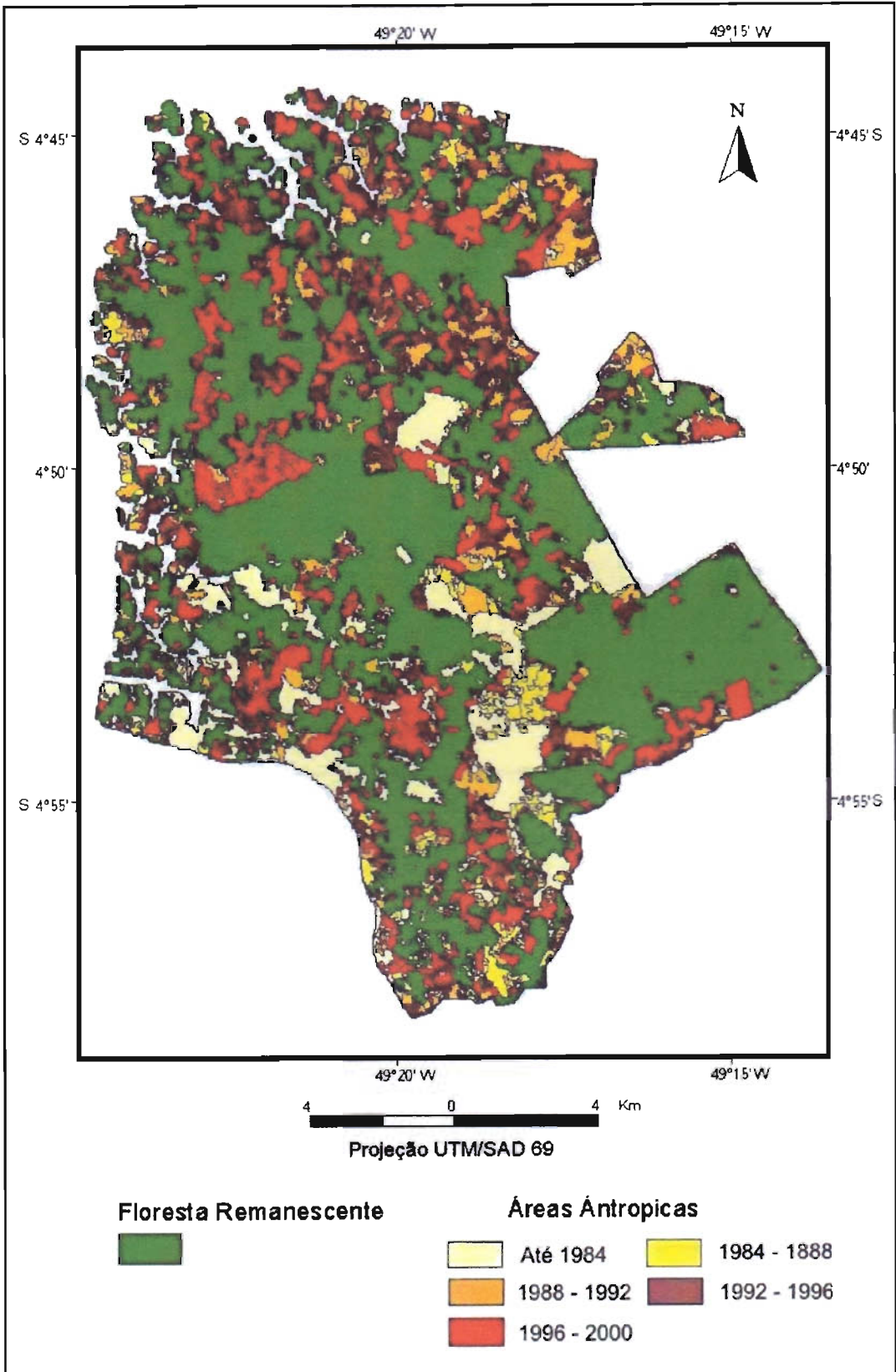


Figura 5.30 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

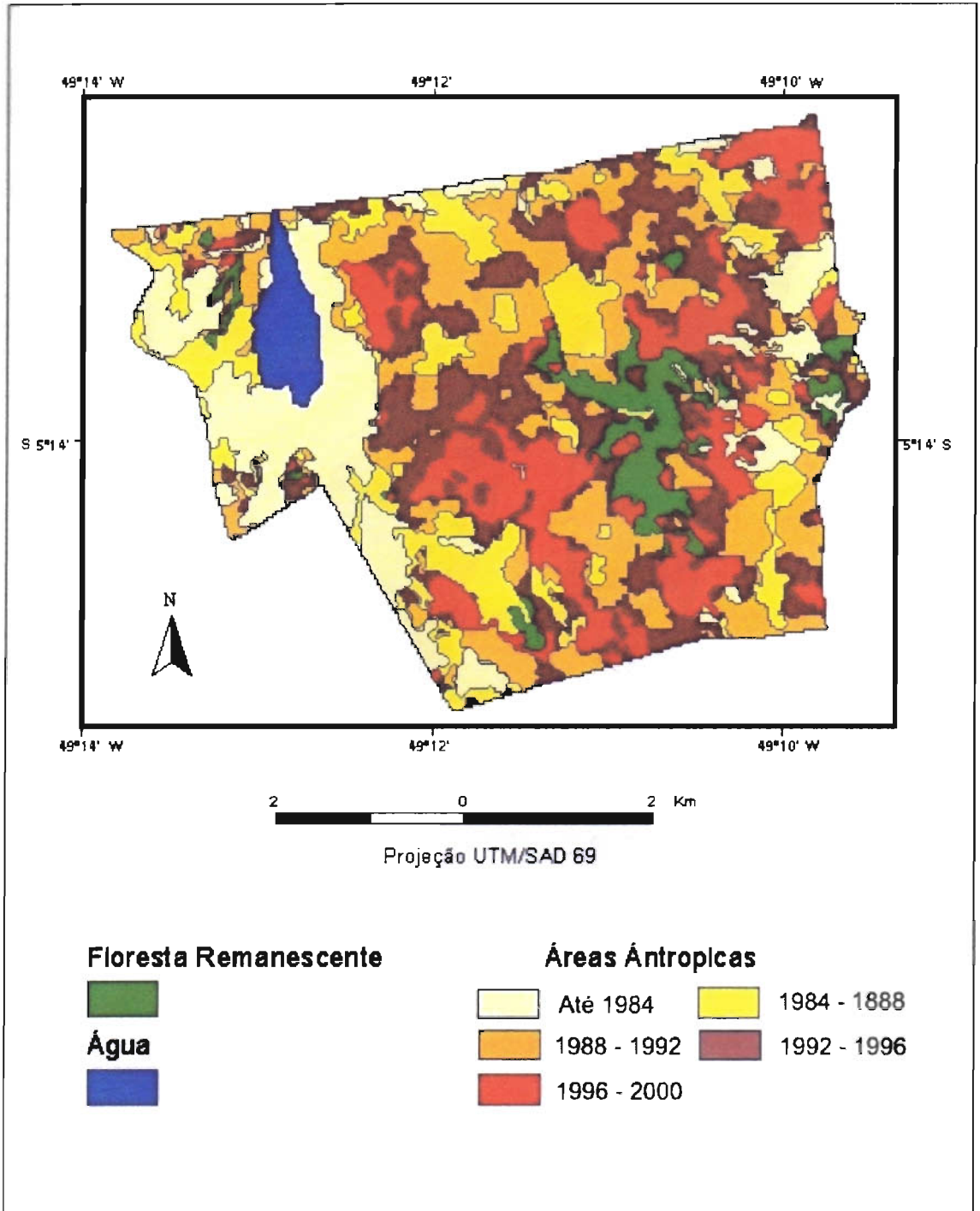


Figura 5.31 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.



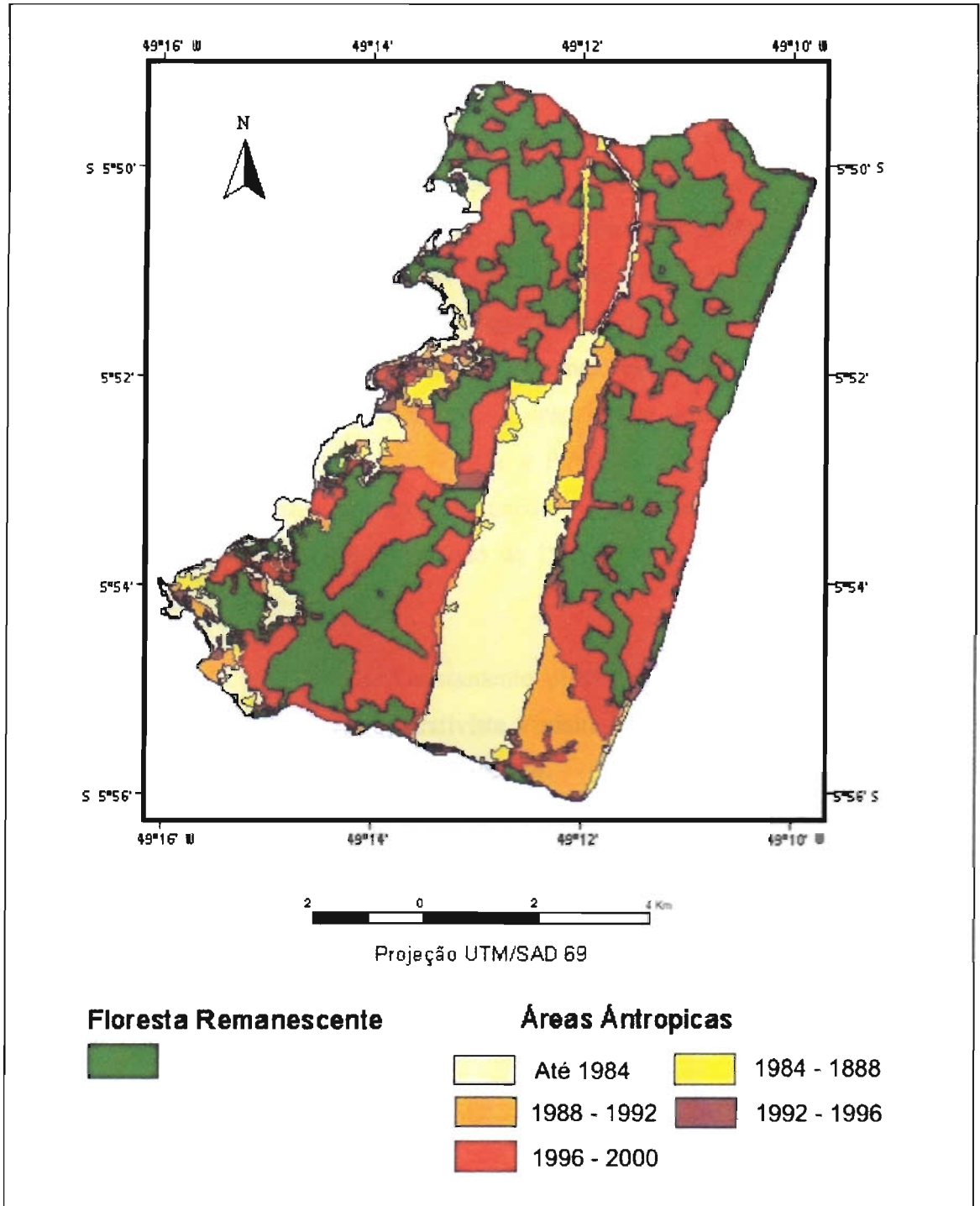


Figura 5.32 - Dinâmica do uso da terra entre os anos de 1984 e 2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

As taxas de desflorestamento nas áreas de estudo (Tabela 5.28), de maneira análoga ao observado nas análises anteriores, apresentaram algumas peculiaridades no decorrer dos períodos de interesse. No PA Agroextrativista Praialta e Piranha devido à interferência de cobertura de nuvens nos anos de 1988, 1992 e 1996, os valores relativos ao desflorestamento encontram-se potencialmente subestimados, muito embora seja evidente um recrudescimento substancial desta taxa para o último período analisado, superior a 7% ao ano. As taxas de desflorestamento foram sempre superiores para o PA Lago Azul, experimentando aumentos progressivos, apesar de no período de 1996-2000, devido ao quase completo esgotamento das reservas florestais terem sido verificados aumentos proporcionalmente muito maiores para as demais áreas de estudo. Por outro lado, no PA São Francisco, a despeito de apresentar taxas distintas ao registrado no PA Agroextrativista Praialta e Piranha, foi verificado um padrão de desmatamento semelhante, quanto às flutuações ocorridas entre os períodos de análise, inclusive com queda na taxa do período de 1992-1996 e um aumento substancial no período seguinte (1996-2000).

Tabela 5.28 - Taxas de desflorestamento observadas nos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranha, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Períodos	PAE Praialta		PA Lago Azul		PA São Francisco	
	ha/ano	%/ano	ha/ano	%/ano	ha/ano	%/ano
1984 - 1988	72,02	0,27	109,19	4,13	35,55	0,57
1988 - 1992	426,44	1,79	139,41	6,32	139,93	2,31
1992 - 1996	192,40	0,85	139,03	8,46	19,58	0,36
1996 - 2000	1.547,80	7,18	183,35	16,85	652,61	12,07

Para se ter uma noção do impacto do desflorestamento nas áreas de estudo, vale salientar as taxas médias do desflorestamento bruto observadas para o Estado do Pará no período de 1978 a 2000 (INPE, 2002). As taxas médias de desflorestamento bruto que vinham caindo progressivamente no Estado, voltaram a crescer a partir do período de 1992/1994, registrando-se o seu ápice em 1994/1995, ocasião em que foi atingida a taxa média de 7.845 km<sup>2</sup>/ano (0,80%/ano). Segundo McCracken *et al.* (1999),

as reduções progressivas nas taxas de desflorestamento verificadas na Amazônia na década de 80 constituem um dos reflexos da profunda recessão econômica que o país atravessou no período. A partir do período crítico no desflorestamento (1994/1995), houve a seguir algumas flutuações das taxas de desflorestamento até atingir para o período de 1999/2000 o correspondente a 6.671 km<sup>2</sup>/ano (0,70%/ano). Apesar das taxas médias do desflorestamento bruto não estarem disponíveis para os municípios de interesse, a área desflorestada total mapeada pelo PRODES até 2000 (INPE, 2002), era de 985 km<sup>2</sup> (61,45% da área total) para o município de Nova Ipixuna e de 2.203 km<sup>2</sup> (74,50% da área total) em Eldorado dos Carajás.

No tocante ao cumprimento da legislação prevista no Código Florestal, Lei N<sup>o</sup> 4.771 de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1983; 2001), foi verificado que a mesma não é de conhecimento da maioria absoluta dos produtores nas três áreas de estudo, quanto aos aspectos dos limites de desmatamento permitidos em nível de propriedade e a necessidade de preservação das áreas florestais às margens de cursos d'água e ao redor das nascentes. Tais aspectos são entretanto mais evidentes nos PAs Lago Azul e São Francisco, onde a própria distribuição espacial e o tamanho dos lotes quando não estimulam o completo desflorestamento, promovem a fragmentação de significativas áreas florestais. Nesse sentido, foi observado que muitas vezes, a área destinada para reserva de uma determinada propriedade não é conectada com aquela da propriedade vizinha, de modo que tais remanescentes encontram-se biologicamente muito frágeis e tendem a ser eliminados de médio a longo prazos.

Dessa forma, no que concerne à legislação do Código Florestal, observa-se que para muitas propriedades, ou mesmo em nível de projeto de assentamento, já foram ultrapassados os limites mínimos de desmatamento fixados. É premente a necessidade de proceder a recuperação sobretudo das áreas que não deveriam ser desmatadas, de modo a atender o percentual estabelecido na legislação em vigor. Como efetuar essa recuperação ou frear a expansão das áreas desmatadas, constitui o grande desafio das políticas públicas nos projetos de assentamentos.

Para Homma *et al.* (2001), os projetos de assentamentos rurais no Sudeste Paraense, em face da agressividade do processo de ocupação de terras, a ação do INCRA tem sido muito mais em regularizar as áreas ocupadas através de invasões. Para



esses autores, o contínuo fluxo de migrantes faz com que seja quase impossível ter uma ação planejada de ocupação, não obedecendo assim nenhum critério ambiental, de zoneamento agrícola, além da ausência de práticas tecnológicas adequadas. Assim, considerando que essas ocupações de terra foram efetuadas sem o apoio da assistência técnica, definição de alternativas econômicas e de infra-estrutura apropriadas, os números de assentados servem apenas para aumentar as cifras da reforma agrária, garantindo uma solução parcial dos migrantes e da questão fundiária brasileira.

#### 5.3.4 MODELAGEM DA DINÂMICA DA PAISAGEM

Em nível da modelagem dinâmica da paisagem para as áreas de estudo, conforme descrito no item 4.7.3, foram geradas imagens estocásticas para o ano de 2004 considerando um cenário mais otimista e outro mais pessimista. Nas Figuras 5.33 e 5.34 são apresentadas as imagens temáticas em associação aos resultados obtidos pela quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha. A imagem mais otimista para 2004, obtida a partir da matriz de transição do período de 1984-1988, apresentou para quantificação de áreas das classes mapeadas pouca variação quando comparada aos dados obtidos em 2000. Tal comportamento deve-se ao fato de que no período de 1984-1988 foram observadas poucas intervenções antrópicas no âmbito da área em questão, promovendo assim a criação de um cenário para 2004 mais estável. Ainda assim, foi observado um aumento das áreas de Floresta Primária, passando de 60,55% da área total em 2000 para 64,79% na imagem simulada para 2004, em virtude da evolução da classe Capoeira Alta para o padrão da classe Floresta Primária, dentro do processo normal de sucessão vegetal. Dentre as classes de uso da terra, a modificação mais importante foi uma pequena retração das áreas de Pasto Sujo que passaram de 9,13% em 2000 para 7,83% em 2004, perdidas estas que foram potencialmente convertidas para Capoeira Baixa.

Por outro lado, quando considerada a tendência de dinâmica do uso da terra observada para o período de 1996-2000, as mudanças observadas em nível da paisagem em 2004 foram um pouco mais evidentes. Houve uma retração das áreas de Floresta Primária em mais de 1.000 ha, passando de 60,55% da área total em 2000 para 56,72% em 2004, devido, sobretudo, à ampliação das áreas de sucessão secundária. As modificações nas áreas das classes de uso da terra foram bem mais limitadas, observando-se ligeiro aumento das áreas de pastagem, enquanto que as áreas com Solo Exposto e Queimada permaneceram estáveis.

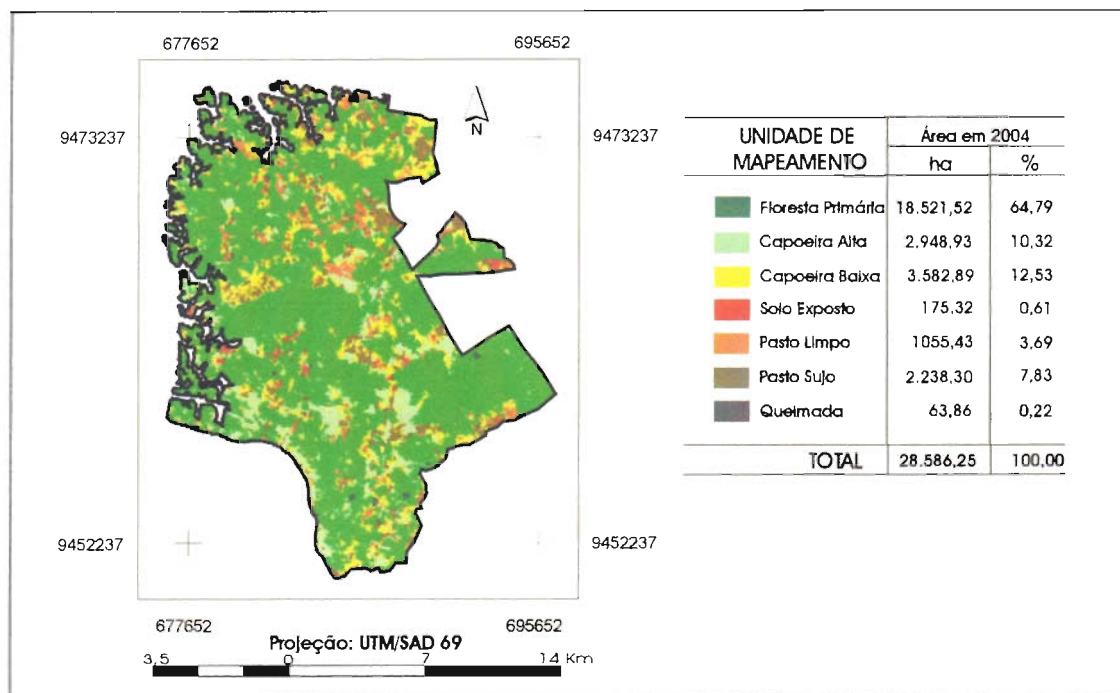


Figura 5.33 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

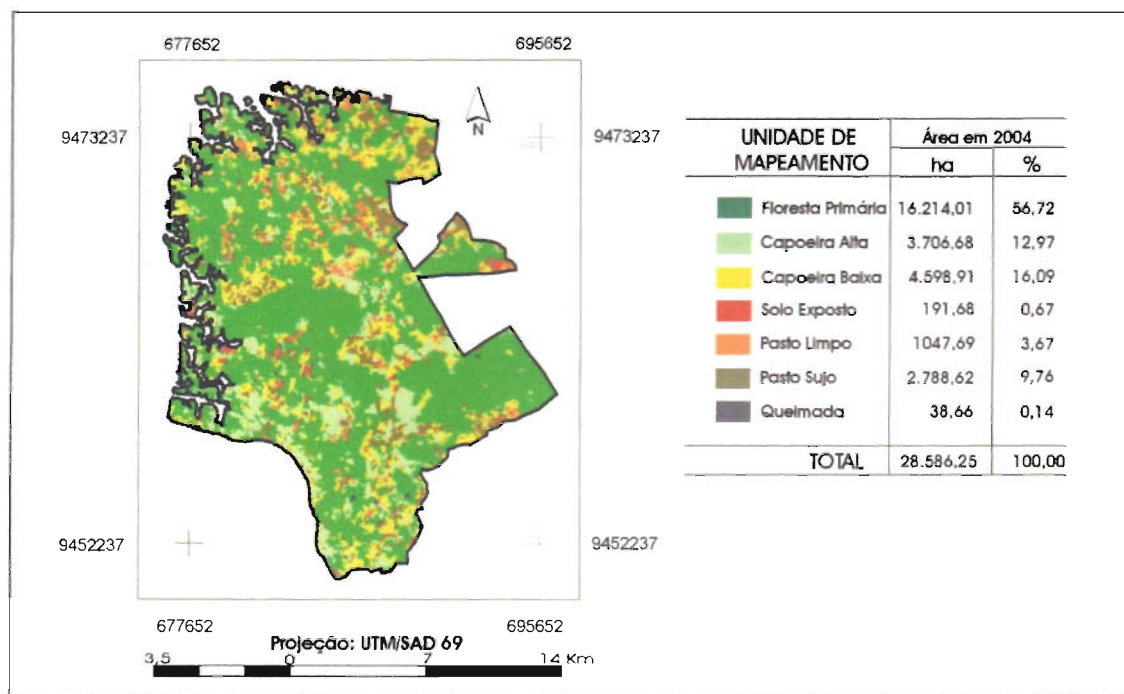


Figura 5.34 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, Nova Ipixuna, Pará.

As imagens de simulação para PA Lago Azul em 2004 são apresentadas nas Figuras 5.35 e 5.36, considerando as matrizes de transição dos períodos de 1984-1988 e 1996-2000, respectivamente. Considerando um cenário mais otimista (matriz de transição do período de 1984-1988), foi observado um aumento significativo das áreas de Floresta Primária, passando de 10,78% da área total em 2000 para 17,46% em 2004. Em virtude das características da área de estudo, considera-se tal situação muito difícil de ocorrer, indicando que o modelo empregado com base na matriz de transição 1984-1988, superestimou a regeneração das áreas de floresta e, desta forma, apresentou limitações para projetar um cenário mais próximo da realidade. Para as áreas de sucessão secundária, foram observadas pequenas flutuações das áreas ocupadas, tendo ocorrido um ligeiro aumento nas de Capoeira Alta e redução nas de Capoeira Baixa. As classes de uso da terra, com exceção da área de Queimada que se manteve praticamente estável, registraram pequenas retrações nas áreas quando comparadas as de 2000.

A simulação considerando a matriz de transição 1996-2000 registrou para a classe Floresta Primária uma redução em área muito modesta, em torno de 16 ha, enquanto que para Capoeira Alta foi observado um pequeno aumento e Capoeira Baixa manteve-se praticamente estável. Todas as classes de uso da terra não apresentaram modificações em áreas relevantes, permanecendo relativamente estáveis no decorrer de quatro anos de análise projetados. Esse cenário, apesar de ser o mais pessimista, potencialmente é aquele mais provável dentro do lapso de tempo de quatro anos, considerando o quase completo esgotamento das áreas florestais e a relativa estabilidade atual do uso da terra no PA.

As Figuras 5.37 e 5.38 correspondem às imagens obtidas por simulação para o PA São Francisco, a partir das matrizes de transição dos períodos de 1984-1988 e 1996-2000, respectivamente. Para o cenário mais otimista, de maneira análoga ao observado nos demais PAs, houve um pequeno aumento da área de Floresta Primária, em função da conversão de áreas de Capoeira Alta para esta unidade de mapeamento. As áreas de sucessão secundária registraram flutuações modestas, ocorrendo pequenas reduções tanto para Capoeira Alta como para Capoeira Baixa. Para as classes de uso da terra, apesar do pouco impacto sofrido em termos de mudança nas áreas ocupadas, foram observados pequenos aumentos para as classes Solo Exposto e Pasto Limpo, enquanto que para as classes Pasto Sujo e Queimada foram registradas pequenas reduções.

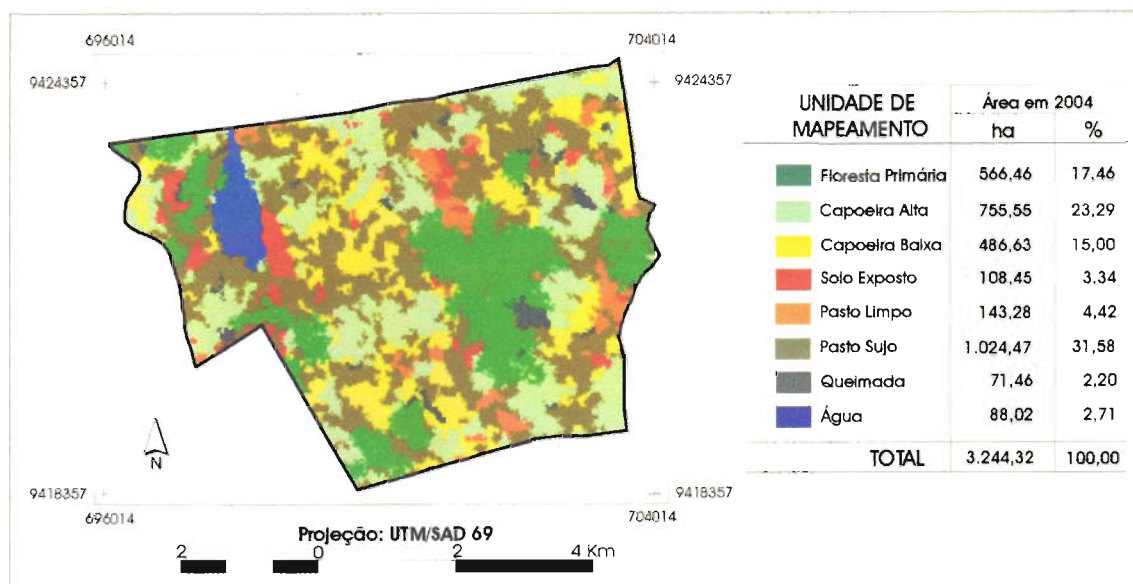


Figura 5.35 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

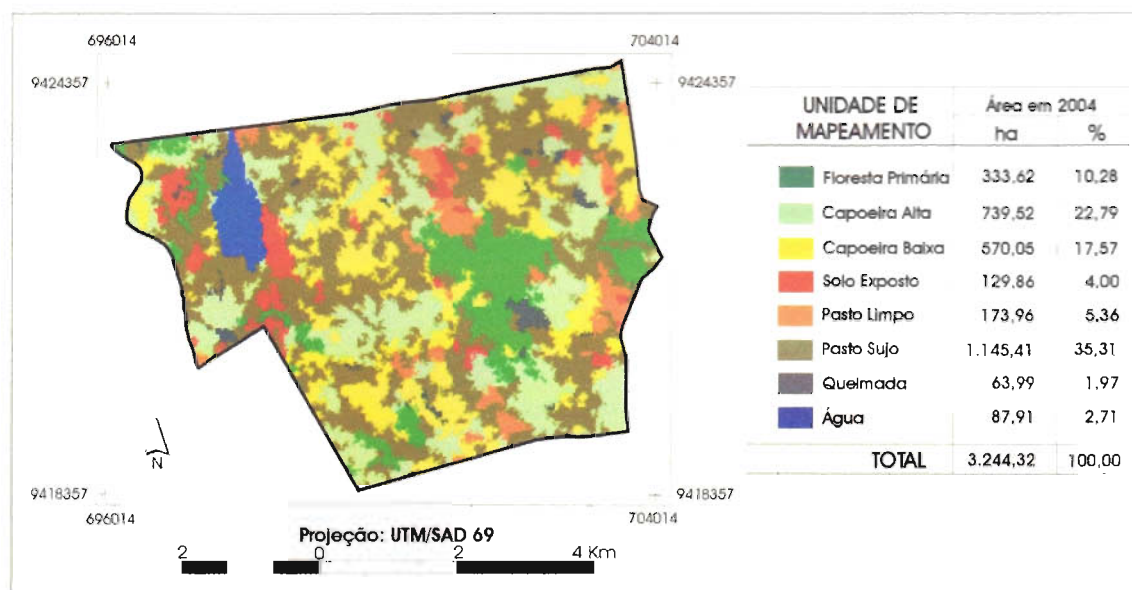


Figura 5.36 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA Lago Azul, Nova Ipixuna, Pará.

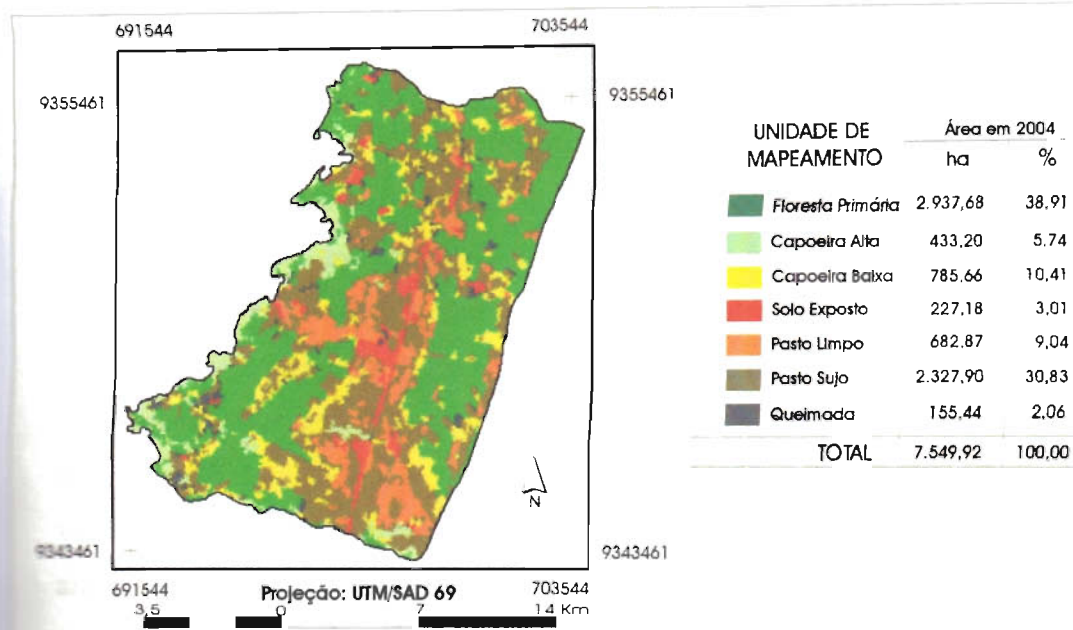


Figura 5.37 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1984-1988, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.

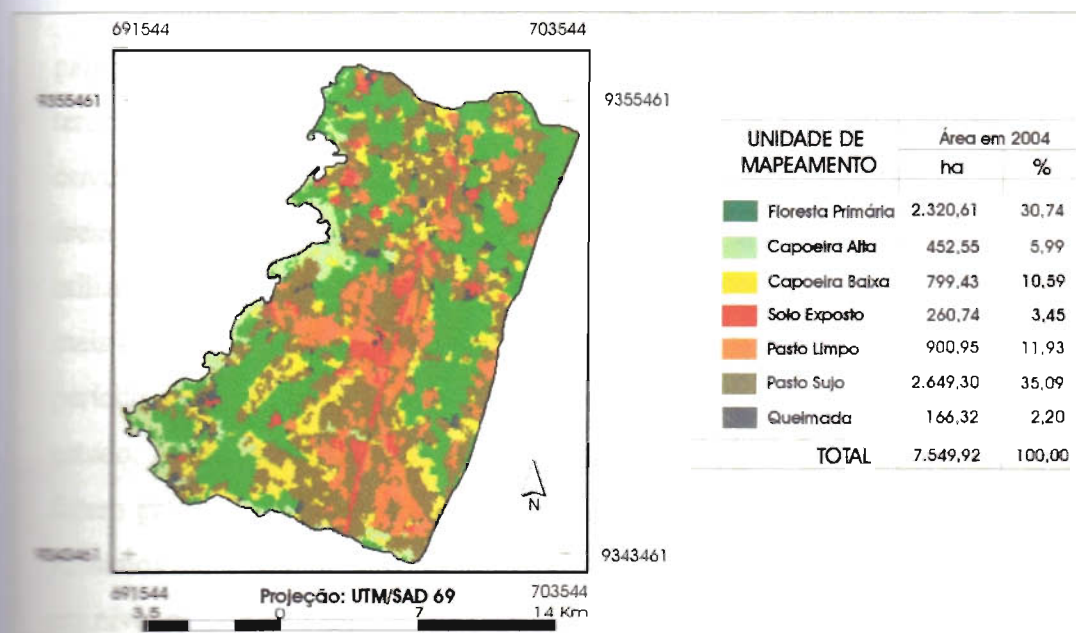


Figura 5.38 - Imagem temática e quantificação de áreas das classes de cobertura vegetal e uso da terra para 2004, a partir da matriz de transição 1996-2000, no PA São Francisco, Eldorado dos Carajás, Pará.



Quando analisada a imagem mais pessimista (matriz de transição 1996-2000), a classe de cobertura vegetal que apresentou a mudança mais expressiva foi Floresta Primária, que passou de 37,03% da área total em 2000 para 30,74% em 2004, enquanto as classes de sucessão secundária mantiveram-se praticamente estáveis. Em geral, as classes de uso da terra apresentaram aumento nas áreas ocupadas, em detrimento da redução das áreas florestais, sendo os maiores percentuais observados para as unidades de mapeamento ligadas à pastagem (Pasto Limpo e Pasto Sujo). Considerando o levantamento de campo realizado entre abril e maio de 2002, aparentemente, esse cenário está mais adequado à realidade local, pois o ainda pequeno estoque de vegetação secundária implica que as áreas de florestas sejam abertas visando à ampliação do processo produtivo, fenômeno este comum às áreas de fronteira agrícola.

Para Mertens *et al.* (2002), os modelos de regressão baseados em dados georreferenciados têm demonstrado que a conversão de áreas de floresta para fins agropecuários ocorre com mais frequência em áreas com melhor acesso a mercados, condições edafoclimáticas favoráveis e sem restrições governamentais para sua abertura, como as áreas de reserva e de conservação.

Considerando as informações obtidas para modelagem da dinâmica da paisagem nas três áreas de estudo, foi verificado que no período de 1984-1988, por terem sido em geral observadas poucas intervenções antrópicas, houve a criação de cenários mais estáveis em nível de uso da terra para 2004, entretanto superestimando as áreas de Floresta Primária. Aparentemente, o cenário considerado mais pessimista, utilizando as matrizes de transição do período de 1996-2000, mostrou tendência de ser mais razoável para expressar as modificações ocorridas em nível do uso da terra em um período de quatro anos, quando considerada as peculiaridades de cada uma das áreas de estudo. Ainda assim, tais simulações representam apenas tendências de cenários em um futuro próximo, não respeitando, entre outros aspectos, as vicissitudes das políticas de subsídios agrícolas, ou mesmo macroeconômicas que poderiam incidir no uso da terra em nível de propriedade.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

#### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como elementos balizadores os resultados obtidos neste trabalho, a partir da metodologia proposta, de maneira geral, os objetivos previamente estabelecidos foram atendidos, bem como as questões formuladas foram respondidas, sendo importante destacar os seguintes aspectos:

##### 6.1.1 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Em nível do pré-processamento das imagens, os resultados satisfatórios obtidos dentro dos índices de precisão das etapas de georreferenciamento e registro efetuados nas imagens de interesse contribuíram, sobremaneira, para o sucesso das análises posteriores. De maneira análoga, a metodologia empregada para a retificação radiométrica das imagens selecionadas, mostrou-se indispensável para minimizar a variação interanual dos dados devido às interferências atmosféricas, além de ter permitido uma uniformização dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra.

Foi verificada a adequação do modelo linear de mistura espectral, cujas imagens fração geradas mostraram-se eficientes para mapear e caracterizar as classes de cobertura vegetal e uso da terra de interesse. Vale destacar, também, a capacidade dessa abordagem como forma de reduzir a dimensão dos dados para a classificação, além de permitir que, nas novas bandas geradas, as classes fossem descritas não mais em função de suas respostas espectrais, mas sim de uma característica física.

O trabalho de campo, através dos dados e informações obtidas (principalmente histórico de uso da terra), mostrou-se imprescindível para explicar as variações espectrais nos alvos de interesse, a partir das imagens utilizadas. A individualização das classes de cobertura vegetal deve-se ao sombreamento interno promovido pelas suas diferenças estruturais, tais como a formação de estratos e altura do dossel. Por outro lado, para o uso da terra, tal definição baseou-se nos estágios de desenvolvimento e nas diversas práticas culturais e de manejo utilizadas. Salienta-se que pelas limitações

intrínsecas para o mapeamento de culturas perenes, tais alvos foram englobados na classe Capoeira Baixa, comparativamente à unidade de maior dominância.

No tocante à segmentação de imagens, foram selecionados os produtos definidos pelos limiares oito para similaridade e dez para área, pois mostraram-se mais adequados para a formação de segmentos homogêneos e a individualização dos padrões de interesse. Apesar de, por vezes, ser observado um particionamento excessivo nas imagens, essa escolha mostrou-se essencial para a perfeita formação de bordas dos segmentos que individualizassem classes espectralmente próximas.

Com a obtenção das imagens segmentadas de forma adequada para as áreas de estudo, pode-se verificar que os treinamentos realizados no âmbito do algoritmo de classificação supervisionada por regiões apresentaram-se bem consistentes, pois houve uma correspondência aos dados e informações coletadas no campo. Assim, apesar da complexidade das áreas de estudo, foram detectadas e discriminadas todas as classes de interesse, atendendo os objetivos propostos neste trabalho.

### 6.1.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Foi verificado que, de uma maneira geral, os colonos são, em sua maioria, oriundos de estados da região Nordeste do País, sobretudo do Estado do Maranhão, atraídos pela busca de melhores condições de vida. No PA Lago Azul a maioria dos produtores entrevistados chegou na área há mais de dez anos, enquanto nos PAs Agroextrativista Praialta e Piranhiera e São Francisco, o maior fluxo de assentados foi registrado nos últimos cinco anos.

A maioria das propriedades são de pequenas dimensões, sendo concentradas no intervalo de 40 a 60 ha, apesar de no PA Agroextrativista Praialta e Piranhiera alguns produtores apresentarem lotes superiores a 100 ha. A dinâmica de compra e venda de lotes foi mais evidente no PA São Francisco, mostrando uma ligeira tendência de permuta de lotes, ou mesmo a incorporação de novos.

No total dos produtores amostrados nos PAs Lago Azul e São Francisco, os lotes encontram-se demarcados e existe um documento de posse da terra. Por outro lado, no PA Agroextrativista Praialta e Piranhiera os lotes não demarcados alcançam



uma parcela considerável de produtores, em face do ainda intenso processo de ocupação e da regularização fundiária ocorrer de forma coletiva.

As áreas de floresta predominavam na maioria dos lotes por ocasião da chegada dos assentados, porém, o valor médio para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira foi bem superior ao observado nos demais PAs. Foram detectadas flutuações modestas nas áreas médias com capoeira baixa, enquanto que para capoeira alta a amplitude de variação foi bem maior. Por sua vez, a área média de pastagem no PA São Francisco foi bastante superior às definidas nas outras áreas de estudo.

Considerando a distribuição atual da cobertura vegetal e do uso da terra, no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranheira, apesar do recrudescimento expressivo das áreas antrópicas, as áreas de floresta primária correspondem a mais da metade da área média inicial. Por sua vez, nos PAs Lago Azul e São Francisco, as áreas médias dos remanescentes florestais nos lotes representam atualmente menos da metade daquelas de origem. Em geral, as áreas de sucessão secundária são dominadas por capoeiras baixas, cujas áreas médias por lote são bem superiores as observadas para capoeira alta.

Os sistemas de produção agrícola praticados nos três assentamentos são geralmente desenvolvidos com baixa diversificação, baixo nível tecnológico e sem assistência técnica. As culturas anuais de subsistência assumem posição de destaque entre os produtores, a despeito do uso da terra mais marcante ser representado por áreas de pastagem, em diferentes estágios de degradação.

No contexto da dinâmica do uso da terra, a finalidade de derruba das áreas de floresta, para a maioria absoluta dos entrevistados, visa apenas a formação do roçado, ou, em alguns casos, a obtenção de renda imediata. As áreas de capoeira alta são incorporadas ao processo produtivo de maneira diferenciada, em virtude não apenas de sua disponibilidade, mas também da existência de mata e capoeira baixa.

Há uma tendência que as áreas que já foram utilizadas para o roçado sejam destinadas a formar, simultaneamente, capoeira e pasto, porém nas áreas onde o processo de pecuarização é mais intenso, busca-se convertê-las apenas para pastagem. Caso as antigas áreas de roçado sejam destinadas à formação de capoeira, estas seriam

reutilizadas para uma nova roça pela maioria dos produtores, sendo posteriormente convertidas para pastagem ou deixadas para formar capoeira e culturas perenes.

Em mais da metade dos produtores amostrados, o período destinado para que as áreas de sucessão secundária sejam novamente incorporadas ao processo produtivo é de três anos. O uso do fogo para o preparo de área é prática corrente nas áreas de estudo, sendo realizado anualmente por grande parte dos assentados, apesar dos problemas causados pela entrada de fogo acidental em propriedades, sobretudo do PA Lago Azul.

Com relação às perspectivas futuras para o uso da terra, pode-se constatar nas áreas de interesse uma tendência à pecuarização, aliada à manutenção da agricultura de subsistência. Salienta-se que no PA São Francisco há, por parte dos produtores, intenção em diversificar as atividades agrícolas, através de culturas perenes e semi-perenes.

A atividade extrativa em nível de propriedade só assumiu um papel de certa relevância no PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha, sendo importantes os produtos destinados à comercialização. Por sua vez, para o PA São Francisco, foram importantes os produtos visando à venda e o consumo interno no lote, enquanto no PA Lago Azul, pelo inexpressivo remanescente florestal, o extrativismo tem importância quase nula.

A exploração madeireira já foi conduzida na maioria das propriedades pesquisadas, sendo porém a mais intensa e antiga efetuada no PA Lago Azul. Nos PAs Agroextrativista Praia Alta e Piranha e Lago Azul, a renda obtida pela venda de madeira foi mais importante como auxílio para a sobrevivência inicial dos assentados e o custeio do primeiro roçado. Tal atividade teve impacto bem modesto no âmbito do PA São Francisco, onde houve, algumas vezes, apenas o benefício indireto da abertura do ramal.

### 6.1.3 DINÂMICA DA PAISAGEM

No tocante à quantificação de áreas das classes de interesse, Floresta Primária foi a unidade dominante para o PA Agroextrativista Praia Alta e Piranha em todos os anos analisados, apesar das reduções graduais da área total. No PA Lago Azul, em decorrência da intensidade do processo de exploração econômica, atualmente o insignificante remanescente florestal está empobrecido por diversos processos de utilização. Por outro lado, no PA São Francisco houve reduções progressivas nas áreas

de floresta, de acordo com o período de tempo analisado, sendo as transformações mais incisivas verificadas após a mudança na posse da terra com a criação do PA em 1997.

O recrudescimento das áreas de Capoeira Baixa, nos projetos de assentamentos de interesse, está geralmente associado aos períodos de intensificação das atividades agropecuárias, em consequência da baixa estabilidade dos sistemas de uso da terra empregados. As flutuações em áreas observadas entre as classes de sucessão secundária nos períodos de análise estão relacionadas às estratégias de como se efetua a sua incorporação ao processo produtivo em cada uma das áreas de estudo.

As pastagens representam o padrão dominante do uso da terra locais, com incrementos significativos em áreas que chegam, por vezes, a duplicar entre anos consecutivos em alguns assentamentos. A classe Pasto Sujo foi a unidade de maior representatividade, sendo um dos reflexos do uso de uma base tecnológica deficiente. Por outro lado, as classes Solo Exposto e Queimada apresentaram comparativamente, no âmbito das áreas de estudo, pouca representatividade, sendo as suas flutuações em área consideradas normais no contexto da ampliação das atividades antrópicas.

Para a dinâmica da paisagem, os maiores percentuais de estabilidade ocorreram para as classes de cobertura vegetal, principalmente Floresta Primária e Capoeira Alta, declinando posteriormente com a intensificação do uso da terra. O PA Agroextrativista Praialta e Piranha foi o único que apresentou os maiores percentuais de estabilidade para a classe Floresta Primária em todos os períodos de análise, apesar de os mesmos serem decrescentes. Essas áreas quando não permaneceram estáveis foram convertidas principalmente para estágios da sucessão secundária e unidades de pastagem. Apesar dos percentuais de estabilidade expressivos observados para as áreas de Capoeira Alta, uma parcela delas quando não evoluiu para o padrão de Floresta Primária, foi modificada para Capoeira Baixa e classes de uso da terra.

Nos períodos analisados, os valores de estabilidade para a classe Capoeira Baixa, nas três áreas de estudo, foram bem mais modestos e bastante variáveis quando comparados às demais classes de cobertura vegetal. As áreas de Capoeira Baixa que não evoluíram para o estágio de Capoeira Alta dentro do processo sucessional normal, foram incorporadas ao processo produtivo para formação de áreas de pastagem.

As classes de uso da terra definiram as maiores flutuações em termos de estabilidade, sendo os maiores valores observados para as unidades ligadas à pastagem. Houve uma tendência das áreas ocupadas com Pasto Limpo serem convertidas para Pasto Sujo entre anos subseqüentes, enquanto que as áreas antes rotuladas como Pasto Sujo, evoluíssem para o padrão de Capoeira Baixa. Em geral, todas as classes mapeadas foram propensas a serem convertidas para o uso da terra dominante (pastagem), principalmente a classe Pasto Sujo, fenômeno este ligado ao processo de pecuarização que vem ocorrendo nestas áreas.

Os processos de antropização ocorridos nas áreas de estudo apresentaram trajetórias distintas, fruto das particularidades do fluxo de migração e de estratégias de distribuição de terras. O desflorestamento foi mais intenso no PA Lago Azul, entre outros fatores, por ser aquele de colonização mais antiga, além de possuir o menor tamanho médio de lotes e portanto, os menores estoques de floresta quando comparados aos demais assentamentos. As taxas de desflorestamento foram sempre superiores para o PA Lago Azul, apesar de no período de 1996-2000 terem sido verificados aumentos proporcionalmente muito maiores para as outras áreas de estudo.

As informações obtidas para modelagem da dinâmica da paisagem nas três áreas de estudo indicaram que no período de 1984-1988, por em geral o processo de antropização ter sido relativamente modesto, houve a criação de cenários mais estáveis para o uso da terra em 2004, apesar de ter superestimado as áreas de Floresta Primária. O cenário considerado mais pessimista, utilizando as matrizes de transição do período de 1996-2000, foi aparentemente mais razoável para expressar as modificações ocorridas em nível do uso da terra em um período de quatro anos, quando considerada as peculiaridades de cada uma das áreas de estudo.

## 6.2 CONCLUSÕES

A seguir, são destacadas algumas conclusões no contexto da análise dinâmica da paisagem nos projetos de assentamentos alvos de estudo:

- O processo de ocupação sistemática do Sudeste Paraense, a partir da consolidação de grandes projetos de desenvolvimento, gerou mudanças em um amplo espectro socioeconômico que, por sua vez, promoveram profundas repercussões em nível da

paisagem nas áreas de estudo no período de 1984-2000. A forte pressão migratória então verificada com a consolidação dos projetos de assentamentos desencadeou um processo inusitado de desflorestamento na região, em detrimento do avanço da fronteira agropecuária.

- Apesar do contínuo fluxo de migrantes na região, o que limita sobremaneira uma ação planejada de ocupação pelos órgãos competentes, há necessidade de se buscar mecanismos para que a colonização seja efetuada considerando critérios definidos por zoneamentos agroecológicos. Assim, é necessário estabelecer diretrizes que compatibilizem os recursos naturais com as exigências da produção agropecuária, a partir da definição de alternativas econômicas e tecnológicas apropriadas à realidade local, em consonância com os interesses e o saber dos assentados.
- O limitado conhecimento dos recursos naturais e das condições econômicas e tecnológicas, além da falta de democratização destas informações, para o manejo adequado dos solos pelos assentados, estimulam novas migrações e a ocupação desordenada do Sudeste Paraense. Parte dos problemas enfrentados pelos produtores depende de decisões políticas mais amplas, através de créditos, incentivos produtivos, assistência técnica, comercialização e organização social. A ausência de uma política agrícola é determinante no isolamento do pequeno produtor, na sua pobreza e na sua incapacidade e indisposição para assimilar tecnologias.
- A mudança progressiva da paisagem com a formação de áreas degradadas, por razões técnicas e socioeconômicas, reforça a necessidade da aplicação de processos de intensificação do uso da terra. Com o desenvolvimento de sistemas agropecuários apropriados, inclusive com uso de insumos e mecanização, poderiam ser garantidas além de melhores condições de sobrevivência e de fixação do agricultor em seu lote, a conservação de importantes remanescentes florestais, desde que superadas as limitações que impedem a introdução de formas de uso sustentáveis.
- Considerando que em muitas propriedades, ou mesmo em nível de projeto de assentamento, já tenham sido ultrapassados os limites mínimos de desmatamento fixados pelo Código Florestal, é premente a necessidade de proceder a recuperação sobretudo das áreas que não deveriam ter sido desmatadas. Como efetuar essa

recuperação ou frear a expansão das áreas desmatadas, constitui o grande desafio das políticas públicas nos projetos de assentamentos.

### 6.3 RECOMENDAÇÕES

Considerando que as análises apresentadas neste trabalho não têm a pretensão de ser conclusivas, selecionaram-se alguns pontos que potencialmente poderiam abrir perspectivas de propostas futuras relacionadas ao tipo de abordagem de estudo, ou lançar novos desafios interpretativos a serem explorados.

- A metodologia ora apresentada, poderia ser utilizada em outras áreas da Amazônia Oriental, sendo bastante interessante a utilização de áreas adjacentes àquelas definidas para o presente estudo, porém com formas de uso da terra diferenciadas. Tal aplicação estaria condicionada à avaliação da metodologia e dos resultados alcançados neste trabalho.
- Considerando o padrão de uso da terra em muitas áreas da Amazônia, estudos desenvolvidos numa escala de trabalho que ofereça maior detalhamento dos padrões de cobertura vegetal e uso da terra seriam bastante interessantes. Estudos em escalas de semidetalhe, utilizando dados Landsat em conjunto com outros sensores de resoluções espacial e espectral mais finas, trariam grande contribuição na análise da dinâmica da paisagem em áreas de fronteira agrícola na Amazônia.
- A construção de bancos de dados integrados detalhados, contemplando variáveis do meio físico e socioeconômicas, poderiam contribuir no monitoramento de projetos de assentamentos rurais, subsidiando entre outras ações, aquelas ligadas ao planejamento e desenvolvimento socioeconômico destas áreas, além do cumprimento do Código Florestal em vigor.
- Para a modelagem da dinâmica da paisagem, poderiam ser realizadas calibrações no modelo empregado, estabelecendo as diferenças entre o cenário prognóstico e o real. Nesse contexto, seria relevante prognosticar os cenários reservados para as áreas de estudo no ano de 2000, considerando as matrizes de transição obtidas até o ano de 1996. Análises semelhantes poderiam também ser realizadas a partir do mapeamento potencial da cobertura vegetal e do uso da terra para o ano de 2004.

- Ainda no âmbito da modelagem da dinâmica da paisagem, seria interessante a inclusão de elementos condicionantes ou restritivos nas análises, que poderiam oferecer cenários futuros mais reais. Dentre os modelos potencialmente interessantes para contribuir na simulação espaço-temporal da dinâmica da paisagem, citam-se aqueles que incluem como variáveis as distâncias às estradas principais e secundárias, distância aos rios, distância aos núcleos urbanos (mercados), entre outras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABRAHÃO, A.; MIGLIORANZA, E.; GODOY JÚNIOR., M. Geração de imagens por proporção através de um modelo linear de mistura. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Manaus, 24-29 jun., 1990. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1990. v. 1, p. 188-198.
- ADAMS, J.B.; SABOL, D.E.; KAPOV, V. *et al.* Classification of multispectral images based on fraction of endmembers: application to land-cover change in Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 52, n. 2, p. 137-154, May 1995.
- ADENIYI, P. O. Digital analysis of multitemporal Landsat data for land-use/ land-cover classification in semi-arid area of Nigeria. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 11, p. 1761-1774, Nov. 1985.
- AGUIAR, A.P.D. **Utilização de atributos derivados de proporção de classes dentro de um elemento de resolução de imagem ("pixel") na classificação multiespectral de imagens de sensoriamento remoto**. São José dos Campos, SP. 202 p. (INPE-5306-TDI/456). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, jun. 1991.
- \_\_\_\_\_; SHIMABUKURO, Y.E.; MASCARENHAS, N.D.A. Use of synthetic bands derived from mixing models in the multispectral classification of remote sensing images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 4, p. 647-657, 1999.
- ALENCAR, A.A.C.; VIEIRA, I.C.G.; NEPSTAD, D.C. *et al.* Análise multitemporal do uso do solo e mudança da cobertura vegetal em antiga área agrícola da Amazônia Oriental. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14-19 abr., 1996. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1996.
- ALMEIDA-FILHO, R.; SHIMABUKURO, Y.E. Digital processing of Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 79, p. 42-50, 2002.
- ALVES, D.S.; MELLO, E.M.K.; MOREIRA, J.C. *et al.* Characterising land use dynamics in Amazon using multitemporal imagery and segmentation techniques. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 18., Viena, 1996. **Proceedings**. Viena: ISPRS, 1996. p. 13-17.
- ANDREN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, v. 71, n. 3, p. 355-366, Dec. 1994.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989. 295 p.



BAKER, W.L. A review of models of landscape change. **Landscape Ecology**, v. 2, n. 2, p. 111-133, 1989.

BARROSO, L.V.; BROWN, I.F.; NEPSTAD, D.C. Dinâmica do uso da terra em assentamentos humanos na região de Paragominas, Amazônia brasileira, através de sensoriamento remoto e sistema geográfico de informações. In: Congresso Florestal Brasileiro, 7./Congresso Florestal Panamericano, 1., Curitiba, 19-24 set., 1993. **Anais**. Curitiba: 1993. v.2, p. 338-340.

BATISTELLA, M. **Landscape change and land-use/ land-cover dynamics in Rondônia, Brazilian Amazon**. Bloomington (IN), USA. 367 p. Tese (Doutorado em Filosofia) - School of Public and Environmental Affairs of Indiana University, Oct. 2001.

BECKER, B.K. A (des)ordem global, o desenvolvimento sustentável e a Amazônia. In: CHRISTOFOLETTI, A.; BECKER, B.K.; DAVIDOVICH, F.R. *et al.* org. **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec, 1995. p. 46-64.

\_\_\_\_\_. **Amazônia**. São Paulo, Ática, 1991. 112 p.

\_\_\_\_\_. Cenários de curto prazo para o desenvolvimento da Amazônia. **Cadernos IPPUR**, v. 14, n. 1, p. 53-85, jan./jul. 2000.

BELAUD, M.A.; EDWARDS, G.; JATON, A. *et al.* Post-segmentation classification of images containing small agricultural fields. **Geocarto International**, v. 7, n. 3, p. 53-60, Sep. 1992.

BERTRAND, G. Paisaje y geografía física global. In: MENDONZA, J.G.; JIMENÉZ, J.M.; CANTERO, N.O. ed. **El pensamiento geográfico: estudo interpretativo y antologia de textos de Humboldt a las tendencias radicales**. Madrid: Alianza, 1982. p. 461-464.

BINS, L.S.; ERTHAL, G.J.; FONSECA, L.M.G. Um método de classificação não supervisionada por regiões. In: Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 6., Recife, PE, out., 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993, v. 2, p. 65-68.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. In: CÂMARA, I.G.; STRANG, H.E. **Legislação de conservação da natureza**. 3. ed. São Paulo: CESP, 1983. p. 120-129. Publicado no Diário Oficial de 16 de setembro de 1965, ratificada no Diário Oficial de 28 de setembro de 1965.

\_\_\_\_\_. Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera artigos e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera artigo da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Rural, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 ago. 2001. Edição extra.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para convenção sobre diversidade biológica**. Brasília, 1998. 283 p.

BRIDGEWATER, P.B. Landscape ecology, GIS e nature conservation. In: HAYNES-YOUNG, R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. ed. **Landscape ecology and geographic information systems**. London, UK: Taylor & Francis, 1993. p. 23-36.

BRITO, M.S. Políticas públicas e padrões de uso da terra na Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 57, n. 3, p. 73-93, jul./set. 1995.

BRONDIZIO, E.S.; MORAN, E.F.; MAUSEL, P. *et al.* Dinâmica da vegetação do Baixo Amazonas: análise temporal do uso da terra integrando imagens Landsat-TM, levantamento florístico e etnográfico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 10-14 maio, 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993. v. 2, p. 38-46.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford, UK: Clarendon Press, 1986. 193 p.

\_\_\_\_\_; MACDONNEL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Monographs on soil and resources survey, 12. New York: Oxford University Press, 1998. 193 p.

CARNEIRO, M.S.; ASSIS, W.S. Crédito e assistência técnica em áreas de reforma agrária: um balanço de experiências recentes na Amazônia Oriental. [CD-ROM]. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 4., Belém, 2001. **Anais**. Belém: SBSP, 2001.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. The ABC's of GIS: an introduction to geographic information systems. **Journal of Forestry**, v. 90, n. 11, p. 13-20, Nov. 1992.

COOPERATIVA DOS TRABALHADORES AGRO-EXTRATIVISTAS DE NOVA IPIXUNA; ASSOCIAÇÃO DE PEQUENOS PRODUTORES DO PROJETO AGRO-EXTRATIVISTA PRAIALTA PIRANHEIRA (CORRENTÃO/ APAEP). **Projeto de desenvolvimento**: Projeto de Assentamento Agro-Extrativista Praialta Piranheira (PAE), município de Nova Ipixuna, Estado do Pará. Nova Ipixuna, PA: CORRENTÃO/ APAEP, mar. 1999. 64 p.

CORR, D.J.; TAILOR, A.M.; CROSS, A. *et al.* Progress in automatic analysis of multi-temporal remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, n. 7, p. 1175-1195, July 1989.

CRACKNELL, A.P. Editorial: geographical information systems. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 6, p. 721-722, June 1986.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: UNICAMP, 1992. 170 p.

DAVISON, G.J. Ground control pointing and geometric transformation of satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 1, p. 65-74, Jan. 1986.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. Eschborn, Alemanha Ocidental - RFA. 284 p. (Tese de Doutorado) - Universidade George August de Göttingen, 1991.

EASI - PACE (PCI Inc.). **Using PCI software**. Richmond Hill, 1997. 229 p. (PCI Committed to Remote Sensing version 6.2 - EASI - PACE).

EDWARDS, G. Image segmentation, cartographic information and knowledge-based reasoning: getting the mixture right. In: International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 10., IGARSS'90, Washington, DC, May 20-24, 1990. **Proceedings**. New York, NY, 1990. v. 4, p. 1641-1644.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MONITORAMENTO POR SATÉLITE (EMBRAPA/ CNPM). **Brasil visto do espaço**. Disponível em <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: nov. 2002.

ESPARTEL, L. **Curso de topografia**. 8. ed. Porto Alegre: Globo, 1982. 665 p.

FEARNSIDE, P.M. Land-tenure issues as factors in environmental destruction in Brazilian Amazonia: the case of southern Pará. **World Development**, v. 29, n. 8, p. 1361-1372, 2001.

FERNANDES, B.M. As transformações recentes na agricultura e a luta pela reforma agrária. In: \_\_\_\_\_. **MST/ Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra: formação e territorialização em São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1996. p. 29-64.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge, UK: University Press, 1995. 631 p.

\_\_\_\_\_; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.

GALEÃO DA SILVA, G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F. *et al.* Geologia das folhas SB.22 Araguaia e parte de SC.22 Tocantins. In: Projeto Radambrasil. **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1974. v. 4, cap. 1, p. 1-143. (Projeto RADAM. Levantamento de Recursos Naturais, 4).

GODOY JÚNIOR.; M.; NOVO, E.M.L.M. **Processamento digital de dados TM/Landsat no monitoramento de águas interiores**. São José dos Campos: INPE, 1989. 26 p. (INPE-4956-PRE/1533).

GONZALEZ, R. C.; WINTZ, P. Image segmentation. In: \_\_\_\_\_ . ed. **Digital image processing**. 2 ed. Reading, MA: Addison-Wesley, 1987. cap. 7, p.331-390.

HALL, F.G.; STREBEL, D.E.; NICKESON, J.E. *et al.* Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.

HARALICK, R. M.; SHAPIRO, L. G. Image segmentation techniques. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**, v. 9, n. 1, p. 100-132, Jan. 1985.

HAYNES-YOUNG, R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. Landscape ecology and geographical information systems. In: \_\_\_\_\_ . ed. **Landscape ecology and geographic information systems**. London, UK: Taylor & Francis, 1993. p. 3-8.

HOMMA, A.K.O. **Estimativa da área ocupada com pastagens cultivadas na Amazônia**. (Embrapa Amazônia Oriental, Belém, mai. 2002). Comunicação pessoal.

\_\_\_\_\_ ; CARVALHO, R.A.; FERREIRA, C.A.P. *et al.* **A destruição de recursos naturais: o caso da castanha-do-pará no Sudeste Paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Jun. 2000. 74 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 32).

\_\_\_\_\_ ; CARVALHO, R.A.; SAMPAIO, S.M.N. *et al.* A instabilidade dos projetos de assentamento como indutora de desmatamentos no Sudeste Paraense. [CD-ROM]. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica (ECO-ECO), 4., Belém, 21-24 nov., 2001. **Anais**. Belém: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2001.

\_\_\_\_\_ ; WALKER, R.T.; CARVALHO, R.A. *et al.* Razões de risco e rentabilidade na destruição de recursos florestais: o caso de castanhais em lotes de colonos no Sul do Pará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 27, p. 515-535, 1996.

\_\_\_\_\_ ; WALKER, R.T.; SCATENA, F.N. *et al.* Redução dos desmatamentos na Amazônia: política agrícola ou ambiental ? In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 33., Curitiba, 1995. **Anais**. Brasília: SOBER, 1995. v. 2, p. 1075-1096.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-SOCIAL DO PARÁ (IDESP). **Modelo militar: desmatar para desenvolver. Pará Agrário**. Ocupação do solo e subsolo: castanhais. Belém: IDESP, 1992a. p. 35-47. (Edição especial).

\_\_\_\_\_ . Por trás do desmatamento, a política de ocupação. **Pará Agrário**. Ocupação do solo e subsolo: castanhais. Belém: IDESP, 1992b. p. 3-8. (Edição especial).

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA *et al.* (INCRA *et al.*). **Plano de desenvolvimento sustentável do assentamento: Projeto de Assentamento Lago Azul.** Nova Ipixuna, PA: INCRA/ FETAGRI/ CORRENTÃO/ ALSD, jun. 2001. 114 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite 2000-2001.** Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: jun. 2002.

\_\_\_\_\_; DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS (INPE/ DPI). **Spring:** Sistema de processamento de informações georreferenciadas. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em: jan. 2002.

JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986. 379 p.

KAI, L.; MULLER, J.-P. Segmentation satellite imagery: a region growing scheme. In: Symposium on International Geoscience and Remote Sensing, Helsinki, Finland, 1991. **Proceedings.** Institute of Electrical and Eletronics Engineering, 1991. v. 2, p. 1075-1078.

KAUTH, R.J.; THOMAS, G.S. The tasseled-cap: a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In: Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. **Proceedings.** 2., 1976, West Lafayette, IN: Purdue University, West Lafayette, IN, p. 4B41-4B51, 1976.

LACHOWSKY, H.; MAUS, P.; PLATT, B. Integrating remote sensing with GIS. **Journal of Forestry**, v. 90, n. 12, p. 16-21, Dec. 1992.

LAGRO, J. Assessing patch shape in landscape mosaics. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, n. 3, p. 258-293, 1991.

MACHADO, L.O. A fronteira agrícola na Amazônia brasileira. In: CHRISTOFOLETTI, A.; BECKER, B.K.; DAVIDOVICH, F.R. *et al.* org. **Geografia e meio ambiente no Brasil.** São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec, 1995. p. 181-217.

\_\_\_\_\_. Urbanização e migração na Amazônia Legal: sugestão para uma abordagem geopolítica. In: BECKER, B.K.; MIRANDA, M.; MACHADO, L.O. org. **Fronteira amazônica: questão sobre a gestão do território.** Brasília - Rio de Janeiro: UnB - UFRJ, 1990. p. 107-113.

MAIS DO QUE sem terra, sem chance. **Veja**, n. 1667, p.48-49, set. 2000.

MANSILLA BACA, J.F. **Dinâmica da paisagem:** métodos analíticos, modelos de classificação e simulação prognóstica, sob a ótica geoecológica. Rio de Janeiro. 184 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. **Landsat MSS e TM pos-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Landsat User Notes, Lanham, MD: EOSAT, 1986.

MARTINS, J.S. O poder de decidir no desenvolvimento da Amazônia: conflitos de interesses entre o planejador e a sua vítima. In: \_\_\_\_\_ ed. **A reforma agrária e os limites da democracia na "Nova República"**. São Paulo: Hucitec, 1986. p. 81-91.

MCCRACKEN, S.D.; BRONDIZIO, E.S.; NELSON, D. *et al.* Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 11, p. 1311-1320, Nov. 1999.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Corvallis: Oregon State University, 1994. 67 p.

MENEZES, A.J.E.A. **Análise econômica da "produção invisível" nos estabelecimentos agrícolas familiares no Projeto de Assentamento Agroextrativista Praia Alta e Piranha, município de Nova Ipixuna, Pará**. 130 p. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Pará/ Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

MENEZES, P.M.L. **A interface cartografia-geocologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos**. Rio de Janeiro. 271 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

MERE, L.D.G.; BRAGA, R.E.G. Uso da terra ao redor da UHE Tucuruí-PA: uma análise histórica. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 5., Natal, 11-15 out., 1988. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1988, v. 1, p. 64-77.

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G. *et al.* Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazonia: the case of São Félix do Xingu in south Pará. **Agricultural Economics**, v. 27, p. 269-294.

MINC, C. A captura da Amazônia. In: \_\_\_\_\_ ed. **A reconquista da terra: estatuto da terra, lutas no campo e reforma agrária**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985. p. 33-47. (Série Brasil: os anos de autoritarismo).

MIRANDA, M. Colonização e reforma agrária. In: BECKER, B.K.; MIRANDA, M.; MACHADO, L.O. org. **Fronteira amazônica: questões sobre a gestão do território**. Brasília - Rio de Janeiro: UnB - UFRJ, 1990a. p. 63-74.

\_\_\_\_\_. Colonização oficial na Amazônia: o caso de Altamira. In: BECKER, B.K.; MIRANDA, M.; MACHADO, L.O. org. **Fronteira amazônica: questões sobre a gestão do território**. Brasília - Rio de Janeiro: UnB - UFRJ, 1990b. p. 35-46.

MORAN, E.F. **A ecologia humana das populações da Amazônia**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1990, 367 p.

\_\_\_\_\_ ; BRONDIZIO, E.S. Land-use change after deforestation in Amazonia. In: LIVERMAN, D.; MORAN, E.F.; RINDFUSS, R.R. *et al.* ed. **People and pixels: linking remote sensing and social science**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. p. 94-120.

\_\_\_\_\_ ; BRONDIZIO, E.S.; MAUSEL, P. Secondary succession. **Research & Exploration**, v. 10, n. 4, p. 458-476, 1994.

\_\_\_\_\_ ; BRONDIZIO, E.S.; MAUSEL, P. *et al.* Assinaturas espectrais diferenciando etapas de sucessão secundária no leste amazônico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Curitiba, 10-14 maio, 1993. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1993, v. 2, p. 202-209.

NOVAES, A.G. **Modelos de planejamento urbano, regional e de transportes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

NYERGES, T. Understanding the scope of GIS: its relationship to environmental modeling. In: GOODCHILD, M.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, 1993. p. 75-93. *Apud*. SOARES FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. São Paulo. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

O'NEILL, R.V. Hierarchy theory and global change. In: ROSSWALL, T.; WOODMANSEE, R.G.; RISSER, P.G. ed. **Scales and global change**. Scientific Committee on Problems of the Environment. New York: John Wiley & Sons, 1988. p. 29-45.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; ROBERTS, D.A. Classificação da cobertura da terra na região amazônica através de classificação de regiões em imagens de proporção de componentes. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., Santos, SP, 11-18 setembro, 1998. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1998.

\_\_\_\_\_ ; BATISTA, G.T.; ROBERTS, D.A. Reflectância de coberturas vegetais na Amazônia. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14-19 abril, 1996. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1996.

PEREZ-TREJO, F. Landscape-response units: process-based self-organizing systems. In: HAYNES-YOUNG, R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. ed. **Landscape ecology and geographic information systems**. London, UK: Taylor & Francis, 1993. p. 87-98.

PIENKOWSKI, M.W.; BIGUAL, E.M.; GALBRAITH, C.A. *et al.* A simplified classification of land-type zones to assist the integration of biodiversity objectives in land use policies. **Biology Conservation**, v. 75, p. 11-25, 1996.

PROJETO LUMIAR. **Diagnóstico sócio-econômico e plano de desenvolvimento preliminar do PA São Francisco.** Marabá, PA: Projeto Lumiar, mar. 1999. 25 p. Anexos.

RATTNER, H.; UDRY, O. Colonização na fronteira amazônica: expansão e conflitos. São Paulo: Universidade de São Paulo - Departamento de Economia, 1987. (Série Relatórios de Pesquisa, 38). *Apud.* MACHADO, L.O. A fronteira agrícola na Amazônia brasileira. In: CHRISTOFOLETTI, A.; BECKER, B.K.; DAVIDOVICH, F.R. *et al.* org. **Geografia e meio ambiente no Brasil.** São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec, 1995. p. 181-217.

REYNAL, V. **Agricultures en front pionner amazonien, région de Marabá (Pará, Brésil).** Paris. 404 p. (Tese de Doutorado) - Institut National Agronomique Paris-Grignon, 1999.

RICHARDS, J.A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction.** 3. ed. Berlin: Springer, 1998. 363 p.

ROBINOVE, C.J. Computation with physical values from Landsat data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 48, n. 5, p. 781-784, May 1982.

ROBERTS, D.A.; BATISTA, G.T.; PEREIRA, J.L.P. *et al.* Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: applications in Eastern Amazonia. In: ELVIDGE, C.D.; LUNETTA, R.E. ed. **Remote sensing change detection: environmental monitoring application and methods**, 1998. Ann Arbor Press: New York, Cap. 9, p. 137-161.

SAMPAIO, S.M.N.; WATRIN, O.S.; VENTURIERI, A. **Dinâmica na cobertura vegetal e uso da terra do "Polígono dos Castanhais" no Sudeste Paraense.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Mai. 2000. 38 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 31).

SADER, S.A.; STONE, T.A.; JOYCE, A.T. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 56, p. 1343-1351, Oct. 1990.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Programa estadual de microbacias hidrográficas.** São Paulo. Folder de divulgação, Governo do Estado de São Paulo. 1992.

SHIMABUKURO, Y.E.; BATISTA, G.T.; MELLO, E.M.K. *et al.* Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon Region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 535-541, 1998a.



\_\_\_\_\_ ; NOVO, E.M.L.M.; PONZONI, F.J. Índice de vegetação e modelo de mistura espectral no monitoramento do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1729-1737, 1998b.

\_\_\_\_\_ ; SMITH, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, B.N.R. **Descrição da geologia, geomorfologia e solos do PA Agroextrativista Praialta e Piranha**. (Embrapa Amazônia Oriental, Belém, jan. 2003). Comunicação pessoal.

\_\_\_\_\_ ; CARVALHO, J.S. Os solos da Amazônia Oriental. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa. **Pesquisa sobre a utilização e a conservação do solo da Amazônia Oriental: relatório final do convênio EMBRAPA-CPATU/ GTZ**. Belém: EMBRAPA-CPATU/ GTZ, 1986. p. 15-42. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 40).

\_\_\_\_\_ ; TEIXEIRA SILVA, L.G.; SAMPAIO, S.M.N. **Caracterização biofísica, solos e aptidão agrícola das terras em áreas de projeto de assentamento oficial: PA São Francisco**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 39 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 136).

SKLAR, F.H.; COSTANZA, R. The development of dynamic spatial models for landscape ecology: a review and prognosis. In: TURNER, G.M.; GARDNER, R.H. ed. **Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity**. New York: Spriger Verlag, 1991. p. 239-288.

SKOLE, D.; CHOMENTOWSKY, W.H.; SALAS, W.A. *et al.* Physical and human dimensions of deforestation in Amazonia. **BioScience**, v. 44, n. 5, p. 314-322, 1994.

\_\_\_\_\_ ; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v. 260, p. 1905-1910, Jun. 1993.

SOARES FILHO, B.S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. São Paulo. 299 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.

STEYAERT, L.T.A. Perspective on the state of environmental simulation modeling. In: GOODCHILD, M.; PARKS, B.O.; STEYAERT, L.T.A. ed. **Environmental modeling with GIS**. New York: Oxford University Press, 1993. p. 16-29.

STONE, T.A.; LEFEBVRE, P. Using multi-temporal satellite data to evaluate selective logging in Pará, Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 13, p. 2517-2526, 1998.

STOW, D.A. The role of geographic information systems for landscape ecological studies. In: HAYNES-YOUNG, R.; GREEN, D.R.; COUSINS, S. ed. **Landscape**

ecology and geographic information systems. London, UK, Taylor & Francis, 1993. p. 11-21.

TEIXEIRA SILVA, L.G.; MARTINS, P.F.S.; VILAR, R.R.L. *et al.* Implicações e perspectivas de assentamentos rurais do sudeste paraense vinculados ao sistema de produção. [CD-ROM]. In: Encontro da Sociedade Brasileira de Sistemas de Produção, 4., Belém, 2001. *Anais*. Belém: SBSP, 2001.

\_\_\_\_\_; SILVA, B.N.R.; SAMPAIO, S.M.N. Solos e aptidão das terras da área do PA Lago Azul no município de Nova Ipixuna, sudeste do Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 150).

THALES, M.C. **Imagem fração sombra na caracterização e mapeamento de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) em áreas de floresta.** São José dos Campos, SP. 140 p. (INPE-8382-TDI/720). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

TURNER, M.G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Revision of Ecological System*, v. 20, p. 171-197, 1989.

VALVERDE, O. Gênese e evolução do problema agrário brasileiro. In: Valverde, O. ed. *Estudos de geografia agrária brasileira*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1985. p. 231-260.

VEIGA, J.B.; ALVES, A.M.N.; POCCARD-CHAPUIS, R. *et al.* **Cattle ranching, land use and deforestation in Brasil, Peru and Ecuador.** Projeto IAI - NSF. Relatório de Pesquisa - Equipe Amazônia Oriental. jan. 2001. 149 p.

\_\_\_\_\_; HEBETTE, J. Produção sustentada da agropecuária integrada. In: *Simpósio Internacional sobre Meio Ambiente, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia*, 1., Belém, 1992. *Anais*. Belém: PRODEPA, 1992, p. 280-284.

\_\_\_\_\_; TOURRAND, J.F.; QUANZ, D. **A pecuária na fronteira agrícola da Amazônia: o caso do município de Uruará, PA, na região da Transamazônica.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1996. 61 p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 87).

VELOSO, H.P.; JAPIASSU, A.M.S.; GOES FILHO, L. *et al.* As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos: estudo fitogeográfico da área abrangida pelas folhas SB.22 Araguaia e SC.22 Tocantins. In: Projeto Radambrasil. **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1974. v. 4, cap. 4, p.1-119. (Projeto RADAM. Levantamento de Recursos Naturais, 4).

\_\_\_\_\_; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991, 124 p.

WALKER, R.T.; HOMMA, A.K.O.; SCATENA, F.N. *et al.* A evolução da cobertura do solo nas áreas de pequenos produtores na Transamazônica. In: HOMMA, A.K.O. ed. **Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI; Belém: Embrapa CPATU, 1998. p. 321-343.

WATRIN, O.S.; SAMPAIO, S.M.N.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal em áreas do município de Tomé-Açu, nordeste paraense. **Geografia**, v. 25, n. 1, p. 37-53, abr. 2000.

\_\_\_\_\_ ; SANTOS, J.R.; VALÉRIO FILHO, M. Análise da dinâmica na paisagem do nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14-19 abr., 1996. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1996.

\_\_\_\_\_ ; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S.M.N. Análise multitemporal do uso da terra e suas interrelações com a cobertura vegetal em comunidades rurais do nordeste paraense. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., Santos, SP, 11-18 set., 1998. **Anais**. São Paulo: Imagem Multimídia, 1998.

WOOD, C.H.; SKOLE, D. Linking satellite, census, and survey data to study deforestation in the Brazilian Amazon. In: LIVERMAN, D.; MORAN, E.F.; RINDFUSS, R.R. *et al.* ed. **People and pixels: linking remote sensing and social science**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998. p. 70-93.

**ANEXOS**

---

## Anexo 1 - Questionário de levantamento socioeconômico.

## I. IDENTIFICAÇÃO

- 1) Data \_\_\_\_\_
- 2) Projeto de Assentamento \_\_\_\_\_
- 3) Ponto de Localização (GPS) \_\_\_\_\_
- 4) Nome do Entrevistado \_\_\_\_\_
- 5) Local de Origem \_\_\_\_\_

## II - SITUAÇÃO FUNDIÁRIA DO LOTE

- 1) Qual o ano de chegada ? \_\_\_\_\_
- 2) Qual o tamanho do lote ? \_\_\_\_\_
- 3) Quantos lotes possui ? \_\_\_\_\_
- 4) Está demarcado ? Sim ( ) Não ( )
- 5) Vendeu lote depois da chegada ? Sim ( ) Não ( )
- 6) Comprou outro lote depois da chegada ? Sim ( ) Não ( )
- 7) Que documento da terra possui :
- titulado ( )                  posse ( )                  posseiro ( )                  meeiro ( )
- arrendatário ( )                  herdeiro ( )                  outros ( )

## III – COBERTURA VEGETAL

Formações	Área na Chegada (ha ou %)	Lotes Adquiridos	Lotes Vendidos	Área em 2001 (ha ou %)
Mata de Terra Firme				
Mata de Várzea e Igapó				
Capoeira Alta (> 10 anos)				
Capoeira Baixa (≤ 10 anos)				
Juquira (roça abandonada)				

## IV - USO ATUAL DA TERRA

<b>Categoria</b>	<b>Tipo</b>	<b>Área em 2001 (ha ou %)</b>
Culturas Anuais	arroz	
	feijão	
	milho	
	mandioca	
	outra	
Culturas Perenes e Semi	banana	
	cupuaçu	
	outra	
	outra	
Pastagem	pasto limpo	
	pasto sujo	

## V - CALENDÁRIO AGRÍCOLA

<b>Cultura</b>	<b>Broca</b>	<b>Derruba</b>	<b>Queima/ Coivara</b>	<b>Plantio</b>	<b>Tratos Culturais</b>	<b>Colheita</b>	<b>Beneficia- mento</b>
Arroz							
Feijão							
Milho							
Mandioca							
Banana							
Cupuaçu							
Outra							
Pastagem							

## VI - DINÂMICA DO USO DA TERRA

1) Qual o objetivo principal para a derrubada de mata no lote ?

formar roçado ( ) obter renda imediata ( ) formar pasto ( ) não possui ( )

2) As áreas de mata no lote são utilizadas ou mantidas como:

reserva extrativista ( ) intuito preservacionista ( ) outro ( )

- 3) As áreas de capoeira alta são destinadas principalmente para:  
 regeneração ( ) incorporação de roça ( ) incorporação de pasto ( ) não possui ( )
- 4) Qual o destino dado para as áreas que já foram utilizadas para roçado ?  
 formar capoeira ( ) implantar cultura perene ( ) implantar pasto ( )
- 5) No caso de serem destinadas à formação de capoeira, tais áreas são reutilizadas para formar um novo roçado ? Sim ( ) Não ( )
- 6) Após o roçado estas áreas são destinadas preferencialmente para:  
 implantar cultura perene ( ) implantar pasto ( ) formar capoeira ( )
- 7) Quantos anos em média deixa a terra antes de derrubar a capoeira de novo (fase de pousio) ? \_\_\_\_\_
- 8) Utiliza fogo em sua propriedade:  
 anualmente ( ) a cada dois anos ( ) mais de dois anos ( ) não usa ( )
- 9) Já entrou fogo acidental na sua propriedade ? Sim ( ) Não ( )
- 10) Pretende permanecer no lote ? Sim ( ) Não ( )
- 11) Se permanecer no lote quais são os planos futuros para o uso da terra :  
 abrir mata ( ) extrair madeira ( ) abrir capoeira alta ( ) abrir capoeira baixa ( )  
 aumentar anuais ( ) reduzir anuais ( ) aumentar perenes ( ) reduzir perenes ( )  
 aumentar pasto ( ) reduzir pasto ( )
- 12) Pretende desmatar toda a área ? Sim ( ) Não ( )

## VII - ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS/ INSUMOS

- 1) Tipo de preparo de área :  
 manual ( ) mecanizado ( ) misto ( )
- 2) Origem da mão-de-obra :  
 familiar ( ) assalariada temporariamente ( ) vende ou cede mão-de-obra ( )
- 3) Aplicação de insumos e medicamentos nas culturas e criações :  
 herbicida ( ) vacina/antibiótico ( ) sal mineral ( ) adubo químico ( )  
 adubo orgânico ( ) inseticida ( ) fungicida ( )

## VIII - PRODUTOS EXTRATIVOS

- 1) Qual a importância dos produtos extrativos para a renda total obtida na propriedade ?  
 nenhuma ( ) baixa ( ) média ( ) alta ( )

Produto	Finalidade		Quantidade
	Consumo	Venda	
Castanha-do-pará			
Cupuaçu			
Açaí (frutos)			
Palmito			
Lenha			
Carvão vegetal			
Madeira em tora			
Madeira p/ construção			
Palha			
Cipó			
Copaíba			
Andiroba			
Caça			

#### IX - EXPLORAÇÃO MADEIREIRA

- 1) Existiu exploração madeira no lote? Sim ( ) Não ( )
- 2) Se sim, em que ano? \_\_\_\_\_ ( ) Não sabe/ Não houve
- 3) Ainda ocorre exploração de madeira no lote? Sim ( ) Não ( )
- 4) Quais as vantagens que a exploração de madeira trouxe para a sua família ?  
 Custeio derrubada p/ roçado ( ) Abertura de estrada ou melhoria do ramal ( )  
 Venda p/sobrevivência ( ) Troca por madeira serrada ( ) Não sabe ( )
- 5) Ainda tem madeira de valor comercial no lote ? Sim ( ) Não ( )
- 6) É produzido no lote carvão vegetal ? Sim ( ) Não ( )

#### X - PRODUÇÃO ANIMAL

Criações	Nº de Cabeças/Bicos
Bovinos	
Porcos	
Cabras	
Ovelhas	
Cavalos	
Burros	
Jumentos	
Galinhas	
Patos	
Perus	



Anexo 2 - Produção animal no ano de 2002 para os produtores dos Projetos de Assentamentos Agroextrativista Praialta e Piranheira, Lago Azul e São Francisco, Sudeste Paraense.

Criações	Produtores		Número de Animais		
	Número Absoluto	Número Relativo (%)	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo
<b>Projeto de Assentamento Agroextrativista Praialta e Piranheira</b>					
Bovinos	32	72,73	15,84	22,07	120
Aves <sup>1</sup>	41	93,18	33,98	27,69	100
Suínos	17	38,64	2,48	4,97	20
Animais de carga <sup>2</sup>	32	72,73	2,30	2,33	9
Caprinos/Ovinos	1	2,27	0,05	0,30	2
<b>Projeto de Assentamento Lago Azul</b>					
Bovinos	15	88,24	21,76	18,82	80
Aves	12	70,59	16,65	14,55	53
Suínos	6	35,29	1,47	2,60	8
Animais de carga	13	76,47	3,00	2,81	9
Caprinos/Ovinos	-	-	-	-	-
<b>Projeto de Assentamento São Francisco</b>					
Bovinos	29	82,86	40,54	43,81	170
Aves	33	94,29	35,63	28,95	120
Suínos	14	40,00	3,06	5,37	22
Animais de carga	26	74,29	1,69	1,18	4
Caprinos/Ovinos	2	5,71	0,17	0,75	4

<sup>1</sup> Inclui galinhas, patos e perus.

<sup>2</sup> Inclui cavalos, burros e jumentos.