



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas

Magno Roberto Alves Macedo

**Uso de geotecnologias na identificação e mapeamento dos
atores do desmatamento na frente pioneira de São Félix do
Xingu – PA**

**Belém
2009**

Magno Roberto Alves Macedo

Uso de geotecnologias na identificação e mapeamento dos atores do desmatamento na frente pioneira de São Félix do Xingu – PA

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável. Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental.

Área de concentração: Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável

Orientador Profa. Dra Laura Angélica Ferreira

**Belém
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) –
Biblioteca Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural / UFPA, Belém-PA**

Macedo, Magno Roberto Alves

Uso de geotecnologias na identificação e mapeamento dos atores do desmatamento na frente pioneira de São Félix do Xingu – PA / Magno Roberto Alves Macedo; orientadora, Laura Angélica Ferreira – 2009.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Belém, 2009.

1. Agricultura familiar – São Félix do Xingu (PA). 2. Desmatamento - São Félix do Xingu (PA) – Sensoriamento remoto. 3. Sensoriamento remoto – São Félix do Xingu (PA). I Título.

CDD – 22.ed. 338.1098115

Magno Roberto Alves Macedo

Uso de geotecnologias na identificação e mapeamento dos atores do desmatamento na frente pioneira de São Félix do Xingu – PA

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável. Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental.
Área de concentração: Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável
Orientador Profa. Dra Laura Angélica Ferreira

Data da Aprovação. Belém – PA: ____/____/____

Banca Examinadora

Laura Angélica Ferreira – D.Sc. (Orientador)
Universidade Federal do Pará.

René Pocard-Chapius – D.Sc.
Centre de Coopération Internationale en Recherche
Agronomique pour le Développement - CIRAD

Peter Mann de Toledo – D.Sc.
Instituto de Desenvolvimento Econômico Social e
Ambiental do Pará – IDESP.

Paulo Fernando da Silva Martins - D.Sc. (Suplente)
Universidade Federal do Pará

Dedicado à minha família.

Gisele Gillet Brandão Macedo

Heitor Gillet Brandão Macedo

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde e sapiência a mim concedida.

À minha esposa Gisele pela estrutura, apoio e amor a mim dedicado.

À Coordenação do Curso nas pessoas do Prof. Gutemberg Guerra e da Prof. Maria das Graças Pires Sablayrolles pela oportunidade e pela compreensão.

À professora Laura Ferreira, por ter aceitado o desafio de me orientar neste trabalho, pelos seus conselhos, advertências, e pela transmissão de conhecimento que foi determinante neste percurso, e lógico, pela paciência que teve comigo.

A dois admiráveis profissionais que me aproximei neste trabalho René Pocard-Chapuis e Marcelo Thales, pelas geniais observações e sugestões.

À Dra Ima Vieira, fundamental no início desta jornada quando me aceitou no Projeto GEOMA.

Ao Presidente do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará – IDESP, Dr. Peter Mann de Toledo, por apoiar a execução da dissertação flexibilizando o horário de trabalho.

Da mesma forma, ao Diretor deste mesmo Instituto Tarcísio Ribeiro

Aos companheiros do Núcleo de Cartografia e Georreferenciamento do IDESP, por segurar as pontas em minhas ausências.

Às pesquisadoras do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dra. Isabel Escada, e Dra. Ana Paula Aguiar, por sempre me atenderem quando solicitadas.

A pesquisadora Arlete Almeida do Museu Paraense Emilio Goeldi, pelas dicas e palavras de incentivo.

Ao meu cunhado Amintas Jr. por sempre ter me auxiliado principalmente nas questões envolvendo o sensoriamento remoto.

Ao Paulo Pimenta e Renato Braga do Núcleo de Banco de Dados do IDESP, pela ajuda com os códigos de programação.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

“Na Amazônia, não podemos nos preocupar com o problema da natureza sem pensar no problema da pobreza”

Nelson Araújo.

RESUMO

As frentes pioneiras na Amazônia brasileira são as principais responsáveis pela alteração da paisagem regional, e caracterizam-se pelo avanço sobre a floresta em grande velocidade e proporção. Como consequência deste avanço, há a construção de novos territórios precários em infraestrutura, com altas taxas de desmatamento; com problemas sociais oriundos da falta de planejamento territorial destas áreas. Este trabalho visa à identificação e monitoramento do comportamento dos atores envolvidos no desmatamento da frente pioneira em São Félix do Xingu/PA, no período de 2001 a 2008, através da interação entre as formas identificáveis em imagens de sensoriamento remoto e dados sociais, econômicos, produtivos, provenientes de estudos executados na região. Os resultados mostram que o método apresentado tem sua eficiência diferenciada, tendo respostas satisfatórias nas frentes mais avançadas da fronteira (“frente da frente” e “meio da frente”), e eficiência diminuída nas áreas de ocupação mais consolidada da frente (“traseira da frente”). Entretanto as respostas obtidas possibilitam acompanhar a velocidade das mudanças ocorridas na frente pioneira, corroborando com a elaboração de diagnósticos rápidos destas regiões e sua utilização no planejamento de políticas públicas.

Palavras chaves: Desmatamento. Frente pioneira. Planejamento territorial. Sensoriamento remoto. Atores envolvidos.

ABSTRACT

The fronts in the Brazilian Amazon are mainly responsible for altering the regional landscape, and are characterized by the advance of the forest at breakneck speed and proportion. As a result of this advance, there is the construction of new infrastructure in poor areas with high rates of deforestation, with social problems arising from lack of territorial planning of these areas. This work aims at identifying and monitoring the behavior of actors involved in the deforestation of the pioneer front in Sao Felix do Xingu / PA, in the period 2001 to 2008, through the interaction between the forms identified in remote sensing image data and social, economic, productive, from studies done in the region. The results show that the method presented has differentiated its efficiency, and satisfactory answers in the most advanced front of the border ("front face" and "middle front), and decreased efficiency in the areas of higher occupation of the front (rear front). However the responses from responding quickly to possible changes in the pioneer front, supporting the development of rapid diagnostics of these regions and their use in public policy planning.

Key words: Deforestation. Front pioneer. Remote Sensing. Land management, actors involved.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA: DESENHANDO O ESPAÇO	17
2.1	ESTADO DO PARÁ NO PROCESSO DE COLONIZAÇÃO DA AMAZÔNIA E A FRENTE PIONEIRA DE SÃO FÉLIX DO XINGU.....	21
2.1.1	O Estado do Pará.....	21
2.1.2	A frente pioneira de São Félix do Xingu	23
3	GEOTECNOLOGIAS E ESTUDOS DA PAISAGEM.....	27
4	PERGUNTA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS	32
4.1	PERGUNTAS DE PESQUISA	32
4.2	HIPÓTESES	32
4.3	OBJETIVOS.....	32
5	METODOLOGIA.....	33
5.1	REVISÃO DE CONCEITOS.....	33
5.1.1	Região.....	33
5.1.2	Cobertura e uso da terra	34
5.1.3	Sensoriamento Remoto.....	34
5.1.4	Sistemas de Informações Geográficas e Geotecnologias	36
5.1.5	Métricas de Paisagens	38
5.1.6	Espaços celulares.....	38
5.2	A ÁREA DE ESTUDO.....	39
5.2.1	Aspectos físicos	40
5.2.2	Configuração da ocupação da terra em São Félix do Xingu.....	42
5.3	INFORMAÇÕES ESPACIAIS E PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS	44
5.3.1	Dados cartográficos, imagens de satélite e dados do desflorestamento..	44

5.3.2	Programas utilizados.....	46
5.3.3	Informações de campo	46
5.4	MÉTODO	47
5.4.1	Escolha das bandas espectrais nas imagens Landsat sensor TM 5.....	47
5.4.2	Pré - Processamento das imagens.....	48
5.4.3	Obtenção dos polígonos de desmatamento.....	49
5.4.4	Construção das células de ocupação	53
5.4.5	Definição das classes de atores do desmatamento	54
5.4.6	Definição das métricas da paisagem	55
5.4.7	Classificação dos polígonos de desmatamento	56
5.4.8	Preenchimento das células de ocupação	57
5.4.9	Geração de mapas temáticos	58
5.4.10	Validação dos resultados através de métricas	60
	Figura 11: Fluxograma contendo a metodologia utilizada	63
6	RESULTADOS	64
6.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COBERTURA FLORESTAL NA ÁREA DE ESTUDO.	64
6.2	AVANÇO SOBRE A ÁREA DE FLORESTA	65
6.3	RELAÇÃO ÁREA DESMATADA E TIPO DE ATOR DO DESMATAMENTO....	68
6.4	COMPORTAMENTO DOS ATORES POR CÉLULAS DE OCUPAÇÃO	70
6.4.1	Maior presença de ator em uma célula	70
6.4.2	Percentual de área desmatada na célula	73
6.5	MAPAS TEMÁTICOS POR INTERPOLAÇÃO.....	76
6.5.1	A situação da cobertura florestal	77
6.5.2	O Pequeno	80
6.5.3	O Médio.....	82
6.5.4	O Grande	84

6.5.5 O Muito Grande	86
6.6 VALIDAÇÃO DE CLASSES UTILIZANDO MÉTRICAS DE PAISAGEM.....	88
7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	90
7.1 A DIREÇÃO DOS DESMATAMENTOS.....	90
7.2 ATORES ENVOLVIDOS NO DESMATAMENTO	93
7.3 DUAS FORMAS DE IDENTIFICAR E ANALISAR OS ATORES DO DESMATAMENTO.....	94
7.3.1 Número de desmatamentos detectados	94
7.3.2 Porcentagem de área desmatada	97
7.4 QUEM DESMATOU E QUEM DESMATA NA REGIÃO?.....	100
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
8.1 A INTERAÇÃO ENTRE GEOTECNOLOGIAS E AS INFORMAÇÕES DE CAMPO.....	101
8.2 SOBRE A METODOLOGIA	102
8.3 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA.....	102
8.4 IMPLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS.....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

1 INTRODUÇÃO

Devido a sua imensa, e desconhecida riqueza natural o desmatamento da maior área de floresta tropical do mundo tem sido foco de inúmeras discussões nos diversos níveis de produção da informação. Olhares Governamentais, não-governamentais, jornalísticos, entretenimento, e principalmente a comunidade científica, têm destinado suas atenções às taxas de desmatamento na região amazônica nos últimos anos, onde as estimativas divulgadas, sejam elas de diferentes metodologias ou não, indicam que a Amazônia perdeu próximo de 17% de sua cobertura florestal, principalmente nos últimos 50 anos (INPE, 2008).

Neste escopo, inúmeras são as literaturas que tratam sobre a importância da região¹ amazônica, discutindo sobre seus problemas, e as respectivas soluções encontradas, assim como sobre suas potencialidades (BECKER, 1990, 1997; HOMMA, 2005). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008), as quantificações do desmatamento utilizando imagens de satélite na Amazônia, mostram oscilações no ritmo do avanço sobre a floresta nos últimos anos. Observando as taxas da região em diferentes períodos, registradas pelo Programa de monitoramento da floresta amazônica por satélite – (PRODES), houve no período de 2000 a 2001 um registro de desmatamento na ordem de 65.000 Km² de floresta primária. Já no intervalo seguinte, 2001 a 2002 a área desmatada ficou na faixa dos 25.000 km², voltando a subir para 31.000 km² entre 2002 e 2003. E a partir de 2004 vem apresentando quedas que variam entre 10 a 25 mil km² desmatados por ano até 2007.

Apesar da redução na remoção da floresta, os números ainda são consideráveis, o que gera risco às pretensões de preservar e melhor aproveitar os recursos amazônicos, com vistas à promoção do desenvolvimento sustentável. Geralmente as áreas relevantes à emissão de novos desmatamentos são concentradas, tendo maiores potencialidades aquelas situadas ao longo das rodovias, e em áreas de frente pioneiras (ESCADA, 2003; ALVES, 2002).

Mesmo se tratando de áreas teoricamente já identificadas, ressalta-se que para se buscar o entendimento dos comportamentos de atores e elementos envolvidos nos processos de desmatamento, é imprescindível estar atento que o

¹ O conceito de região será enfatizado no capítulo 5.

espaço² amazônico apresenta uma vasta heterogeneidade de fenômenos físicos, sociais, culturais e ambientais, que resulta na “existência de vários territórios³ dentro deste”.

A sucessão de ações políticas, as atuações locais de atores, as ocorrências de determinados processos em certos lugares e não em outros, as sinergias que acontecem, ou não acontecem em cada lugar, tudo isso leva a uma diversidade de situações locais, e tudo isso direta ou indiretamente contribui para o difícil entendimento das dinâmicas ocorridas na área da maior floresta tropical do mundo.

Neste sentido, o estudo do desmatamento da Amazônia não pode se restringir à quantificação de taxas, pois a tomada de decisão para a remoção da floresta envolvem uma série de atividades de diferentes grupos humanos, inter-relacionados ou não, que resultam em diferentes produtos, e diferentes conseqüências. Então, somente a quantificação do desmatamento não é satisfatória para se entender as razões, e conhecer os responsáveis pela situação de perda da floresta nativa na Amazônia (CALDAS, 2001).

O cenário amazônico no primeiro decênio dos anos 2000 é resultante de inúmeras causas, destacando-se: i) os processos históricos de ocupação e suas diferentes vertentes; ii) os planos políticos e estratégicos para desenvolvimento da região; iii) o aumento populacional ocorrido com o incentivo à migração de várias categorias de trabalhadores. Suas sucessões e/ou simultaneidades contribuíram para a formação do complexo mosaico de culturas e práticas produtivas que são encontradas na região.

Segundo Caldas (2001), estas ações configuram um território de multi-atores envolvidos nos processos de apropriação e uso da terra, dentre os quais são atribuídos principalmente aos pequenos produtores, aos grandes fazendeiros de gado, às empresas agropecuárias, e aos madeireiros as responsabilidades pela construção da paisagem amazônica.

² Tomamos como base para discussão SANTOS (1985) “...o espaço é sempre a paisagem mais a vida nela existente, ou seja, é sempre o homem quem constrói, modifica e transforma o espaço”

³ Território em Geografia considera-se seu uso, e seria o conjunto indissociável de sistemas naturais, substrato físico e instrumentos materiais impostos pelo homem (SANTOS, 2001).

Atores diferentes significam estratégias de ação diferentes, o que implica em dizer que somente as divulgações de taxas de desmatamento encobrem uma série de fatores sociais, políticos e econômicos relacionados a estas ações, limitando o entendimento das responsabilidades nesta questão caracterizada por sua complexidade. Torna-se então, fundamental, a apreensão dos processos locais, tendo como fator importante as particularidades dos distintos sistemas de produção, e dos inúmeros grupos sociais neles instalados (ALVES, 2001).

Ainda Alves (*op. cit.*), ressalta que o estudo destas relações é importante para a elaboração de modelos de análises mais detalhados, e por conseqüência mais representativa dos contextos locais, o que possibilita a construção de modelos analíticos mais elaborados, podendo subsidiar a construção de políticas públicas.

Contudo, além de se entender os processos, é também importante conhecer os atores responsáveis pela conversão da floresta. Fearnside (2005) afirma que: *“Conhecer os responsáveis pelo desmatamento é vital para qualquer programa que busca sua redução”*. Porém esta não é uma tarefa fácil. Um grande passo para se conseguir tal êxito, é compreender como se comporta espacialmente estes diferentes processos sociais e técnicos em relação aos diferentes tipos de usos do solo que causam o desmatamento.

Neste sentido, este trabalho pretende desenvolver e ajustar uma metodologia de identificação de padrões de uso da terra que acompanham as diferentes formas de desmatamento na Amazônia e associá-los aos possíveis atores envolvidos nesta situação. A metodologia se baseará em ferramentas inseridas no campo das geotecnologias, combinando imagens de satélites, e dados de levantamento de campo coletado por diferentes projetos envolvidos em estudos na região. O interesse neste tipo de ferramenta está diretamente relacionado com o seu amplo alcance, em termos de cobertura de espaço e/ou áreas estudadas, e o apoio que este tipo de leitura pode dar para as tomadas de decisões e entendimento da dinâmica regional.

Para entendermos a dinâmica do desmatamento na Amazônia, é preciso ter em mente os diferentes processos de ocupação da região a fim de identificar os diferentes impactos e possibilidades advindas da ocupação. Este estudo partirá da compreensão do contexto humano-econômico para identificar e mapear os atores acoplados ao desmatamento em uma região do Estado do Pará, qual seja o Município de São Felix do Xingu.

Assim, este trabalho organiza-se em oito tópicos principais. Após a introdução, faremos um resgate do processo de ocupação da Amazônia dando foco aos processos pós década de 60, na busca de entender como foi se configurando o espaço amazônico. A seguir é apresentada a revisão da literatura, enfocando o uso de geotecnologias no estudo da paisagem.

O quarto tópico apresenta a pergunta de pesquisa, a hipótese e os objetivos do trabalho, enquanto o quinto apresenta os Materiais e Métodos utilizados. Neste último, organizamos o conteúdo em quatro partes: i) inicia-se com a revisão dos conceitos utilizados (sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica, estatística espacial); ii) em seguida apresenta-se a área de estudo e suas características físicas, históricas e socioeconômicas e geográficas. Na terceira parte são apresentados os materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa, e encerra-se com a descrição passo a passo do processo de obtenção dos resultados.

O sexto tópico trata dos resultados alcançados, e levanta algumas questões que serão discutidas em seguida, no tópico 7. O oitavo tópico faz o encerramento do trabalho, com considerações sobre a metodologia e sua aplicabilidade para a contribuição ao desenvolvimento de políticas públicas, e sua possibilidade de replicação em outras áreas.

2 OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA: DESENHANDO O ESPAÇO

Até por volta da década de 60 a Amazônia com sua baixa densidade demográfica e pouco desenvolvimento, ficou longe do foco de investidores, pesquisadores e até mesmo dos governantes (VENTURIERI, 2003) deixando à margem, problemas e necessidades, como por exemplo, promover uma melhor integração ao restante do país e a seus grandes centros, assim como permitir acesso a políticas voltadas ao desenvolvimento econômico-social.

Segundo Hall (1991) a implantação do governo militar em 1964 foi o divisor de águas no propósito de desenvolver a região amazônica, pois estes salientavam a importância de se ter eficiência no planejamento regional. Algumas iniciativas públicas já tinham sido ensaiadas anteriormente, na busca de explorar os recursos amazônicos, porém foi com o anúncio em 1966 da chamada “Operação Amazônia” que alterações sensíveis foram identificadas na região.

A partir daí vários foram os componentes dos planos de governo para a modernização da Amazônia. Assim como vários foram os atores envolvidos: pequenos e grandes agricultores; indústrias agropecuárias; pecuaristas vindos principalmente do sul e centro oeste; que incentivados pelas ações do governo digiram-se de várias partes do país para a Amazônia, tornado-a a nova fronteira agrícola, e para alguns, um “El dorado”, onde investiriam o seu futuro.

Os planos do Estado para colonização da Amazônia proporcionaram tão grande mobilização de migrantes para a região, que segundo Hall (1991), o governo não teve como atender a todos.

No início destes planos, a fim de atrair colonos para região vindos não só do Nordeste, mas também do Sul do país, o governo brasileiro disponibilizou aviões fretados, além de aeronaves da Força Aérea Brasileira para levar os migrantes para os primeiros projetos de colonização que ficavam em Altamira, Itaituba e Marabá, todos no Estado do Pará (HALL, 1991).

Porém, o governo não esperava que a forte mobilização feita para chamar novos habitantes para Amazônia, fosse dar um resultado tão rápido. A campanha para acabar com a imagem da Amazônia como território hostil e transformá-la em uma terra cheia de oportunidades, fez com que um grande contingente de trabalhadores também chegasse à região por conta própria, trazendo de ônibus ou caminhão sua bagagem cheia de esperança na nova investida do governo.

Já na década de 80 até o seu final, a investida do governo focou-se nos grandes projetos de desenvolvimento, como o Projeto Grande Carajás e o Projeto Calha Norte, devido o Estado ter considerado frustrante as investidas em projetos agropecuários e de colonização.

Segundo Becker (1997) pelo final da década de 80, os principais tipos de uso da terra eram: a pequena produção agrícola, pecuária extensiva, indústrias madeireiras; e indústrias de mineração. E é neste período também que chega ao fim as grandes intervenções do Estado na economia do território, e o processo do nacional desenvolvimentismo, como ficou conhecido para alguns.

Na década de 90 a ocupação da Amazônia passa a ser regida por outra lógica, a de mercado, onde uma agricultura mais capitalizada começa a se voltar para a produção de grãos, surgindo assim plantações de soja acompanhadas por grandes plantações de arroz e milho (BECKER, 2000 apud AGUIAR, 2006).

Por meados desta década, a intervenção do governo reaparece com significância, quando, visando diminuir o desequilíbrio regional, é legitimado o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO). Esta linha de crédito assegurou uma nova fonte de recursos estáveis para a região, a médio e longo prazos, com vistas a subsidiar, monetariamente, atividades do setor produtivo agropecuário.

Esta liberação de crédito contribui consideravelmente para a aceleração de diferentes formas de apropriação e uso da terra na Amazônia. Dentre as quais se dá destaque para :i) implantação de grande quantidade de pastagens para criação de gado;ii) as grandes monoculturas mecanizadas; iii) a extração seletiva de madeira. O diferencial desta época era que agora estas atividades também eram realizadas por investidores de menor porte (HIGUCHI, 2000).

Nesta mesma época, o governo lança uma nova estratégia. O plano era a criação de corredores multimodais de exportação, e também dar incentivo a iniciativas voltadas ao desenvolvimento da população local baseados em seus conhecimentos e estratégias de preservação da floresta. Estas novas idéias se fortaleceram com a implantação, em 1995, do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG7), que teve sua primeira fase executada até o ano de 2002.

Este programa foi elaborado para desenvolver ações inovadoras, com o propósito de maximização dos benefícios ambientais. O amplo escopo do PPG7 era intencional, pois seu objetivo foi permear as múltiplas dimensões do

desenvolvimento amazônico. Neste sentido, foram desenvolvidas, em sua primeira fase, nove linhas principais de atuação com os seguintes enfoques: 1) SPRN⁴ – políticas de descentralização e gestão ambiental integrada em parceria com órgãos estaduais de meio ambiente; 2) PD/A⁵ – iniciativas de produção sustentável, desenvolvidas por comunidades rurais e entidades de assessoria técnica; 3) PROTEGER⁶ – iniciativas comunitárias de controle de incêndios florestais; 4) PPTAL⁷ – demarcação de terras indígenas; 5) RESEX⁸ – implantação de reservas extrativistas; 6) PROMANEJO⁹ – manejo e proteção de recursos florestais; 7) PROVÁRZEA¹⁰ - manejo e proteção de recursos da várzea; 8) SPC&T¹¹ – produção de conhecimento científico e tecnológico; e 9) Negócios Sustentáveis - iniciativas para uma maior interação com o setor privado.

Essas iniciativas de caráter eminentemente sustentável implementadas na Amazônia contribuíram para que alguns resultados positivos fossem alcançados. Dentre estes, cabe destacar: i) o desenvolvimento de metodologias inovadoras de monitoramento, licenciamento e controle de desmatamento e queimadas (ex: Mato Grosso e Roraima); ii) a maior participação das prefeituras municipais no processo de gestão ambiental (ex: Amapá e Pará); iii) o aumento das iniciativas inovadoras de zoneamento ecológico-econômico (ZEE), sendo o Acre um excelente exemplo; iv) a demarcação e regularização de 149 terras indígenas, com 29 milhões de hectares homologados por decretos presidenciais; v) a criação de reservas extrativistas com uma superfície total de 2,1 milhões de hectares; vi) a implementação de 190 PD/As; vii) o treinamento em prevenção de incêndios de mais de 12.000 pessoas, no âmbito do PROTEGER, especificamente em 322 municípios, em parceria com organizações da sociedade civil; viii) a melhoria da infra-estrutura e da qualificação dos recursos humanos de dois centros de excelência da região – INPA e o Museu Goeldi; ix) a implementação de 53 projetos de pesquisa básica e aplicada; x) e a elaboração das agendas positivas, sob o apoio do SPRN, com a finalidade da construção de

⁴ SPRN- Subprograma de Políticas de recursos Naturais

⁵ PD/A- Projetos Demonstrativos Tipo A

⁶ PROTEGER- Projeto de Mobilização e Capacitação em Prevenção de Incêndios Florestais Na Amazônia.

⁷ PPTAL- Projeto de Proteção às Populações e Terras Indígenas.

⁸ RESEX- Projeto Reservas Extrativistas.

⁹ PROMANEJO- Programa de Apoio ao Manejo Florestal.

¹⁰ PROVÁRZEA- Projeto de Manejo dos Recursos Naturais da Várzea.

¹¹ SPC&T- Subprograma de Ciência e Tecnologia.

consenso entre as esferas do governo, da sociedade civil e da iniciativa privada em prol da sustentabilidade da região amazônica (BRASIL, 2002).

O reflexo do modelo de ocupação adotado pelo governo contribui diretamente para a composição populacional vivendo hoje na Amazônia, a qual passou de essencialmente rural com ribeirinho, indígenas, etc., a uma população urbanizada. Dados estatísticos informam que nos dias atuais, quase 61% dos próximos de 20 milhões de habitantes da Amazônia estão vivendo em núcleos urbanos (BECKER, 2005).

A sociedade regional abrange agora caboclos, índios, pequenos produtores, extrativistas, incrementados por um maior número trabalhadores urbanos, grandes e pequenos produtores rurais, empresários tradicionais e modernos, num mosaico complexo e conflituoso (AGUIAR, 2006).

Muitos destes atores migraram para a região nas últimas décadas, de forma espontânea ou incentivados por projetos de assentamento, no caso dos pequenos agricultores; outros incentivados pelos grandes projetos e recursos fornecidos pelo governo para a engorda de bovinos, como no caso dos grandes pecuaristas; grandes latifundiários que aproveitaram a facilidade de aquisição da terra na Amazônia para torná-la reserva de valor, e mais recentemente, os grandes produtores de grãos, principalmente soja, impulsionados pela nova lógica do mercado. Todos estes e suas distintas decisões sobre o uso da terra ajudam a compor a diversidade econômica e social da região (HALL, 1991; AGUIAR, 2006).

Uma representação desta diversidade complexa está localizada no Estado do Pará na sua região Sudeste: o município de São Félix do Xingu. Este município se destaca não só pela presença de uma grande concentração de riquezas em seu subsolo, mas também por apresentar o maior rebanho bovino do Estado. Ultimamente esta área recebe destaque pelo seu desmatamento acelerado, pois é o município que mais removeu floresta primária entre os anos de 2001 e 2006 (INPE, 2008). Esta situação revela cenários de devastação da floresta nativa, muitas vezes acompanhados de violentos conflitos sociais, caracterizando a região como a uma das mais recentes fronteiras agrícolas em atividade da Amazônia.

2.1 ESTADO DO PARÁ NO PROCESSO DE COLONIZAÇÃO DA AMAZÔNIA E A FRENTE PIONEIRA DE SÃO FÉLIX DO XINGU

2.1.1 O Estado do Pará

No decorrer das transformações sofridas na Amazônia, o Estado do Pará foi um dos mais afetados pelos planos e políticas governamentais. Neste contexto, merece destaque, a “política agrária” que teve como objetivo a implantação de vários assentamentos de reforma agrária na década de 70. A maioria destas ações concentrou-se nas regiões sul e sudeste do Pará, desde então esta região é marcada pela ação dos camponeses, que ainda hoje lutam pelo direito de acesso (assentamento), ou pela permanência na terra (manutenção e regularização de posses).

As ações do governo para o Estado, assim como para a Amazônia, não se resumiram apenas às questões agrário-fundiárias. Houve também uma série de grandes incentivos à comercialização de produtos gerados na região com a construção de infra-estrutura de transporte e escoamento. “Estas iniciativas geraram novos investimentos na produção agropecuária, e conseqüentemente contribuíram para tornar mais agudos os problemas sociais e ambientais” (SAUER, 2005).

Todos os processos ocorridos na Amazônia e sua forte reflexão no Pará resultaram em uma nova configuração espacial do Estado. Um exemplo forte do impacto na configuração espacial do Estado pode ser observado na região do Sudeste Paraense. Segundo os dados do censo agropecuário do IBGE, de 1995-96, as propriedades abaixo de 10 ha, representavam cerca de 7 % dos estabelecimentos rurais da região; já os que apresentavam entre 10 e 100 ha, 63%; os entre 100 a 1000 ha, 25%; de 1000 a 10000 ha, 3,5%; e acima de 10000 ha 0,5%.

Os números demonstram uma configuração em consonância com o ocorrido na Amazônia. Pois o resultado da atividade censitária nos mostra que 70% dos estabelecimentos rurais desta região estão abaixo de 100 ha, onde se enquadra, segundo a caracterização feita por Becker (1997), a categoria dos pequenos produtores rurais. Por tabela, nos mostra também a forte concentração de terra na mão de uma minoria de proprietários, aonde vão se enquadrar, segundo a mesma autora, os grandes produtores rurais e as empresas agropecuárias.

As políticas públicas aplicadas ao Estado do Pará promoveram uma grande reviravolta na sua configuração espacial, social e econômica, provocando contradições e conflitos que se acirravam devido à grande entrada de novos atores sociais no Estado. Incentivados pelo Estado ou não, o espaço paraense abriu as portas para pecuaristas vindos do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País, Pequenos agricultores vindos principalmente do Nordeste com sua cultura de corte e queima garimpeiros na busca de trabalho nos garimpos de Serra pelada, Serra dos Carajás, ou em novos garimpos descobertos na região, além de migrantes de outras partes da Amazônia ou até mesmos do próprio Estado, que ainda não haviam conseguido se estabelecer na terra.

Junto com as pessoas vieram também os mais diversificados interesses para a utilização da terra: pastagens, lavouras, garimpos, extração de madeira, grilagem de terras, aquisição de terras para especulação fundiária, todas estas formas apropriação e uso contribuíram, para construção de um mosaico sócio-espacial complexo dando velozmente novos padrões à paisagem da região.

Muitos destes migrantes, na tentativa de se reproduzirem como produtores agropecuários viveram experiências bem adversas, desde o isolamento e a dificuldade de comunicação, até a violência, originada em função de conflitos de interesses na apropriação da natureza. Por outro lado, o processo de convivência, na maioria das vezes conflituosa, entre estes grupos, de tempos históricos e estratégias diferentes (MARTINS, 1997), ao mesmo tempo em que geravam conflitos e mudavam o espaço, contraditoriamente, tornavam-se a forma pelas quais inúmeras famílias conseguiam se reproduzir e se fixar na terra.

Um componente desta diversidade, na região do Sudeste Paraense, foi a área do município de São Félix do Xingu, e suas proximidades, uma região que se destaca pela presença de uma grande concentração de riquezas em seu subsolo. Nesta região, o maior incentivo foi a prática da pecuária. Este desenvolvimento fez com que atualmente esta região apresente o maior rebanho bovino do Estado.

Ultimamente esta área recebe destaque pelo seu desmatamento acelerado, pois é o município que mais removeu floresta primária entre 2001 e 2007 (INPE, 2008). Esta situação resulta na construção de cenários diversos, e violentos conflitos sociais entre os múltiplos atores da região pela posse da terra o que a caracteriza como uma das frentes pioneiras ativas da Amazônia.

2.1.2 A frente pioneira de São Félix do Xingu

A região em questão, até por volta de 1970 era ocupada em sua maioria por seringueiros, pescadores, coletores de castanha e índios, o que dava a região um caráter extrativista, complementado por uma agricultura de subsistência, e por pequenas criações. Nesta época o Estado brasileiro executou um grande estudo na Amazônia (Projeto RADAM), e o resultado apontou uma grande quantidade de solos férteis, além de um grande potencial mineral na região, despertando olhares de investidores, mineradores e especuladores de terra que se lançaram à região em busca destes recursos (SCHMINK; WOOD, 1992). A interferência do governo que gerou grande impacto na região de São Félix do Xingu foi a chegada da rodovia PA-279, em 1984, a sede município. Esta ação deu outra opção à conexão a cidade, antes feita somente via rio Xingu passando por Altamira.

O objetivo da rodovia era conectar a sede do município ao restante da malha rodoviária, e desta forma ser mais um suporte na implantação do Projeto Tucumã¹². Neste período alguns municípios próximos a São Félix começaram a receber projetos agropecuários financiados pela SUDAM no intuito de implantar grandes fazendas de gado. Porém no final da década de 80 estes financiamentos tiveram uma grande derrocada, tornando inviável a continuação e implantação de novos projetos. Então os fazendeiros capitalizados destes municípios, junto com outros de várias regiões do país, foram para São Félix, pois lá encontravam terras férteis e baratas, pois agora tinham seu acesso facilitado pela chegada da nova rodovia.

Rapidamente, ao longo da PA-279 começou a aparecer grandes e médias fazendas de criação de gado, e esta nova dinâmica refletiu diretamente nos estabelecimentos agropecuários de menor porte, incentivando-os à criação de bovinos dentro dos assentamentos. A chegada do primeiro Plano Nacional de Reforma Agrária, que deu acesso a crédito aos produtores de menor porte contribuiu conjuntamente a esta nova prática desta categoria de produtores (CASTRO et al, 2002)

¹² Este projeto tinha como objetivo o assentamento de pequenos e médios produtores agropecuários, em uma área de aproximadamente 400.000 ha, cujo sua produção abasteceria o Projeto Grande Carajás em Marabá (AMÉRICO et al., no prelo).

Segundo Schmink e Wood (1992), para as famílias de agricultores que viajavam pela PA-279 na esperança de conseguir um lote para cultivar, São Félix, literalmente, era o fim da linha. Estas famílias, após muitas vezes serem expulsas de outras terras, chegavam à região na esperança de conseguirem serem proprietários de terra e melhorar sua situação, mas dificilmente conseguiam.

Ainda na década de 80, a extração de madeira em São Félix começou a ter seu impacto detectado, tanto na economia quanto na paisagem da região. A extração principalmente de mogno pelas madeireiras foi tão significativa que, neste período, segundo as estatísticas oficiais do município do ano de 1981, a produção de madeira foi quatro vezes maior do que a de borracha e a de castanha juntas, e estes eram os principais produtos da economia regional.

Outra atividade exploratória presente na região foi a mineração. Com isso, empresas nacionais e internacionais vieram para o município, trazendo junto novos habitantes com perspectivas de novas oportunidades. As empresas alugaram e construíram casas no meio da floresta, onde instalavam seus trabalhadores, gerando uma série de conflitos, entre trabalhadores e índios da região, pois estes alegavam que aqueles estavam invadindo suas áreas. Contudo, a contribuição dos projetos de mineração foi pequena para o desenvolvimento da cidade de São Félix do Xingu. (SCHMINK ; WOOD, 1992).

A diversidade de trajetórias dos atores, e a forma desordenada, e muitas vezes ilícita, da ocupação da terra deste município, fizeram com que São Félix do Xingu apresentasse um histórico de grandes violências e conflitos na luta pela posse da terra, com marcante atuação de grileiros e fazendeiros (ESCADA et al, 2005). De fato, historicamente, a convivência entre agricultores, fazendeiros, grileiros, posseiros e índios, não se dá de forma harmônica. São Félix do Xingu não foi diferente, pois até os dias atuais ainda é palco de inúmeros casos de violência no campo, assim como apresenta um considerável número de casos de trabalhadores mantidos em regime análogo ao da escravidão.

2.1.2.1 A pecuária na região: uma atividade a parte

Segundo Veiga et. al. (2004) na década de 70 houve tentativas frustradas de instalação de fazendas de gado na região com financiamento da SUDAM, sem desencadear uma alteração significativa da paisagem local. Já na década de 80, ao contrário do que aconteceu em outras áreas da região, que diminuiriam as investidas

em atividade pecuarista devido ao quase desaparecimento dos incentivos fiscais, São Félix do Xingu continuou a expandir suas fazendas, influenciando até mesmo os pequenos agricultores a buscar cada vez mais a pecuária.

A partir daí desencadeou-se uma tendência a ter pecuária como principal atividade do estabelecimento. Este panorama foi acirrado quando em 1996 foram instalados frigoríficos nos municípios de Redenção e de Marabá, proporcionando um melhor acesso ao mercado, o que incentivou diretamente no incremento da pecuária, e, por conseguinte, um maior avanço sobre área de floresta para implantação de pastagens.

Nesta lógica, o aumento do mercado de terras, legal e ilegal alavancou-se, assim como o aumento da população, pois ter uma terra para criar gado foi o objetivo de muitos. Pequenos e médios pecuaristas capitalizados, principalmente do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, imigram em busca dos baixos preços de aquisição das fazendas, dando prioridade inicialmente àquelas as proximidades de estradas (RIBEIRO et al., 2007).

Uma estratégia praticada por muitos foi de se beneficiar com a diferença de preço do hectare entre a região de origem e a fronteira, e se tornar grande pecuarista, mantendo uma produção essencialmente extensiva (BRASIL, 2004).

A partir desta dinâmica, inicia-se o surgimento e a consolidação de pequenos núcleos urbanos dentro da região, mais próximo a sede do município, que passaram a dar suporte aos habitantes das frentes mais avançadas a oeste, que partiam ao pioneirismo na floresta.

Com o início do desenvolvimento de uma cadeia de produção bovina na região, grandes incentivos à pecuária voltaram a ser fornecidos pela SUDAM e pelo BASA dando à paisagem da região uma identidade pecuarista que se observa até hoje.

Contudo, a velocidade em que foi implantado o sistema produtivo característico da região, trouxe consigo uma série de problemas como: o baixo nível tecnológico aplicado na atividade, o manejo inadequado nas extensas áreas pasto, pastagens com altas taxas de lotação causando sua degradação, foram fatores que somados à necessidade de se aumentar a produção, acabaram propiciando o avanço do gado para novas áreas com disponibilidade de terras, muitas destas ocupadas por floresta primária caracterizando a região de São Félix como a principal envolvida no desmatamento do estado do Pará (BECKER, 2005).

Nestas áreas, a dinâmica de conversão e uso da floresta é bastante acelerada. A velocidade em que surgem novas estruturas fundiárias torna complexo o entendimento das dinâmicas de estruturação do território, assim como o acompanhamento das relações existente nestes espaços.

Dentro do contexto apresentado, faz-se necessário a construção de estudos que busquem entender e acompanhar a velocidade da alteração da paisagem, principalmente em áreas de fronteira. Fatores como a grande extensão da região, a falta de uma infra-estrutura de locomoção, e fundiária, a ausência de regulamentação e fiscalização sobre a posse da terra, somados a dinâmica das frentes pioneiras, são fortes elementos que contribuem para o desordenamento da região.

A grande dificuldade de se monitorar estes processos faz com que o território tenha também uma difícil gestão. Impactos ambientais não resultam só da transformação da paisagem por meio da alteração da cobertura do solo existente. Por trás de cada ação considerada degradante, existe uma série de outros motivos (sociais, econômicos, técnicos...) que levam o sujeito a tomar a decisão sobre a terra.

A elaboração de ferramentas que visem integrações entre os diferentes fatores envolvido no processo de apropriação da terra tem sido um grande desafio para a pesquisa nos últimos anos. Portando mostra-se importante a busca por metodologias que possam associar os processos observados em campo com as diferentes possibilidades de representações espaciais.

Nos dias atuais, com o avanço da cartografia assistida por computador; o aumento da capacidade de integração de banco de dados, e a capacidade de realização de inúmeras inter-relações de diversas variáveis dentro de ambientes conhecidos como Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são possíveis obter resultados com confiabilidade e velocidade sobre os diversos processos ocorridos na superfície.

A associação entre dados cartográficos, imagens produzidas por sensores remotos, e métricas baseando-se em estatísticas espaciais resultam em o que é conhecido hoje como geotecnologias, ramo da ciência geográfica que é bastante atualizado para estudos que envolvam alterações da paisagem e que será o foco seguinte deste trabalho.

3 GEOTECNOLOGIAS E ESTUDOS DA PAISAGEM

O surgimento de novas frentes de desmatamento na Amazônia, tanto em áreas adjacentes à chamada “fronteira consolidada” no Arco do Desmatamento, como em locais previamente isolados na Amazônia Central, são decorrentes de diferentes fatores os quais incluem o avanço da pecuária como uso predominante da terra. A exploração e garimpagem de madeira, a expansão da soja mecanizada, a grilagem de terras públicas, a abertura de estradas, a criação de assentamentos rurais em lugares isolados e o surgimento de migrações internas associadas ao fracasso de antigos assentamentos, a pobreza urbana e a especulação fundiária (BRASIL, 2004).

Diversos trabalhos (ESCADA, 2003; SILVA, 2006; SILVA et al., 2008; MERTENS, et al, 2002) se dedicaram a mostrar como é possível extrair informações de imagens de satélite de uma determinada região, e com seus resultados gerar subsídios para contribuir com o entendimento dos processos e atores responsáveis pela transformação do espaço amazônico, que podem auxiliar novas pesquisas e políticas públicas para a região. Neste escopo, ferramentas metodológicas que possam acompanhar a velocidade das mudanças, e ter a abrangência de observação em distintas áreas ao mesmo tempo, são de grande valia para o avanço das pesquisas na Amazônia. Nos últimos anos diversos autores (ESCADA, 2003, 2005; SILVA, 2008; MERTENS ; LAMBIN, 1997; MERTENS et al. 2002), trabalham com a hipótese de que as análises de dinâmicas do uso da terra e suas configurações espaciais são de fundamental importância para se compreender os processos de uso e assim poder estabelecer as diferenças regionais que facilitam interpretações.

Segundo Escada (2003):

[...] a partição do espaço é importante para a análise dos processos de mudança de uso e cobertura da terra, permitindo identificar e mapear diferentes padrões de uso, que podem estar associados a diferentes agentes, tipos e histórico de ocupação.

Então, a busca por novas metodologias, que possam integrar tecnologias já existentes, proporcionando a relação entre sua imagem em diferentes intervalos temporais aos processos observados em campo, com intuito de obter avanços nos processos de automatização de análises da paisagem dando velocidade as

interpretações subsidiando decisões sobre o espaço, nos parece um passo importante a ser dado no âmbito das pesquisas baseadas em geotecnologias.

Desde a década de 70, sensores remotos orbitais proporcionam imagens da terra, e nos dias atuais diferentes são os produtos de resoluções espaciais¹³ que fornecem este tipo de informação. Da mesma forma, estes produtos se encontram mais acessíveis à comunidade e isto nos permite ter em mãos informações, que se bem aproveitadas, disponibilizam uma gama de informações que podem ser aproveitadas nos diferentes campos da ciência.

Com o avanço da tecnologia da cartografia assistida por computador e das imagens produzidas por sensores remotos transportados em plataformas aéreas ou orbitais, novas ferramentas foram desenvolvidas agilizando e ampliando a visão de estudiosos que buscam informações sobre uma região. Atualmente a associação entre as ferramentas utilizadas para o monitoramento de processos que envolvam a análises espaciais são denominadas geotecnologias.

Para Rosa (2005) as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. São compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global.

Identificar, quantificar e mapear estes padrões encontrados na paisagem amazônica é premissa para a busca de interpretar a sua complexidade. Com isso, o uso de geotecnologias no apoio ao entendimento da paisagem proporciona geração de medições das unidades de paisagens que são conhecidas como métricas de paisagem. A interação entre os produtos gerados pela interpretação de informações processadas pelas geotecnologias com as métricas utilizadas para descrever padrões espaciais, estão sendo bastante utilizadas por estudiosos e seus resultados são suporte importante para tomadas de decisões em campos distintos como o agrário, os estudos costeiros e das vias de transportes (WATRIN ; VENTURIERI, 2005).

¹³ Resolução espacial consiste no menor área distinguível por um determinado sensor (NOVO,1992)

Caldas et al. (2003) afirmam que, apesar de não serem muito populares entre os cientistas sociais brasileiros, os dados obtidos através das imagens de satélite podem ser muito úteis neste tipo de estudo. Em seu trabalho desenvolvido no município de Uruará-PA, utilizaram produtos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento associadas as informações primárias coletadas junto a pequenos produtores, e a partir de métodos estatísticos e testes de auto-correlação espacial buscaram validar a hipótese do ciclo de vida de pequenos produtores e sua influência na tomada de decisão sobre o uso da terra. Estes autores concluíram que as características sócio-demográficas das famílias, bem como fatores institucionais e de mercado, influenciam a tomada de decisão de uso da terra e podem ser identificadas através de geotecnologias.

Escada et al (2005) analisaram a estruturação do território na região de São Félix do Xingu / Iriti - PA, com o auxílio das geotecnologias buscaram identificar e caracterizar os principais atores, suas estratégias socioeconômicas, e as formas de apropriação fundiária. Para isso, foi apresentada uma análise sobre a pecuária mostrando sua evolução ao longo do tempo, e sua relação com o desmatamento.

O uso de sensoriamento remoto permitiu a comparação entre modelos de novas ocupações, com os modelos de estabelecimento das propriedades situadas na região de ocupação mais antiga. Estes resultados foram analisados fazendo um comparativo com os planos de ordenamento territorial para a região. Os autores chegaram a conclusão que os vários atores da região atuam concorrentemente, o que aumenta a complexidade da área, dificultando a execução de políticas desenvolvimentistas e que somente com soluções integradas, que possam focar os principais atores e processos envolvidos na cadeia produtiva da região, é possível minorar os efeitos do desmatamento, e assim gerar desenvolvimento de forma sustentável para região.

Mertens et al (2002) buscaram entender a dinâmica da paisagem e suas relações com diversos processos sociais e econômicos da região de São Félix do Xingu-PA. Utilizando a estatística espacial e o sensoriamento remoto, como ferramentas para melhorar a compreensão sobre os processos de desmatamentos. Os resultados mostraram a capacidade de sensores em identificar processos atuantes, e até mesmo possíveis atores responsáveis pela conversão da floresta além de seus impactos ambientais.

Venturieri (2003) utilizou a combinação de modelos de paisagens, dados de sensores remotos e sistemas de informações geográficas. O objetivo foi analisar a dinâmica da paisagem em áreas de agricultura familiar na rodovia Transamazônica, mais precisamente no município de Uruará-PA. Com os resultados, foi possível zonear regiões contrastantes no que diz respeito ao seu desenvolvimento sócio-econômico. Assim, segundo este autor os resultados da pesquisa comprovam que é possível através da análise dos modelos de paisagem avaliar os processos de construção do espaço em frentes pioneiras.

Lambin et al. (2003), desenvolveram um trabalho com uso de geotecnologias associados com dados obtidos em campo, e indicam que os diferentes processos de apropriação do uso do solo podem ser distinguidos por seus diferentes formatos, e assim propuseram uma tipologia dos padrões de uso do solo em floresta tropicais através de modelos visuais. Estes autores mostram que os padrões dominantes são: corredor, difuso, espinha de peixe e geométrico.

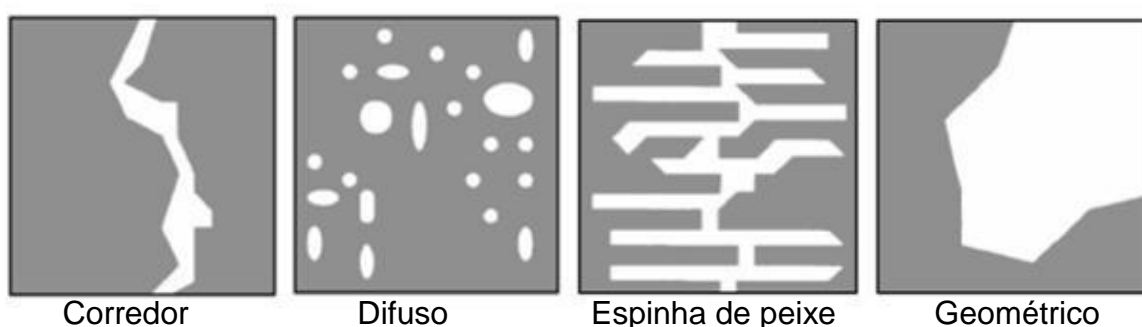


Figura 1: Tipologias propostas por Lambin (2003). Fonte: SILVA (2006).

Escada (2003) propôs um método empírico para a partição do espaço na região Centro-Norte de Rondônia baseado na delimitação de regiões que apresentam padrões espaciais identificáveis em imagens de satélites. Foram gerados mapas temáticos multitemporais que permitiram fazer a análise dos desmatamentos, classificando as aberturas na floresta em pequenas, médias e grandes.

Com isso foi possível acompanhar a dinâmica de cada uma destas classes, chegando ao resultado que os desmatamentos entre elas foram similares no tempo estudado. Estes resultados foram cruzados com informações da malha fundiária da região, e permitiram identificar processos de alteração fundiária em vários

assentamentos de pequenos produtores rurais, principalmente processos de transferência e concentração de terras.

Silva (2006) desenvolveu uma metodologia, com uma proposta para extrair padrões de mudança a partir de imagens de sensoriamento remoto utilizando conceitos de processamento digital de imagens, mineração de dados e ecologia da paisagem. Para tal fim, construiu um protótipo computacional baseando-se em métricas de paisagem, que aplicado a dados de sensoriamento remoto possibilitou identificar e analisar processos de desmatamento na região amazônica.

Enfim, vários estudos têm sido desenvolvidos na busca de ajustar e/ou validar as geotecnologias como ferramentas de apoio não só para identificação e quantificação de áreas de desmatamento, mas para acoplar a esta possibilidade de leitura, a interpretação ou associação dos fenômenos sociais, técnicos e/ou econômicos que os desencadeiam.

Quase a totalidade dos estudos aqui citados, para o seu desenvolvimento, partiu do grande conhecimento já acumulado da área, associado a produtos cartográficos disponíveis, com alguns ensaios de identificação dos atores envolvidos nos processos de uso da terra. A demanda de um forte trabalho de campo para o desenvolvimento destes estudos, e a necessidade de produtos cartográficos que auxiliem nas análises, resulta em um longo período para aquisição dos resultados.

È constado que em regiões de frente pioneira a velocidade de mudanças é acentuada, então metodologias baseadas em coleta de dados que demandam muito tempo, podem não ser eficientes para acompanhar esta velocidade.

Este estudo se diferencia dos demais, quando busca construir um método automático de identificação e mapeamento dos atores envolvidos no desmatamento em área de fronteira agrícola, onde as informações de cunho fundiário têm precariedade. Partindo de informações pré-existentes da região, e possível mapear e analisar o comportamento espacial de cada ator identificado, e mostrar como esta ferramenta pode auxiliar na elaboração de políticas públicas para o desenvolvimento destas áreas.

Existe a necessidade do desenvolvimento de metodologias de respostas rápidas, que acompanhem a velocidades das mudanças ocorridas em campo, com um nível de aproximação aceitável entre as imagens produzidas pelos sensores e os fenômenos sociais.

4 PERGUNTA DE PESQUISA, HIPÓTESE E OBJETIVOS

4.1 PERGUNTAS DE PESQUISA

Com vistas a contribuir com os esforços, que buscam identificar, em uma ampla área de estudo, quem são os principais atores envolvidos nas dinâmicas do desmatamento na Amazônia, esta pesquisa busca responder as seguintes questões:

- Como podemos identificar através de imagens de satélites e estatísticas espaciais os diferentes atores sociais que executam o desmatamento?
- A elaboração e validação do método aplicado permitem acompanhar a velocidade das mudanças ocorridas em regiões de frente pioneiras?

4.2 HIPÓTESES

A partir dos conceitos de processamento digital e interpretação de imagens; de estatísticas espaciais; associados a informações de campo, primárias ou secundárias, sobre determinados processos e atores, é possível identificar automaticamente o comportamento espacial e temporal destes processos e atores envolvidos no desmatamento.

4.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é construir um método para identificar e localizar os diferentes atores sociais envolvidos na questão do desmatamento, e assim analisar os processos de desmatamento na região de estudo.

Objetivos específicos:

- a) Extrair o incremento anual do desmatamento na área de estudo, baseando-se na análise de uma série temporal do satélite Landsat, sensor TM 5, utilizando técnicas de interpretação e classificação de imagens;
- b) Propor uma tipologia de atores do desmatamento baseado no tamanho das aberturas encontradas nos incrementos extraídos.
- c) Classificar todos os incrementos do desmatamento em função da tipologia proposta
- d) Analisar e mapear os processos de expansão do desmatamento entre 2000 e 2008, identificando quem desmata e aonde se desmata.

5 METODOLOGIA

5.1 REVISÃO DE CONCEITOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, faz-se importante a explanação dos principais conceitos utilizados, para assim proporcionar ao público não especializado nesta área, e que faz uso da informação espacial um melhor entendimento da metodologia proposta.

5.1.1 Região

Para a Nova Geografia, região é definida como um conjunto de lugares onde as diferenças internas entre esses lugares são menores que as existentes entre eles e qualquer elemento de outro conjunto de lugares. As diferenças ou similaridades entre os lugares são definidas através de uma mensuração na qual se utilizam técnicas estatísticas descritivas, então definir região está ligado diretamente as estatísticas.

Já a Geografia Crítica, considera região sob uma articulação dos modos de produção, e a conceitua como: uma dimensão espacial das especificidades sociais, em uma totalidade espaço social, tendo uma diferenciação causada por um desenvolvimento diferenciado das sociedades, onde podemos citar o aparecimento da divisão social do trabalho, da propriedade da terra, dos meios e das técnicas de produção, das classes sociais e suas lutas, tudo ocorrendo em distância em termos espaço- temporais, levando a uma diferenciação inter e intra grupos, assim a região pode ser vista como resultado do desenvolvimento desigual e combinado, caracterizado pela sua inserção na divisão nacional e internacional do trabalho e pela associação da relação de produção distintas.

Ainda sob o enfoque da Geografia Crítica, “cujo vetor mais significativo é calcado no materialismo histórico e na dialética marxista”, a região é vista como “relações dialéticas entre formas espaciais e os processos históricos que modelam os grupos sociais” [...] “onde a organização espacial constitui parte integrante de uma dada sociedade” (Corrêa, 1995).

Nessa concepção crítica, “[...] o conceito de região é articulado à luz dos modos de produção[...] através das conexões entre classes sociais e acumulação capitalista, [...] por meio das relações entre Estado e a sociedade local; [...] ou então, introduzindo a dimensão política” (CORRÊA,1995).

5.1.2 Cobertura e uso da terra

Os conceitos de uso e cobertura da terra estão diretamente ligados. Neste trabalho adotamos uso da terra sobre a ótica das ciências sociais, que consiste na utilização da terra por atividades humanas, sejam elas moradia, agricultura, pastagens, lazer, etc.(TURNER ; MEYER, 1994 apud ESCADA, 2003). Estes tipos de uso podem variar entre si, significando que um tipo de uso pode substituir outro, ou pode ocorrer a intensificação de um em detrimento de outros. Segundo Escada (2003) “[...] cada uso corresponde a uma cobertura, entretanto uma cobertura pode permitir vários usos, como por exemplo, o múltiplo uso de uma floresta, tanto para atividades de lazer quanto para atividades extrativistas”.

Já a cobertura do solo, será trabalhada sobre a concepção das ciências naturais, que descreve o estado físico do planeta Terra podendo ser: oceanos, florestas, cerrados, etc. (SILVA, 2006). Considerando ainda as ciências naturais, várias são as causas das alterações de cobertura da terra, podendo ser as alterações climáticas, mudança de níveis e cursos dos rios, incêndios naturais, etc. Contudo, Briassoulis, (2000) citado por Silva (2006), nos diz que as modificações na cobertura do solo em sua imensa maioria é resultante da ação humana e que mudanças de uso e cobertura do solo geralmente implicam em mudança de um determinado tipo de atividade (uso).

5.1.3 Sensoriamento Remoto

Segundo Novo (1989) o Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas pelos sensores remotos.

A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética. A quantidade e qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres resultam das interações entre a energia eletromagnética e estes objetos.

Essas interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Logo os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais (FLORENZANO, 2002).

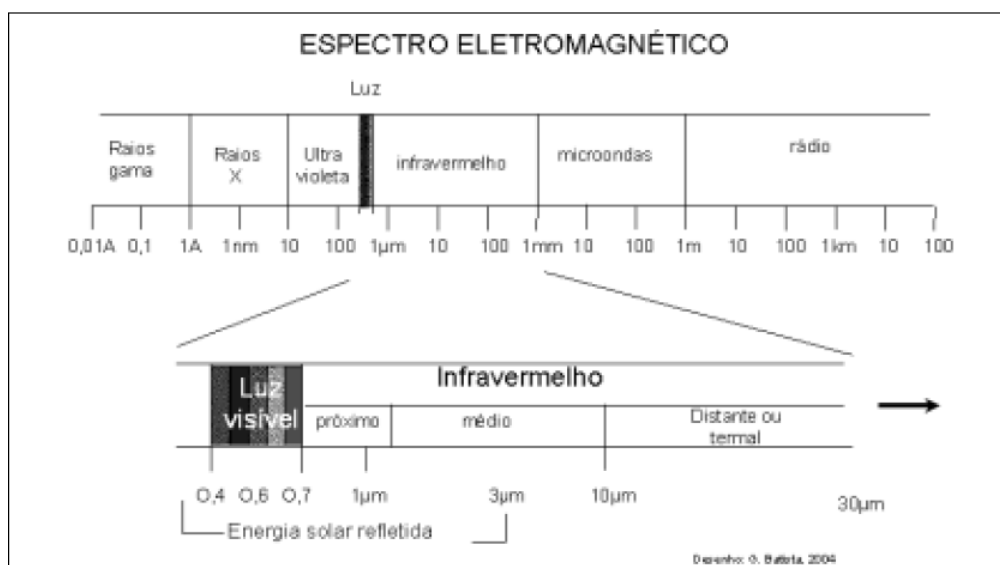


Figura 2: O espectro eletromagnético (FLORENZANO, 2002).

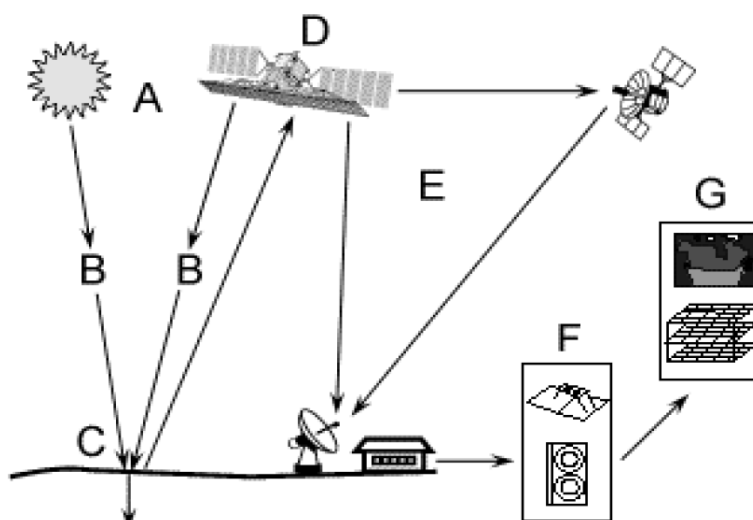


Figura 3: Sequência para o estudo do Sensoriamento remoto (INPE, 2001).

5.1.3.1 Resolução Espacial, Tamanho do Pixel, e Escala

Para alguns instrumentos de sensoriamento remoto, a distância entre o objeto a ser imageado e a plataforma, tem um papel importante para determinar o nível de detalhe da informação obtida e a área total imageada pelo sensor. Sensores a bordo de plataformas distantes dos objetos, tipicamente observam uma área maior, mas não podem prover grande detalhe dos objetos imageados. O detalhe discernível em uma imagem é dependente da resolução espacial do sensor e se refere ao menor tamanho de objetos possível de ser detectado (NOVO, 1991).

A palavra *pixel* é derivada do termo em inglês "*picture element*" (elemento de foto). Um exemplo comum de *pixels* pequenos pode ser observado em um monitor de computador ou na tela de televisão. As imagens nestas telas não são "sólidas", mas sim compostas por milhares de pontos muito pequenos chamados *pixels*, que vistos à distância nos dão a impressão de formarem uma imagem sólida. É importante distinguir entre tamanho do *pixel* e resolução espacial - eles não são intercambiáveis. Se um sensor tem uma resolução espacial de 30 metros e uma imagem daquele sensor é exibida com resolução total, sem degradação da imagem, cada *pixel* representa uma área de 30m x 30m no solo (FLORENZANO, 2002).

A razão entre a distância em uma imagem ou mapa, para distância real no terreno é chamada *Escala*. Se você tivesse um mapa com uma Escala de 1:100.000, um objeto de 1cm de tamanho no mapa seria de fato um objeto de 100.000 cm ou de 1 km de tamanho no solo. Mapas ou imagens com relações "mapa-para-solo pequenas" são chamados de pequena escala (por exemplo, 1:100.000), e os com relações maiores (por exemplo 1:5.000) são chamados de grande escala.

5.1.4 Sistemas de Informações Geográficas e Geotecnologias

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de informação baseado em computador que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (CAMARA, 1995). Estes sistemas têm como principais funções: integrar dados e/ou informações espaciais (dados cartográficos, censitários e de cadastramento, imagens de satélites, redes e modelos de elevação digital), numa base única; cruzar informações através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e permitir saídas gráficas para o conteúdo da base de dados geocodificados.

Geotecnologias e Geoinformação são conceitos relativamente novos, que vêm ganhando muito espaço nos diversos campos de produção de conhecimento devido a suas ferramentas proporcionarem uma eficiente produção, análise e armazenamento de informações de diversos níveis. As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. Geoinformação é qualquer informação derivada de processos que envolvam uma ou várias das geotecnologias (LAMPARELLI, 2006).

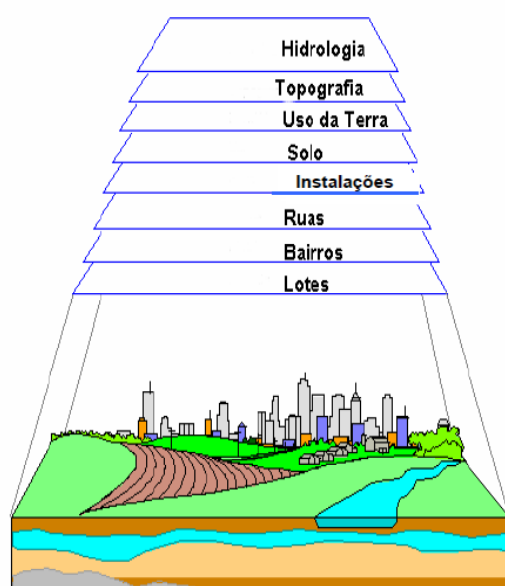


Figura 4: Característica básica de um SIG Tratar relações espaciais entre objetos geográficos (topologia) visando a representação mais próxima do real.

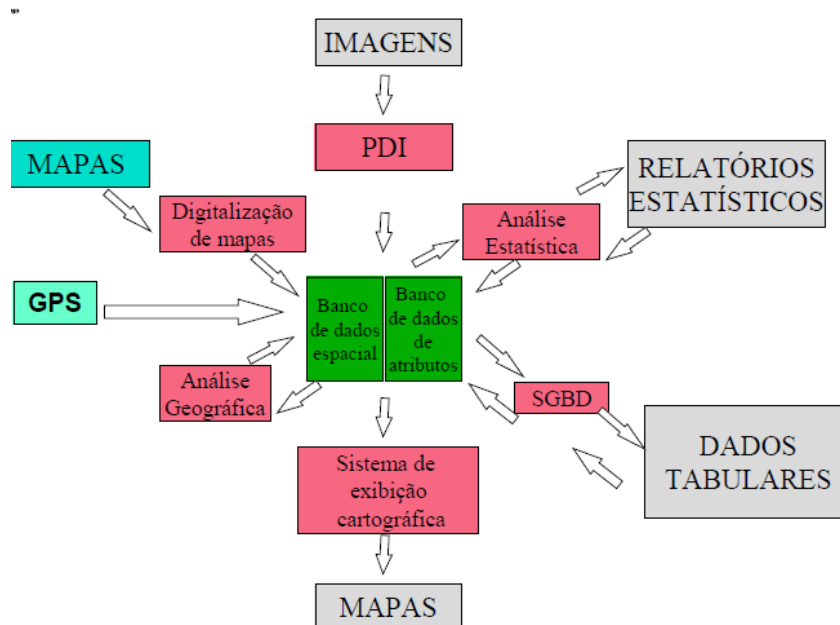


Figura 5: Esquema da integração Geotecnologias e SIG.

5.1.5 Métricas de Paisagens

Métricas de paisagem estão diretamente ligadas ao conceito de ecologia da paisagem¹⁴. As métricas são componentes chaves nos estudos que se baseiam neste conceito, e tem por definição: índices que caracterizam propriedades geométricas e espaciais de mapas categóricos (McGARIGAL, 2002).

As métricas de paisagem são classificadas em dois grupos: métricas de composição e métricas de configuração. Estas podem ainda ser divididas em métricas estruturais e funcionais (McGARIGAL, 2002). As métricas da paisagem podem ser calculadas ao nível de manchas, ao nível de classes e ao nível de paisagem.

As métricas ao nível de manchas tem por características definir as mesmas individualmente, e podem exercer influência sobre outros índices tanto em nível de classe quanto em relação a paisagem.

As métricas ao nível de classe levam em consideração todas as manchas de um determinado foco. As estatísticas destas são usadas para sumarizar a média, amplitude de variação, desvio padrão e coeficiente de variação dos atributos de todas as manchas de uma classe focal.

As métricas ao nível de paisagem são integradas sobre todos os tipos de manchas da extensão total dos dados independente do habitat. Neste nível, as estatísticas sumarizam também a média, amplitude de variação, desvio padrão e coeficiente de variação dos atributos de todas as manchas encontradas na paisagem.

5.1.6 Espaços celulares

Segundo Casanova et al. (2006), *“Um espaço celular é uma estrutura matricial generalizada onde cada célula está associada a vários tipos de atributos”*, este tipo de representação do espaço, demonstra suas vantagens quando comparamos com as representações matriciais (colunas e linhas).

Nas representações matriciais, um fenômeno espaço-temporal complexo, precisa de várias matrizes separadas para ser representado, o que resulta em maior dificuldade de gerência e de interface. Em um espaço celular, a mesma célula está

¹⁴ *“Ecologia da paisagem é baseada na noção de que padrões ambientais influenciam fortemente em processos ecológicos”* (SILVA,2006).

associada a diferentes informações em diferentes tempos, o que facilita o manuseio de dados. Assim, toda a estrutura de um espaço universo estrutural celular pode ser armazenada numa única tabela, o que faz o manuseio dos dados ser bem mais simples que os dados vetoriais, ou mesmo que os dados matriciais indexados. Segundo Câmara et al (2004) “[...]aplicações como álgebra de mapas e modelagem dinâmica ficam mais simples de implementar e operar com espaços celulares[...]”.

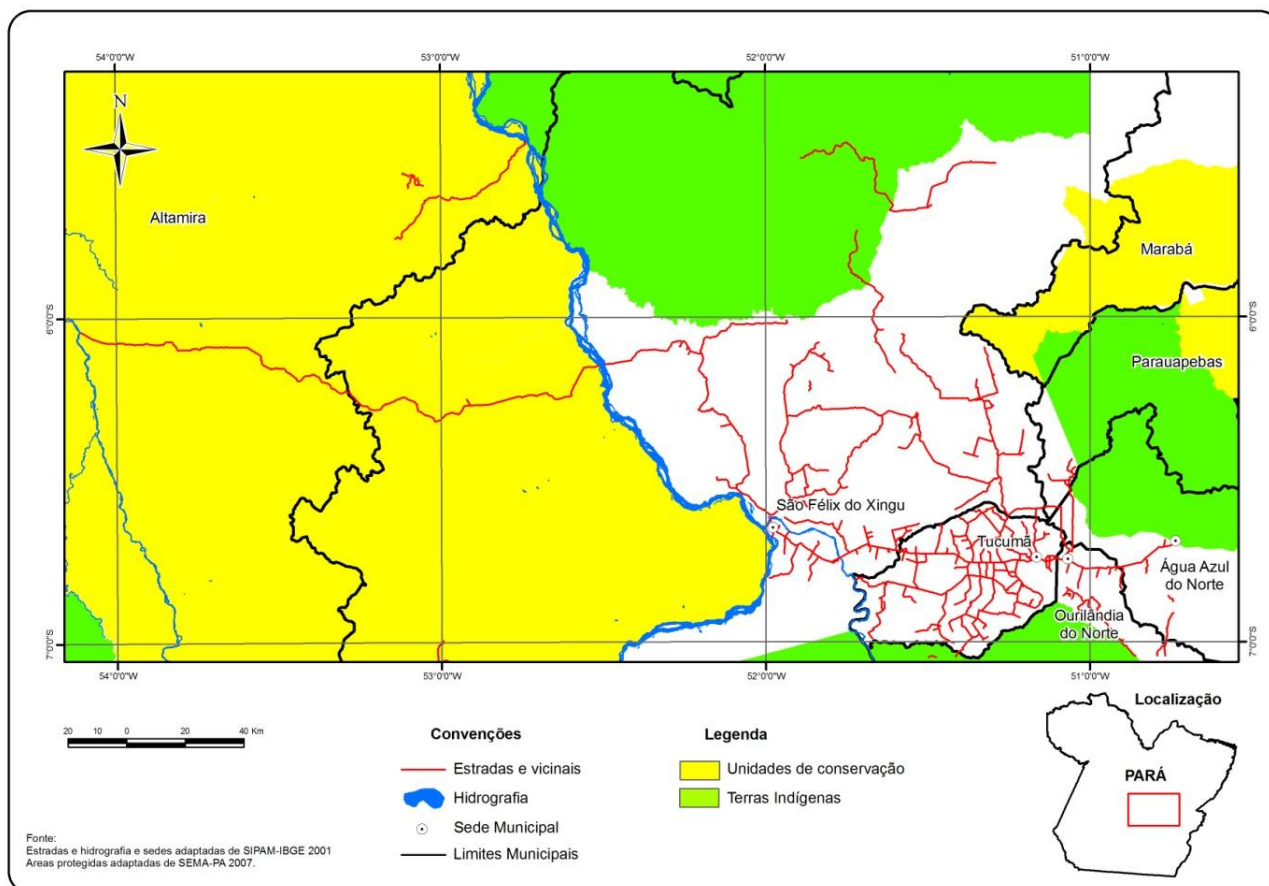
5.2 A ÁREA DE ESTUDO

A área foco desta pesquisa está localizada na região sudeste do Estado do Pará, envolvendo os municípios de Tucumã (área total do município) e parte dos municípios de Marabá, Parauapebas, Água Azul do Norte, Ourilândia do Norte, Altamira e São Félix do Xingu. Está referenciada espacialmente pelos paralelos S 5° 30' e S 7°, e pelos meridianos W 54° e W 51°, perfazendo uma área total de aproximadamente 80.000 km², com 75% desta área ocupada por unidades de conservação e terras indígenas. São Félix do Xingu, lócus de interesse da pesquisa, ocupa 51% da área referenciada, além de concentrar a maior área de terras fora das unidades de conservação e/ou terras indígenas.

As origens do município de São Félix do Xingu estão intimamente ligadas ao município de Altamira. Em 14 de abril de 1874, através da Lei nº 811, foi criado o município de Souzel do qual Altamira fazia parte. No início do século XX, o governo desmembrou aquele Município e criou o de Xingu, com sede em Altamira. O então município de Xingu foi composto por 11 distritos: Altamira, Novo Horizonte, São Félix, Porto de Moz, Tapará, Vilarinho do Monte, Veiros, Aquiqui, Souzel, Alto Xingu e Iriri (SEPOF, 2008).

Em 31 de março de 1938, através do Decreto-Lei nº 2.972, mudou o nome do então município de Xingu para Altamira que assim passou a ser formado por dois distritos: Altamira e Novo Horizonte. Posteriormente Altamira teve seu território desmembrado, e em 29 de dezembro de 1961 através da Lei nº 2.460 foi criado o município de São Félix do Xingu. Em 1988, foram criados os municípios de Ourilândia do Norte e Tucumã fruto da fragmentação de São Félix.

Atualmente, São Félix é composto por dois distritos: São Félix do Xingu e Gradaús e tem próximo de 70.000 habitantes (SEPOF, 2008).



Mapa 1: Localização da área de estudo

5.2.1 Aspectos físicos¹⁵

a) Localização

O município de São Félix do Xingu pertence à Mesorregião do Sudeste Paraense e a Microrregião de São Félix do Xingu. Sua sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 51°59'15" WGr e 06°39'30"S. Tem como principal via de acesso a rodovia PA-279. Limita-se ao Norte com os municípios de Senador José Porfírio, Altamira, Anapú, Novo Repartimento, e Água Azul do Norte, a Sul com o Estado de Mato Grosso, a Leste com os municípios de Marabá, Parauapebas, Tucumã, Ourilândia do Norte, Santana do Araguaia e Cumarú do Norte e finalmente a Oeste¹⁵ com o município de Altamira.

¹⁵ As informações contidas neste subtítulo foram extraídas das Estatísticas Municipais elaboradas pela Secretaria de Planejamento Orçamento e Finanças – SEPOF do ano de 2006, e também de IBGE no seu módulo interativo cidades@.

b) Solos

Predominam no município, em associação, o Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente a eutrófico; Podzólico Vermelho-Amarelo e solos litólico distrófico; Gleys e eutrófico e distrófico e solos Aluviais eutrófico distrófico; Terra Roxa Estruturada eutrófica; Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

c) Vegetação

A caracterização geral da vegetação apresenta a Floresta Equatorial Latifoliada dos subtipos aberta mista e aberta latifoliada predominando ao norte do Município. Apresenta grandes extensões dos subtipos de Savana, Cerradão, Campos Cerrados e Parques característicos das sub-regiões de relevo residual sul da Amazônia ao longo dos cursos d'água eventualmente ocorre a mata de galeria. Nas áreas inundáveis está presente a floresta de várzea, abrigando espécies ombrófilas dicotiledôneas e palmáceas.

d) Geologia e Relevo

O Município apresenta uma estrutura geológica complexa, predominantemente constituída por rochas cristalinas e metassedimentares da idade Pré-Cambriana, que constituem as unidades: Complexo do Xingu, Grupo Grão-Pará, Super grupo Uatumã com seus componentes: Formação Iriri, Granito Serra dos Carajás, Formação Sobreiro, Formação rio Fresco, e a cobertura de plataformas representadas pelas formações Gorotire e Triunfo. Ao longo dos principais cursos d'água, em alguns trechos, desenvolveram-se algumas planícies de inundações, com a disposição de material inconsolidado, de idade quaternária.

O relevo insere-se nas unidades morfoestruturais do Planalto Dissecado do Sul do Pará e Depressão Periférica do Sul do Pará, cujas formas específicas apresentam áreas planas "inselbergs", chapadões e outras, onde se destaca a porção Ocidental da Serra dos Carajás.

e) Hidrografia

O curso d'água de maior expressão é o rio Xingu. Afluente da margem direita do rio Amazonas, tem sua nascente na Serra do Roncador no Estado do Mato grosso e percorre cerca de 1.980 km até sua foz. Por ser um rio de planalto, apresenta várias quedas d'água dentro do Município, possui vários afluentes, destacando-se, de montante para jusante: Ribeirões de Paz, Petita, José Brito, rio

Fresco, e os Igarapés Triunfo, Porto Seguro, Baú, São José e Portal. Na confluência entre rio Fresco e rio Xingu está situado a sede de São Félix do Xingu.

f) Clima

O clima apresenta um caráter de transição, que se caracteriza em sua maior parte, pelo tropical quente e sub-seco, com temperatura variando entre 27 e 15 graus Celsius. A precipitação pluviométrica é de aproximadamente 1.423 mm/ano.

5.2.2 Configuração da ocupação da terra em São Félix do Xingu¹⁶

A expansão da fronteira agrícola no Pará teve ligação direta com os programas governamentais dos anos 70, que consolidaram a colonização a margem das grandes rodovias, abrindo espaços para a reprodução da pequena produção familiar que se caracterizaria, inicialmente, como principal ator social na região da Transamazônica.

Com o passar dos anos, os processos de sucessão da terra, incentivados pela chegada de novos atores, que seriam os fazendeiros capitalizados, os grandes empreendimentos minerais, os projetos de energia e da madeira, acabam por se contrapor com a lógica de funcionamento inicial, a lógica da pequena produção.

No caso de São Félix do Xingu, a expansão destas frentes é reflexo da ocupação em grande escala ocorrido em outro município paraense, Marabá, além disso, frentes formadas grande parte por goianos, tocantinos e mineiros, chegam a região nos anos 80 visando a exploração de mogno e investimentos na pecuária.

Os chegados em São Félix pós anos 80, com seus interesses extrativos, minerais, florestais ou pecuaristas, tiveram relação direta com as estradas existentes e construídas na região, pois foram estas que orientaram a abertura de novas áreas, e assim foram redesenhando o espaço de São Félix inclusive no espaço urbano da sede municipal, e assim definindo um novo padrão de uso da terra no município de antiga tradição agroextrativista.

A paisagem do município começa a sofrer consideráveis alterações a partir de 1985, quando há um incremento das grandes estabelecimentos que tem a pecuária

¹⁶ As informações constantes neste sub-capítulo foram baseadas em observações de campo desenvolvidas pela REDE GEOMA, no período de 2004 e 2005 e no relatório da consultoria financiada pelo Banco mundial intitulado: Estudos sobre a dinâmica social na fronteira e expansão da pecuária na Amazônia, do ano de 2002.

como atividade principal, a ausência de regularização fundiária, faz com que esta atividade acabe por consolidar a propriedade da terra, seja ela titulada ou não. Assim, o tamanho predominante destes estabelecimentos ficam entre 2500 a 3000ha. Existem ainda áreas onde são estabelecidos lotes contíguos que são distribuídos entre membros da mesma família, estas áreas podem chegar a 30.000ha.

Estas apropriações de terras por grandes fazendeiros têm relação diretamente proporcional ao rebanho bovino, que ainda se encontra em expansão na região. Contudo, há grandes estabelecimentos que se destinam a valorização de terras no mercado, visando futuras negociações, estes geralmente não abrigam o fazendeiro, e são controlados pela peonagem ou administrados sob parceria como outros fazendeiros locais.

Ao observarmos outros estabelecimentos da região, nos deparamos com outra categoria, o Médio, (visto que existe uma escala utilizada pelos próprios fazendeiros da região que dividem os estabelecimentos em pequeno, médio e grande), o estabelecimento rural de um produtor assim considerado chega ao tamanho de 1.000 a 1.500 ha podendo até chegar a 2.000 ha e localidades próximas da região do Iriri, nestes estabelecimentos a atividade predominante também é a pecuária.

Os pequenos produtores inicialmente foram se instalando às margens das vicinais, em áreas que variavam de 60 a 150 ha em média, não sendo possível precisar um tamanho ideal devido a ausência do cadastro fundiário na região. Contudo, de acordo com Castro et al.(2002), a região do Projeto de Assentamento São José representa o padrão de ocupação da terra por pequenos produtores na região por se tratar do mais populoso e antigo, onde segundo estes autores, a pequena produção se assemelha com grandes e médias no que diz respeito a concentração fundiária. Podem-se observar particularidades neste Assentamento, como a presença de lotes de mais de 1.500 ha. A tabela 1 apresenta um extrato da situação dos lotes do assentamento no ano de 2002.

Apesar dos próprios atores envolvidos no uso da terra na região de São Félix criarem uma tipologia de produtores/estabelecimentos, é possível observar que as categorias (pequeno, médio, e grande) quando associadas a área do estabelecimento, se diferem da maiorias das regiões do Brasil e até mesmo da Amazônia, o tamanho de um estabelecimento considerado grande no Sul do país,

em São Félix muitas vezes é a área ocupado por um pequeno, o que não tem relação direta com produção, intensificação, rentabilidade e outras características da produção agrícola.

Tabela 1 : Distribuição por tamanho dos lotes do PA São José

Lotes em Hectares	Quantidade	
	Absoluto	%
Menor ou igual a 30	7	1,82
31 a 40	15	3,91
41 a 60	106	27,6
61 a 100	137	35,68
101 a 150	89	23,18
151 a 300	20	5,21
300 a 500	3	0,78
501 a 1000	1	0,26
1001 a 1500	3	0,78
Maior que 1500	3	0,78
Área total de lotes	384	100

Fonte: CASTRO, 2002

5.3 INFORMAÇÕES ESPACIAIS E PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

5.3.1 Dados cartográficos, imagens de satélite e dados do desflorestamento

Todas as informações cartográficas foram obtidas em meio digital em formato *Shapefile* (*.shp), facilmente aceito pelos diversos sistemas de informações geográficas descritos na tabela 2.

Tabela 2: Material cartográfico utilizado.

Feição Cartográfica	Escala	Fonte	Ano
Limites municipais e Sedes municipais de: São Félix do Xingu, Tucumã, Altamira, Ourilândia do Norte, Água Azul do Norte, Parauapebas e Marabá.	1:1.000.000	bCIMd/IBGE	2006

Hidrografia.	1:1.000.000	bCIMd/IBGE	2006
Rodovias e Estradas.	1:500.000	Sipam	2005
Áreas protegidas e Terras Indígenas.	1:1.000.000	Sema - PA	2007
Limites Assentamentos Rurais	1:100.000	INCRA	2007

Além disso, foram utilizadas 6 cenas do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), bandas 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm) e 5 (1,55 – 1,75 μm), dos anos de 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008. Onde a data de aquisição de cada cena está descrita na tabela 3.

As imagens trabalhadas foram em sua maioria escolhidas no período de junho a setembro de cada ano, por se tratar de um período com menor incidência de chuvas na região, outro fator seletivo foi cobertura mínima de nuvens possível.

Tabela 3: Órbitas e pontos das imagens Landsat e datas de aquisição.

Cenas Landsat TM 5					
224 / 64	224 / 65	225 / 64	225 / 65	226 / 64	226 / 65
12-06-2000	12-06-2000	05-07-2000	26-05-2000	26-06-2000	29-08-2000
02-08-2001	02-08-2001	17-08-2001	09-08-2001	01-08-2008	26-04-2001
13-08-2002	14-09-2002	28-08-2002	01-06-2002	11-08-2002	12-09-2002
24-08-2003	24-08-2003	30-07-2003	19-05-2003	18-06-2003	06-08-2003
25-07-2004	25-07-2004	14-06-2004	30-06-2004	07-07-2004	12-06-2004
12-07-2005	12-07-2005	16-05-2005	03-07-2005	12-08-2005	12-08-2005
01-09-2006	01-09-2006	07-08-2006	07-08-2006	23-06-2006	23-06-2006
16-06-2007	16-06-2007	23-06-2007	23-06-2007	14-06-2007	01-08-2007
04-07-2008	04-07-2008	11-07-2008	11-07-2008	02-07-2008	02-07-2008

As imagens acima foram adquiridas no catálogo de imagens disponíveis no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2009) e outras doadas do acervo particular do pesquisador Amintas Brandão Jr Além das cenas citadas, foi também adquirido o mosaico de imagens ortoretificadas Geocover (NASA, 2009) correspondente a área de estudo.

As informações utilizadas sobre desflorestamento do período entre 2000 e 2008, obtidos junto ao Programa de Monitoramentos da Floresta Amazônica por Satélite – Prodes desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, com

vistas a auxiliar o processo de classificação e extração de informação sobre aberturas causadas por novos desmatamentos.

5.3.2 Programas utilizados

Para o processamento digital de imagens foram utilizados o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING (CAMARA, et AL. 1996), versão 5.0.3, e o ERDAS 9.1, desenvolvido pela Leyca Geosystem. As operações de estatísticas espaciais e demais cálculos foram executados no ArcGis versão 9.2 (ArcMap™,2008), e na planilha da *Microsoft* (EXEL). A construção do espaço celular foi executado com o programa TerraView 3.2.0 (BRASIL, 2008).

5.3.3 Informações de campo

Em 2008, o Museu Emílio Goeldi promoveu o seminário intitulado de “Desmatamento na Amazônia: um diálogo necessário. É possível? Na palestra proferida neste evento, a Dra. Bertha Becker ressaltou importância de se aproveitar todo o levantamento de informações produzidas na Amazônia, que se acumula desde a década de 70. Em suas palavras ressaltou: *“Não precisamos mais nos sacrificarmos para levantar informações sobre a Amazônia, exceto casos específicos, muito já foi feito, temos agora que gerar resultados do que temos, isso ajudará no desenvolvimento da região.”*

É de conhecimento que inúmeras redes de pesquisas foram formadas nas últimas décadas para o desenvolvimento de estudos na Amazônia, dentre as quais se destaca a Rede Temática de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia - GEOMA, que desenvolve pesquisas na região amazônica desde 2003 em diversos campos da ciência.

Uma das linhas de pesquisa deste grupo estuda questões que envolvem a Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra na Amazônia, onde uma de suas áreas de estudo é justamente a região de São Félix (SUB-Projeto Pecuária). Desde 2004 são realizados levantamentos de campo nesta região por grupos de pesquisadores das instituições envolvidas no projeto (Museu Goeldi, UFPA, Embrapa, INPE). Esta pesquisa, por ter se desenvolvido no âmbito desta rede, fez uso de parte do arcabouço de informações levantadas em campo, assim como das publicações geradas pelo grupo, com intuito de construir, criar e validar a metodologia proposta por este trabalho se desenvolveu no âmbito desta Rede.

Além dos projetos de pesquisa, dois estudos foram fundamentais para se conhecer os processos ocorridos na área de estudo. O levantamento realizado por Veiga et al em 2004, que resultou no livro “Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia, Pará, Brasil”, e o Relatório solicitado pelo Banco Mundial, executado por Castro et al. Intitulado de “Estudo sobre dinâmicas sociais na fronteira, desmatamento e expansão da pecuária na Amazônia”, realizado em 2002.

5.4 MÉTODO

Nesta seção são descritos os procedimentos utilizados na construção dos mapas de espacialização dos atores envolvidos no desmatamento na área de estudo segundo as variáveis; número de atores presentes e área desmatada por cada ator, assim como o mapa de remanescente florestal, que proporcionaram as análises e considerações desta pesquisa.

5.4.1 Escolha das bandas espectrais nas imagens Landsat sensor TM 5

A informação importante para o desenvolvimento da pesquisa foi a identificação do comportamento espectral de dois principais alvos de interesse: floresta e não floresta (áreas desmatadas, áreas urbanas, cerrado, serras).

As bandas escolhidas para análises foram banda 3 (0,63 - 0,69 μm); 4 (0,76 a 0,90 μm); e 5 (1,55 - 1,75 μm). A seleção das referidas faixas do espectro obedeceram ao exposto por Novo (2008) que caracteriza as aplicações de cada banda como: banda 3, nesta a vegetação verde densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas sem a presença de cobertura vegetal. Esta banda também possibilita o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca vegetação, manchas urbanas têm alta reflexão de energia nesta banda o que dá um tom mais claro aos alvos com estas características possibilitando a identificação de novos loteamentos, e, por conseguinte devido possibilidade de distinção de áreas com pouca vegetação é possível a identificação de áreas agrícolas.

Banda 4 (0,76 a 0,90 μm), nesta faixa do espectro os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens.

Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas e também tem eficiência na identificação de áreas agrícolas.

Banda 5 (1,55 - 1,75) apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. É preciso chamar a atenção sobre esta banda, pois esta sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

Estas bandas foram utilizadas para a realização de composições coloridas, utilizando o sistema de informação geográfica ArcGis 9.3, pois para Martinelli (2006) o olho humano é capaz de distinguir melhor mistura de cores a tons de cinza, que é a resposta visual quando se trabalha com uma apenas uma banda.

A composição realizada foi Banda TM5 (Red), Banda TM 4 (Green) e Banda TM3 (Blue). Segundo Florenzano, (2002) esta é uma das composições mais utilizadas em sensoriamento remoto quando se pretende estudar os processos de alteração no uso e cobertura da terra. Depois de realizada o processo de combinação, o resultado é uma nova imagem colorida que foi salva em formato GeoTiff.

5.4.2 Pré - Processamento das imagens

Nesta fase, primeiramente trabalhou-se a correção geométrica das imagens relativas a todas as cenas Landsat. Para registrar as imagens iniciais foram utilizadas as cenas correspondentes, extraídas do mosaico *GeoCover*, em formato MrSID, com projeção LAT/LONG e Datum WGS 84, estas foram reprojctadas para coordenadas planimétricas, projeção UTM Zona 22 Sul, e Datum SAD 69. Baseado nesta fonte foi realizado o registro da imagem base (2000), servido esta como referencia para o registro das demais cenas.

O registro automático entre a imagem de base e as Imagens de 2001 a 2008, foi realizado no programa ERDAS Imagine 9.1, a partir de sua extensão *IMAGINE AutoSync*. Esta extensão adota um algoritmo que é capaz de gerar centenas de pontos de controle e produzir um modelo matemático para a correção das imagens a serem registradas.

Este método de georreferenciamento é denominado imagem a imagem, onde a partir de uma imagem georreferenciada, é possível se georreferenciar outras, desde que estas imagens ocupem a mesma órbita ponto. O método de correção

geométrica automática tem sua maior eficiência, quando as imagens utilizadas apresentam menos percentual inferior a 5% de nuvens por quadrante da cena. Este processo elimina quase que completamente a coleta manual de pontos.

Após a execução anterior o método foi replicado para as imagens dos anos restantes obedecendo ao critério de cenas o resultado do georreferenciamento foi um erro médio (RMS) variando entre 0,3 e 0,8 *Pixels*.

Terminando o registro, as imagens foram recortadas de acordo com os limites da área de estudo (Figura 7), o que resultou em 6 fragmentos de cenas que foram classificados posteriormente.

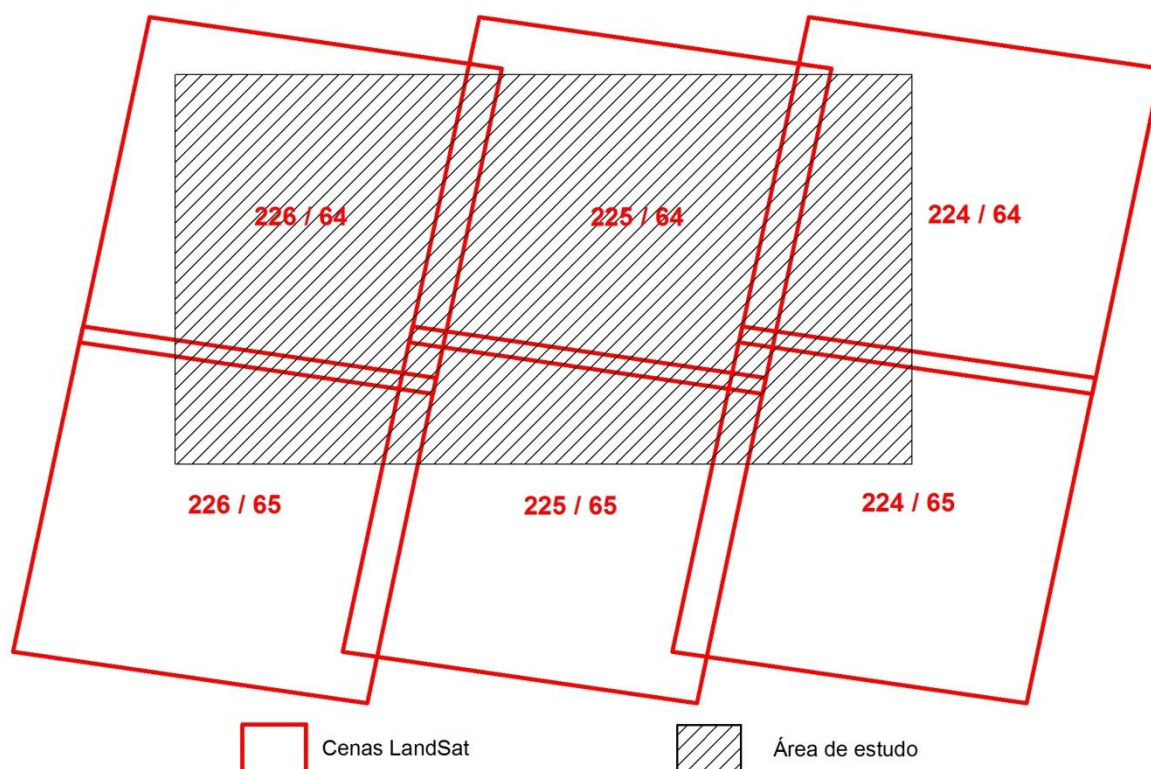


Figura 7: Imagens que foram unidas pela operação de mosaico, e a área de recorte.

5.4.3 Obtenção dos polígonos de desmatamento

5.4.3.1 Classificação das Imagens

Os fragmentos das cenas foram classificados individualmente devido a não coincidência de datas entre a totalidade das imagens, este procedimento é necessário, pois momentos diferentes de coleta, geram diferentes interferências e

respostas espectrais, isto ocorre pela quantidade de elétrons livres na atmosfera, situações climáticas diferentes, posição angular do sensor, entre outros fatores (LILLESAND; KIEFFER, 2000).

A classificação das imagens foi realizada de acordo com o modelo utilizado por Câmara et al. (2006), e divulgado em “Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal”, esta metodologia de classificação executa a transformação dos dados radiométricos das imagens em imagens de componente de cena (vegetação, solo e sombra) aplicando o algoritmo denominado de Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME).

O objetivo é concentrar a informação sobre o desmatamento, em uma a duas imagens, com segmentação em campos homogêneos das imagens dos componentes solo e sombra para assim executar classificações não supervisionada, e por campos das imagens de solo e de sombra. Posteriormente se executa o mapeamento das classes não-supervisionadas em classes informativas (desmatamento do ano, floresta etc.), e na sequência se realiza a edição do resultado do mapeamento de classes, para a elaboração de mosaicos das cartas temáticas.

Contudo, este trabalho diferencia da metodologia de Câmara em dois pontos: as imagens não têm como base de referência a data de 1º de agosto; e não houve reamostragem dos pixels para 60 metros, permanecendo na resolução inicial de 30 metros.

Já finalizado o processo de classificação, os temas resultantes, foram agrupados em duas classes majoritárias floresta e não floresta, definidas através do processo de reclassificação que resultou em um arquivo formato raster (figura 8).

A classificação gerou um novo raster, que foi convertido para formato GeoTiff, e importada para o software ArcGis 9.2, onde através do módulo *ArcToolbox* com a ferramenta *Conversion tools*, a imagem foi convertida para o formato vetorial *Shapefile* (*.shp) na primitiva geométrica polígono (*acumulado_ano*).

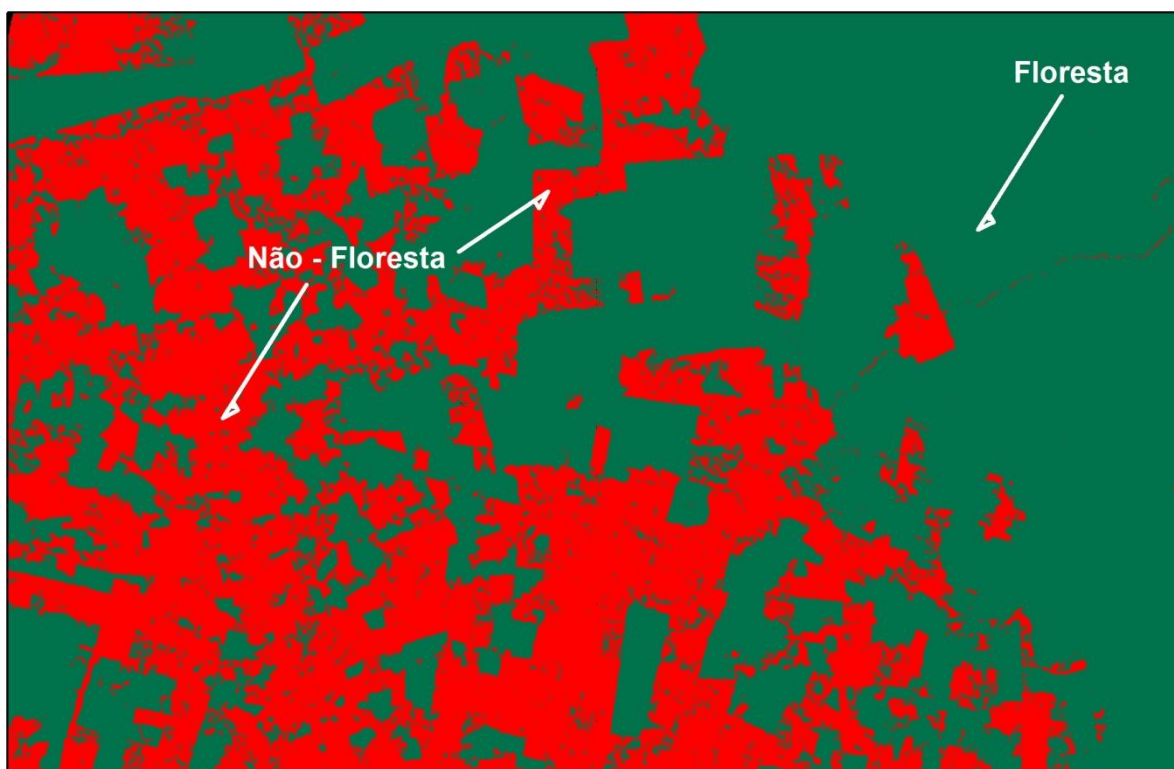


Figura 8: Resultado da reclassificação em floresta e não-floresta.

Inicialmente os polígonos gerados representaram o desmatamento acumulado anual dos anos 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008, adicionado das informações que não constituem vegetação (cerrado, área urbana, hidrografia, nuvem) formam a classe não-floresta anual acumulado, o restante foi considerado a classe floresta.

5.4.3.2 Operações de álgebra de mapas

- a) Separação das classes não floresta e desmatamento: Com vistas a fazer a distinção entre as diversas classes onde há a ausência de floresta, foram utilizados os dados vetoriais do projeto PRODES, estes serviram como máscara de recorte. Para a construção da área a ser excluída da imagem foram selecionados através da ferramenta *Select by attributes* do ArcGis, os polígonos correspondentes as classes não floresta, hidrografia, nuvem, que foram posteriormente agrupados e resultaram em um novo arquivo **.shp (n_flo_prodes_ano)*. Na sequência, este foi utilizado como base para a operação *Erase*, integrante do módulo *analyses tools* do ArcGis, este procedimento

executa a função de remover as formas compatíveis a mascara aplicada, ou seja, a área do arquivo *acumulado_ano* interseccionada com *n_flo_prodes_ano* é excluída, o restante é considerado o desmatamento acumulado de cada ano, gerando um novo arquivo denominado de *des_acum_ano*.

- b) Geração dos incrementos anuais do desmatamento: dos arquivos de desmatamento anual acumulado, são extraídos os incrementos anuais de desmatamento, seguindo o mesmo princípio utilizado no passo anterior. Esta situação pode ser expressa pela fórmula $des_acum_2000 - des_acum_2001 = inc_desm_2001$.

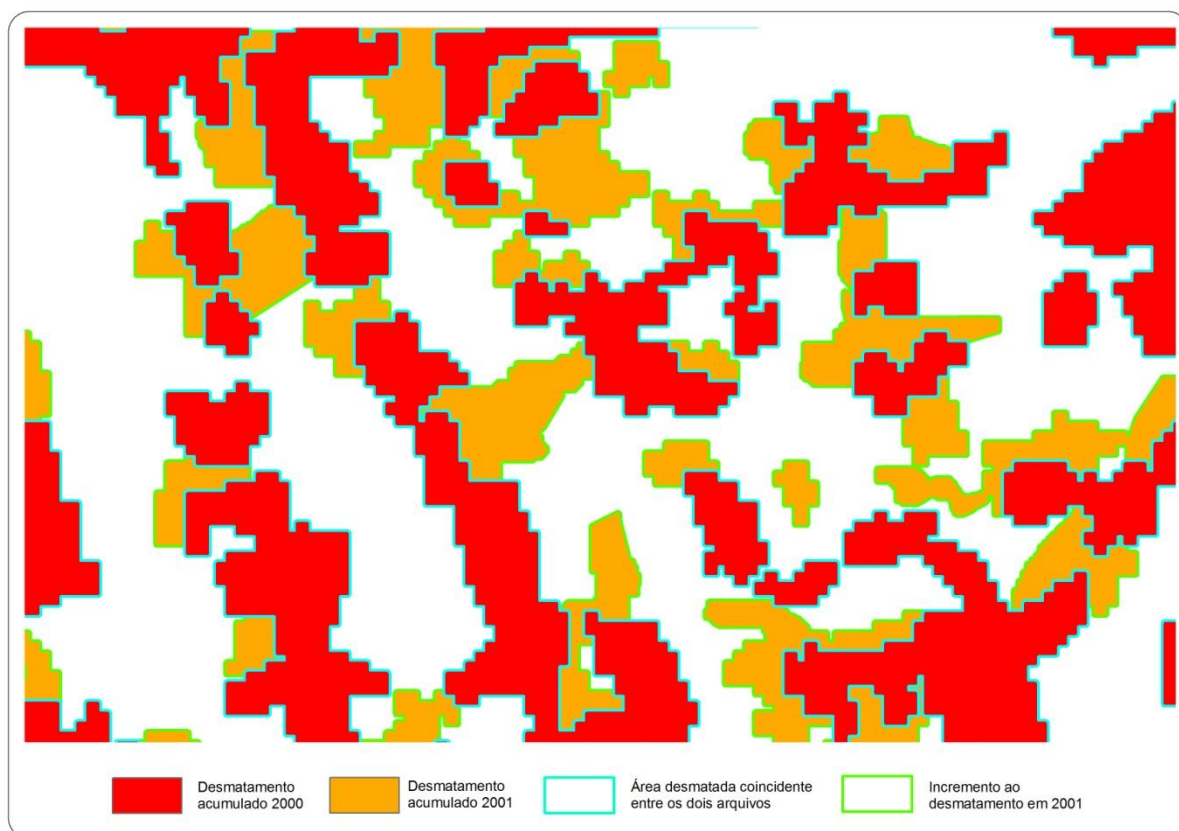


Figura 9: Operação de álgebra de mapas para geração do incremento.

c) União de incrementos: após as análises individuais dos incrementos gerados, chegou-se a conclusão que para se conseguir as respostas propostas no capítulo 3, seria necessário o agrupamento de três incrementos anuais, pois individualmente, alguns incrementos forneciam informações insuficientes a uma análise que se aproximasse do observado em campo. Assim, foram gerados três novos arquivos; *inc_01a03* agrupa os incrementos dos anos 2001, 2002, 2003; *inc_03a06* agrupa os incrementos dos anos 2004, 2005, 2006; *inc_06a08* agrupa os incrementos dos anos 2006, 2007, 2008. Para esta construção, foi utilizada a operação *Union* localizada no menu *Analysis Tools* no módulo *ArcToolBox* do *ArcGis*, esta ação pode ser entendida pela expressão:

$$inc_desm_2001 + inc_desm_2002 + inc_desm_2003 = Uniao_01a03.$$

5.4.4 Construção das células de ocupação

Amparado pela literatura onde se afirma que segmentar o espaço é um método eficiente para se entender os fenômenos que lá ocorrem (ESCADA, 2003), a área de estudo foi seccionada em células de ocupação, que consistem em uma fração territorial com área definida, onde é possível agrupar às aberturas feitas por qualquer ator, possibilitando a agregação ou isolamento de uma determinada variável generalizando os resultados em regiões que facilitam as análises.

Neste trabalho as células unitariamente ocupam 100 km², a partir dos testes executados utilizando outros tamanhos, esta medida foi definida como sendo aceitável para a generalização baseando-se nos processos observados em campo, pela equipe multidisciplinar descrita no item 5.3.3.

Baseados em um arquivo vetorial (*.shp) que representava a totalidade da área e estudo, gerou-se as células com o auxílio do programa Terra View (Inpe), o arquivo foi importado e através do módulo “*criar espaço celular*”, a área comportou 800 células de ocupação, tendo cada uma um identificador único *identification data* (ID).

5.4.5 Definição das classes de atores do desmatamento

Baseado na assertiva que as atividades agropecuárias, são as que têm impacto significativo na remoção da floresta, foram criadas as classes de atores envolvidos no uso da terra, que serviram como base para analisar qual o impacto destes no processo de desmatamento da área de estudo.

Ator define o tipo de produtor rural envolvido na análise. Neste trabalho, o critério para a definição dos tipos foi norteado pelas observações de campo e publicações descritas no item 5.3.3.

Para definir a tipologia dos atores, se obedeceu ao critério de tamanho de abertura na floresta, cada polígono correspondente ao incremento de cada ano teve sua área calculada em hectares, e inicialmente, esta medida foi usada para qualificar cada ator, configurando as seguintes regras:

- 1) Pequeno: a este ator foi atribuído os incrementos anuais com tamanho até 30 ha, nesta categoria enquadram-se - pequenos agricultores que desenvolvem atividades agrícolas, subsidiadas pela mão de obra predominantemente familiar, e/ou pequenas criações de gado. Geralmente desenvolvem aberturas de formas irregulares, tanto para culturas quanto para pasto em propriedades que variam entre 50 e 100 ha, mas que podem chegar até 300 ha.
- 2) Médio: a este ator foram atribuídos os incrementos maiores que 30 e inferiores a 100 ha. Nesta categoria enquadram-se os produtores rurais que não dependem da mão de obra familiar, e geralmente possuem outra fonte de renda oriunda de atividades relacionadas a criação de gado, e também da renda gerada pela especulação de terras. Este proprietário pode ter sua área variando entre tamanhos de 100 a 2.000 ha.
- 3) Grande: a este ator, foram atribuídos os incrementos maiores que 100 e inferiores a 500 ha, quase em sua totalidade desenvolvem atividades ligadas à pecuária, e estão geralmente associados aos fazendeiros. Geralmente desenvolvem aberturas regulares e de grandes áreas.

- 4) Muito Grande: a este ator, foram atribuídos os incrementos maiores 500 ha, também estão ligados diretamente a atividades de pecuária, são geralmente donos de grandes fazendas e empresas agropecuárias.

5.4.6 Definição das métricas da paisagem

Com vistas a facilitar a distinção entre as classes estipuladas, foram utilizadas as chamadas métricas de paisagem, que já teve seu conceito trabalhado no item 5.1.5. Devido à necessidade da pesquisa em caracterizar as aberturas na floresta, as métricas mais adequadas são aquelas que operam no nível de regiões, pois dão ênfase a características espaciais como área, compactação, contigüidade, complexidade da forma e circularidade (SILVA, 2006).

Nesta pesquisa as métricas foram aplicadas a partir do arranjo espacial e padrão das aberturas na floresta. Para tanto foi utilizado o programa Fragstats Spatial Pattern Analysis, desenvolvido por McGarigal e Marks, em 1994 (ELKIE et al., 1999), esse programa é específico para análise de fragmentação de paisagem, e através da extensão Patch Analyst que simplifica a utilização do programa anteriormente referido, foi instalado no SIG ArcGis 9.2. Assim as métricas trabalhadas foram:

- 1) *Perímetro em metros:*

$$PERIM = P_{ij} ,$$

onde i é o identificador da paisagem, e j é o identificador da região propriamente dita e P_{ij} é o perímetro em metros da região i na paisagem j .

- 2) *Área em hectares:*

$$AREA = a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right),$$

onde a_{ij} é a área em metros quadrados da região i na paisagem j .

3) Índice de formato da região (SHAPE)

$$SHAPE = \frac{P_{ij}}{\min P_{ij}},$$

onde P_{ij} é o perímetro e $\min P_{ij}$ é mínimo perímetro possível para uma região maximamente compacta (formato de quadrado) da correspondente área. Igual a 1 para regiões mais compactas possíveis como o quadrado ou um semi-quadrado, e quanto mais distante de 1 mais irregular é o formato da região.

5.4.7 Classificação dos polígonos de desmatamento

Unitariamente os polígonos gerados foram associados de acordo com as classes estabelecidas. Através da métrica *Área em hectares* obteve-se o tamanho de cada polígono, além do identificador (*ID*), cada polígono contém agora dois novos atributos, *Area_ha que determina o tamanho de cada polígono em ha*, e outro campo denominado *Classe*.

O campo *Classe* tem a função de representar a que tipo de ator pertence cada polígono, e teve como regras para o seu preenchimento as seguintes equações:

- 1) Pequeno: $Area_ha \leq 30$
- 2) Médio: $Area_ha > 30$ AND $Area_ha \leq 100$
- 3) Grande: $Area_ha > 100$ AND $Area_ha \leq 500$
- 4) Muito Grande: $Area_ha \leq 500$

As equações acima foram executadas no recurso *Select by Attributes* do ArcGis, que executa algoritmos simples na estrutura *Sql (Structured Query Language)*. Após os polígonos selecionados utilizando a ferramenta *Field calculator* no mesmo programa, era definido a qual classe é referida cada polígono.

5.4.8 Preenchimento das células de ocupação

Para o preenchimento das células, foram executadas operações de junções de informações, ou seja, associar uma feição a outra a partir de um ponto em comum. O arquivo contendo os atributos de área e classe, passaram pela operação denominada de *“Intersecting layers masks”* contida na ferramenta *“Cartography Tools”* do ArcGis. Nesta operação, através de um cruzamento espacial, é possível atribuir a cada polígono o *ID* da célula de ocupação que o abrange, permitindo assim agora sabermos a que célula cada polígono pertence, esta informação é inserida em um novo campo de atributo denominado de *“Celula”*.

Com todos os polígonos cruzados, foram definidos parâmetros de preenchimentos, estes foram determinados de acordo com o tipo de análise proposta, e seguiram as seguintes diretrizes:

- 1) Por maior número de ator presente em uma célula.

Para esta análise, as células foram classificadas de acordo com o maior número de polígonos de uma determinada classe abrangidas por cada célula. Os índices das classes foram obtidos utilizando a operação tabular *“Summarize”* no ArcGis. Isto consiste em adotar um campo onde todos os atributos pertencentes a este serão analisados, os objetos com a mesma nomenclatura unificados, e o atributo indicado, somado. O campo utilizado para a unificação foi o *“Célula”*, e o somado foi *“Area_ha”*. Cada procedimento foi realizado em uma única classe, que gerou 4 tabelas contendo o número de atores em cada uma das 800 células da área de estudo. De posse destas tabelas, foi feita a espacialização dos valores encontrados através da ferramenta *“Join”* tendo como o indexador espacial o campo *“célula”*. A resposta é um arquivo de espaço celular com os atributos, que permitem a informação de quantos atores estão presente na célula gerando um novo arquivo denominado *“Class_modal_Ano”*.

2) Por área desmatada na célula.

Para esta análise, as células foram classificadas através da porcentagem de área desmatada por uma determinada classe. Estes índices foram obtidos, utilizando os resultados gerados pela operação anterior, onde o campo “*Area_ha*” já foi totalizado, e associado a cada ator e célula de ocupação correspondente. Contudo para a obtenção do percentual de cada ator, somou-se o índice de desmatamento total de cada célula e deste foi extraído o percentual de cada classe que gerou um novo arquivo “*Perc_desm_ano*”.

3) Por percentual de floresta.

Para esta análise, as células foram classificadas de acordo com o percentual de floresta remanescente em cada célula, estes valores foram obtidos quantificando o desmatamento acumulado de cada intervalo de tempo, adicionados dos polígonos referentes à hidrografia, na escala 1:1.000.000, e não-floresta baseado-se nos dados disponíveis no PRODES. Após isto foi calculada a área em ha de todas as classes (desmatamento, Hidrografia e não floresta) e subtraída da área total da célula, o resultado foi considerado a área ocupada por floresta e teve seu valor convertido em porcentagem, que gerou o arquivo “*Perc_Flo_ano*”.

5.4.9 Geração de mapas temáticos

Após o preenchimento das células, foram gerados mapas temáticos para balizar as discussões e atender o proposto no capítulo 3 deste trabalho. A geração dos temáticos foram divididas em dois modelos:

1) Valor único (*Unique values*)

Os mapas gerados segundo este modelo se basearam na descrição espacial de uma variável, que é definida entre os atributos fornecidos por um arquivo. Cada célula assume uma forma única, atrelada a variável apontada para classificação.

Nas análises onde a espacialização dos atores foi determinada pela maior presença deste, a regra utilizada foi a espacialização do campo "Ator". Este campo foi gerado no arquivo "Class_modal_Ano", e seu preenchimento foi feito de acordo como o maior número de polígonos de uma classe na célula, assim foram espacializadas as quatro classes: Pequeno, Médio, Grande e Muito Grande.

Nos mapas que tomaram como parâmetro para classificação da célula a porcentagem de desmatamento efetuado por cada ator, mostrou - se a necessidade de agrupamento de algumas classes, devido à proximidade das áreas desmatadas.

Esta nova classificação diminuiu a abstração, mostrando uma configuração espacial mais próxima do observado em campo, às classes existentes foram adicionadas: pequeno e médio, médio e grande e misto.

Para tal, dois parâmetros definem cada célula, se o percentual de desmatamento executado por uma classe na célula supera 25 pontos percentuais de diferença em relação às demais, esta célula assume esta referida classe. Se o percentual das classes Pequeno e Médio for superior as demais, e a diferença entre estas for inferior a 25 pontos percentuais, a célula assume a classe Pequeno e Médio. Ocorrendo a mesma situação descrita anteriormente, porém as classes envolvidas sejam Médio e Grande, a célula assume a classe Médio e Grande. Se a diferença entre 3 ou mais atores é inferior a 25 pontos percentuais, e a soma destes, é superior a classe restante, a célula assume a classe Misto. Se a diferença entre as quatro classes, é inferior a 25 pontos percentuais a célula também assume a classe Misto.

Com estes parâmetros procedeu-se a classificação das células automaticamente através da construção de linhas de programação computacional obedecendo ao padrão *Structured Query Language- SQL*, e posteriormente aplicado o método de representação temática Valor Único.

2) Interpolação:

Os mapas de interpolação foram construídos utilizando a extensão de programa "Spatial Analyst" do ArcGis. A interpolação é o processo de se estimar valores desconhecidos a partir de um conjunto de pontos de valores conhecidos que estão distribuídos ao longo de uma área. O objetivo da

construção do mapa temático por interpolação é criar uma superfície que modela os fenômenos amostrados da melhor maneira possível, a interpolação supõe que pontos próximos um dos outros, são mais parecidos que aqueles mais distantes.

Neste trabalho foi usado o que se chama de interpolação espacial, que baseada nos fundamentos de autocorrelação espacial, que vem ser a propriedade formal que mede o grau no qual as coisas próximas ou distantes estão relacionadas (ESRI, 2005). O amparo teórico que direcionou a escolha deste tipo de representação foi a primeira lei da Geografia formulada por Waldo Tobler, que diz: “ *Que tudo está relacionado com o resto, mas as coisas próximas são mais relacionadas que as distantes*” (ESRI, 2005).

Existem vários métodos de interpolação, o escolhido por nós foi o Inverso do Quadrado da Distância, pois este funciona melhor quando temos pontos de amostras densos e igualmente espaçados. No nosso caso, todos os valores das células de ocupação são conhecidos, e através de um ponto central (centróide) construído em cada célula, foi possível ter espaçado igualmente estes pontos.

Para a execução do cálculo, o valor de cada centróide foi preservado, o parâmetro fornecido para a interpolação variou de acordo com o tipo de mapa construído, exemplo: para um mapa de percentual de floresta, foi usado o campo “*Perc_flo*” e o tamanho do *pixel* de saída da imagem foi 100 metros.

O resultado da interpolação é um arquivo de imagem classificado automaticamente pelo algoritmo definido, e geralmente apresenta dez intervalos. Com a ajuda da ferramenta “*Reclassify*” do ArcGis, o arquivo foi redefinido para intervalos que em alguns mapas ficaram em 4 e em outros em 5. Os mapas gerados são apresentados no capítulo seguinte.

5.4.10 Validação dos resultados através de métricas

Após a espacialização dos atores, esta fase do método visa verificar possíveis confusões na associação polígono ator que definem as classes.

O motivo principal de ocorrência de possíveis representações confusas é o fato dos sensores remotos quando da coleta de dados, executarem o processo de

varredura espacial. Este processo associa valores a cada pixel de acordo com sua resposta espectral.

Como as imagens trabalham o comportamento espectral e a área de estudo não apresenta situação fundiária regular, os desmatamentos contíguos realizados por diferentes atores, ou também de uma mesma classe podem ser interpretados como um desmatamento único, isso causa problemas, pois em um método onde a área desmatada é o fator principal para a identificação do indivíduo, desmatamentos agrupados causados por mais de um ator, podem resultar em uma resposta espacial que remete a categorização deste desmatamento em outra classe devido a soma de suas áreas.

A fundamentação que integra o uso de métricas para dirimir este problema, é baseada na forma em que estes desmatamentos são realizados (LAMBIN, 2003; ESCADA, 2003; MERTENS, 2002; LORENA, 2008), e em comportamentos observados em campo (CLAUDINO, 2009) que remetem a dinâmica de como é executado este desmatamento.

Para este exercício foram selecionados os atores classificados como “pequeno”, pois devido serem mais numerosos, a chance de provocarem desmatamentos contínuos é maior.

Partindo desta descrição, a hipótese é que os desmatamentos com formas irregulares, que ultrapassam 30 ha de área, sejam na realidade desmatamentos pequenos, regulares executados continuamente. Para a verificação deste processo, foram selecionados todos os polígonos de desmatamentos dentro dos limites de assentamentos rurais, pois nestas regiões, é confirmado o domínio quase que total das áreas por pequenos produtores.

Após esta seleção, foram desconsiderados os polígonos da classe Pequeno, nos demais polígonos foram aplicadas três métricas: *Área*, *Perímetro* e *Shape*. As duas primeiras serviram para recalcular o tamanho das formas, pois durante o processo de seleção pode haver alguma deformação em sua dimensão.

A métrica *Shape* foi usada para calcular o quão compacta é uma forma, para o cálculo de todas as métricas foi utilizado o programa Fragstat, que é integrante do módulo “Patch Analyst” do software ArcGis, a interpretação dos resultados é feita da seguinte forma: a cada polígono é atribuído um novo atributo pelo programa chamado “SI”, esse atributo pode ser interpretado como índice de forma, e apresenta resultados onde o menor valor é 1, então quanto menor o valor (mais

próximo de 1) mais regular é a forma, e quanto mais se afasta deste valor mais irregular o é.

Resta agora definir o limiar de índice, ou seja, a partir de qual valor o polígono se considera regular ou irregular. Este valor foi estipulado através da observação das formas e índices gerados e ficou determinado que valores acima de 1,5 seriam considerados formas irregulares, e caracterizam desmatamentos contínuos. Definidos os índices e as regras, aplicaram-se as métricas em cada ator isoladamente. E interpretaram-se os resultados, a sequência de aplicação pode ser descrita na figura abaixo.

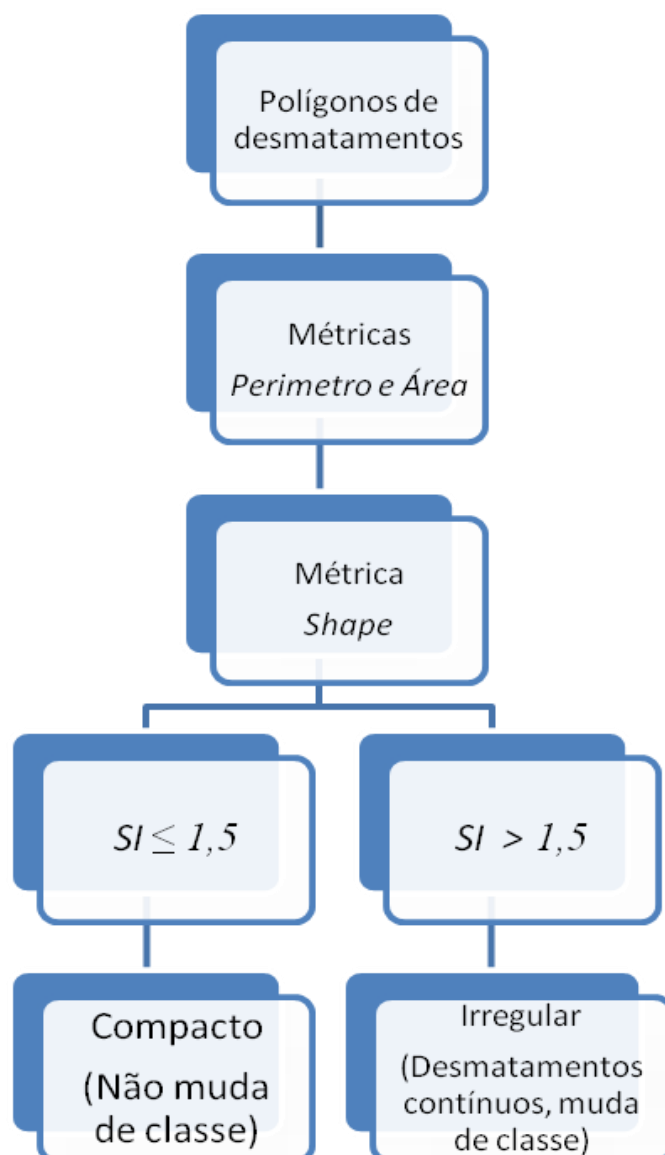


Figura 10: Etapas da validação de classes utilizando métricas.

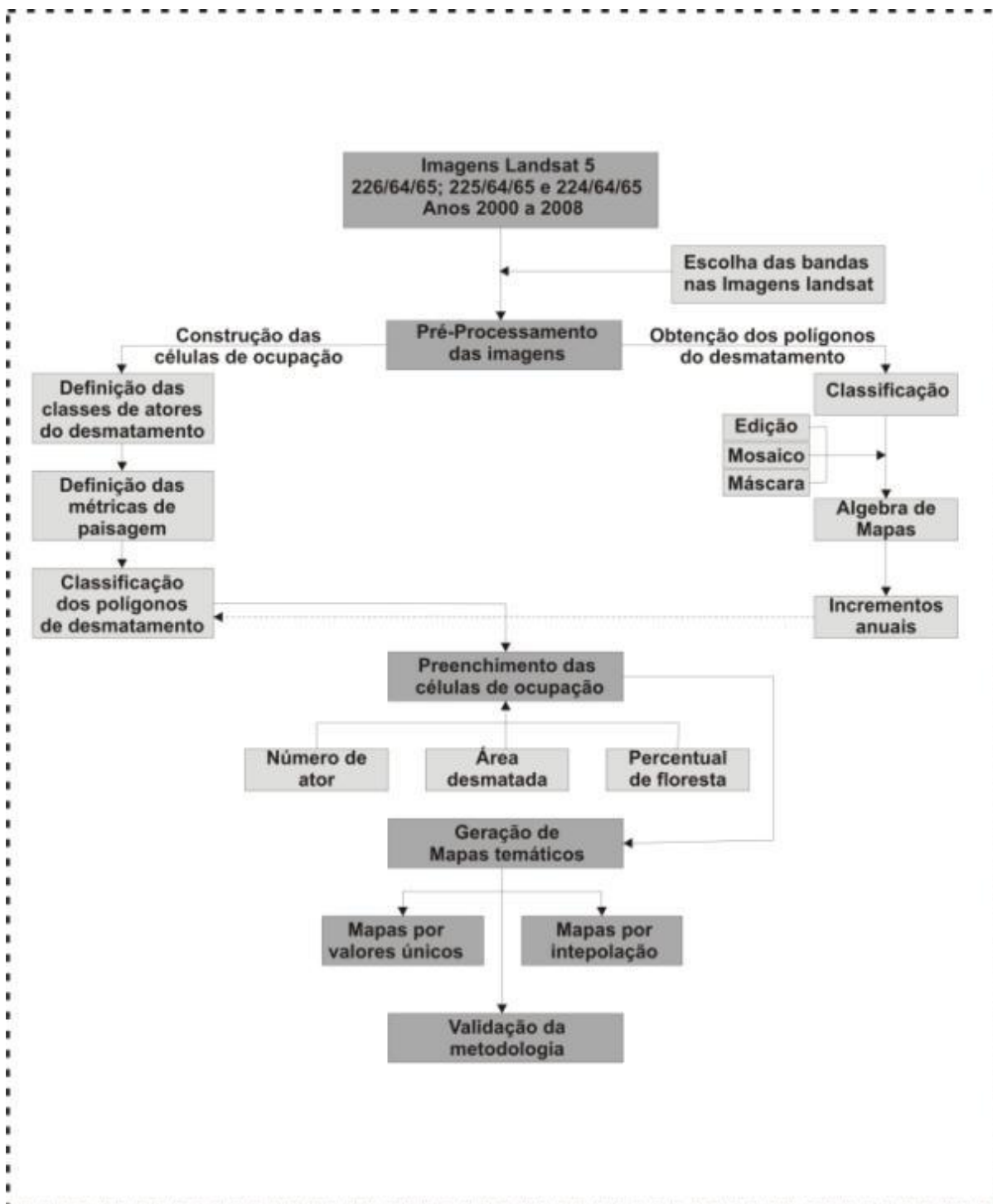


Figura 11: Fluxograma contendo a metodologia utilizada

6 RESULTADOS

Os resultados compreendem a análise feita nos três períodos propostos (2001 a 2003; 2004 a 2006 e 2006 a 2008) no que tange ao desmatamento ocorrido na área de estudo, e no comportamento dos atores envolvidos neste processo.

6.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COBERTURA FLORESTAL NA ÁREA DE ESTUDO.

A situação da floresta na área de estudo, é demonstrada na tabela 4 através da comparação das classes de floresta e de não floresta. Pelos números apresentados observamos a diminuição da área total de floresta em torno de 10% entre o primeiro e o último intervalo de tempo estudado. O ritmo, embora tenha sido menor entre o segundo e terceiro períodos, mantém-se equilibrado, uma vez que temos uma taxa de desmatamento de 5,68% entre o primeiro e o segundo períodos e de 4,62% entre segundo e terceiro períodos.

Tabela 4: Cobertura florestal da área de estudo

Período	Não Floresta (km²)	Floresta (km²)
2001 a 2003	18.804	61.196
2004 a 2006	22.281	57.719
2006 a 2008	24.952	55.048

Fonte: Dados da Pesquisa

A tabela seguinte (5) apresenta os dados referentes somente à área efetiva de floresta derrubada nos três períodos n, partindo disso, observamos que entre os três períodos estudados, houve uma diminuição de 60% no avanço este tipo de vegetação. Na comparação entre o primeiro e o segundo períodos, o desmatamento foi mais intenso, indicando 43,33%, já na comparação entre o segundo e o terceiro foi 31,09%, uma redução de 12 pontos percentuais, que pode indicar mudanças na forma de apropriação dos recursos florestais, e/ou o estabelecimento de ações de contenção deste desmatamento.

Tabela 5: Incremento ao desmatamento

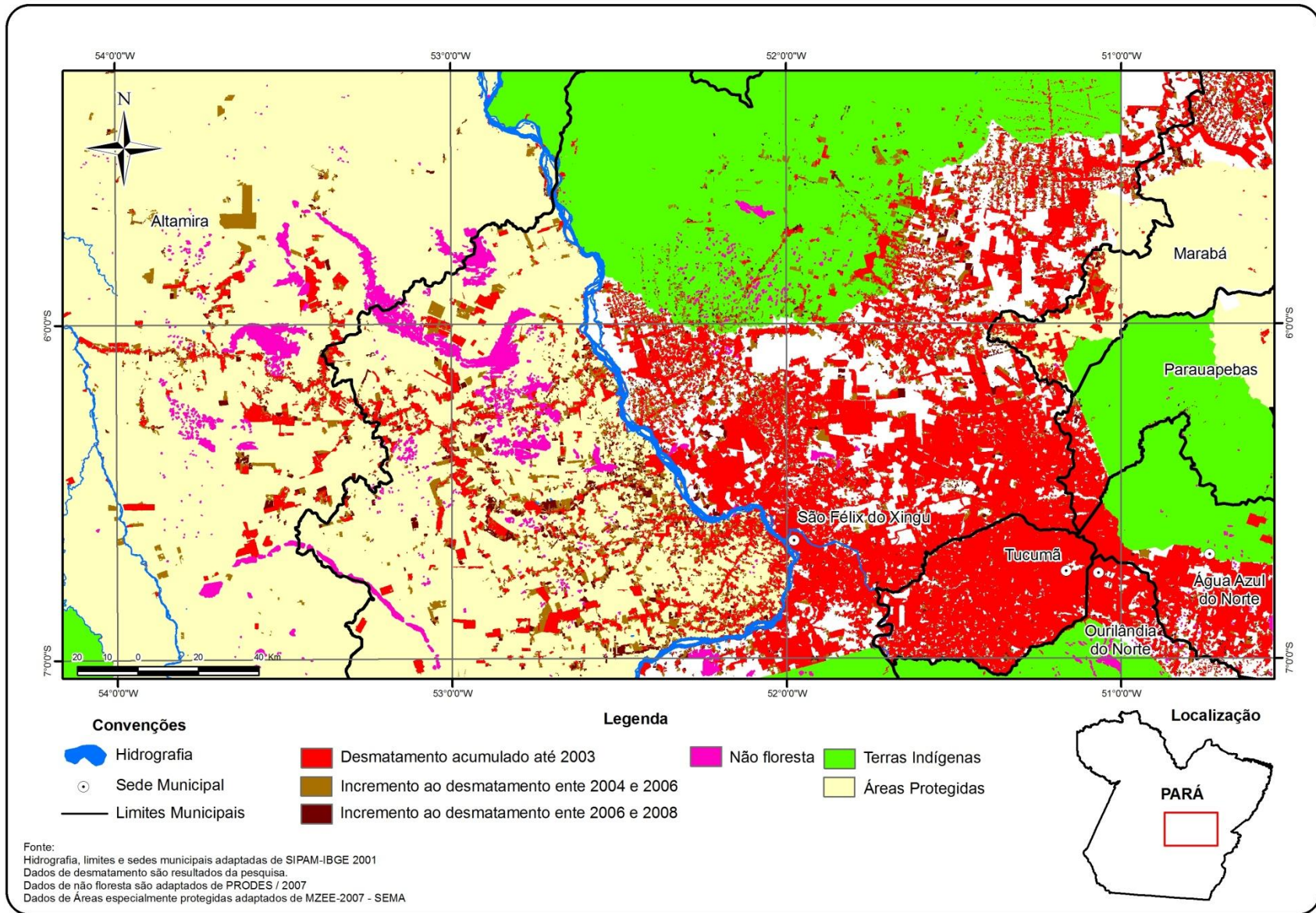
Período	Área desmatada (km²)
2001 a 2003	4.574
2004 a 2006	2.592
2006 a 2008	1.786
Total	8.952

Os valores da tabela 5 mostram a área de floresta removida nos três intervalos temporais. Estes valores não consideram áreas ocupadas por hidrografia (885 km²), serras, áreas edificadas, e desmatamentos anteriores. Leva em conta somente o desmatamento ocorrido em cada intervalo correspondente. O mapa 2 mostra a situação geral da área de estudo, revelando que as áreas de desmatamento antigo encontram-se, obviamente, na região onde a ocupação humana é mais consolidada, próximo às sedes municipais. Contudo há também antigos desmatamentos na região central do município de São Félix, onde existe uma série de assentamentos rurais implantados pelo INCRA.

6.2 AVANÇO SOBRE A ÁREA DE FLORESTA

Quando se quantifica a porcentagem de floresta existente em cada célula de ocupação, os resultados mostram que a derrubada não acontece de forma aleatória, ou seja, ela segue um ritmo e seqüências nas aberturas, sua maioria acontecem as proximidades de áreas já abertas demonstrando que não há um espalhamento de novas áreas desmatadas.

O desmatamento evolui em áreas concentradas, indicando que a abertura de novas áreas só se dá quando o recurso florestal, ou mesmo a área territorial do produtor, não supre a sua necessidade de produção. Assim, o desmatamento migra para o interior da região, transformando áreas de antigas frentes pioneiras em áreas em consolidação, e áreas onde a floresta dominava a paisagem, em novas frentes pioneiras.



Mapa 2: Desmatamento acumulado e incremento entre 2003 e 2006.

Na região de São Félix observa-se este processo, quando analisamos espacialmente o deslocamento das aberturas, é possível constatar que a barreira natural existente, Rio Xingu, não deteve o aparecimento de novas aberturas, pois se observa o avanço do desmatamento a Oeste seguindo em direção ao Rio Iriri (mapa 2), na maioria das vezes seguindo o curso das novas estradas abertas na Frente.

Quando a segmentação do espaço foi aplicada, se estratificou o remanescente florestal da região em áreas de 100 km² (tabela 6). Acompanhando a espacialização das células nos três períodos (figura 12) percebe-se que as áreas de menor percentual de floresta (até 25%) se concentram na região consolidada da frente pioneira e avançam direções adentro.

Se analisarmos estes movimentos baseados no espaço segmentado, podemos observar que a transformação de uma célula com um determinado percentual de floresta, em outra onde o percentual de floresta menor, se dá quase sempre quando a vizinhança desta célula é composta por outras com o percentual inferior de floresta, ou seja, a probabilidade de uma célula com determinado porcentagem de floresta mudar para uma célula com a esta porcentagem diminuída, aumenta ou diminui de acordo com sua vizinhança, e é essa dinâmica que dá o movimento do desmatamento, e segundo Câmara (2005) é a chamada dependência espacial.

Tabela 6: Porcentagem de floresta remanescente por período

Qtd. de floresta remanescente por cel. de ocupação (%)	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008
Até 25	8,38	9,62	9,80
Entre 26 e 50	8,12	11,13	14,5
Entre 51 e 75	17,25	19,75	18,17
Acima de 76	66,25	59,5	57,63
Total	800	800	800

6.3 RELAÇÃO ÁREA DESMATADA E TIPO DE ATOR DO DESMATAMENTO

As métricas aplicadas para obtenção destes produtos possibilitaram acompanhar o movimento de cada ator na efetiva construção de aberturas na floresta. A tabela 6 nos mostra uma diminuição de atuação de todos os tipos de atores entre os períodos estudados. Os atores denominados de Muito Grande, apresentam as maiores variações, seguido do tipo grande, isto indica que os desmatamentos de grandes áreas diminuíram na região nos últimos anos, enquanto os desmatamentos de até 100ha mantiveram sua frequência mais ou menos no mesmo ritmo.

Tabela 7: Número de aberturas realizadas por cada ator

Ator	Período			TOTAL
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008	
Pequeno (Até 30 ha)	9.341	6.190	5.328	20.859
Médio (> 30 < 100 ha)	2.046	1.501	1.164	4.711
Grande (> 100 < 500 ha)	787	426	276	1.489
M. Grande (> 500 ha)	104	30	17	151
TOTAL	12.278	8.147	6.785	27.210

Tabela 8: Soma das áreas desmatadas em hectares por tipo de ator

Ator	Tempo			TOTAL
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008	
Pequeno (Até 30 ha)	91.500	67.156	56.796	215.452
Médio (> 30 < 100 ha)	108.126	77.456	59.704	245.286
Grande (> 100 < 500 ha)	154.410	81.727	49.831	285.968
M. Grande (> 500 ha)	103.422	32.791	12.315	148.528
TOTAL	457.458	259.130	178.646	895.234

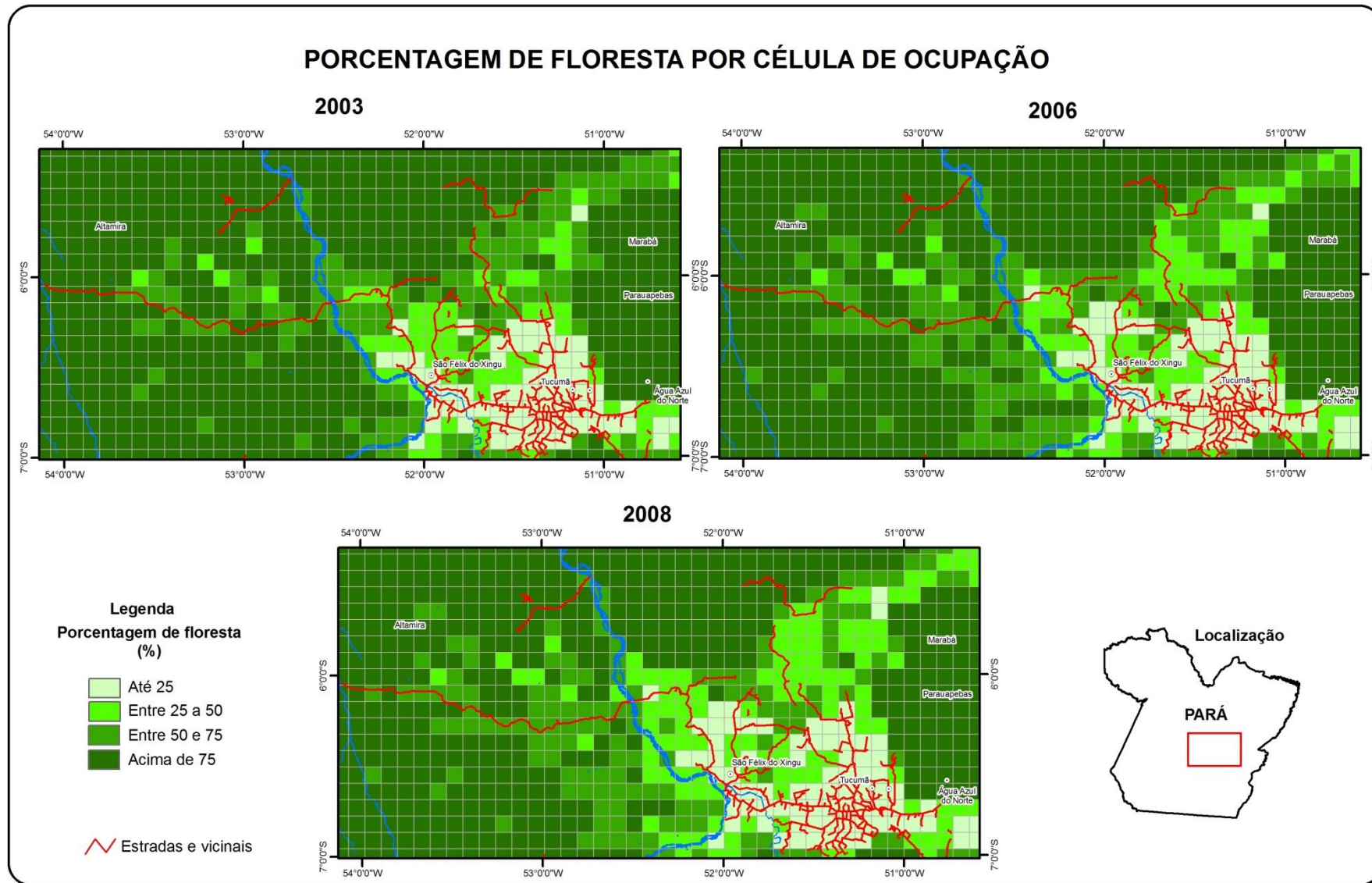


Figura 12: Representação espacial do remanescente florestal em cada célula

Tabela 9: Média individual de área desmatada em hectares por ator

Ator	Tempo		
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008
Pequeno (Até 30 ha)	9,79	10,84	10,65
Médio (> 30 < 100 ha)	52,92	51,6	51,29
Grande (> 100 < 500 ha)	196,2	191,82	180,54
M. Grande (> 500 ha)	994,44	1096,39	724,45

Comparando as tabelas, podemos observar que o número de aberturas detectadas (Tabela 7) atribuídas a classe Pequeno atingiu o índice 76,6 % do total, seguido da classe Médio com 17,3%, os da classe Grande responderam pasor 5,4%, enquanto os da Classe Muito Grande responderam por menos de 1% das aberturas realizadas nos últimos 8 anos.

Em relação ao tamanho da área desmatada, a ordem se altera: e observamos que a realização de um número elevado de aberturas, não significa maior área derrubada, observemos a tabela 8, ela nos revela um relativo equilíbrio quando a variável de análise é a área, neste sentido os Grandes aparecem como responsáveis por 31,9% do desmatamento, Médios com 27,3%, os Pequenos, antes líderes absolutos agora aparecem com 24%, e por fim os Muito grandes contribuindo com 16,5% da floresta.

Estes números denotam a relação entre número de aberturas feita e o tamanho de áreas correspondentes, não são diretamente proporcionais. E isso é bem demonstrado na tabela 9, onde temos o tamanho médio das aberturas realizadas individualmente por cada tipo de ator. Enquanto o ator Pequeno executa aberturas com média de 10ha, os tipificados como grande chegam a uma média 20 vezes maior, enquanto os Muito grande chegam a considerável média de 100 vezes maior em relação ao pequeno, e 5 vezes maior em relação aos grandes.

6.4 COMPORTAMENTO DOS ATORES POR CÉLULAS DE OCUPAÇÃO

6.4.1 Maior presença de ator em uma célula

O método de caracterização das células, que tomou como agente transformador, a variável “maior presença”, apresentou no primeiro período (2001 a 2003) Pequeno com 72,43% , a classe Médio com 11,21%, Grande apresentou

9,70%, e por fim a classe Muito grande preencheu 6,65%. No segundo período (2004 a 2006) a classe Pequeno dominou 77% , a classe Médio com 10,86%, Grandes apresentaram 9,42% e por fim a classe Muito grande preencheu 5,97%.

No último intervalo (2006 a 2008) Pequeno dominou 83,20% , a classe Médio com 9,88%, Grandes apresentaram 6,52% e por fim a classe Muito grande preencheu 0,4%, houve uma tendência em diminuir a ação dos atores responsáveis pelas maiores aberturas, sem no entanto que a pressão sobre a floresta tenha diminuído no mesmo ritmo. Os resultados indicam que houve uma compensação pelo aumento do número dos atores responsáveis pelo desmatamento de áreas menores no decorrer dos períodos.

Tabela 10: Espacialização dos atores baseada na presença em cada célula

Ator	Tempo		
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008
Pequeno (Até 30 ha)	381	425	421
Médio (> 30 < 100 ha)	59	60	50
Grande (> 100 < 500 ha)	51	52	33
M. Grande (> 500 ha)	35	15	2
Sem Ocorrência	274	248	294
Total	800	800	800

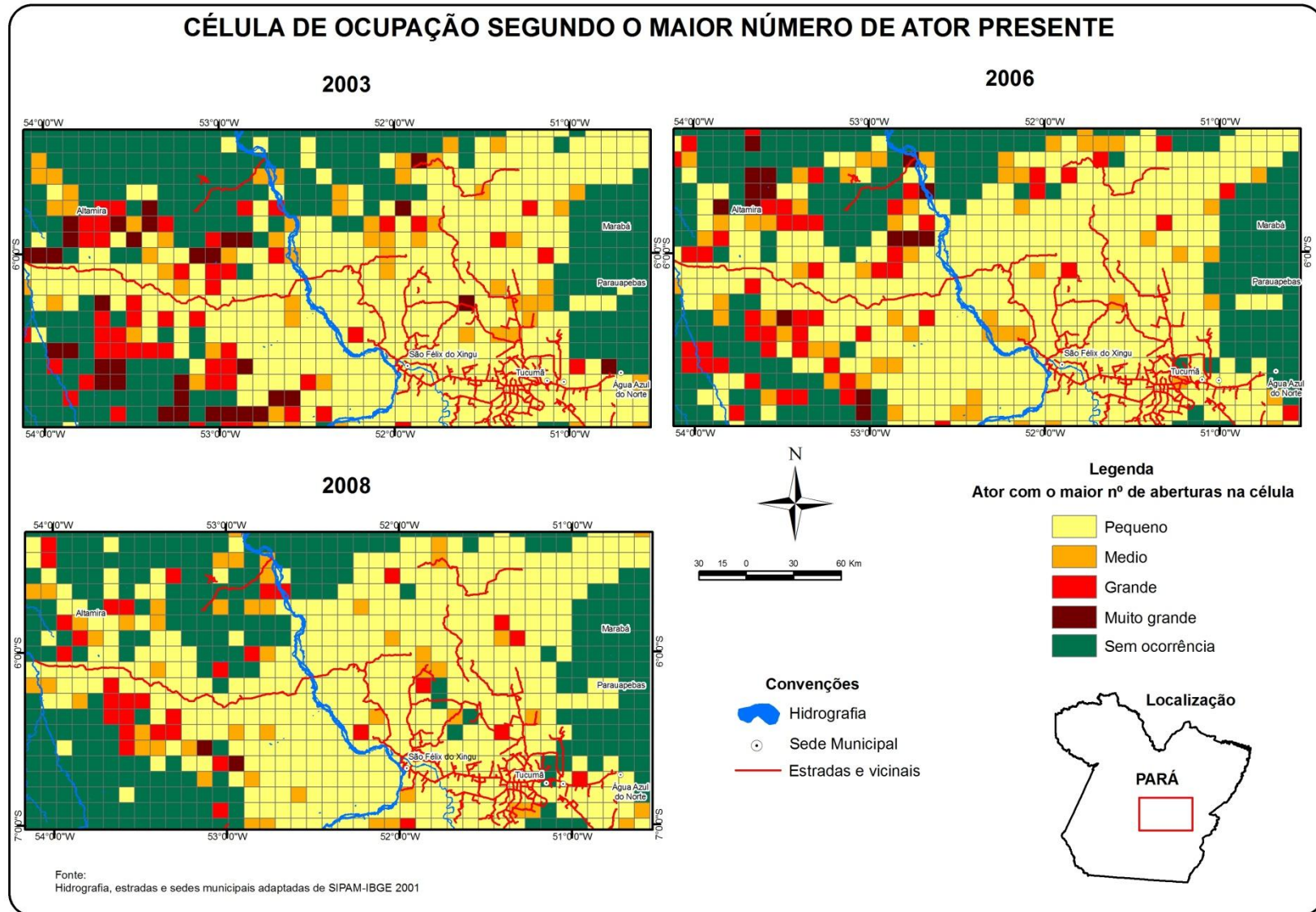


Figura 13: Análise espacial do espaço segmentado através do método valor único, onde a maior presença de um ator caracteriza a célula.

6.4.2 Percentual de área desmatada na célula

O método de análise, que levou em consideração o percentual de área desmatada por cada ator como caracterizador da célula, apresentou os seguintes resultados: no primeiro período (2001 a 2003) a classe Pequeno com 15,7% das células, a classe Pequeno e Médio com 12,2%, Médio obteve 9,6%, Médio e Grande 6,5%, Misto 15,2%, Grande apresentou 25,6%, e por fim a classe Muito grande preencheu 15,2%.

No segundo período (2004 a 2006) ocorreu a seguinte distribuição: classe Pequeno com 24,1%, a classe Pequeno e Médio com 12,3%, Médio obteve 16,7%, Médio e Grande 4,9%, Misto 13,7%, Grande apresentou 22,1%, e por fim a classe Muito grande preencheu 6,2%.

No último intervalo (2006 a 2008) a configuração foi: Pequeno com 35,2%, a classe Pequeno e Médio com 14,6%, Médio obteve 17,2%, Médio e Grande 5,8%, Misto 9,4%, Grande apresentou 15,4%, e por fim a classe Muito grande preencheu 2,4%.

Tabela 11: Espacialização dos atores em função da área desmatada em cada célula

Ator	Período		
	2001 a 2003	2004 a 2006	2006 a 2008
Pequeno	83	133	178
Pequeno e Médio	64	68	74
Médio	50	92	87
Médio e Grande	34	27	29
Misto	80	76	47
Grande	135	122	78
M. Grande	80	34	12
Sem Ocorrência	274	248	295
Total	800	800	800

A tabela 11 nos mostra que em se tratando de área os comportamentos são relativamente equilibrados, como na análise feita em cima do tamanho das aberturas (item 6.3), é possível observar um aumento no domínio de células ocupadas por atores que desmatam abaixo de 100ha, tanto em áreas dominadas por um único ator (pequeno ou médio), como em áreas onde a célula se caracteriza por mais de um ator (Pequeno e médio).

Quando observamos células denominadas por atores que executam aberturas grandes, junto com a de padrão Misto, o panorama é diferente, após o primeiro período, houve uma diminuição de células dominadas por estes atores, tanto em se tratando de atores especializados (Grande e Muito grande) quanto das células onde ocorre maior atuação simultânea (Misto).

É interessante também o comportamento das células que tem tipologia de Sem ocorrência, as caracterizadas assim, representam células onde no período analisado, não houve atividade de nenhum ator. É importante frisar que não significa que está seja uma célula intacta, ela pode variar de células com grande antropia, a células com 100% de floresta em seu interior.

Entre o segundo e terceiro períodos houve um aumento nas células deste tipo, ou seja, pode ter ocorrido o acirramento do desmatamento em algumas áreas em detrimento de outras, ou o esgotamento dos recursos explorados daquela célula, migrando as atividades de devastação para outras células mais próximas, os resultados das interações área x espaço x atores, podem ser observadas nos mapas agrupados na figura seguinte.

Através da figura 14 é possível observar simplificada como o comportamento de cada ator se dá no decorrer do tempo, a caracterização de cada célula de acordo com a ação dos atores nela presente, resume espacialmente as complexas formas de desmatamento encontradas na paisagem, e facilita a interpretação.

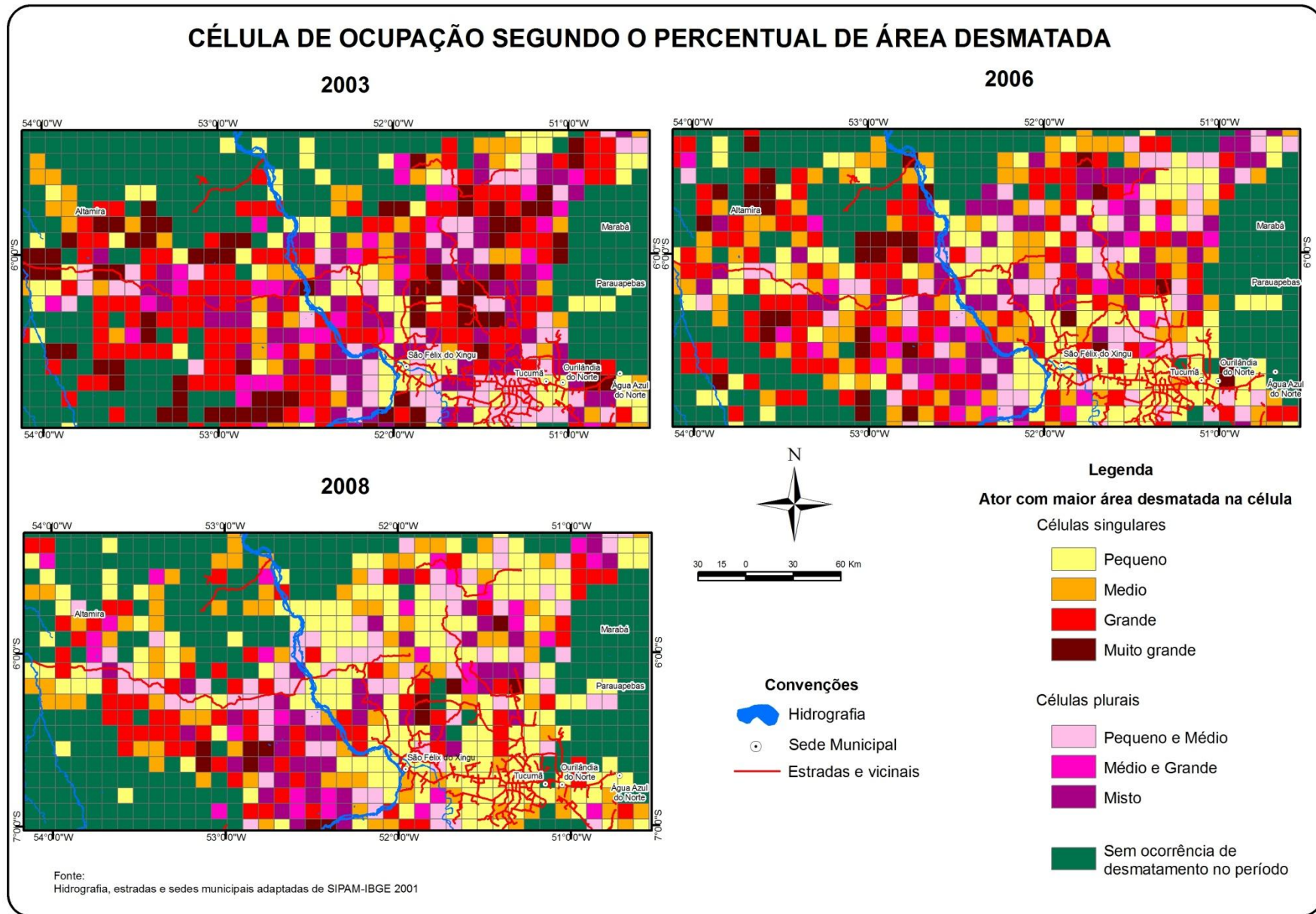


Figura 14: Configuração espacial das células de ocupação representando os atores envolvidos no desmatamento.

De acordo com a figura anterior é possível constatar que em 2003 a paisagem era dominada pelos atores que executam as maiores aberturas, e que se encontravam distribuídas em toda a extensão da área de estudo. A partir de 2006 esta situação começa a se alterar, os atores do desmatamento começam definir suas principais áreas de atuação.

Se tomar como base o Rio Xingu, observa-se que os atores responsáveis por grandes aberturas aparecem mais a margem esquerda do Rio, enquanto na margem oposta os atores responsáveis por aberturas abaixo de 100ha começam a dominar a paisagem. No último período que se encerra em 2008, a paisagem já está caracterizada com os atores Grande e Muito grande aparecendo mais na margem esquerda do Rio, no avanço da frente, enquanto pequenos e médios são mais presentes na região em consolidação à margem direita do Xingu.

Por toda a área de estudo, encontram-se células onde o desmatamento não é exclusividade de um ator, porém é possível observar que nos primeiros períodos, as áreas de frente são ocupadas por células com atores singulares, geralmente Grande e Muito grande e alguns da classe Pequeno. E com o tempo, muitas passam a células plurais mescladas entre Pequeno e Médio, Médio e Grande, e células de atuação mista.

Isso mostra que os resultados alcançados pela metodologia estão em consonância com os estudos realizados sobre as fronteiras agrícolas, onde há primeiro o estabelecimento dos desbravadores da região, geralmente os atores mais capitalizados que posteriormente atraem as outras modalidades de produtores consolidando a ocupação da fronteira.

O diferente dos outros estudos é a forma como este trabalho mostra seus resultados, pois os mapas possibilitam não só verificarmos que ocorrem estas situações, como também possibilita identificarmos espacialmente onde os supostos atores responsáveis se encontram. Permite também mostrar seus aparecimentos, desaparecimentos e suas mobilidades, e isto fica bem explícito quando observamos o refinamento destas informações através dos mapas gerados por interpolação.

6.5 MAPAS TEMÁTICOS POR INTERPOLAÇÃO.

Os mapas temáticos de interpolação possibilitam uma interpretação visual de resposta mais rápida devido a sua fácil interface. Os resultados obtidos obedeceram

lógica diferente das espacializações anteriores, que dependiam do comportamento individual de cada célula, ou seja, a homogeneização de um espaço de 100 km².

A possibilidade de interação entre as informações de cada célula a partir da interpolação, resultou na espacialização das variáveis através de “manchas”, assim foram gerados múltiplos mapas que quando analisados no decorrer do tempo passam a noção de mobilidade no espaço do fenômeno estudado.

Assim, cada ator teve seu comportamento espacializado individualmente, nos três tempos propostos na pesquisa, como espacializado também foi o remanescente florestal da área. As informações utilizadas para a geração dos mapas de interpolação foram às mesmas utilizadas no método valor único, estes resultados podem ser observados nos mapas reunidos nas figuras seguintes.

Nestas figuras ainda se encontra a representação da segmentação por células, porém estas aparecem para podermos ter um comparativo entre os dois métodos de análise, e assim não perdermos a noção de segmentação do espaço. Manter o espaço celular, também possibilita um fácil cálculo visual da área abrangida por uma variável, considerando que cada célula apresenta 100 km² de área.

6.5.1 A situação da cobertura florestal

Os primeiros mapas de interpolação, mostram o avanço sobre as áreas de floresta (Figura 15), revelando onde são as áreas com maior remanescente florestal e áreas onde é mais forte a atuação humana na retirada destes recursos, proporcionam a visualização no espaço e no tempo de como se dá a perda de floresta na região estudada.

A figura 15 mostra que as regiões com até $\frac{1}{4}$ da sua cobertura original encontram-se obviamente nas regiões de ocupação consolidada, próximo a sedes municipais ou dos assentamentos mais antigos, e que a mancha que se refere a esta faixa da classificação aumenta apenas alargando a sua forma, e quase não aparece de forma isolada. O mesmo não se dá com as outras classes, onde além de alargar a sua base constroem outras formas em direções distintas, e aparecerem isoladamente em pontos espalhados pela área de estudo. É possível notar o acentuado avanço do desmatamento a margem esquerda do rio Xingu, principalmente na região próximo a grande curva deste Rio.

Outro vetor do desmatamento é o que segue em direção a Marabá, este segue pelo corredor entre as terras indígenas sofrendo influencia de outras estratégias de ocupação provenientes daquela região.

As análises seguintes tratarão individualmente de cada ator envolvido neste processo observando a sua dinâmica na construção da situação da cobertura vegetal da região, e subsidiando as discussões do capítulo seguinte.

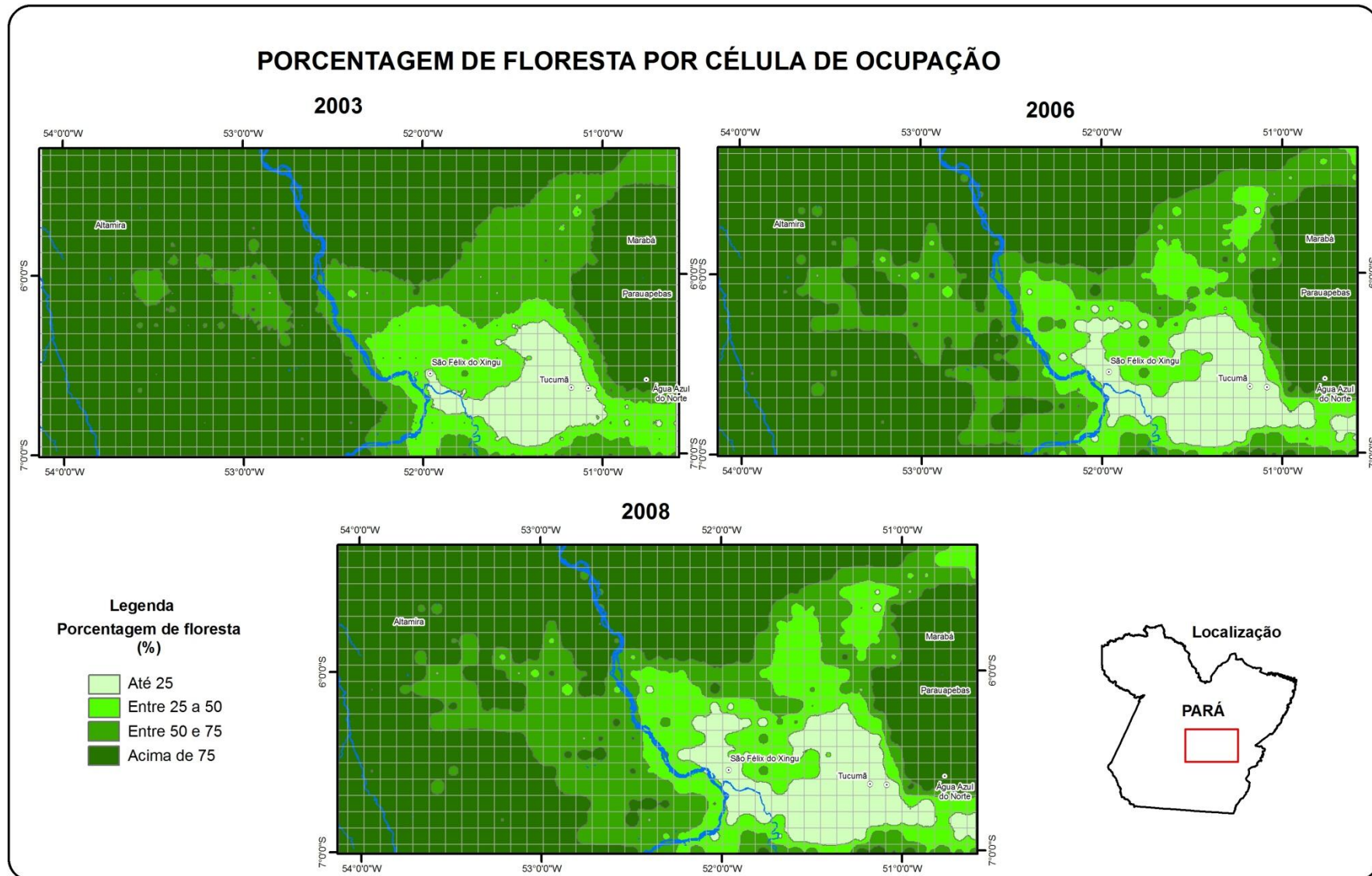


Figura 15: Mapas temáticos gerados pelo método de interpolação, representando a quantidade de floresta remanescente em cada célula de ocupação de 10 x 10 km², nos anos de 2003, 2006 e 2008.

6.5.2 O Pequeno

Assim como na representação pelo método único valor, o pequeno é a classe que atua em toda a área de estudo, sendo presente tanto em áreas com baixo percentual de floresta como em áreas que tem uma maior quantidade de floresta.

É possível observar que o ator pequeno tem sua mobilidade estável, não sendo diretamente responsável pela formação de novas ocupações nas áreas mais avançadas da frente pioneira. Espacialmente se locomovem ao longo das estradas ou acompanhando outros atores, porém este não é um fator determinante para sua instalação.

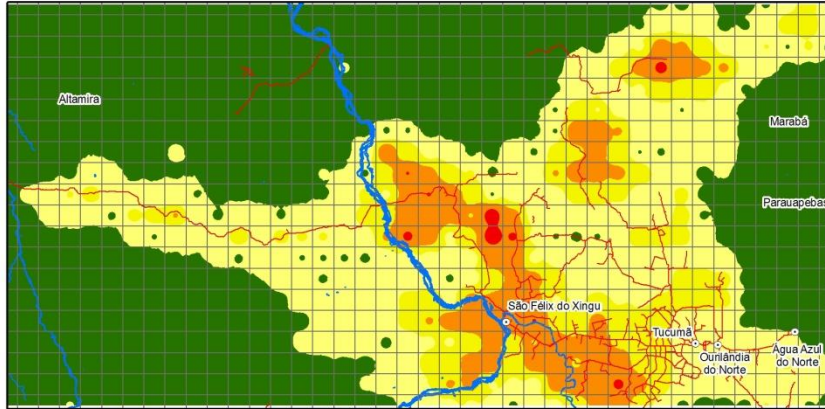
Na Região de São Félix se localizam principalmente a margem direita do Xingu, é possível observar na figura manchas mais escuras, estas representam áreas onde foi maior a concentração dos desmatamentos realizados por este ator, podendo chegar até a 150 aberturas dentro de uma célula.

As concentrações de desmatamento situam-se próximo a sede de São Félix, as proximidades da PA-279 indo em direção a Tucumã, também na região central do município onde se encontram assentamentos implantados pelo INCRA. Há concentração também na região próximo ao Porto Estrela a proximidade do rio Xingu.

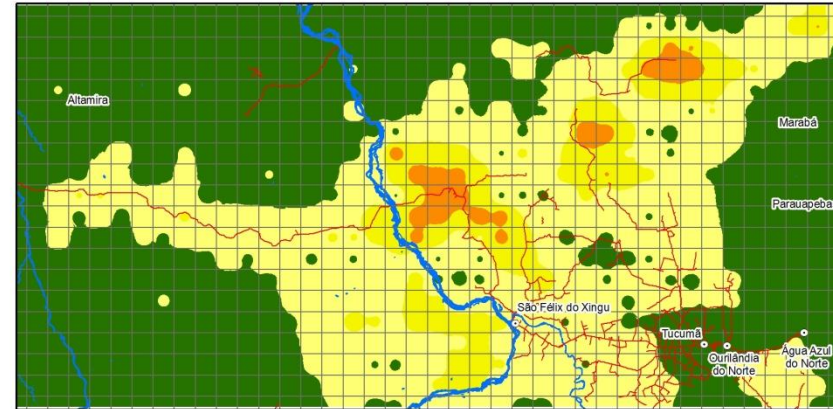
Concentrações menores aparecem no corredor que leva em direção Marabá, e outros na chamada “Curva do Xingu”. Assim é possível observar que em um primeiro momento, as concentrações de desmatamento se dão principalmente na região considerada em consolidação, e depois incursionam e direções harmônicas caracterizando um movimento espacial caracterizado por Pocard-Chapuis e Thales (2008) como direção de movimento em ponta.

INFLUÊNCIA DO ATOR PEQUENO NO PROCESSO DE DESMATAMENTO

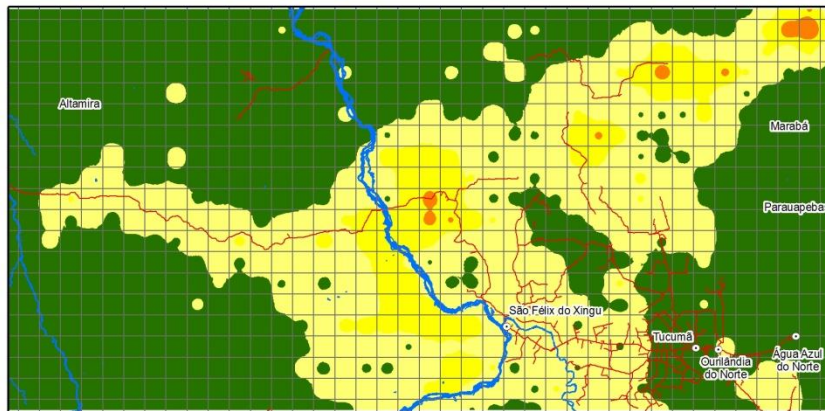
ENTRE 2001 E 2003






ENTRE 2004 E 2006



ENTRE 2006 E 2008





Convenções

-  Hidrografia
-  Sede Municipal
-  Estradas e vicinais

Legenda

Número de desmatamentos

-  Sem ocorrência
-  Até 10
-  10 a 15
-  15 a 20
-  20 a 25

A presença dos tipos de atores foi calculada em cada célula de 100 km². A influência é definida pelo n^o de desmatamentos detectados, por cada ator, dentro de cada célula (independentemente de áreas anteriormente desmatadas).

O crescimento da área verde em determinado tempo, não significa recuperação da floresta, e sim que não houve novos desmatamentos na área.



Figura 16: Evolução no espaço e no tempo do ator pequeno.

6.5.3 O Médio

O ator Médio aparece em menor número que o analisado anteriormente, sendo diferente também na forma de se apresentar espacialmente, sendo maior o movimento deste ator.

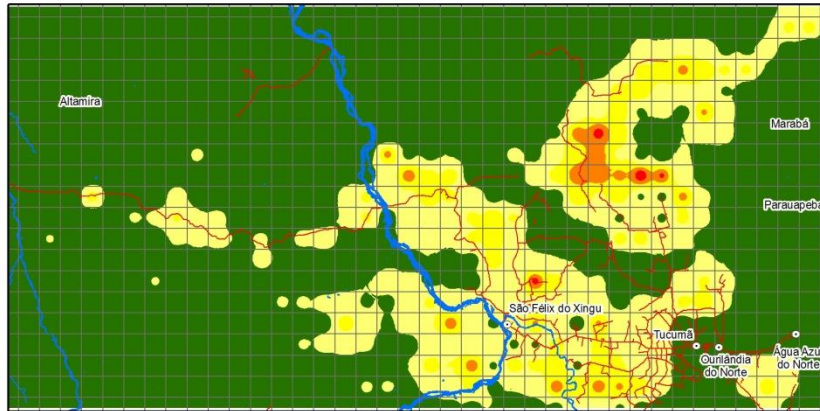
No primeiro período, foi detectada sua maior ação sobre a floresta, a atuação foi tanto em áreas isoladas, como em áreas onde o Pequeno atuou simultaneamente, o ator Médio realizam poucas aberturas dentro das células, sendo assim, suas maiores concentrações não ultrapassam 25 aberturas. Espacialmente encontram-se na região central mais a nordeste do rio Xingu.

Nos períodos seguintes, há uma considerável redução nas células dominadas por este ator às proximidades dos assentamentos Lindoeste e Sudoeste, e próximo da sede municipal do município de São Félix. Porém há uma forte presença deste ator na curva do Xingu na margem esquerda do rio, assim como nas proximidades do Porto Estrela as margens do Xingu.

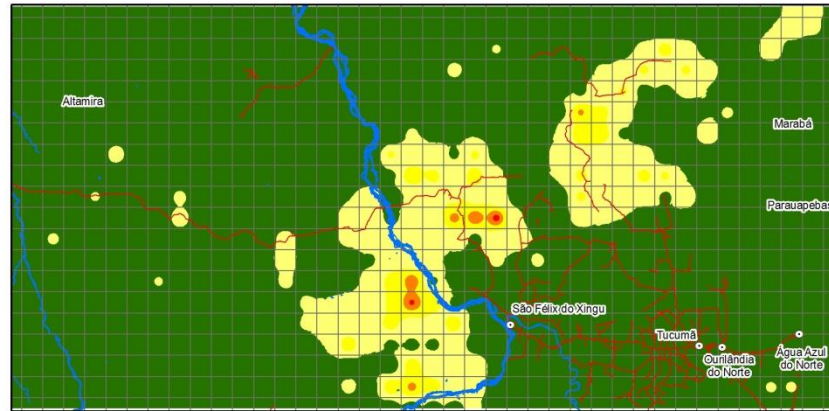
Espacialmente o Médio aparece inicialmente em manchas que o caracterizam como um padrão de ocupação, que se aproxima do denominado de complexo e multipolar, posteriormente passa a se tornar mais próximo de um padrão polarizado e concêntrico.

INFLUÊNCIA DO ATOR MÉDIO NO PROCESSO DE DESMATAMENTO

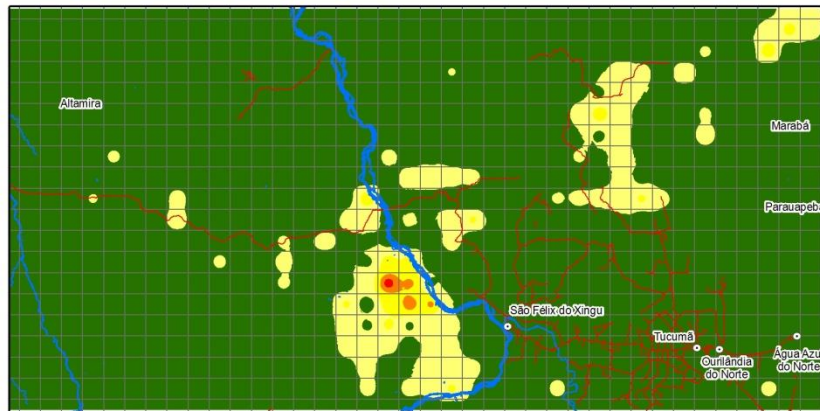
ENTRE 2001 E 2003






ENTRE 2004 E 2006



ENTRE 2006 E 2008



Convenções

-  Hidrografia
-  Sede Municipal
-  Estradas e vicinais

Legenda

Número de desmatamentos

-  Sem ocorrência
-  Até 10
-  10 a 15
-  15 a 20
-  20 a 25

A presença dos tipos de atores foi calculada em cada célula de 100 km². A influência é definida pelo nº de desmatamentos detectados, por cada de ator, dentro de cada célula (independentemente de áreas anteriormente desmatadas).

O crescimento da área verde em determinado tempo, não significa recuperação da floresta, e sim que não houve novos desmatamentos na área.



Figura 17: Evolução no espaço e no tempo da atuação do ator Médio.

6.5.4 O Grande

Este ator é aquele que mais altera a paisagem em se tratando de área, pois seu modo de produção é baseado na pecuária que é a principal atividade econômica da região, fazendo com que este apareça em quase toda a área de estudo. O Grande aparece em vários locais, assim como o Pequeno, porém com um baixo número de aberturas. Quando se compara com as aberturas as realizadas pelo Pequeno, as realizadas pelo grande podem ser aproximadamente 20 vezes mais numerosas.

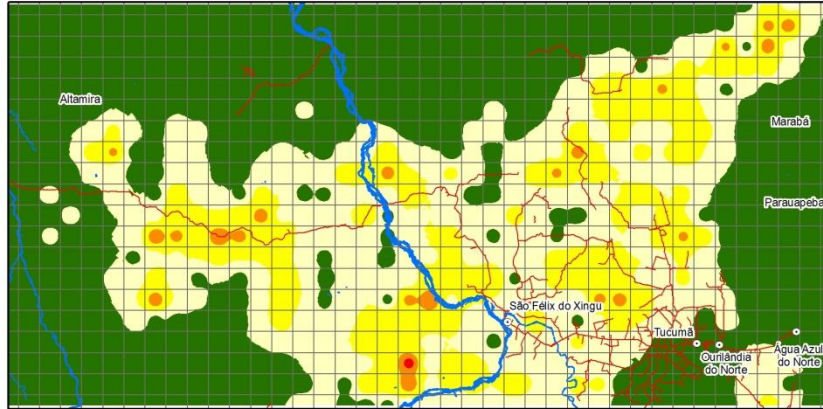
É também importante perceber que as áreas de atuação se sobrepõem, em uma mesma célula podem atuar um tipo de ator os vários, a sobreposição de áreas ocupadas, a grande diferença está no quantitativo de aberturas.

A figura 18 mostra como estes atores, geralmente fazendeiros pecuaristas, executaram o desmatamento da região entre 2001 e 2008, revelando as direções do avanço deste ator sobre os recursos florestais da fronteira.

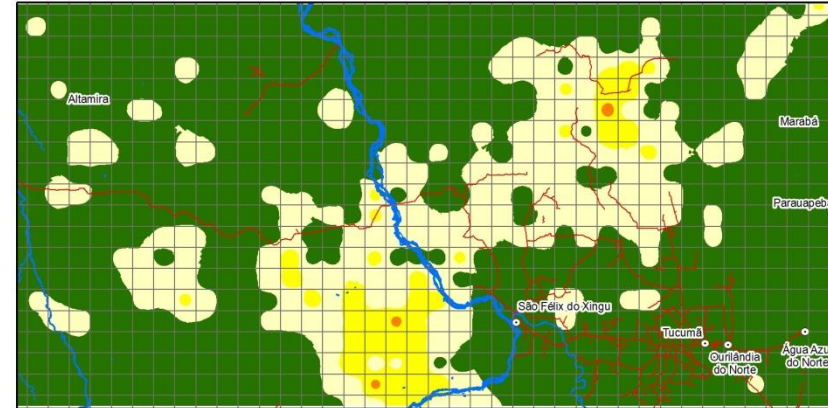
Nos últimos anos analisados percebeu-se a desaceleração do desmatamento, fato esse que também fez regredir a atuação do Grande na região. Contudo espacialmente o Grande não mudou o seu padrão de avanço, permanecendo durante todos os períodos como complexo e multipolar. É possível também observar que mesmo com a diminuição da sua atuação em toda a área de estudo, nas áreas a margem esquerda do Xingu, que vão desde seu leito partindo em direção Leste rumo ao rio Iriri, abaixo da estrada conhecida como Canopus, este ator atuou constantemente, esta área é considerada como a “frente” da frente pioneira.

INFLUÊNCIA DO ATOR GRANDE NO PROCESSO DE DESMATAMENTO

ENTRE 2001 E 2003






ENTRE 2004 E 2006



ENTRE 2006 E 2008





Convenções

-  Hidrografia
-  Sede Municipal
-  Estradas e vicinais

Legenda

Número de desmatamentos

-  Sem ocorrência
-  Até 10
-  10 a 15
-  15 a 20
-  20 a 25

A presença dos tipos de atores foi calculada em cada célula de 100 km². A influência é definida pelo n^o de desmatamentos detectados, por cada ator, dentro de cada célula (independentemente de áreas anteriormente desmatadas).

O crescimento da área verde em determinado tempo, não significa recuperação da floresta, e sim que não houve novos desmatamentos na área.



Figura 18: Evolução no espaço e tempo do ator Médio.

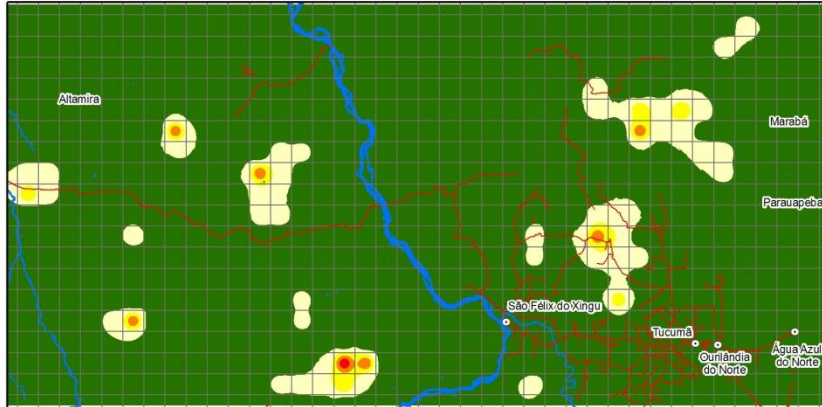
6.5.5 O Muito Grande

Assim como o anterior é um ator que faz grandes aberturas, é na realidade uma derivação do grande, que se caracteriza por aberturas superiores a 500 ha, devido à envergadura de sua atuação não são tão freqüentes quanto os outros, porém sua pouca atuação causa a remoção de grande quantidade de floresta.

Devido o seu quantitativo pequeno as direções de avanço deste ator são caracterizadas como polarizadas e ou concêntricas, estes pólos encontravam-se espalhados no primeiro período, e foi drasticamente diminuído com o passar do tempo com as reduções dos desmatamentos na região, a relação entre a diminuição das emissões de grandes áreas desmatadas com a diminuição da influencia deste ator foi diretamente proporcional, o que denota a importância deste na dinâmica da frente pioneira.

INFLUÊNCIA DO ATOR MUITO GRANDE NO PROCESSO DE DESMATAMENTO

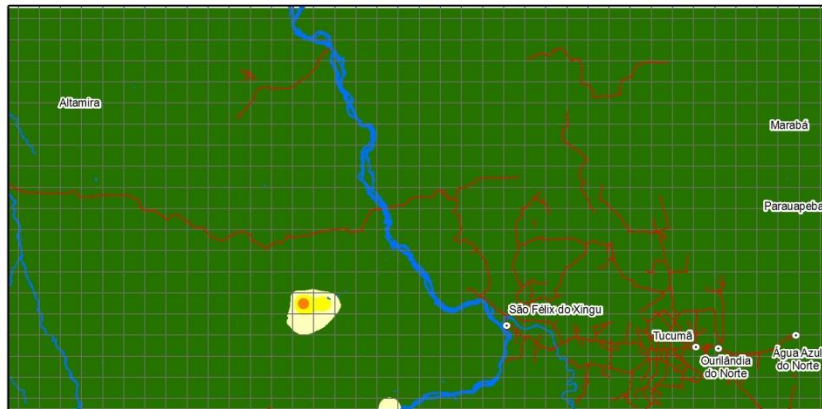
ENTRE 2001 E 2003






ENTRE 2004 E 2006



ENTRE 2006 E 2008



Convenções

-  Hidrografia
-  Sede Municipal
-  Estradas e vicinais

Legenda

Número de desmatamentos

-  Sem ocorrência
-  Até 10
-  10 a 15
-  15 a 20
-  20 a 25

A presença dos tipos de atores foi calculada em cada célula de 100 km². A influência é definida pelo n^o de desmatamentos detectados, por cada ator, dentro de cada célula (independentemente de áreas anteriormente desmatadas).

O crescimento da área verde em determinado tempo, não significa recuperação da floresta, e sim que não houve novos desmatamentos na área.

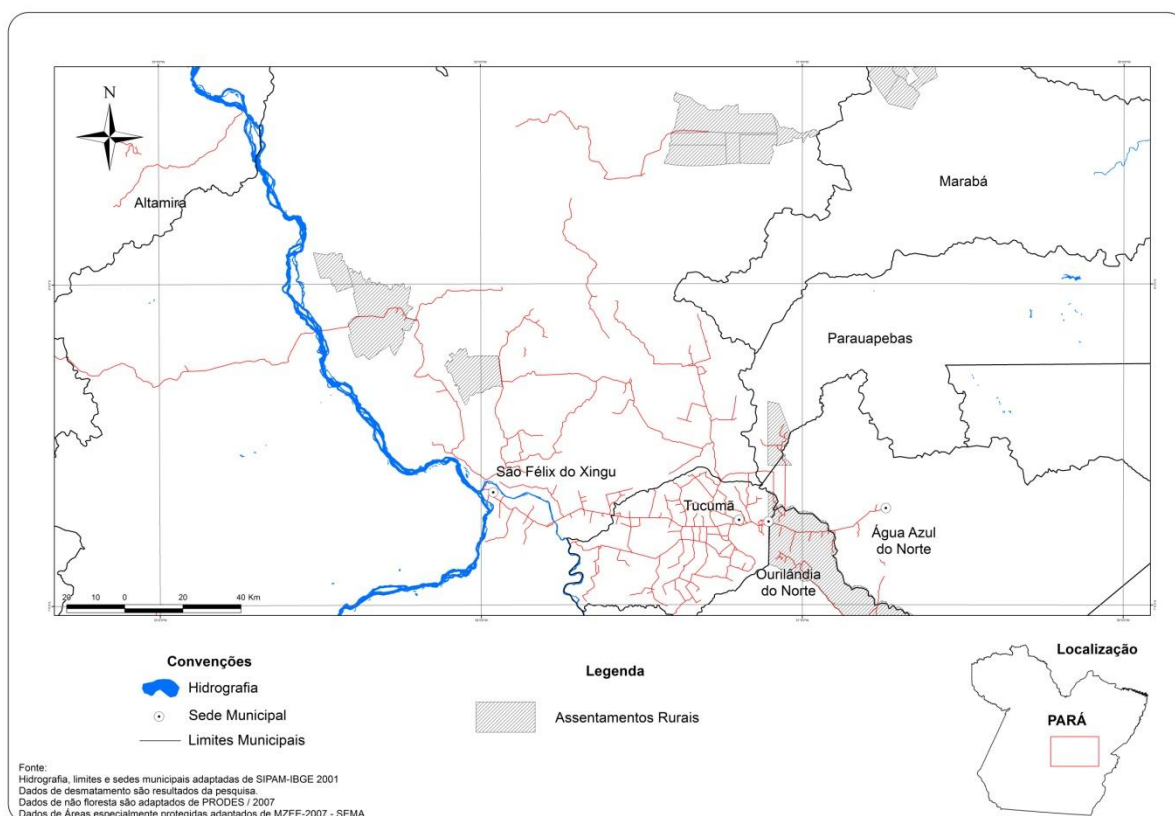


Figura 19: Evolução no espaço e tempo do ator Muito Grande.

6.6 VALIDAÇÃO DE CLASSES UTILIZANDO MÉTRICAS DE PAISAGEM

Para testar o nível de confiabilidade dos dados a aplicação das métricas de paisagem, demonstrou um bom resultado. O exercício aplicado dentro dos polígonos de assentamentos rurais, mostrou que através da aplicação de métricas de área e perímetro, 83, 7%, das aberturas ali encontradas podem ser caracterizadas como áreas ocupadas pela classe Pequeno (Tabela 12).

Sobre os mesmos polígonos foi aplicada a métrica de forma (*Shape Index*) o resultado foi o aumento do valor de atores classificados como pequeno, subindo agora para 97,4 %, o que é extremamente coerente, em se tratando de áreas de assentamento (Tabela 13).



Mapa 3: Assentamentos rurais utilizados como amostras para a validação.

Tabela 12: Polígonos de desmatamentos por ator dentro dos assentamentos utilizando métricas de área.

Ator	Desmatamentos Detectados	%
Pequeno	1551	83,7
Médio	247	13,4
Grande	55	2,9
Total	1853	100

Tabela 13: Polígonos de desmatamento dentro de assentamentos por ator após métrica de forma.

Ator	Desmatamentos Detectados	%
Pequeno	1801	97,1
Médio	48	2,6
Grande	4	0,3
Total	1853	100

Os resultados mostram que com uma delimitação de classes por tamanho de abertura bem definida, e a aplicação de métricas que diminuam as ocorrências de desmatamentos contínuos classificados como um só, as respostas podem se aproximar de 90 % de confiabilidade.

A validação dos dados mostra que é possível ter boa acurácia na classificação dos polígonos de desmatamento baseando-se na sua forma e tamanho, contudo há algumas limitações que precisam ser melhor discutidas e serão esplanadas no capítulo seguinte.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 A DIREÇÃO DOS DESMATAMENTOS

Quando se observa espacialmente os valores quantificados do desmatamento percebe-se que apesar da diminuição da derrubada da floresta, o avanço sobre as áreas com maior reserva de recursos ainda é grande. Apesar da remoção de floresta ocorrer em toda a área de estudo, é possível se verificar para onde este desmatamento esta fluindo.

Os resultados, constatam que o avanço da fronteira se dá em 4 direções; se tomarmos como base, a região mais consolidada da frente (Tucumã e seus arredores), teremos Nordeste, Noroeste, Leste e Sudoeste como direções onde a maioria das novas aberturas foram encontradas, alguns motivos estão relacionados a estes comportamentos:

- As terras Indígenas exercem um papel considerável na contenção do avanço, apesar de serem constatados desmatamentos em seu interior, este é bem inferior a realidade local. Somado a este fator, o aumento das ações de contenção do desmatamento exercido pelos órgãos de fiscalização ambiental, reduz o avanço às novas áreas, principalmente com a criação de novas Unidades de Conservação. Estas ações promovem o “vazamento ou transferência” do desmatamento para as regiões detectadas.
- A particularidade da região, em se tratando da atividade desenvolvida. A pecuária é a principal forma de uso da terra, e é constatada a necessidade de áreas disponíveis de tamanho considerável para seu desenvolvimento (VEIGA, et al, 2003) então quando cruzamos mapas de desmatamento com mapas de porcentagem de floresta, observamos que as direções identificadas incidem sobre áreas que apresentam mais de 50 % de floresta, onde teoricamente há terra disponível para a implantação de pasto.
- Outro fator considerável, é que ainda hoje nas frentes pioneiras, ocorrem aberturas de novas áreas com a intenção de ter a posse do local. Muitas vezes, a implantação de pastos tem objetivo diverso a da criação de gado, pois há intenção da posse da terra para a especulação fundiária.

Isto se acirra principalmente quando o ator envolvido tem conhecimento de terras de boa qualidade, pois mesmo a pecuária não dependendo deste tipo de terra para desenvolver, regiões com estas características podem ter maior valor agregado, o que disponibiliza maior possibilidade de negociação desta terra. Assim, a corrida por estas áreas também é incentivo para o avanço do desmatamento.

Não desconsideramos que outros motivos ocorram na tomada de decisão sobre o avanço à floresta, pois cada ator tem sua estratégia de apropriação de novas áreas, o que torna complexo o monitoramento destes processos. Os estudos das estratégias de produção somados as direções que o desmatamento toma, possibilitam entendermos melhor atores e seu comportamento no espaço. A partir disso é possível desenvolver melhores estratégias para novos estudos e desenvolvimento de uma região. No caso da região de São Félix a dinâmica encontrada valida as considerações, que apontam a região como uma das mais velozes no processo de conversão de floresta.

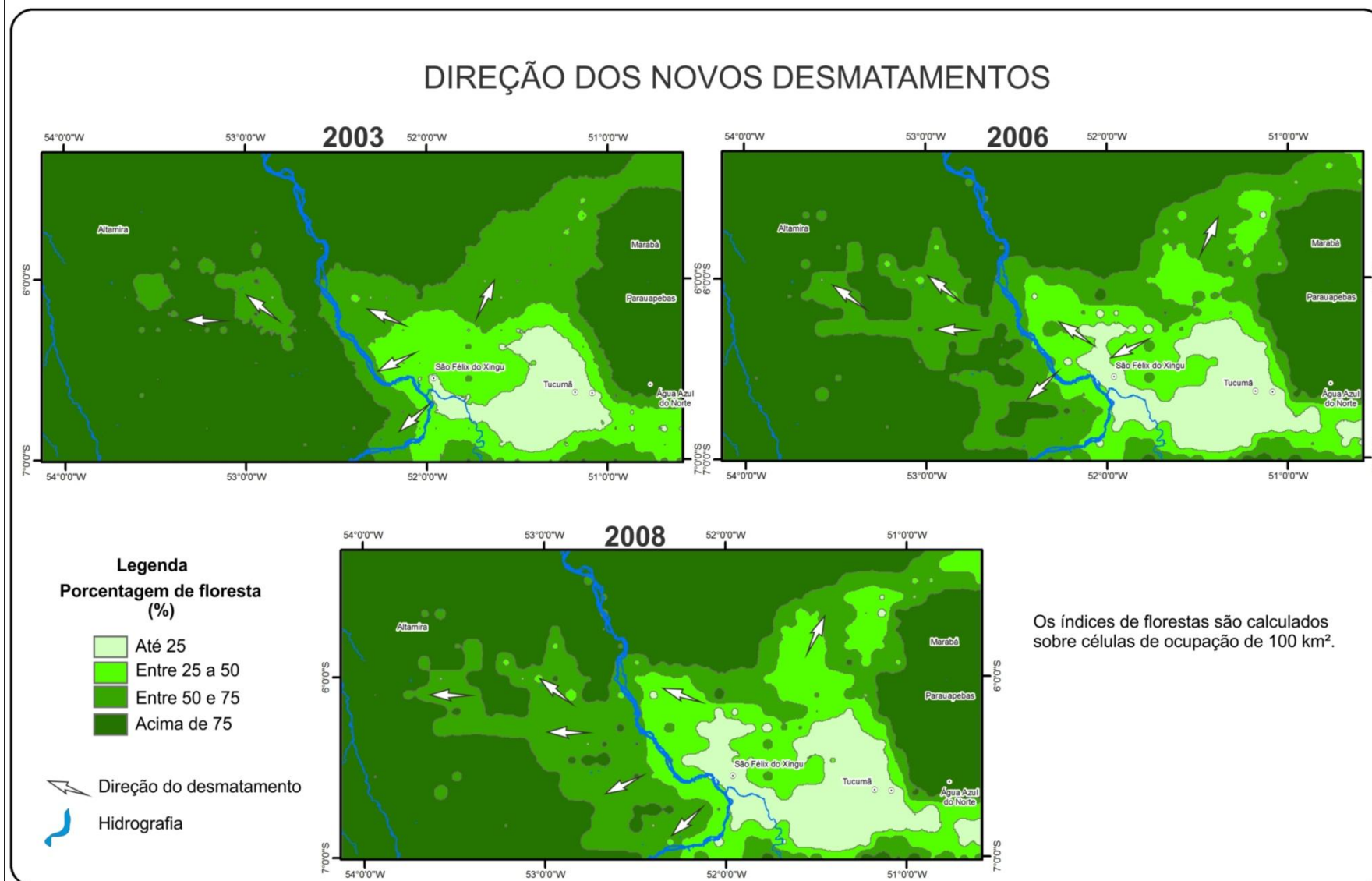


Figura 20: Direção dos desmatamentos

7.2 ATORES ENVOLVIDOS NO DESMATAMENTO

Após a aplicação do método, é possível avaliar a possibilidade de se identificar atores de desmatamento baseando-se no formato das aberturas e no tamanho das mesmas, os resultados revelam que os atores apontados estão muito próximo do observado em campo pelas pesquisas descritas no item 5.3.3. Se observarmos os comportamentos espaciais destes, verificamos as seguintes características:

- **Pequeno** – Os definidos assim estão presentes em toda a extensão da área de estudo, e independem de um rótulo para seu estabelecimento na terra. Este tipo de ator quase sempre aparece vinculado a outros atores, ou seja, sempre desmatando próximo de outro ator, da mesma classe ou não, aparece também nos locais mais isolados, no avanço da fronteira, onde teoricamente é mais difícil a instalação. Sua forma de desmatamento aparece tanto com irregularidades, quanto regular. Em regiões, como a de assentamentos aparecem aglomerados, Já em outras regiões aparecem dispersos como acontece na frente mais avançada da fronteira.
- **Médio** – As aberturas definidas nesta classe encontram-se espacialmente mais concentradas. Apesar de não ter uma organização coletiva, este ator encontra-se em sua maioria na região central da frente pioneira. Fatores como a busca pelo aumento da produção, o aumento do rebanho, e de sua posse de terras contribuem para esta situação, pois em sua maioria estes tem a pecuária como principal atividade. Estas características levam este ator a obter necessidade de fatores locais de desenvolvimento como, estradas, maior conexão a mercados, proximidade da sede municipal. Daí a justificativa da aglomeração na região central (em consolidação).
- **Grande** – Este tipo de ator é fácil de ser reconhecido espacialmente, pois suas aberturas atingem tamanhos que ultrapassam 100 ha, contudo esta facilidade é encontrada quando as aberturas feitas situam-se nas áreas centrais e mais avançadas da frente pioneira, pois na região mais consolidada da frente devido a diminuição de floresta disponível as aberturas tendem ser menores podendo confundir com aberturas realizadas por outros atores.

Estes atores trabalham exclusivamente com pecuária, e não tem a cultura de executar desmatamentos repetitivos, pois geralmente este no seu período de estabelecimento na terra já desmata o que necessita, só executando novos desmatamentos quando da necessidade de ampliar seus espaços para alocação de rebanho, ou para ratificar a posse de novas áreas.

- **Muito Grande** – Este ator é um derivado do anterior sofrendo um incremento na sua área desmatada, executa aberturas superiores a 500 ha. E geralmente encontra-se na região mais avançada da frente onde há maior disponibilidade de terras.

A identificação dos atores do desmatamento é parte importante da compreensão do espaço, na medida em que tanto atores quanto espaços são dinâmicos. A adequação da metodologia aplicada neste trabalho, e as tecnologias de aquisição de dados já disponíveis, possibilitam o acompanhamento destas dinâmicas, gerando resultados que dão base e direcionamento a pesquisas mais aprofundadas sobre os estudos das dinâmicas de uso da terra em frente pioneiras.

7.3 DUAS FORMAS DE IDENTIFICAR E ANALISAR OS ATORES DO DESMATAMENTO

A identificação dos atores através de dois eixos de análises (Número de desmatamentos detectados e porcentagem de área desmatada) proporcionou dois tipos de análise.

7.3.1 Número de desmatamentos detectados

Se levarmos em conta a variável número de desmatamentos detectados, observa-se que os pequenos desmatamentos são dominantes nos três períodos estudados, isso pode ter relação direta com a pequena produção, pois este tipo de abertura tem características coincidentes com as plantações de pequenas lavouras temporárias, e com aberturas realizadas de pequenas pastagens que geralmente visam o início, ou manutenção, de pequenas criações de gado.

De acordo com a metodologia, estes pequenos desmatamentos detectados são atribuídos a classe de atores denominados de “Pequeno”, analisando o comportamento das manchas de desmatamento, percebe-se o domínio deste ator em ocorrências de polígonos de desmatamento, e a manutenção de um patamar dominante nos três períodos estudados, mesmo quando o ritmo no surgimento de novas aberturas diminuiu.

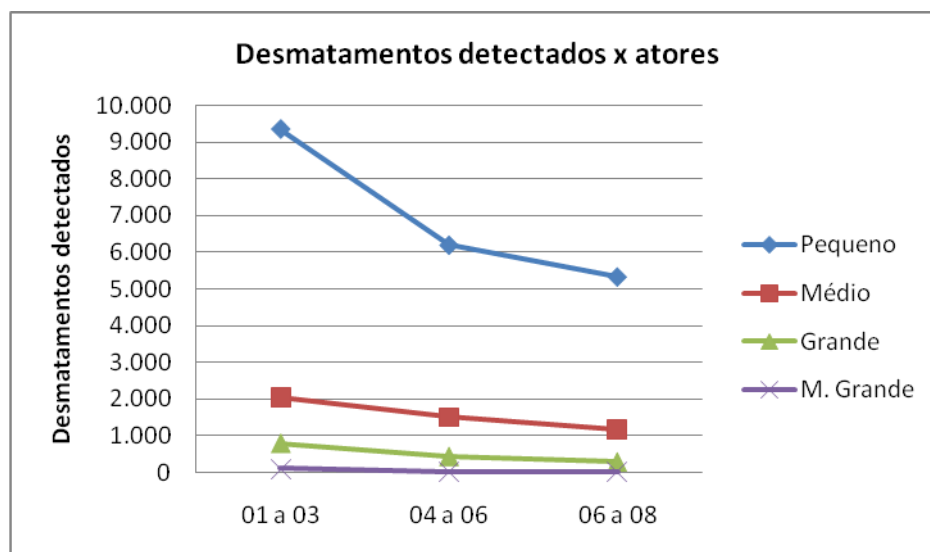


Gráfico 1: Dinâmica de desmatamentos detectados.

A análise do gráfico anterior deve ser cuidadosa, pois uma observação superficial, pode concluir que a principal responsável pelo desmatamento da região, é disparadamente a classe Pequeno, no entanto, a maior ocorrência de abertura, não é diretamente proporcional a maior área aberta. Isto fica visível quando executamos a análise levando em consideração área desmatada por cada ator.

Nas análises onde os desmatamentos detectados são cruzados com a segmentação do espaço em células de ocupação, os resultados não diferem dos discutidos anteriormente, a classe Pequeno continuou majoritária no espaço. Contudo, a de se observar o seguinte aspecto: a definição de domínio de uma classe na célula de ocupação, não pode ser confundida com o desmatamento total desta célula, pois há casos que um pequeno número de atores presentes em uma célula de ocupação define a predominância do ator, não havendo relação com o quantitativo, então uma célula que foi definida com predominância de 3 atores da classe pequeno tem a mesma representação espacial que outra onde a predominância foi 100.

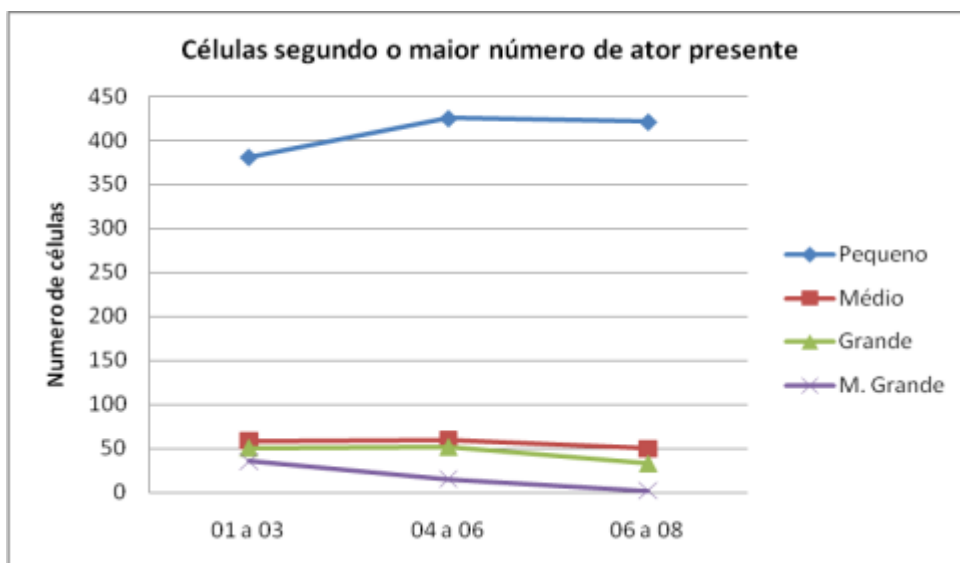


Gráfico 2: Dinâmica por maior presença de ator na célula

Apesar de quantitativamente esta forma de analisar o espaço leve a uma acentuada generalização, a resposta espacial que ela proporciona é bastante satisfatória quando visamos identificar a frequência e localização de atores na região, pois o mapeamento de células de ocupação tem a interpretação facilitada podendo subsidiar pesquisas e outras ações, até para leigos em manipulação de produtos cartográficos.

No entanto a diminuição da generalização aqui discutida é necessária, daí o uso de interpoladores espaciais. A interpretação das figuras 16,17, 18 e 19 possibilita visualizar a influencia de cada ator do desmatamento dentro das células, revelando onde são as concentrações de cada ator, além da mobilidade dos novos desmatamentos gerados. A dinâmica do desmatamento na região mostrada por estes mapas continua deixando em evidencia os desmatamentos realizados pela classe pequeno, e denota uma diminuição no comportamento das demais classes, os desmatamentos menores aparecem em uma constante realização de aberturas desenvolvidas tanto nos grandes conglomerados, como em regiões mais afastadas, a “frente da frente”.

Enquanto isso, as áreas dominadas por grandes aberturas diminuem consideravelmente, quando comparamos os intervalos de tempo selecionados.

Sabemos que vários fatores contribuem para esta situação, como acesso a crédito, aumento da fiscalização, estratégias diferenciadas do modo de produção dos atores, entre outras variáveis que não serão aprofundadas aqui.

7.3.2 Porcentagem de área desmatada

Quando a identificação dos atores foi baseada na área desmatada, o panorama espacial sofreu modificações consideráveis. A classe Pequeno perdeu a hegemonia, passando a ocupar no primeiro período de análise (2001 a 2003) a última posição entre os atores do desmatamento, sendo agora o ator Grande a maior presença no espaço. No intervalo posterior, apesar de se identificar poucas mudanças, apenas uma troca de posição entre os atores Pequeno e Muito Grande, chama a atenção o equilíbrio entre os atores, não havendo uma grande diferença entre os mesmos, em relação às áreas desmatadas, exceto o ator Muito Grande que diminuiu consideravelmente sua atuação.

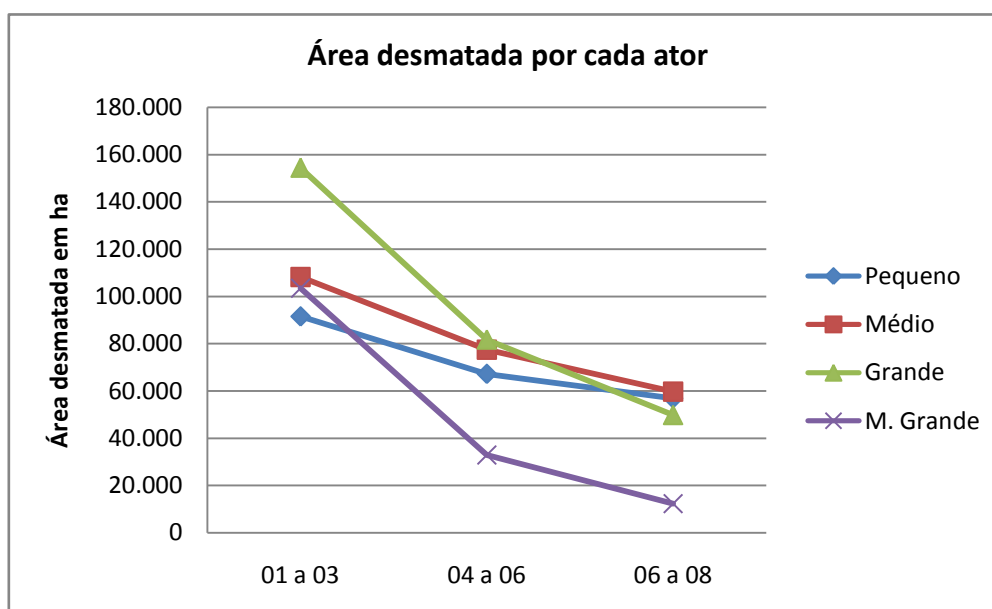


Gráfico 3: Quantificação de área desmatada por cada ator de 2001 a 2008

Quando analisamos as células de ocupação, o extrato mostra que os desmatamentos são resultados de ações simultâneas dos atores, não há predominância de um ator como nas análises por desmatamentos detectados. Há sim áreas onde um determinado ator predomina e que podemos chamar de zonas especializadas, e outras áreas, onde o nível de desmatamento efetuado pelos atores é equilibrado, e que podem ser chamadas de zonas de atuação mista (Figura 21).

Se compararmos as direções que o desmatamento tomou na região com as zonas encontradas, observamos que as zonas especializadas dominam a região mais avançada da frente pioneira, deixando as zonas mistas no meio e na região

mais consolidado. Chama a atenção na frente avançada o não equilíbrio entre o desmatamento produzido por atores, isto mostra que o avanço não se dá pela associação de diversos atores, e sim pelo desbravamento de um único ator que enfrenta as adversidades desta região, se estabelecendo na terra, e posteriormente, passa a atrair novos atores, seja por disponibilização de terras baratas, grilagem, ou para ampliar suas terras, dando novas dinâmicas de espaciais a regiões até então cobertas por florestas.

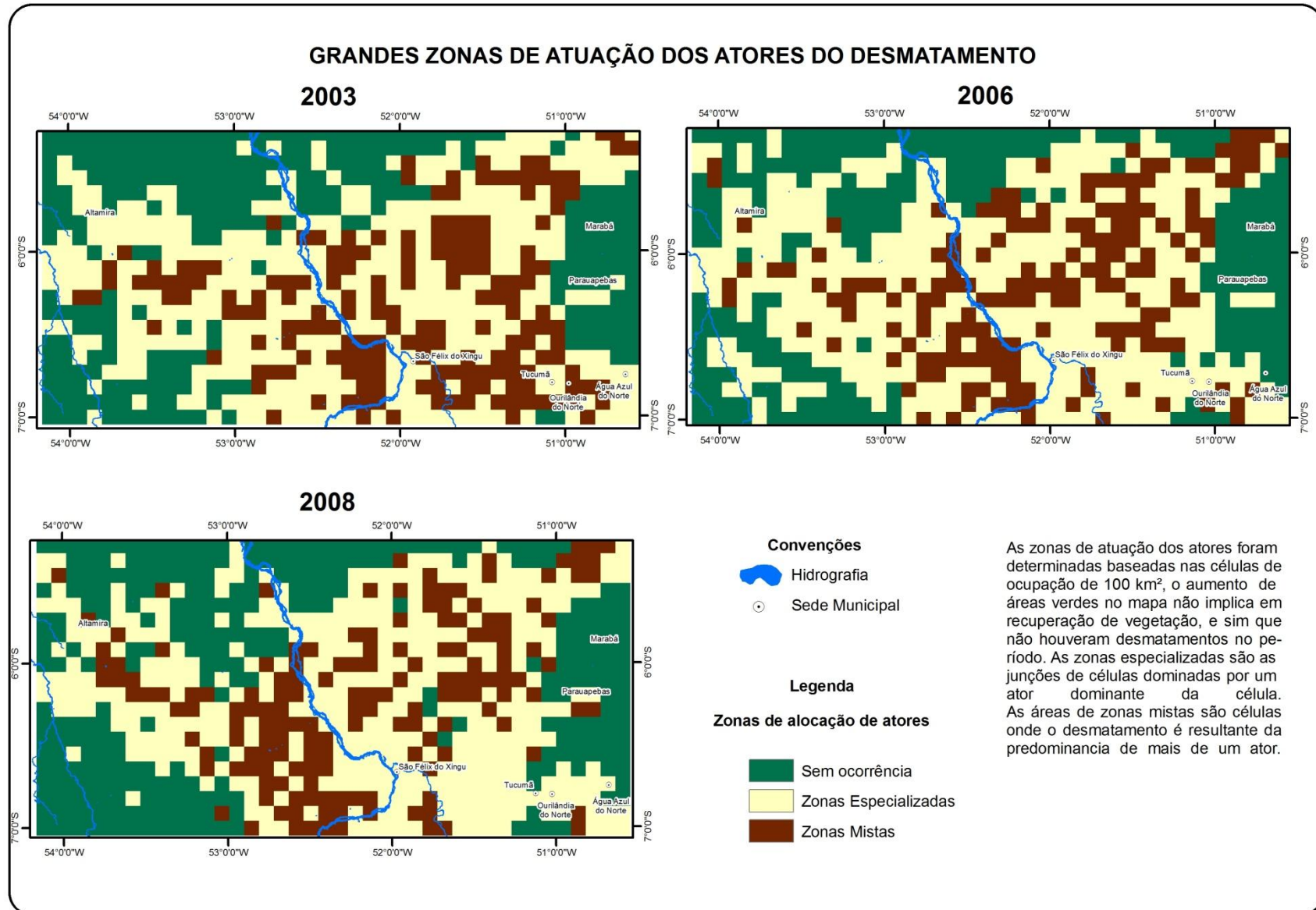


Figura 21: Dinâmica das zonas de atuação dos atores do desmatamento.

7.4 QUEM DESMATOU E QUEM DESMATA NA REGIÃO?

A segmentação do espaço em células de ocupação simplifica a leitura do espacial, devido a generalização de particularidades que, dependendo da escala de trabalho interferem ou não na representação da realidade local. O espaço segmentado da região de estudo, associado à interação técnica – espaço – tempo promove um melhor entendimento da região.

Para Santos (1997), o único fator que nos instrui sobre o significado das coisas é o seu histórico, contudo este autor afirma que é preciso tomar cuidado com a investigação da história, pois é sempre perigoso se reduzir o histórico de uma região ou um esquema desconsiderando partes importantes. Mesmo sabendo deste risco, assim como o mestre assumiu em muitas de suas obras, assumimos aqui uma simplificação visando, em um tempo definido, entender o processo do desmatamento, e os atores neles envolvidos.

A tentativa de se representar mais proximamente a realidade da região, interagindo com as quantificações resultantes das geotecnologias aplicadas, possibilitou enxergarmos além da direção do desmatamento a localização dos possíveis responsáveis por este, e a mudança de seus locais de atuação.

O desmatamento na região antes executado pelos atores classificados como grandes (se levarmos em consideração a área desmatada, que é a que mais interfere na paisagem), que chegavam a ser responsáveis por 100% dos desmatamentos em uma célula de ocupação, teve o seu ritmo diminuído, isto pode se dar por alguns fatores como o aumento das pressões sobre as emissões de novos desmatamentos, ou mesmo pela estratégia de ocupação da terra por estes atores, já apresentadas no item 7.2.

Quando olhamos a configuração espacial dos atores no intervalo de tempo final, o panorama é outro, as classes pequeno e médio superam em área desmatada a classe grande, nesta ótica é preciso atenção, pois esta superação ocorre em um cenário de considerável redução da emissão de novos desmatamentos por todos os atores. Nesta perspectiva os novos líderes das emissões, devem ser vistos como os que menos desaceleraram no avanço sobre a floresta, e não como os que mais desmataram.

Este novo cenário, onde pequenos e médios lideram em áreas abertas, podem ser interpretados também pelas estratégias de uso da terra de cada ator. Os da classe pequeno executam novas aberturas em intervalos de tempo menor que os

grandes, e os denominados de médio, já são tipo de produtores em busca de aumentar tanto rebanho, quanto a área da sua propriedade, neste intuito executam aberturas em um ritmo de tempo mais acelerado que o ator grande.

Então podemos inferir que a dinâmica de desmatamento na área quando em seu ápice, teve como principal ator o grande, caracterizando inicialmente este desmatamento como de cunho empresarial, pois geralmente são promovidos pelas ações das empresas agropecuárias.

Com a diminuição do ritmo do desmatamento deste ator, veio a tona o desmatamento executado por pequenos e médios produtores, que estava ofuscado devido o impacto das grandes e imensas aberturas realizadas pelos outros atores da região. Assim, estes passam a ser os mais atuantes no desmatamento na região de São Félix do Xingu, desconfigurando o desmatamento gerado por um problema empresarial, e o transformando em problema social, ligado a políticas de assentamentos ainda desordenadas e improvisadas; ausência de políticas de desenvolvimento contínuo, entre outro fatores que não dão o apoio necessário ao estabelecimento, e desenvolvimento sustentável destes atores.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 A INTERAÇÃO ENTRE GEOTECNOLOGIAS E AS INFORMAÇÕES DE CAMPO

Os resultados da pesquisa revelaram de como as geotecnologias podem acompanhar a dinâmica de mudanças na paisagem. Com esta ferramenta é possível obter resultados satisfatórios executando modelos bem próximos da realidade local. Quanto maior o volume de informações, sejam primárias ou secundárias se tem da região, mais subsidio se dá às técnicas de cruzamento de dados, construção de algoritmos, e outras possibilidades de correlação de dados, que resultam na construção das representações espaciais de um determinado fenômeno.

Os objetivos propostos no capítulo 3 deste trabalho, foram atingidos na medida em que foi possível realizar a identificação dos possíveis atores do desmatamento na região de São Félix, além de verificar a dinâmica de ações individuais e coletivas na construção de um perfil dos desmatamentos da região. A aplicação da metodologia proporcionou um acompanhamento quantitativo do histórico de desmatamento, e as informações de campo possibilitaram qualificar estas quantificações, diminuindo as abstrações, e transformando informações

estatístico-espaciais em informações temáticas. Essas informações mesmo se tratando de reduções da realidade são de grande valia para os entendimentos do espaço visando o planejamento territorial, desenvolvimento de políticas pública.

8.2 SOBRE A METODOLOGIA

A combinação entre dados sociais, de estratégia de produção e econômicos com informações de sensores remotos, parece ser a abordagem mais eficaz para se compreender a utilização dos solos e as mudanças de sua cobertura (HOSTETLER, 2007). No entanto, a ligação de pessoas (dados socioeconômicos) com pixels (imagens de satélite) nos remete a algumas limitações metodológicas que este estudo buscou diminuir.

Mesmo com todas as geotecnologias disponíveis, as respostas obtidas com a aplicação do método precisam sofrer melhoramentos quando se busca interpretar o espaço sem que haja contato físico com ele. Nesta pesquisa foi possível identificar o ponto forte e o ponto fraco da metodologia. Podemos dizer que as melhores respostas encontradas pela sua aplicação na identificação dos atores do desmatamento são em regiões que apresentam mais de 50% de floresta, pois assim a teledetecção de aberturas é mais fácil de ser quantificada e qualificada, ou seja, o método é mais eficiente na região mediana e avançada da frente pioneira.

Por outro lado nas regiões onde o remanescente de floresta é baixo, a deficiência do método é encontrada, visto que as novas aberturas nestas regiões têm características próximas tanto em tamanho, quanto em forma, dificultando a distinção do tipo de ator responsável por determinadas aberturas.

Contudo, a deficiência do método pode ser sanada se obtivermos um detalhado trabalho de campo que possa subsidiar as análises de laboratório com as informações espaciais coletadas, como também se a área obtiver uma malha fundiária definida. Fazendo as interações entre as informações é possível se monitorar e identificar o comportamento de cada ator na dinâmica do desmatamento em regiões mais consolidadas da fronteiras.

8.3 CONTRIBUIÇÃO CIENTIFICA

Apesar de muitos trabalhos já utilizarem as geotecnologias para alcançar seus objetivos, nos últimos anos esta ferramenta está contribuindo com os mais variados campos de construção de conhecimento, antropologia, sociologia, biologia,

agronomia são algumas que podemos aqui citar. Recentemente alguns trabalhos já realizaram a integração de informações de cunho socioeconômico, padrões espaciais de desmatamento e dados fundiários. Esta pesquisa vem contribuir quando busca automatizar através da potencialidade das ferramentas computacionais e de estatísticas espacial na identificação e monitoramento da dinâmica do desmatamento em regiões de frente pioneira, onde a falta de recursos técnicos, informacionais e operacionais dificultam a realização de estudos nestas áreas.

Os resultados obtidos além de fornecer informações sobre onde estão distribuídos, ou agrupados, os atores envolvidos no desmatamento podem subsidiar a construção de modelos computacionais para o monitoramento do desmatamento, assim como também modelos de predições de trajetórias de ocupações, melhorando assim o entendimento sobre estas regiões, e planejando futuras ações para as mesmas.

A identificação dos atores envolvidos no desmatamento possibilita a observação de comportamentos aglomerados ou dispersos, que assim qualificados fomentam a determinação de espaços com características semelhantes ou não facilitando o processo de ordenamento territorial, fator primordial, para a construção de políticas públicas para o desenvolvimento local.

A pesquisa também contribui para um melhor entendimento da polêmica questão do papel dos pequenos produtores na questão do desmatamento da Amazônia. As avaliações feitas neste estudo comprovaram que os produtores rurais desta categoria executam continuamente aberturas na floresta que numericamente são superiores aos demais tipos de produtores, porém em se tratando de área aberta, os impactos causados na floresta pelo pequeno produtor, onde prevalece a agricultura familiar, são proporcionalmente menores aos demais produtores, mesmo este tipo de produtor construindo novas aberturas quase que anualmente.

8.4 IMPLICAÇÕES EM POLÍTICAS PÚBLICAS

A replicação satisfatória desta metodologia, e a confirmação de sua eficiência em outras regiões possibilitarão reconhecer outros indicadores de identificação dos atores, e processos envolvidos na questão do desmatamento. Isso possibilitaria o desencadeamento de diferentes diagnósticos para cada região. Saber onde estão os atores que proporcionam a dinâmica da paisagem possibilita a construção de

políticas direcionadas ao desenvolvimento da área, qualificando impacto ambiental gerado e o tipo de produtor envolvido, portanto, saber onde está o impacto e quem está por trás dele é de suma importância para elaboração de políticas já direcionadas a um determinado ator e ou atores envolvidos.

Finalmente, a compreensão do papel da configuração espacial dos tipos de produtores irá contribuir para uma melhor concepção futura de projetos políticos nas regiões de frente pioneira. O desenvolvimento de políticas específicas sejam elas de repressão do desmatamento, ou de construção de novos assentamentos podem ser melhor direcionadas, se na formulação desta estiver disponível um pré-diagnóstico de configuração do território, que contribuirá primordialmente para uma satisfatória política de ordenamento territorial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVAY, Ricardo. **Agricultura, diferenciação social e desempenho econômico**. São Paulo, FEA-USP, 2000. (Relatório do Projeto: IPEA-NEAD/MDA – Banco Mundial).

AGUIAR, Ana Paula Dutra. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional**. 2006. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

AGUIAR, Ana. Paula. Dutra; CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo. Cartaxo Modesto de. Modeling Spatial Relations by Generalized Proximity Matrices. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON GEOINFORMATICS, Campos do Jordão. **Anais do V Simpósio Brasileiro de Geoinformática**, Campos do Jordão:GEOINFO, 2003 p. 56-63. Os Anais... tem que ser do mesmo evento de cima, por isso se usa reticências após o mesmo.

ALVES, Diógenes Salas. O Processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v.12, p. 259-275, set. 2001

ALVES, Diógenes Salas. Space-times dynamics of deforestation in Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.14, p. 2903-2908. 2002.

AMÉRICO, Maria do Carmo, et. al. **Pecuária e Amazônia: estratégias sociais e reestruturação do território nas frentes pioneiras: Rodovia PA-279 e Região da Terra do Meio no Pará**. No prelo.

ARCMAP™, ArcGis. License type: **Desktop 9.2**, ERSI® Inc. Copyright 1992-2009 CD-ROM.

BARBANTI JR, O. **Urban dimensions in rural livelihoods: implications for grassroots development and sustainability in the Brazilian Amazon**. 1998. Thesis (Phd. in political Science), London School of Economics and Political Science, 1998.

BECKER, Bertha Koiffmann, et al. **Fronteira amazônica: questões sobre a gestão do território**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1990.

BECKER, Bertha Koiffmann. **Amazônia**. 5. ed. São Paulo: Ática. 1997, 112 p.

_____. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: É possível identificar modelos para projetar cenários? **Parcerias Estratégicas**. v. 12, p.135-159, set. 2001.

BECKER, Bertha K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.19, n.53, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v19n53/24081.pdf>>. Acesso: 23 de março de 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**: 2000-2008. INPE, 2008. Disponível em: www.obt.inpe.br/Prodesdigital. Acesso em: 12 de julho de 2009. Instituto entra direto todo em maiúsculas.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **TerraView 3.2.0**. São José dos Campos, SP: INPE, 2008. Disponível em: www.dpi.inpe.br/terraview. Acesso : 16 de abril de 2008.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Agrário, INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA, **Novo Retrato da Agricultura Familiar: o Brasil redescoberto**, Brasília, INCRA, fevereiro de 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. COMISSÃO DE COORDENAÇÃO BRASILEIRA DO PPG7. **Proposta para a Estruturação da Segunda Fase do Programa Piloto**. Brasília: MMA, junho, 2002. Só as primeiras letras em maiúsculas.

CALDAS, Marcellus Marques. **Desmatamento na Amazônia: Análise Econométrica de Autocorrelação Espacial Combinando Informações de Sensoriamento Remoto com Dados Primários**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada), Programa de Pós-Graduação em Economia, ESALQ/USP. Piracicaba, 2000.

CALDAS, Marcellus Marques, et al. **Ciclo de vida da família e desmatamento na Amazônia**: Combinando Informações de Sensoriamento Remoto com Dados Primários. Rev. Bras. Econ. v.57, n.4, Rio de Janeiro Oct./Dec. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003471402003000400002&script=sci_arttext Acesso em: 13 de dezembro de 2008. Referência de artigo de periódico

CAMARA, Gilberto, et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by objectoriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20 n.3, p.395-403, May-Jun, 1996.

CASANOVA, Marco Antonio, et al. **Bancos de dados geográficos**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso em 21/09/2008

CASTRO, Edna.; MONTEIRO, R. e CASTRO, C. P. **Estudo sobre dinâmicas sociais na fronteira, desmatamento e expansão da pecuária na Amazônia**: relatório técnico. Belém, Banco Mundial, 2002. 141 p.

ELKIE, Philip. C.; REMPEL, Robert. S.; CARR, Augus. P. **Patch analyst user's manual**: A tool for quantifying landscape structure. Ontário: Ontário Ministry of Natural Resources, 1999. 22p.

ESCADA, Maria Isabel Sobral. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia**. 2003. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

ESCADA, Maria Isabel, et al. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia (o interflúvio do Xingu/ Iriri) (Occupation process in the new frontiers of the Amazon (the Xingu/Iriri region) **Estudos Avançados**, v. 19 n.54. p. 9-24, 2005.

ESRI. ArcGIS/ArcMap 9.0: **support center**. [on line] Jul 2005. ARCGIS, Versão 9, [S. L.], GIS BY ESRI, 1 CD-ROM Disponível em: <http://support.esri.com/>, Acesso: 21 de Janeiro de 2008.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura). INCRA (Instituto de Colonização e Reforma Agrária). Projeto UTF/BRA/036/BRA. **Diretrizes de Política Agrária e Desenvolvimento Sustentável (1994)**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/_htm/serveinf/_htm/pubs/pubs.htm>. Acesso em: 20 jan. 2009.

FEARNSIDE, Phillip Martin. A Floresta Vai Acabar?. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 10, p. 43-52, jan/fev. 1984.

_____. Practical Targets for Sustainable Development in Amazonia. In: Maintenance of the Biosphere, **Proceedings of the Third International Conference on the Environmental Future**. Edinburgh University Press, Edinburgh, Scotland. 1990 p. 167-174.

_____. Deforestation impacts, environmental services and the international community. In: Hall, Antony . **Amazonia at the Crossroads**: The Challenge of

Sustainable Development. Institute of Latin American Studies (ILAS), University of London, London, U.K. 2000 p. 11-24.

FLORENZANO, Tereza. Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

HALL , Antony . **Amazônia: desenvolvimento para quem? Desmatamento e conflito social no Programa Grande Carajás**. Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1991.

HIGUCHI, Niro. Manejo Florestal na Amazônia. **Amazônia Interesses e conflitos**. Disponível em <http://www.comciencia.br/reportagens/amazonia/amaz13.htm>. Acesso em 17/05/2009.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 115-135, 2005

HOSTETTLER, Silvia. 2007, **Land use changes and transnational migration: the impact of remittances in westerns Mexico**. PhD Thesis (Faculté de L'Environnement Naturel, Architectural et Construit). École Polytechnique Fédérale de Lausanne. 2007.

ROCHA, Gilberto Miranda. (Org.). **Cidade e Empresa na Amazônia: gestão do território desenvolvimento local**. 1. ed. Belém: Pakatatu, 2002.

LAMBIN, Erick F;GEIST, Helmut; LEPERS, Erika. Dynamics of land-use and land-cover change in Tropical Regions. **Annual Review of Environment and Resources**, 2003v.28, 205- 241.

MCGARIGAL, Kevin. Landscape pattern metrics. In: **Encyclopedia of Environmentrics**, A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch (Ed.) Sussex, England: John Wiley & Sons, 2002, p. 1135-1142.

MARTINELLI, Marcello. **Mapas da Geografia e Cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2006. 3. Ed.

MARTINS, José de Souza. **Fronteira: a degradação do outro nos confins do humano**. São Paulo: Hucitec, 1997.

MERTENS, Benoit; LAMBIM, Eric. F. Spatial modeling of deforestation in southern Cameroon, spatial disaggregation of diverse deforestation process. **Applied Geography**. Maryland, USA, v. 17, n.2, p. 143-162. 1997.

MERTENS, Benoit, et al. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon : the case of São Felix do Xingu in South Pará. **Agricultural Economics**, Washington, Special issue "Spatial analysis for agricultural economics : concepts, topics tolls and example", p. 12-57, 2002.

MORÁN, Emilio. F.; BRONDÍZIO, Eduardo. S.; MCCRACKEN, Steve. Trajectories of land use perspective In: **Wood, C. e Porros, R.I Patterns and processes of land use and forest change in the Amazon**. Gainesville: Florida University Press, p.193-217, 2002.

National Aeronautics and Space Administration – NASA, EUA. **Mosaic MrSid Imagine**. Disponível em : <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. Acesso em 14 de março de 2008.

NOVO, Evlyn.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgar Blucher, 1991.

SAUER, Sérgio (Ed.). **Violação dos direitos humanos na Amazônia: conflito e violência na fronteira paraense**. Goiânia: CPT; Rio de Janeiro: Justiça Global; Curitiba: Terra de Direitos, 2005. 170 p.

SANTOS, Boaventura de Sousa. Os processos de globalização. In: **A globalização e as ciências sociais**. São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, Milton. **Técnica, Espaço, Tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo : Hucitec, 1997.

_____. Espaço e método. São Paulo: Nobel, 1985

SANTOS, Milton; SILVEIRA, Maria Laura. **O Brasil-Território e sociedade no início do século XXI**. Rio de Janeiro- São Paulo: Record, 2001.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E FINANÇAS. **Estatísticas Municipais**. Disponível em: <www.sepof.pa.gov.br>. acesso em 12/09/2008.

SILVA, Marcelino Pereira dos Santos. **Mineração de padrões de mudança Em imagens de sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado Computação Aplicada) – Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

SILVA, Marcelino P. S. et al. Remote-sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4803-4822, 2008.

SCHMINK, Marianne; WOOD, Charles H. **Contested Frontiers in Amazônia**. Columbia University Press, New York. 1992

SCHMITZ, Heribert; MOTA, Dalva Maria da. Agricultura familiar: elementos teóricos e empíricos. **Revista Agrotópica**. Itabuna, v.19, p.21-30, 2007.

SERRÃO, Emanuel. Adilson; NEPSTAD, Daniel; WALKER, Robert. Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience. **Ecological Economics** , n. 18, p. 3-13, 1996.

VEIGA, Jonas Bastos da, et AL. **Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia, Pará, Brasil**. Brasília: Editora da UNB, 2004.

VEIGA, Jonas. B. da; TOURRAND, Jean Francois; QUANZ, Darcísio. **A Pecuária na Fronteira Agrícola da Amazônia: O caso do Município de Uruará, PA, na Região da Transamazônica**. Belém: EMBRAPA- CPATU, Documentos, n. 87, 1996.

VEIGA, Jose Eli; **Delimitando a agricultura familiar** . São Paulo: USP/FEA, 1995.

VENTURIERI, Adriano. **A dinâmica da ocupação pioneira na rodovia Transamazônica: Uma abordagem de modelos de paisagem**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, São Paulo. 2003.

WALKER. Robert, et al. Land Cover Evolution of Small Properties: The Transamazon Highway; **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 35, n. 2, p.115-126, 1997.

WALKER, Robert; MORÁN, Emílio.; ANSELIN, Luc. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian Amazon: external capital and household process. **World Development**. v. 28 n. 4. p.683-699, 2000.

WATRIN, Orlando dos Santos; VENTURIERI, Adriano. Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos : INPE, 2005. p. 3433-3440.