INPE-16623-TDI/1597

FATORES ESPACIAIS E TEMPORAIS RELACIONADOS AO PERCENTUAL DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA EM ÁREAS DESFLORESTADAS NA AMAZÔNIA

Allan Yu Iwama de Mello

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Diógenes Salas Alves, aprovada em 24 de setembro de 2009

Registro do documento original:
<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/09.03.14.07>

INPE
São José dos Campos
2009

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Gabinete do Diretor (GB)
Serviço de Informação e Documentação (SID)
Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3945-6911/6923
Fax: (012) 3945-6919
E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:
Presidente:
Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)
Membros:
Drª Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação
Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)
Drª Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)
Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)
Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)
BIBLIOTECA DIGITAL:
Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)
Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)
REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:
Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)
EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:
Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

INPE-16623-TDI/1597

FATORES ESPACIAIS E TEMPORAIS RELACIONADOS AO PERCENTUAL DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA EM ÁREAS DESFLORESTADAS NA AMAZÔNIA

Allan Yu Iwama de Mello

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, orientada pelo Dr. Diógenes Salas Alves, aprovada em 24 de setembro de 2009

Registro do documento original:
<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/09.03.14.07>

INPE
São José dos Campos
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Mello, Allan Yu Iwama de.
M48f Fatores espaciais e temporais relacionados ao percentual de vegetação secundária em áreas desflorestadas na Amazônia / Allan Yu Iwama de Mello. – São José dos Campos : INPE, 2009.
78 p. ; (INPE-16623-TDI/1597)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.
Orientador : Dr. Diógenes Salas Alves.

1. Abandono de terras. 2. Desflorestamento. 3. Intensificação do uso da terra. 4. Padrões de paisagem. 5. Vegetação secundária. I.Título.

CDU 528.837

Copyright © 2009 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2009 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em

Sensoriamento Remoto

Dra. Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo

Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Diógenes Salas Alves

Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dra. Corina da Costa Freitas

Membro da Banca / INPE / SJCampos - SP

Dr. Mateus Batistella

Convidado(a) / CNPM/EMBRAPA / Campinas - SP

Dr. Alfredo José Barreto Luiz

Convidado(a) / EMBRAPA / Jaguariúna - SP

Aluno (a): Allan Yu Iwama de Mello

São José dos Campos, 24 de setembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

Ao Dr. Diógenes S. Alves, pela orientação do trabalho, apoio, sugestões e paciência.

À Dra. Corina C. de Freitas, pelas conversas, esclarecimentos e contribuição na parte estatística do trabalho. Ao Dr. Camilo D. Rennó, pelos esclarecimentos sobre os testes não paramétricos, empréstimo de referências sobre o assunto e pelas conversas.

Ao Cláudio Almeida, pelas diversas conversas sobre o assunto deste trabalho e pela presteza em ajudar com suas informações/dados.

À Dr. Evlyn Novo, Dr. Mateus Batistella e Dr. Alfredo J. B. Luiz, pela contribuição nas discussões e sugestões para o trabalho. Ao Dr. Roberto Araújo, pela discussão inicial do trabalho sobre os sistemas de uso da terra.

À Giovana M. Espindola, pelas profícuas conversas durante o mestrado e, sobretudo, pela amizade.

Ao Gustavo B. F. Arcoverde, pelos vários toques, principalmente na classificação das imagens.

Ao corpo docente do curso de Sensoriamento Remoto, em particular, ao Eymar S.S. Lopes, pelas orientações de uso de SIG.

À Giovana e Izabel C. Reis, pela impressão dos documentos. Muito obrigado mesmo.

À Cláudia Linhares, pela amizade. À Annette, pelo companheirismo.

Às pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro de bolsa de mestrado.

À secretaria PG-SER.

RESUMO

O desflorestamento na Amazônia brasileira se concentra em algumas áreas onde a paisagem tende a ser dominada por pastagens e parcialmente pelas culturas, apresentando relativamente poucos remanescentes florestais e certo grau de vegetação secundária. A vegetação secundária pode desempenhar um papel importante para mitigar os impactos do desflorestamento, embora tenha sido sugerido que sua importância tem sido decrescente nas regiões em que se concentra a maior parte do desflorestamento, conforme estudos baseados em análises de dados do Censo Agropecuário e de classificação de amostras em imagens de sensoriamento remoto. Com o objetivo de verificar se a ocorrência de vegetação secundária tende a diminuir em áreas que concentram o desflorestamento “antigo”, em relação às áreas de desflorestamento "novo", definiu-se um método amostral para analisar a distribuição espacial da vegetação secundária. Este método se baseou na classificação de amostras em células regulares de 10 x10 km, selecionadas aleatoriamente nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Mapas do programa PRODES/INPE (desflorestamento acumulado até 2006) foram utilizados como fonte de dados de desflorestamento para diferenciar áreas desflorestadas antes de 1997 (desflorestamento “antigo”) de áreas desflorestadas no período 2003-2006 (desflorestamento “novo”). As amostras selecionadas aleatoriamente em imagens TM/Landsat foram classificadas, a fim de identificar a vegetação secundária nas áreas de desflorestamento nesses dois períodos. Além disso, as células foram divididas segundo o padrão de paisagem, isto é, em grupos “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento, a fim de analisar a vegetação secundária em áreas de padrões de paisagem distintos. Os resultados mostraram diferenças significativas, com nível de significância de 5% (α = 5%), entre a proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento “antigo”, em relação à proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento “novo”. A mesma diferença foi obtida entre a proporção de vegetação secundária em áreas de “grandes” manchas de desflorestamento, em relação à proporção de vegetação secundária em áreas de “pequenas” manchas de desflorestamento (Mato Grosso e Pará, com α = 5% e Rondônia, com α = 10%). Estes resultados, para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, indicam uma maior concentração do uso da terra em áreas de desflorestamento “antigo”, implicando em uma maior pressão sobre as áreas de vegetação secundária. Isso sugere que os efeitos e a importância relativa da vegetação secundária, em áreas mais “antigas” de desflorestamento, tem sido menores dentro dos sistemas de uso da terra. Por outro lado, a ocorrência da vegetação secundária em áreas com “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento pode ser vista como um tema importante para a posterior investigação.

INFLUENCE OF SPATIAL AND TEMPORAL FACTORS IN THE PERCENTAGE OF SECONDARY VEGETATION IN DEFORESTED AREAS IN THE AMAZONIA

ABSTRACT

Deforestation in Brazilian Amazon is concentrated in some areas where the landscape tends to be dominated by pastures and partially by crops, with relatively few forest remnants, and some degree of secondary vegetation (SV). Secondary vegetation can play an important role to mitigate deforestation impacts, although it has been suggested that it has decreasing importance in the regions that concentrate most deforestation, according to studies based on analyses of Census data and classification of remotely sensed imagery. To verify if the occurrence of secondary vegetation tends to decrease in areas that concentrate most of “old” deforestation in relation areas of “new” deforestation, a method was defined to analyze the spatial distribution of secondary vegetation based on the classification of randomly selected 10 x 10 km regular cells in Mato Grosso, Pará, Rondônia. Maps of deforestation from INPE/PRODES (deforestation until 2006) program were used as the source of deforestation to differentiate areas deforested before 1997 ("old" deforestation) from areas deforested in 2003-2006 ("new" deforestation) and randomly selected samples from Landsat/TM imagery were classified to identify the secondary vegetation in areas of "old" and "new" deforestation, in the selected samples. Also, the cells were divided in groups of “large” and “small” patches of deforestation, according to landscape patterns. Significant differences (α = 5%) were observed between the fraction of secondary vegetation in areas of “old” deforestation in relation the fraction (of SV) to areas of “new” deforestation. Significant differences were observed according to “large” and “small” patches of deforestation, in Mato Grosso and Pará (α = 5%), and in Rondônia (α = 10%). These results indicate, in Mato Grosso, Pará and Rondônia, a greater land use concentration in areas of "old" deforestation, implying a greater pressure on the areas of secondary vegetation. This suggests that the effects and relative importance of secondary vegetation in areas of "old" of deforestation, has been lower in the systems of land use. Furthermore, the occurrence of secondary vegetation in areas with "large" and "small" patches of deforestation can be seen as an important issue for others investigation.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO 17

1.1 Contexto: o desflorestamento e a vegetação secundária na Amazônia 17

1.2 Objetivo 18

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 21

2.1 Desflorestamento na Amazônia 21

2.2 Importância da vegetação secundária como parte dos sistemas de uso da terra 24

2.3 Classificação da vegetação secundária 28

3 ÁREA DE ESTUDO 31

3.1 Características do estado do Mato Grosso 33

3.2 Características do estado do Pará 35

3.3 Características do estado de Rondônia 36

4 MATERIAIS E MÉTODOS 39

4.1 Materiais utilizados 39

4.2 Intersecção: mapas de desflorestamento e de células 42

4.3 Definição da área de amostragem 42

4.4 Sorteio do conjunto de amostras 42

4.5 Divisão dos grupos 43

4.6 Classificação da vegetação secundária nas amostras 46

4.7 Cálculo da vegetação secundária na fração das áreas desflorestadas das amostras e teste Kolmogorov-Smirnov (KS) 47

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 51

5.1 Área de amostragem 51

5.2 Seleção das amostras 53

5.3 Classificação da vegetação secundária nas áreas desflorestadas 56

5.4 Análise da relação entre desflorestamento/padrões de paisagem e a vegetação secundária 57

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 69

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

APÊNDICE A 77

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Principais redes de estradas da Amazônia Legal 22

Figura 2.2 - Distribuição do tamanho das clareiras de desflorestamento na Amazônia Legal 23

Figura 3.1 - (a) Brasil, (b) Amazônia Legal, (c) localização da área de estudo - Estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia 31

Figura 3.2 - Taxas anuais de desflorestamento por estados da Amazônia Legal 32

Figura 3.3 - Distribuição da concentração de desflorestamento na Amazônia Legal 33

Figura 4.1 - Metodologia (fluxograma). 41

Figura 4.2 - Divisão dos grupos segundo o desflorestamento “antigo” e “novo”. Células de 10 x 10 km no estado de Rondônia 43

Figura 4.3 – (a) Célula com *grandes* manchas de desflorestamento (G_3); (b) Célula com *pequenas* manchas de desflorestamento (G_4); (c) Célula *não classificada* (NC). Imagens TM/Landsat, composição colorida falsa cor com os canais 3, 4, 5 e mapas de desflorestamento (PRODES) no Mato Grosso 45

Figura 4.4 - Máscaras de (a) desflorestamento antigo (Desf. até 1997) e (b) desflorestamento novo (2003-2006). Células de 10 x 10 km localizadas no estado do Pará 47

Figura 5.1 - Intersecção entre os mapas de células e de desflorestamento por estados.. 51

Figura 5.2 - Distribuição espacial das unidades de conservação (UCs) e das Terras Indígenas e exemplo de células com (a) > 30% da classe “Outros” e (b) < 5% de desflorestamento 52

Figura 5.3 – Universo amostral na área de estudo compreendida pelos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. A área designada como “Fora da análise” é formada pelas células com menos de 5% de desflorestamento, mais de 30% da classe “Outros” e células pertencentes às Unidades de Conservação e Terras Indígenas, conforme descrito no Capítulo 4 53

Figura 5.4 – Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Mato Grosso 54

Figura 5.5 - Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Pará 55

Figura 5.6 - Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Rondônia 55

Figura 5.7 – Classificação de vegetação secundária com imagens TM/Landsat (a) TM (2005) e (b) TM (2006) e (c) método isodata, no Mato Grosso 57

Figura 5.8 – Histogramas de células de desflorestamento antigo e novo: (a) Mato Grosso; (b) Pará; (c) Rondônia 59

Figura 5.9 - Histogramas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento: (a) Mato Grosso; (b) Pará; (c) Rondônia 61

Figura 5.10 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo no Mato Grosso. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas 62

Figura 5.11 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo no Pará. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas 63

Figura 5.12 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo em Rondônia. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas 63

Figura 5.13 - Distribuições acumuladas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento no Mato Grosso. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento 64

Figura 5.14 - Distribuições acumuladas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento no Pará. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento 64

Figura 5.15 - Distribuição acumulada de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento em Rondônia. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 10%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Programas e projetos em âmbito nacional na região da Amazônia.....21

Tabela 2.2 – Categorias de ciclos de pousio segundo períodos de abandono.....25

Tabela 2.3 – Caracterização da utilização das terras (MT, PA, RO) em 1985 e 1995....27

Tabela 4.1 – Agrupamento das classes do mapa de desflorestamento (PRODES).....39

Tabela 4.2 – Exemplo do cálculo de proporção de vegetação secundária (VS), segundo as áreas desflorestadas e áreas com diferentes padrões de paisagem..... 48

Tabela 5.1 – Número de células após a divisão dos grupos de análise 54

Tabela 5.2 – Fração média de vegetação secundária (%VS), segundo a fração de áreas desflorestadas antes de 1997 (antigo) e de 2003-2006 (novo) e segundo as grandes e pequenas manchas de desflorestamento 58

Tabela A.1 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Mato Grosso 77

Tabela A.2 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Pará 77

Tabela A.3 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Rondônia..... 78

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto: o desflorestamento e a vegetação secundária na Amazônia

A Amazônia, nas últimas décadas, tem apresentado altas taxas de desflorestamento devido, entre outros fatores, à expansão de atividades agropecuárias. Os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia foram aqueles que apresentaram historicamente as maiores taxas de desflorestamento entre 1990 e 2006 (INPE, 2008a).

A distribuição espacial do desflorestamento na Amazônia, de modo geral, pode ser associada a dois fatores relacionados entre si: (a) a influência da abertura de rodovias e do estabelecimento de pólos de desenvolvimento no processo de ocupação (MACHADO, 1998; ALVES et al., 1999; ALVES, 2002), (b) à combinação de processos de concentração do uso da terra ou de expansão de novas áreas de desflorestamento, associados com intensificação/abandono da terra (ALVES et al., 2003; ALVES, 2007).

Diversos autores têm mostrado que a vegetação secundária em áreas desflorestadas e abandonadas (ou colocadas em descanso) é um importante elemento das paisagens na Amazônia, podendo desempenhar um papel importante para a mitigação de vários efeitos do desflorestamento (LISBOA, 1989; BROWN e LUGO, 1990). Porém, sua importância relativa pode variar ao longo do tempo e do estágio da ocupação (FEARNSIDE e GUIMARÃES, 1996; ALVES et al., 1997; ALVES et al., 2003; ALVES, 2007).

Alves et al. (2003) analisaram a relação entre o desflorestamento e a vegetação secundária no estado de Rondônia, com base em classificações de imagens TM/Landsat de 1985 e 1995, e mostraram que a ocorrência da vegetação secundária tende a diminuir em áreas de concentração de desflorestamento. Alves (2007), nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, encontrou indícios de um processo semelhante ao verificar uma diminuição de terras produtivas não utilizadas (terras não utilizadas por período superior a quatro anos) em regiões mais desmatadas, com base nos dados dos Censos Agropecuários de 1985 e 1995. Baseado nesses resultados, este trabalho buscou

investigar se a vegetação secundária tende a diminuir em áreas desflorestadas no período antes de 1997 (associado ao desflorestamento de fronteira antiga), em relação ao período de 2003-2006 (associado ao desflorestamento de fronteira mais recente), a fim de entender melhor as implicações sobre as trajetórias de intensificação de uso ou abandono da terra.

Devido à escassez de dados censitários e a alguns problemas relativos às dificuldades de coleta de dados de uso da terra na Amazônia, dados de sensoriamento remoto constituem uma importante fonte de informação para entender melhor esses processos. Neste trabalho foi definido um método para analisar a distribuição da vegetação secundária, baseado na classificação de amostras em células regulares de 10x10km, selecionadas aleatoriamente. Para diferenciar áreas desflorestadas antes de 1997 (desflorestamento antigo) de áreas desflorestadas em 2003-2006 (desflorestamento novo), foram utilizados mapas de desflorestamento do programa PRODES/INPE e as imagens TM/Landsat de 2006 foram classificadas, nas amostras selecionadas, para identificar a vegetação secundária nas áreas desflorestadas em ambos os períodos, nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Além desta análise, foram divididos grupos de “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento, para analisar a ocorrência da vegetação secundária entre estes dois grupos.

Neste trabalho, as áreas de desflorestamento acumulado até 1997 e de 2003-2006, foram definidas como áreas de desflorestamento “antigo” e “novo”, respectivamente. Para analisar a relação entre o desflorestamento e a vegetação secundária, as amostras/células selecionadas foram divididas em categorias de acordo com a proporção relativa de vegetação secundária nas áreas desflorestadas nestes dois períodos. Da mesma forma, as amostras foram divididas entre padrões de paisagem com “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento.

1.2 Objetivo

O objetivo do trabalho foi analisar, em áreas amostradas aleatoriamente, no Mato Grosso, Pará e Rondônia a ocorrência da vegetação secundária em áreas desflorestadas. Para isso, a vegetação secundária foi classificada em imagens do sensor TM/Landsat de

2006, nas amostras selecionadas, com a finalidade de verificar se existem diferenças na distribuição da fração de vegetação secundária entre as amostras de áreas “antigas” e de áreas “novas” de desflorestamento. Do mesmo modo, foram analisadas se existem diferenças na distribuição da fração de vegetação secundária entre as amostras de áreas com “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento. As amostras em áreas “novas” foram definidas como aquelas em que o desflorestamento mapeado pelo PRODES (2006) após 2003 representava mais do que duas vezes o desflorestamento mapeado até 1997. As amostras em áreas “antigas” foram definidas como o contrário. As amostras com “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento foram discriminadas dessa maneira com base na análise visual das amostras e de suas regiões circundantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é apresentada a fundamentação teórica para o desenvolvimento do trabalho, tais como conceitos e importância da vegetação secundária e de processos de intensificação de uso da terra relacionados à ocorrência de vegetação secundária.

2.1 Desflorestamento na Amazônia

Desde a década de 60, a implantação dos principais programas e projetos de colonização em âmbito nacional (ver Tabela 2.1), tem favorecido a ocupação na região da Amazônia (BECKER, 1997; MACHADO, 1998) com consequências diretas para o desflorestamento em grande escala.

Tabela 2.1 – Programas e projetos em âmbito nacional na região da Amazônia

Períodos	Anos de implantação	Programas, projetos e órgãos executores
Décadas 50-60	1958	Rodovia Belém - Brasília (BR-010)
	1960	Rodovia Cuiabá - Porto Velho (BR-364)
	1966	SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
Década 70	1970	PROTERRA - Programa de redistribuição de Terras e Estímulo a Agroindústria do Norte e Nordeste
	1970	PIN - Programa de Integração Nacional
	1974	POLAMAZÔNIA - Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia
Década 80	1980	PGC - Programa Grande Carajás
	1981	POLONOROESTE
	1985	PCN - Projeto Calha Norte

Fonte: Adaptado de BECKER (1997)

E, de maneira geral, a abertura de novas estradas, implantação de projetos de colonização e de mineração tem sido os principais fatores no processo de conversão de florestas em atividades agropecuárias (MACHADO, 1998; ALVES, 2007). O desflorestamento tem sido intenso, sobretudo, ao longo das principais estradas[1], pólos de desenvolvimento e zonas pioneiras de desflorestamento (ALVES et al., 1999; ALVES, 2001; ALVES, 2002) (Figura 2.1).

[1]A rede de estradas à oeste liga Cuiabá à Porto Velho, Rio Branco e Acre ocidental. O eixo leste liga Belém e São Luis para Palmas (Tocantins), Barra do Garças, Marabá, Redenção, São José do Xingu, Altamira e São Félix do Xingu. A rede central conecta Cuiabá à Santarém, com ligação para Alta Floresta e noroeste do Mato Grosso. A Transamazônica (BR-230) liga Marabá à Altamira, Itaituba e Lábrea e a noroeste liga Porto Velho à Manaus (BR-319) e Boa Vista (BR-174), continuando na direção norte.

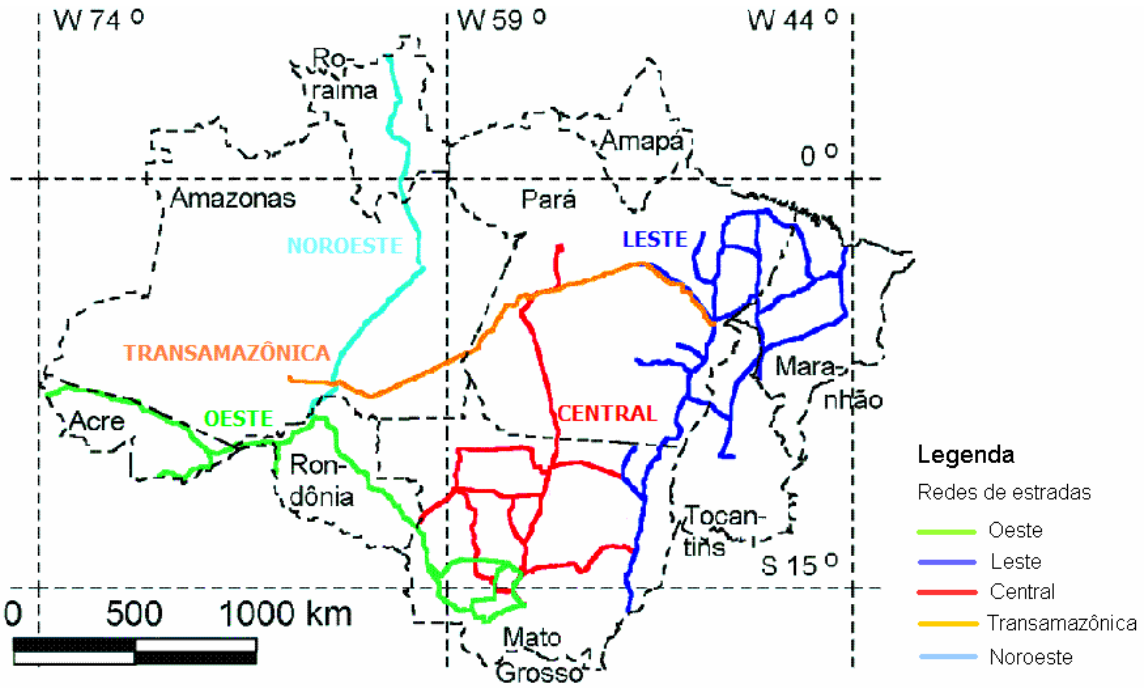

Figura 2.1 - Principais redes de estradas da Amazônia Legal
Fonte: Adaptado de Alves (2002)

Alves (2002) analisou os padrões espaciais de desflorestamento nos períodos 1991-1994, 1994-1997 e 1991-1997, mostrando que as regiões na faixa de 100 km das estradas e eixos (Figura 2.1) concentravam 90% do desflorestamento na Amazônia. De modo geral, este estudo mostrou que a concentração do desflorestamento tem se estabelecido próximo às grandes estradas e zonas de desenvolvimento, sugerindo um cenário de intensificação de uso da terra associado ao aumento do desflorestamento nessas regiões.

No mesmo estudo, analisando a distribuição do desflorestamento e do tamanho de clareiras, verificou que clareiras maiores do que 200 ha representaram cerca de 50% do total desflorestado no período entre 1991 e 1997. Neste mesmo período, clareiras maiores do que 50 ha representaram 74% do total desflorestado em regiões originalmente ocupadas por pequenas propriedades no leste do Pará e em Rondônia. Dessa análise observou-se que os diferentes tamanhos de clareiras variam de região para região (Figura 2.2), de acordo com as diferentes práticas de uso da terra, concentração e posse da terra na Amazônia (MACHADO, 1998; ALVES, 2001; ALVES, 2002).

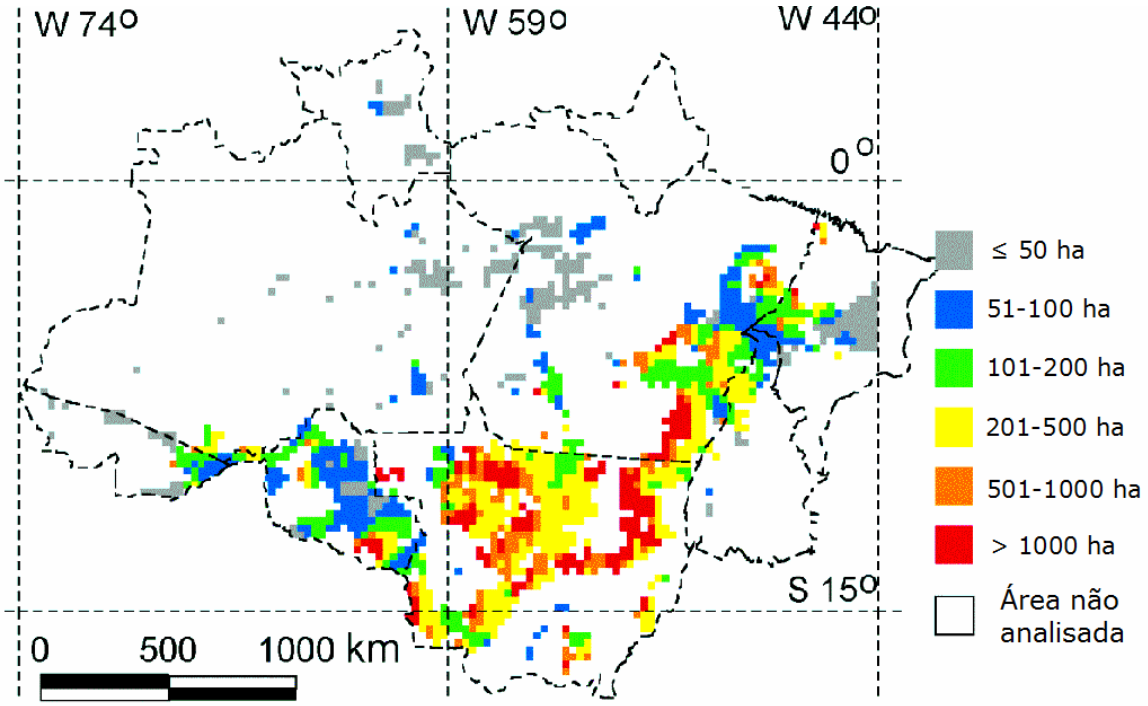

Figura 2.2 - Distribuição do tamanho das clareiras de desflorestamento na Amazônia Legal
Fonte: Adaptado Alves (2002)

O estado do Mato Grosso, com um perfil associado à modernização agrícola (HURTIENNE, 2005) e ao agronegócio, apresentou o maior percentual de desflorestamento associado às propriedades maiores do que 1000 ha, segundo dados do Censo 1985 (FEARNSIDE, 2005). De fato, o perfil de agronegócio na região do Mato Grosso tem sido ainda reforçado pela produção em grande escala de grãos, como a soja e o milho, sobretudo da expansão modernizada do algodão e da incorporação de áreas em direção à fronteira agropecuária ao norte do Mato Grosso, potencializando a concentração agrária na região, segundo o relatório do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009). Morton et al. (2006) mostraram, no Mato Grosso, que apesar das pastagens serem o uso predominante após o desflorestamento nas regiões norte e oeste do estado, há um padrão de grandes clareiras para fins agrícolas no processo de desflorestamento, responsáveis pela perda de 17% da floresta no período de 2001-2004,

em regiões nas proximidades de centros de produção agrícola e da estrada Cuiabá-Santarém (BR-163).

Dado a complexidade com que ocorrem os processos de desflorestamento e de ocupação na região da Amazônia, as análises das relações entre os diferentes padrões de desflorestamento e os processos econômicos, agrários e fundiários, devem considerar várias escalas e uma grande diversidade de processos, levando em conta as particularidades dos sistemas de produção de diferentes grupos sociais (MACHADO, 1998; ALVES, 2001).

2.2 Importância da vegetação secundária como parte dos sistemas de uso da terra

Browm e Lugo (1990) conceituaram a vegetação secundária como aquela formada a partir de alterações humanas na floresta primária ou a partir de distúrbios naturais. Os termos comumente utilizados de vegetação secundária tem sido: juquira, capoeirinha, capoeira e capoeirão que, de modo geral, apresentam vegetação em estágio sucessional com espécies arbóreas e herbáceas (SKOLE et al., 1999) e com grande diferença na estrutura florestal e na composição de espécies com relação às florestas primárias (CHOKKALINGAM e JONG, 2001).

Neste trabalho assumiu-se o conceito da vegetação secundária formada após o corte raso, normalmente resultante de um processo de abandono de terras (ver BROWN e LUGO, 1990). A formação da vegetação secundária resultante do processo de desflorestamento apresenta uma importância relativa que pode variar ao longo do tempo e do estágio da ocupação da terra (FEARNSIDE e GUIMARÃES, 1996; ALVES et al., 1997; ALVES et al., 2003; ALVES, 2007), exercendo um papel importante na mitigação dos efeitos do desflorestamento (LISBOA, 1989; BROWN e LUGO, 1990), manutenção da biodiversidade, conservação de nutrientes e na ciclagem do carbono.

O modelo apresentado por Boserup (1965) oferece uma visão conceitual que auxilia a compreensão da formação da vegetação secundária a partir de um modelo que mostra a relação do aumento da densidade populacional sobre a evolução das mudanças de

cobertura e uso da terra e ciclos de pousio. A Tabela 2.2 mostra categorias de ciclos de pousio segundo os períodos de abandono de terras.

Tabela 2.2 – Categorias de ciclos de pousio segundo períodos de abandono

Ciclos de pousio	Períodos de abandono
Ciclo de longa duração	Período de abandono de 20 a 25 anos
Ciclo médio de abandono	Período de abandono de 6 a 10 anos
Ciclo curto de abandono	Período de abandono não ultrapassa 2 ou 3 anos
Colheitas anuais	Período de descanso da terra de alguns meses
Colheitas múltiplas	Período de descanso muito curto ou inexistente

Fonte: Adaptado de Boserup (1965)

Os ciclos de longa e média duração, de modo geral, favorecem a reconstituição da vegetação secundária em fases de regeneração mais antigas, por apresentar períodos maiores de pousio. Quando as áreas são reabertas, a queima da matéria orgânica fornece nutrientes, aumenta o pH e o solo se torna mais fértil, mesmo com a perda de nutrientes e matéria orgânica pela queima. Quando o ciclo de pousio tende a diminuir, observa-se uma perda de fertilidade do solo, sendo necessário mais insumo e mão-de-obra para manter ou aumentar a produção. Na Zona Bragantina/PA, uma região com uma relativa estabilidade nos sistemas de uso da terra, constatou-se que o aumento populacional e a crescente integração ao mercado, levou à períodos de pousios menores, segundo Hurtienne (2005). Entretanto, pode ser que este processo de aumento populacional e intensificação nem sempre conduza à degradação da terra (MORTIMORE, 1993), pois pode existir, entre outros motivos, uma motivação para que agricultores busquem áreas com solos de boa qualidade, como observaram Mather e Needle (1998) em regiões da Europa.

No sistema tradicional de agricultura familiar, observa-se que o grau de intensificação pode variar em função da forma como este sistema utiliza a terra. Normalmente, no sistema conhecido como corte e queima, há uma associação com a degradação ambiental da terra (HURTIENNE, 1998). Entretanto, em regiões como no Leste do Pará e na Transamazônica, a agricultura familiar tem apresentado uma diversidade de sistemas de produção agrícola, que incluem culturas perenes, extração vegetal (açaí, castanha-do-pará, cupuaçu), pequena e grande criação (COSTA, 1992; COSTA, 1994;

HURTIENNE, 1998; WALKER et al., 1998), que tem modificado a concepção do sistema de corte e queima como um processo de degradação da terra . Segundo Denich et al. (2000), essa agricultura de corte e queima nem sempre tem efeitos ambientalmente negativos, como é normalmente assumido.

No que diz respeito à agropecuária, especificamente na expansão da pecuária nas fronteiras recentes, nem sempre há contínua derrubada de floresta primária, por ser mais vantajoso fazer a broca e queima de vegetação secundária nas próprias unidades de produção com terras suficientes (MORAN et al., 1996). Porém, os usos da terra não tradicionais, como as pastagens, têm exercido influência na dinâmica da vegetação secundária, diminuindo a sua área de ocorrência (PERZ e SKOLE, 2003). Em regiões de pecuária extensiva de baixa tecnologia no Mato Grosso e Pará, foi observado um abandono de pastagens antigas, sendo uma parte dessas áreas recuperada e reutilizada para pastagem e outra parte, convertida para o cultivo de grãos (CASTRO, 2004). Em uma proporção significativa destas áreas pode ocorrer a vegetação secundária.

Diversos estudos que utilizam dados de sensoriamento remoto têm evidenciado uma heterogeneidade dos padrões de uso da terra na Amazônia. Moran et al. (1994) observaram que a variabilidade espacial nas taxas de crescimento da sucessão secundária na Amazônia, são influenciadas pela ocorrência de queimadas, banco de sementes, fertilidade dos solos e inclinação do terreno. Alves e Skole (1996) mostraram, em Rondônia, que tanto o abandono de áreas já desmatadas como a abertura de clareiras de vegetação secundária são práticas comuns na região. Além disso, Roberts et al. (2002), observaram que as pastagens em Rondônia geralmente não são abandonadas e, raramente, ocorre a vegetação secundária. Escada (2003), na região Centro-Norte de Rondônia, mostrou que a vegetação secundária se concentra em assentamentos recentes e que tende a ser eliminada em áreas onde o desflorestamento é acentuado, com base em dados de sensoriamento remoto.

D’Antona et al. (2006) encontraram forte influência do tamanho da propriedade no processo de conversão da cobertura da terra, e consequente formação de vegetação secundária, em Santarém/PA. Observaram que as propriedades familiares menores,

devido à escassez de terra, tendem a apresentar vegetação secundária em ciclos mais curtos, quando comparadas a propriedades familiares maiores. Assim, verificaram o tipo de sistema de uso da terra proposto por Boserup (1965), em que ciclos de menor duração mantêm a área em constante utilização agrícola, impedindo a formação de vegetação secundária intermediária ou avançada. Entretanto, este processo não deve ser considerado geral (ver ESCADA, 2003; HURTIENNE, 2005).

Alves et al. (2003), no estado de Rondônia, mostraram que em regiões de concentração de desflorestamento, há também uma pressão para a derrubada sobre a vegetação secundária. Alves (2007), utilizando dados dos Censos Agropecuários 1985 e 1995 do Mato Grosso, Pará e Rondônia, mostrou um decréscimo da proporção de terras produtivas não utilizadas (abandonadas há mais de 4 anos) de 1985 à 1995 - (Tabela 2.3), sobretudo nas áreas mais desmatadas, e um aumento proporcional dessas terras em regiões com mais florestas, indicando um resultado semelhante ao de Alves et al. (2003) em Rondônia.

Tabela 2.3 – Caracterização da utilização das terras (MT, PA, RO) em 1985 e 1995

	Lavoura permanente	Lavoura temporária	Lavoura temporária em descanso	Pastagens naturais	Pastagens plantadas	Matas plantadas	Terras pro-dutivas não utilizadas	Matas e florestas naturais	Lotação dos pastos
	% da área dos estabelecimentos								(cabeça/ha)
1985 (128 municipios)	0,9	4,5	2,1	18,2	17,5	0,2	5,4	44,7	0,4
1995 (236 municipios)	0,8	4,3	1,2	10,1	29,5	0,3	3,3	47,0	0,8

Fonte: Adaptado de Alves (2007)

Segundo Alves (2007), o aumento proporcional de matas e florestas naturais pode ser efeito da incorporação de novas terras pelo movimento da fronteira em direção às áreas virgens, ao mesmo tempo em que há o desmatamento de áreas já ocupadas.

Aguiar et al. (2007), utilizando dados de sensoriamento remoto e do Censo Agropecuário de 1996, mostraram que em regiões onde a maioria do desmatamento ocorreu, o padrão de desmatamento se relaciona com mudanças de usos da terra nas proximidades de centros urbanos e estradas. Ainda mostraram que a heterogeneidade dos padrões de ocupação na Amazônia só podem ser explicados com a combinação de

fatores relacionados à organização dos sistemas produtivos e de condições favoráveis ao acesso aos mercados locais e nacionais.

Dessa forma, o processo de intensificação ou de abandono de terra pode variar de acordo com diferentes sistemas de produção e com as inovações tecnológicas, contribuindo para diferentes cenários de desenvolvimento da vegetação secundária (COSTA, 2006; COSTA, 2008). Portanto, avaliar o papel da vegetação secundária como parte dos sistemas de uso da terra requer observar diferentes escalas de análise e diferentes regiões, dada a complexidade das causas que impulsionam o desflorestamento e a heterogeneidade dos padrões de ocupação na Amazônia (AGUIAR et al., 2007; ALVES et al., no prelo).

2.3 Classificação da vegetação secundária

O estudo da vegetação secundária com o uso de sensoriamento remoto tem permitido a detecção dessas áreas e a sua quantificação. Steininger (1996), utilizando imagens TM/Landsat, observou uma boa separação entre a vegetação secundária de 2 e 19 anos, na região próxima à Manaus/AM, utilizando as bandas 5 e 7. Steininger (2000), utilizando séries temporais com o sensor TM/Landsat para a análise da dinâmica da vegetação secundária, observou que sua discriminação pode ser feita entre as bandas 4 (infravermelho próximo) e banda 5 (infravermelho médio). As áreas de dossel mais denso, normalmente apresentam respostas espectrais mais altas no infravermelho próximo e em fases mais avançadas de regeneração, apresenta reflectâncias similares aos de florestas primárias. Em áreas de início de regeneração, a reflectância do infravermelho médio é maior, normalmente confundindo-se com pastos sujos e áreas degradadas.

Lucas et al. (2002), mostram que vegetação secundária de várias idades e com diferentes trajetórias de sucessão podem ser discriminadas nos canais que correspondem ao infravermelho próximo (banda 4) e médio (banda 5), do sensor TM/Landsat. Essa análise, complementada com as informações de que em áreas de pastagens, as reflectâncias são maiores nas bandas 3 e 5 e menores na banda 4 (PEREIRA e SETZER, 1993), auxiliam a análise de classificação de vegetação secundária.

Vieira et al. (2003), na região de Bragantina/PA, utilizaram imagens TM/Landsat para separar a vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração, com auxílio de dados de campo. Seus resultados mostraram que a banda 5, que demonstrou melhor separação entre as classes de vegetação, é afetada pela diferença de dossel em variados ambientes.

Lu et al. (2003) utilizaram classificadores por pixel em imagens fração sombra e fração vegetação, destacando a utilização da razão entre as imagens sombra e vegetação para melhorar a discriminação dos estágios de sucessão. Mudanças na reflectância do infravermelho próximo podem também identificar transições entre áreas com vegetação e sem vegetação (LU et al., 2004).

Alves et al. (2003), realizaram classificações de imagens de 1985 e 1995 na região nordeste de Rondônia, separando inicialmente pastagens, corpos de água, queimadas e capoeiras utilizando as bandas 3, 4, 5 do sensor TM/Landsat, obtendo resultados para a análise da evolução do desflorestamento e a vegetação secundária.

Almeida (2008) utilizou um modelo de mistura em imagens TM/Landsat para classificar a vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração, além de estimar para a Amazônia Legal, a área de cerca de 13 milhões de hectares da vegetação secundária em áreas desflorestadas. Essa área estimada de vegetação secundária, com base em dados de sensoriamento remoto, pode ser significativa na parcela de desflorestamento em diferentes regiões na Amazônia.

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é composta pelos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, que junto com os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Roraima e Tocantins formam a Amazônia Legal (AML). O estado do Mato Grosso está situado na região Centro-Oeste do Brasil, representando aproximadamente 17,8% (903.357 km^2) do território da AML, com uma população estimada em 2007 de 2.854.642 pessoas. O estado do Pará, com 1.247.689 km^2, representa cerca de 24,5% do território da AML e população estimada em 2007 de 7.065.573. O estado de Rondônia, com população estimada em 1.453.756 pessoas, apresenta uma área territorial de 237.576 km^2 (cerca de 4,7% da área da AML) (IBGE, 2008). A Figura 3.1 mostra a Amazônia Legal e os três estados que compõem a área de estudo.

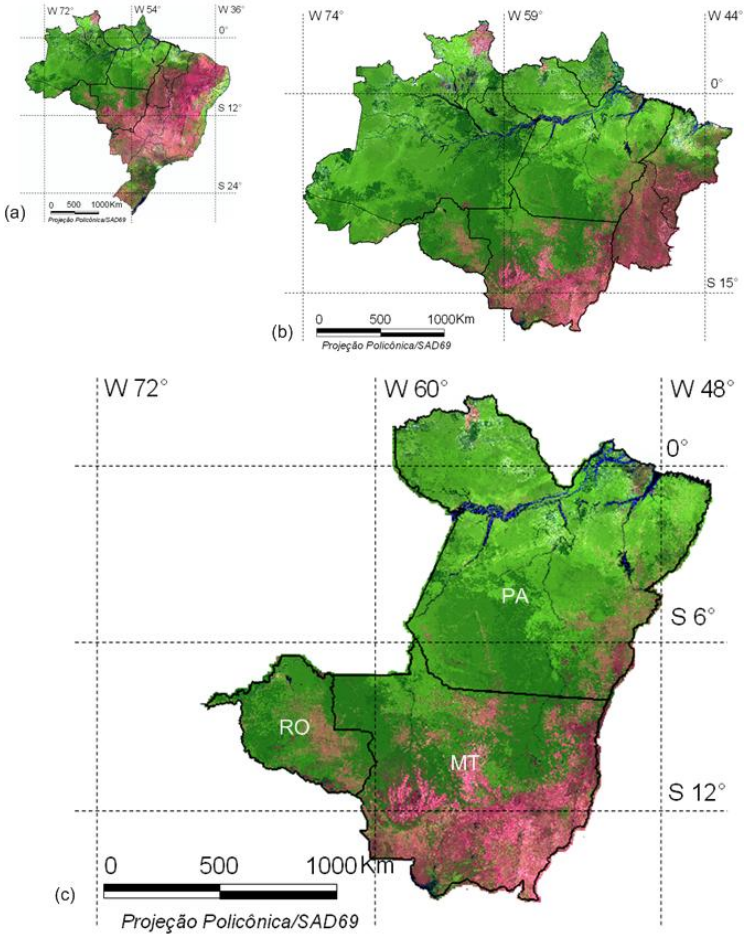

Figura 3.1 - (a) Brasil, (b) Amazônia Legal, (c) localização da área de estudo - Estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia
Fonte: INPE (2008b).

O Projeto de Estimativa de Desflorestamento Bruto da Amazônia (PRODES), desde 1988 vem produzindo estimativas anuais das taxas de desflorestamento na Amazônia Legal, utilizando imagens do satélite Landsat. A Figura 3.2 apresenta a evolução das taxas anuais por estados até o ano de 2006.

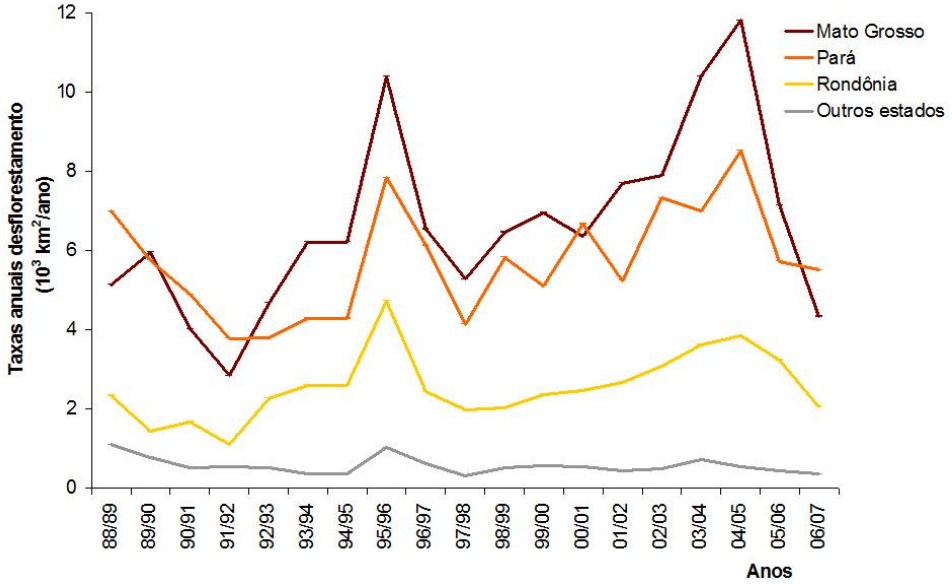

Figura 3.2 - Taxas anuais de desflorestamento por estados da Amazônia Legal
Fonte: Adaptado de INPE (2008a)

Os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia possuem historicamente as maiores taxas de desflorestamento. Estes estados, com um processo de ocupação acelerado desde a década de 70, apresentam as maiores taxas de desflorestamento entre 1990 e 2006. A Figura 3.3 mostra a distribuição de concentração das áreas desflorestadas atribuída aos municípios da Amazônia Legal, em células de intensidades alta, média ou baixa, no período 1991-1995, com vários núcleos de taxas elevadas em regiões de pólos de desenvolvimento. A intensidade do desflorestamento é representada por três classes (alta, média e baixa), cada uma com 33% do desflorestamento observado nas áreas de floresta no período 1991-1995 (células que apresentaram desflorestamento muito baixo, que reuniram, em seu conjunto, menos de 1% do total, não são apresentadas).

Figura 3.2 – Os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Tocantins e Roraima compõem a categoria “Outros estados”, sendo a média das taxas anuais destes estados.

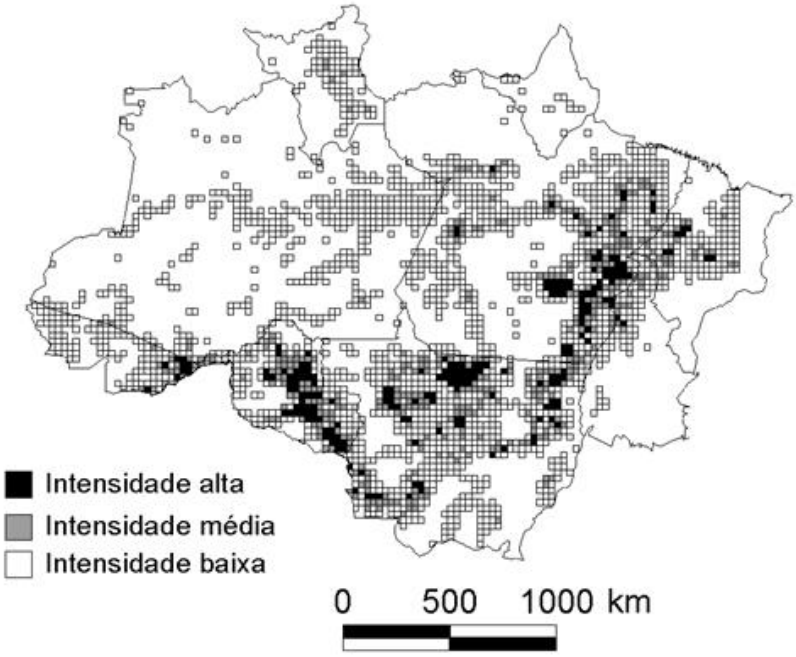

Figura 3.3 - Distribuição da concentração de desflorestamento na Amazônia Legal
Fonte: Adaptado de ALVES (2001)

A seguir são descritas algumas das características físicas e socioeconômicas dos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. Para esta caracterização, foram utilizadas as informações do Projeto Radam para as áreas do centro-norte do Mato Grosso, centro-sul do Pará e o estado de Rondônia e do relatório do Censo Agropecuário, resultado do levantamento realizado em 2006.

3.1 Características do estado do Mato Grosso

Na região à noroeste do estado do Mato Grosso, há a presença de um período seco longo, porém apresenta períodos de chuva anuais altos, refletindo uma vegetação típica de climas tropicais úmidos, tais como as Florestas Ombrófilas Abertas e Florestas Estacionais. Há também ocorrência de vegetação do tipo Savana – localizadas nas chapadas da região e de Áreas de Tensão Ecológica (RADAMBRASIL, 1980).

O relevo apresenta desde feições de chapadas (topografia aplainada) até formas de relevo dissecadas (topos tabulares). Assim, as cotas altimétricas podem variar de 100 a 600 metros. São encontradas aberturas de depressões, compondo a unidade geormofológica da região noroeste-norte do estado. Nessa região, geralmente são

encontrados os latossolos e podzólicos (argilosos) e, regiões de chapadas, são os solos arenosos que predominam (RADAMBRASIL, 1980).

Os principais cursos de água da região são constituídos pelos rios Juruena e Teles Pires, no qual os rios de ordem inferior se dirigem para estes canais principais. Os demais rios principais do estado são: Xingu, Araguaia, Paraguai, Piqueri, Cuiabá e São Lourenço das Mortes (RADAMBRASIL, 1980).

É na inserção das áreas de domínio do Bioma Cerrado, situadas nos chapadões do Planalto Central do Brasil, em sua maior parte na Região Centro-Oeste, que a produção em grande escala de grãos, como a soja e o milho, além da expansão modernizada do algodão e da incorporação de áreas em direção à fronteira agropecuária ao norte de Mato Grosso, vêm potencializando o processo de concentração agrária na região. Pode-se afirmar que a monocultura da soja ou do binômio soja-milho, além do algodão, contribuiu para reforçar a desigualdade que marcava a propriedade da terra em uma região historicamente ocupada por uma pecuária ultraextensiva. Assim, na Região Centro-Oeste esta lavoura alcançou uma escala de tecnificação que influenciou a concentração fundiária nestes recortes (IBGE, 2009).

Segundo os resultados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), nas áreas com matas e florestas contidas em estabelecimentos agropecuários, observou-se na região Centro-Oeste, concentrados basicamente no estado de Mato Grosso, uma redução de 4,3 milhões de hectares dessas áreas em 2006, em relação ao Censo Agropecuário 1995-1996 (correspondendo a uma redução de 11% de matas e florestas na região do Mato Grosso).

Ao mesmo tempo, analisando a categoria de áreas de pastagens plantadas, observou-se um aumento de 2,1 milhões de hectares (em relação ao Censo 1995-1996), correspondendo a 14,1% do total dessas áreas reduzidas na região Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal). Além do aumento de pastagens plantadas, observou também um aumento na categoria de áreas de lavouras, correspondendo a cerca de 2,87 milhões de hectares (aumento de 83,5% de áreas de lavouras em relação ao Censo 95-96).

Essa situação mostra que o estado do Mato Grosso tem um perfil associado com a agropecuária e, além disso, que o crescimento de áreas de lavouras tem sido mais frequente na região.

3.2 Características do estado do Pará

Na área prevalece o clima tropical úmido, de curto período seco e acentuado período úmido – marcado por chuvas torrenciais (segundo a classificação de Köppen, clima do tipo Amw, porém com variações na região do tipo Aw – verão úmido e inverno seco), apresentando solos pobres mais ao norte e férteis ao sul (RADAMBRASIL, 1974a).

O tipo de vegetação recorrente na região são Florestas Abertas e Florestas Densas, sendo também encontrada vegetação tipo Cerrado. Também é observada a formação de Florestas Secundárias (RADAMBRASIL, 1974a).

O relevo do estado, grosso modo, pode ser dividido em três unidades: (i) Planalto Setentrional, formado por um conjunto de relevos tabulares rebaixados – variando de 200 a 300 metros de altitude, podendo ser encontrados também Depressões Periféricas; (ii); Planalto Sedimentar do Amazonas, representado por um conjunto de relevos tabulares e uma grande faixa de dissecação entre as cristas e os interflúvios, onde se encontra a serra dos Carajás; (iii) Planície Amazônica, compondo uma faixa estreita das margens do rio Amazonas, com partes sujeitas à inundações periódicas (RADAMBRASIL, 1974a; RADAMBRASIL, 1974b).

A hidrografia da região é composta pelos rios Pará, Tapajós, Xingu, Jarí, Tocantins e Amazonas (RADAMBRASIL, 1974a; RADAMBRASIL, 1974b).

No sudoeste do Pará, observa-se a presença de municípios com grande desigualdade na distribuição de terras, que se inserem crescentemente para a fronteira agropecuária, seja pela expansão de pastagens, seja pela produção de soja e milho.

De acordo com os resultados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), em relação às áreas com matas e florestas contidas em estabelecimentos agropecuários, observou-se

uma redução de 4,1 milhões de hectares dessas áreas em 2006, em relação ao Censo Agropecuário 1995-1996.

Na categoria áreas de pastagem plantadas, houve um aumento de 3,2 milhões de hectares ou 55,3% correspondentes ao verificado em 1995-1996. Em áreas de lavouras foi verificado um aumento de 556 mil hectares, mas com percentual menor referente ao censo anterior (42,3%), pois como nesta região houve aumento de áreas de pastagem plantadas e de lavouras, conclui-se que estes incrementos não vieram, na sua maioria, da migração entre estas modalidades.

3.3 Características do estado de Rondônia

Em Rondônia predomina o clima equatorial quente e úmido e estação seca bem definida (meses de junho à agosto), sendo definido o clima tipo Awi, conforme a classificação de Köppen (RADAMBRASIL, 1978).

Os tipos de vegetação encontrados na região são as Florestas Ombrófila Aberta, Florestas Ombrófilas Densas (Floresta Amazônica), Florestas Estacionais Semidecidual, Savanas e Vegetação Aluvial, com predominância de Florestas Densas à noroeste do estado (RADAMBRASIL, 1978).

O estado de Rondônia apresenta altitudes que variam entre 70 e 600 metros, sendo suas principais unidades de relevo: Planícies Amazônicas; Depressões (Amazônia Meridional, Guaporé e Solimões); Planaltos (Amazônia Meridonal e dos Parecis); Pantanal do Guaporé. Predominam na região os latossolos, embora também sejam encontrados os solos podzólicos (argissolos), areias quartzozas, terra roxa (RADAMBRASIL, 1978).

Em Rondônia são encontradas três Bacias Hidrográficas: Rio Madeira; Rio Guaporé/Mamoré; Rio Ji-Paraná ou Machado, além de uma bacia secundária, a do Rio Roosevelt ou Rio da Dúvida (RADAMBRASIL, 1978).

Segundo os resultados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), em relação às áreas com matas e florestas contidas em estabelecimentos agropecuários, observou-se uma

redução de 2,5 milhões de hectares dessas áreas em 2006, em relação ao Censo Agropecuário 1995-1996.

Na categoria áreas de pastagem plantadas em Rondônia, observou um aumento de 1,9 milhões de hectares ou aumento de 75,8% em relação a 1995-1996. As áreas de lavouras em Rondônia não tiveram um aumento tão significativo quanto os outros estados da região Norte (por exemplo, Amazonas e Pará e apresentaram proporcionalmente o maior crescimento de áreas de lavouras em 2006, em relação ao período de 1995-1996). Isso pode indicar que no estado de Rondônia, o avanço sobre as matas e florestas corresponde na maior parte, aos usos relacionados às pastagens.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada uma descrição dos materiais e do método utilizados para a análise da vegetação secundária em áreas desflorestadas.

4.1 Materiais utilizados

Os **mapas digitais de desflorestamento** utilizados para os estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia são os resultados das estimativas do projeto PRODES, incluindo o total desflorestado até 1997 e os incrementos anuais no período 1997 a 2006 (INPE, 2008a). Como as estimativas do PRODES são anuais, foi feita uma operação para agrupar as classes de conforme a hipótese do trabalho. Estes dados permitiram analisar a fração desflorestada em cada amostra/célula. A Tabela 4.1 apresenta, de forma simplificada, as classes temáticas agrupadas.

Tabela 4.1 – Agrupamento das classes do mapa de desflorestamento (PRODES)

Classes agrupadas	Descrição das classes
Floresta	Áreas de fisionomia florestal
Desf. até 1997	Desflorestamento acumulado até 1997
Desf. após 2003	Desflorestamento entre 2003 e 2006
Desf. 1997-2003	Desflorestamento entre 1997 e 2003 e com cobertura de nuvens
Outros	Cerrado, nuvens, hidrografia

As **imagens de satélite** utilizadas foram: TM/Landsat (bandas 3, 4, 5) de 2006 e 2005 e imagens *Geocover* de 2000 (disponíveis nos sites <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid> ou <http://www.dpi.inpe.br/cdteca/>). As imagens *Geocover* serviram como referência para o georreferenciamento das TM/Landsat obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Após o georreferenciamento, foram classificadas as amostras selecionadas de 10 x 10 km nas TM/Landsat de 2006. As TM/Landsat de 2005 foram utilizadas para auxiliar a classificação. A seleção das imagens considerou, basicamente, dois critérios: (a) de menores proporções de cobertura de nuvens para a área e (b) de período de estação seca (julho, agosto ou setembro). As imagens *Geocover* são disponibilizadas pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) no site <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid> (ou pela CDteca/INPE, no site <http://www.dpi.inpe.br/cdteca/>), na projeção Universal Transversa de Mercator

(UTM) e *Datum World Geodetic System 1984* (WGS84). Segundo Albuquerque et al. (2005), a precisão das imagens *Geocover* são compatíveis para o padrão de exatidão cartográfico planimétrico na escala 1:100.000, escala utilizada no presente trabalho.

Os **dados auxiliares** utilizados foram os mapas de células regulares de 10 x 10km gerado para este trabalho, para cada estado. O mapa de células foi gerado no *software* Terraview 3.2, que possui uma ferramenta que cria um plano de células. Essa ferramenta permite que sejam criadas células de acordo com o tamanho desejado e espacialmente distribuídas para a área de interesse desejada. Assim, foram utilizados os limites estaduais da área de interesse do estudo, ou seja, os limites do Mato Grosso, Pará e Rondônia (mapas digitais disponíveis no site do IBGE), com células regulares de 10 x 10 km. Além desses dados, foram utilizados os mapas digitais de Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas, obtidos no Sistema Compartilhado de Informações Ambientais (Siscom, <http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>), sistema do Ministério do Meio Ambiente/IBAMA) desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto (IBAMA, 2009)

A metodologia seguiu as seguintes etapas: (I) Materiais utilizados; (II) Intersecção entre mapas de desflorestamento de células; (III) Definição da área de amostragem (universo amostral); (IV) Sorteio do conjunto amostral; (V) Divisão dos grupos de análise (**G_1 = desflorestamento antigo** e **G_2 = desflorestamento novo**; **G_3 = grandes manchas de desflorestamento** e **G_4 = pequenas manchas de desflorestamento**); (VI) Classificação da vegetação secundária no conjunto amostral; (VII) Cálculo da proporção de vegetação secundária em cada grupo e suas respectivas distribuições acumuladas; (VIII) Testes de hipóteses: **Hipótese (a)** e **Hipótese (b)**, descritas detalhadamente no item 4.7; (IX) Análise dos resultados. A Figura 4.1 apresenta o fluxograma da metodologia adotada no trabalho.

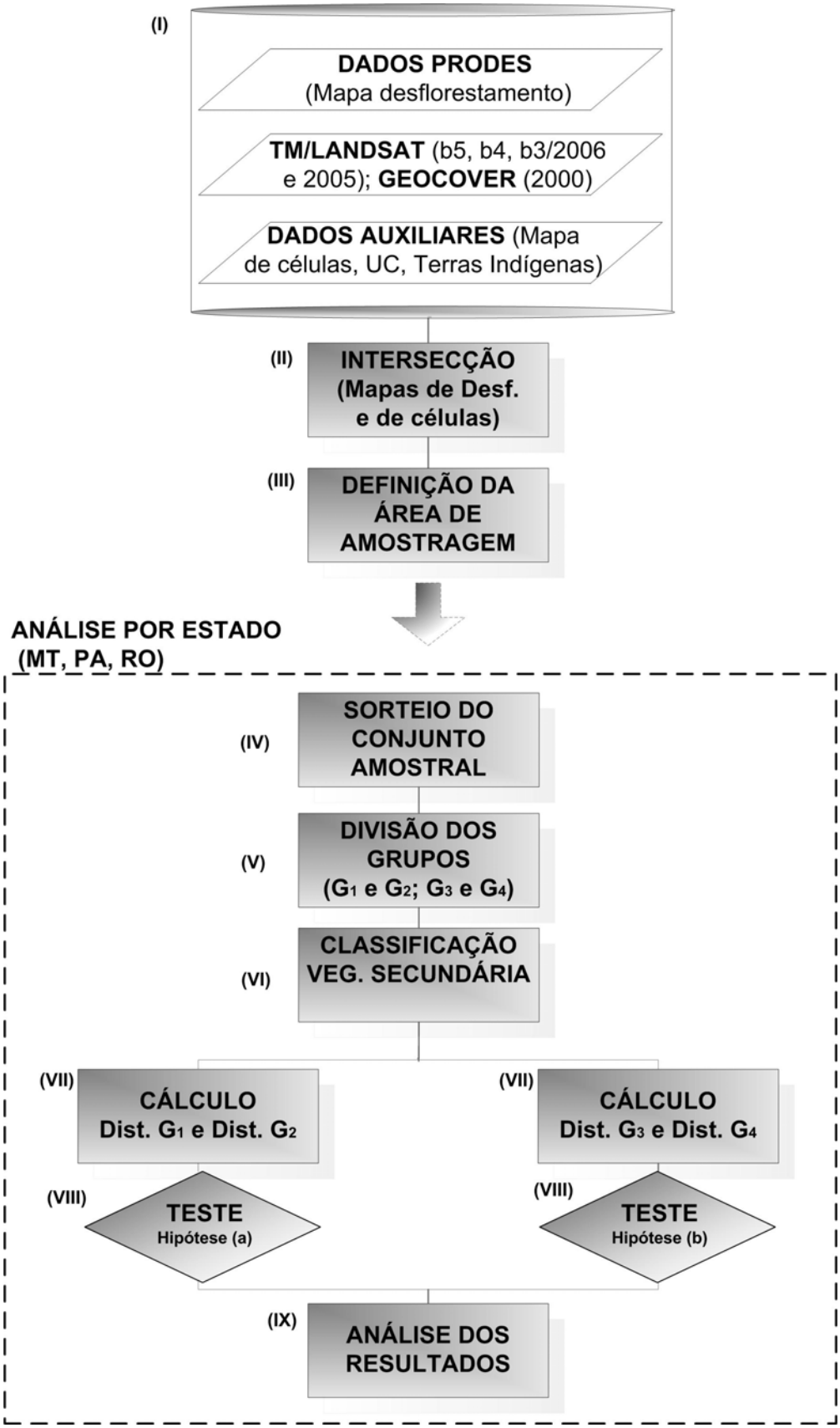

Figura 4.1 - Metodologia (fluxograma).

4.2 Intersecção: mapas de desflorestamento e de células

A operação de intersecção foi feita entre o mapa de desflorestamento (PRODES) e o mapa de células para cada estado, Mato Grosso, Pará e Rondônia (ver Figura 5.1, no capítulo Resultados). Esta operação foi realizada no *software* Terraview 3.2, utilizando o plugin "Preenchimento de Células", disponível em <http://www.dpi.inpe.br/~anapaula/plugin_celulas/>. Esta ferramenta permitiu realizar a interseção entre o mapa de células e o mapa de desflorestamento, resultando em um mapa onde cada célula (considerada como uma unidade amostral) contem os atributos de desflorestamento.

4.3 Definição da área de amostragem

A definição da área de amostragem se baseou em três condições, a fim de obter amostras/células representativas para análise:

(i) Células com pelo menos 5% de desflorestamento;

(ii) Células com percentual menor do que 30% das classes "Outros" (corresponde ao agrupamento de Cerrado, nuvens, hidrografia);

(iii) Células que não estejam em UCs e Terras Indígenas. Como essas áreas são protegidas e permitem um uso restrito da terra, as células nessas regiões, foram excluídas.

4.4 Sorteio do conjunto de amostras

Após a definição da área de amostragem, foram selecionadas, ao acaso, as amostras/células. Para realizar este sorteio, foi utilizada a função "aleatório" no *software* Excel, utilizando-se o total de células para cada estado. No primeiro sorteio, foram selecionadas 20 células ($n_{(i-1)} = n_0 = 20$) para cada estado, tal que $i = 1, 2...\infty$. Nos sorteios seguintes, foram selecionadas mais 5 células ($n_{(i-1)} = n_{(i-2)} + 5$) para cada estado e assim, sucessivamente. A cada sorteio do conjunto de amostras, foram selecionadas as órbitas/pontos e imagens *Geocover* correspondentes à localização espacial da célula e, depois de realizar o georreferenciamento das imagens, foram feitas as classificações da vegetação secundária nas amostras sorteadas.

4.5 Divisão dos grupos

Após a definição da área de amostragem e da seleção de amostras, foram definidos critérios para dividir os grupos de análise. Assim, à medida que as células foram sorteadas, foram sendo classificadas para os grupos G_1 ou G_2, G_3 ou G_4.

A primeira divisão (**Divisão I**) foi entre o desflorestamento: antigo – Desf. até 1997 (G_1) e novo – Desf. 2003-2006 (G_2). Essa divisão foi feita para testar a **Hipótese (a)** e, portanto, utilizou-se essa divisão para não incluir células no período de desflorestamento entre 1997 e 2003. Para realizar a classificação das células segundo os grupos "antigo" e "novo", foi calculada a razão entre o desflorestamento antigo e o total desflorestado em cada célula sorteada, seguindo os critérios de classificação:

(a) Se $A_1/(A_1+A_2) > 2/3$: **antigo** (G_1)

(b) Se $A_1/(A_1+A_2) < 1/3$: **novo** (G_2)

(c) Se $1/3 \leq A_1/(A_1+A_2) \leq 2/3$: **não classificado** (NC)

sendo, A_1 = área do polígono de desflorestamento "antigo" na célula; A_2 = área do polígono de desflorestamento "novo" na célula. A Figura 4.2 apresenta exemplos das células classificadas no grupo (a) antigo, (b) novo e (c) não classificado em Rondônia, segundo o critério adotado.

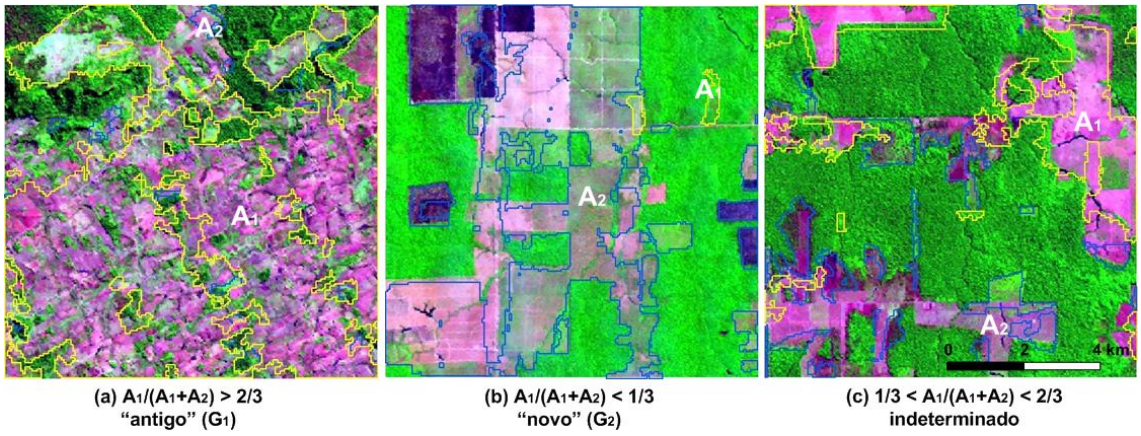

Figura 4.2 - Divisão dos grupos segundo o desflorestamento "antigo" e "novo". Células de 10 x 10 km no estado de Rondônia

A segunda divisão (**Divisão II**) foi feita entre padrões de paisagem: grandes (G_3) e pequenas (G_4) manchas de desflorestamento, para testar a **Hipótese (b)**. Para realizar a

classificação das células segundo as “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento, foi feita uma análise visual nas imagens TM/Landsat e nos mapas de desflorestamento (PRODES), relativas às células sorteadas. Definiu-se: (a) **grandes** manchas de desflorestamento (G_3), quando o tamanho dos polígonos de desflorestamento na imagem mostrava um padrão geométrico regular relativamente grande e a localização da célula era em uma região de “grandes” manchas de desflorestamento; (b) **pequenas** manchas de desflorestamento (G_4), quando o tamanho dos polígonos de desflorestamento na imagem mostrava um padrão fragmentado e a localização da célula era em uma região de “pequenas” manchas de desflorestamento; (c) **não classificado** (NC), quando havia indefinição ou confusão quanto ao tamanho dos polígonos de desflorestamento ou a fragmentação da região em que a célula se localiza se mostrava heterogênea. A Figura 4.3 mostra um exemplo da análise visual realizada para dividir os grupos entre “grandes” e “pequenas” manchas de desflorestamento e em, não classificado, para o estado do Mato Grosso.

Ou seja, do total de células amostradas em cada estado, algumas não foram classificadas para analisar a vegetação secundária em áreas desflorestadas e em áreas com padrões de paisagem distintos.

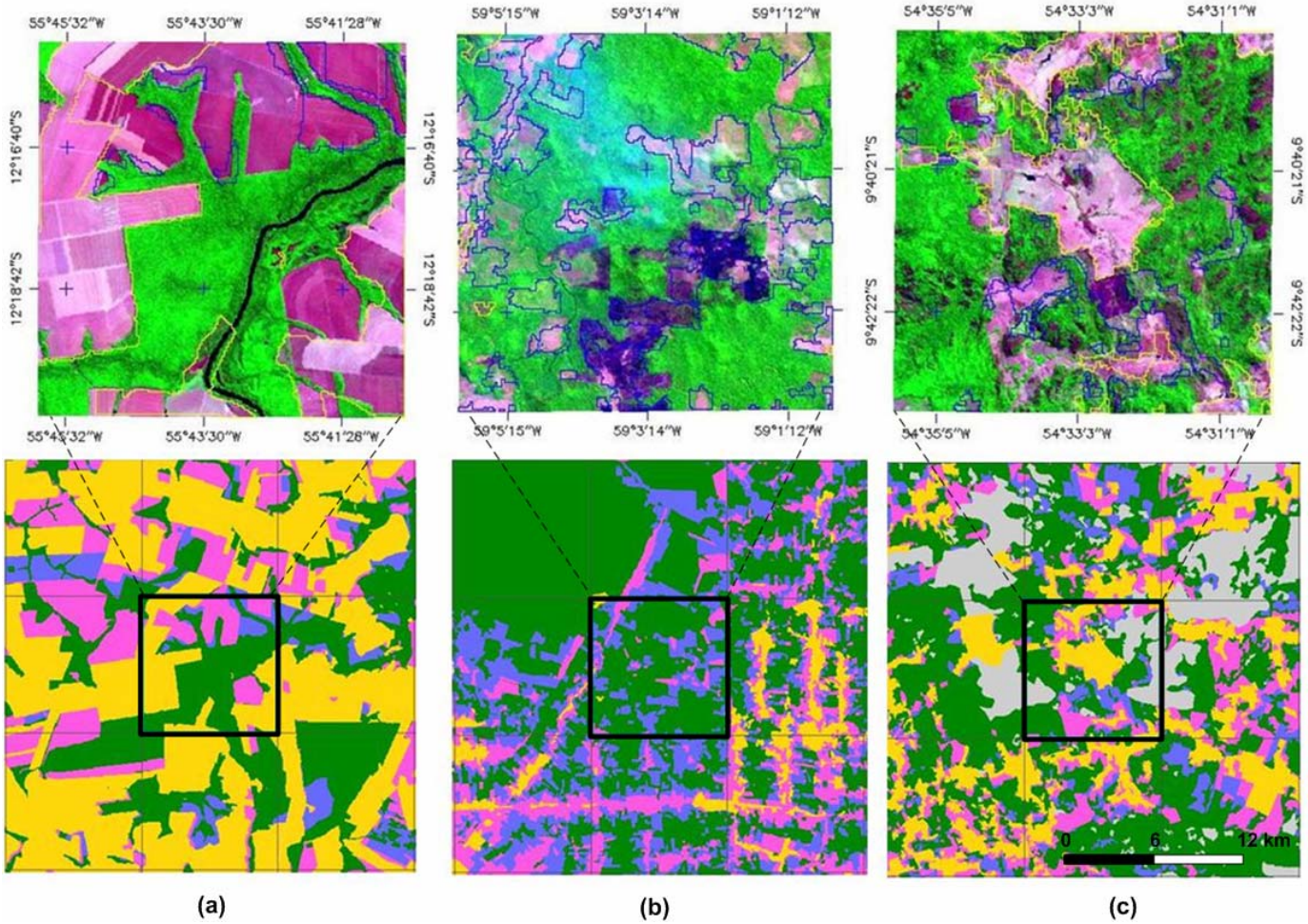

Figura 4.3 – (a) Célula com *grandes* manchas de desflorestamento (G_3); (b) Célula com *pequenas* manchas de desflorestamento (G_4); (c) Célula *não classificada* (NC). Imagens TM/Landsat, composição colorida falsa cor com os canais 3, 4, 5 e mapas de desflorestamento (PRODES) no Mato Grosso

4.6 Classificação da vegetação secundária nas amostras

Foi realizada a classificação da vegetação secundária nas amostras selecionadas nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. As classificações foram feitas com os dados dos canais 3, 4 e 5, utilizando-se a composição colorida falsa cor para a aferição da classificação. Utilizou-se o *software* ENVI 4.2 para realizar a classificação da vegetação secundária em áreas desflorestadas e em áreas com diferentes padrões de paisagem.

A classificação da vegetação secundária se baseou no aumento do infravermelho próximo em áreas de fase inicial da vegetação secundária e na diminuição gradual da infravermelho próximo quando a regeneração apresenta estágio mais avançado (STEININGER, 2000). Outra informação utilizada foi a de que as pastagens apresentam maiores reflectâncias do vermelho e do infravermelho médio quando comparado à vegetação secundária (PEREIRA e SETZER, 1993). Em áreas de difícil interpretação, onde as respostas espectrais do infravermelho próximo e médio eram similares (por exemplo, ou em áreas recentemente abandonadas ou em áreas de regeneração em estágio avançado) foram utilizadas imagens TM/Landsat de 2005 para auxiliar a interpretação na classificação. Se em 2005 estas áreas apresentavam vegetação secundária, então era confirmada a classe de vegetação secundária. Caso contrário, era corrigida para outra classe de cobertura da terra.

A classificação foi feita sobre os polígonos de desflorestamento “antigo” (Figura 4.4*(a)*) e sobre o desflorestamento “novo” (Figura 4.4*(b)*) nas células amostradas.

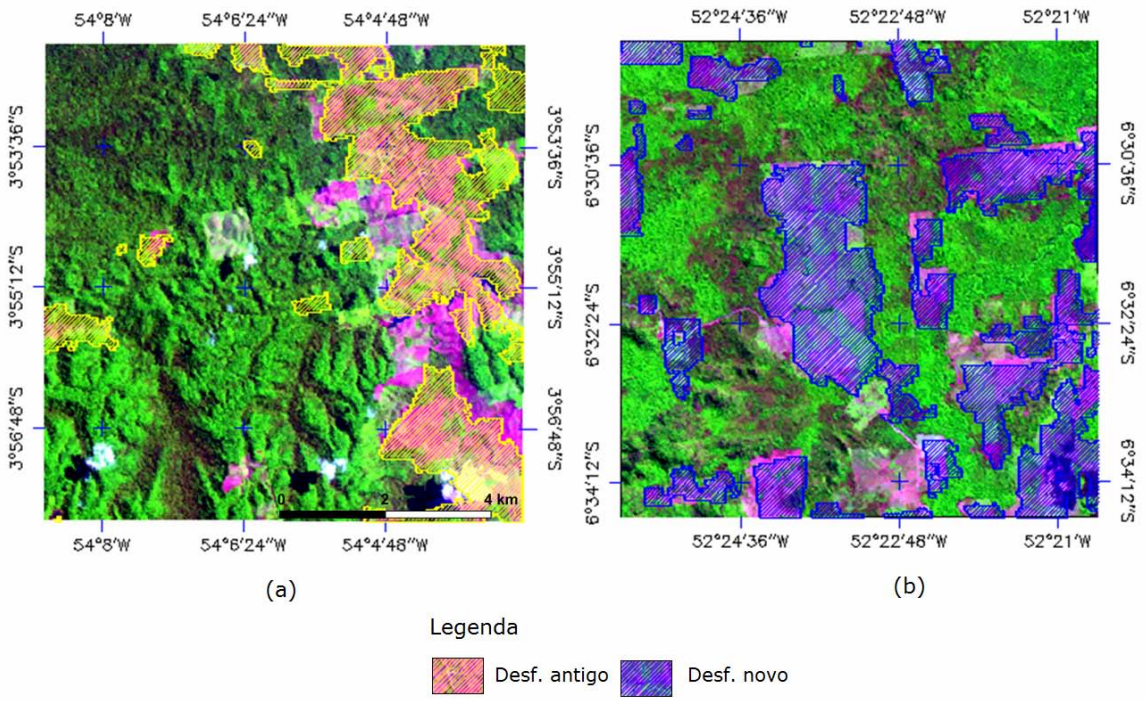

Figura 4.4 - Máscaras de (a) desflorestamento antigo (Desf. até 1997) e (b) desflorestamento novo (2003-2006). Células de 10 x 10 km localizadas no estado do Pará

Para realizar a classificação somente nas áreas desflorestadas, utilizou-se os mapas de desflorestamento (PRODES) para extrair as máscaras de desflorestamento até 1997 e 2003-2006, usando o *software* ENVI 4.2. Como a área de 10 x 10 km é relativamente pequena, adotou-se o método não supervisionado Isodata para as classificações. Depois de efetuar algumas classificações preliminares, definiu-se para esse método um limiar de 20 classes com 30 iterações.

4.7 Cálculo da vegetação secundária na fração das áreas desflorestadas das amostras e teste Kolmogorov-Smirnov (KS)

Após a classificação das amostras de cada sorteio, foi calculada a proporção de vegetação secundária segundo a fração da área desflorestada e da área com diferentes padrões de paisagem nas células (a Tabela 4.2 mostra o exemplo do cálculo de proporções de vegetação secundária).

Tabela 4.2 – Exemplo do cálculo de proporção de vegetação secundária (VS), segundo as áreas desflorestadas e áreas com diferentes padrões de paisagem

Grupos	**Áreas (km^2) de vegetação secundária (VS)**	**Áreas (km^2) de desflorestamento (D)**	**Proporção de VS (segundo áreas desflorestadas/ padrões de paisagem)**
G_1	VS_1	D_1	$p_1 = VS_1/D_1$
G_2	VS_2	D_2	$p_2 = VS_2/D_2$
G_3	VS_3	D_3	$p_3 = VS_3/D_3$
G_4	VS_4	D_4	$p_4 = VS_4/D_4$

G_1: desflorestamento "antigo"; **G_2**: desflorestamento "novo"; **G_3**: "grandes" manchas de desflorestamento; **G_4**: "pequenas" manchas de desflorestamento.

Com a proporção de vegetação secundária calculada para cada grupo, foram calculadas as respectivas distribuições de frequências acumuladas para efetuar os testes estatísticos. Quando se deseja determinar se dois tratamentos são diferentes (ou distribuições amostrais), ou se um tratamento é melhor do que o outro, empregam-se as provas estatísticas de duas amostras (SIEGEL, 1977). O teste Kolmogorov-Smirnov (KS) para duas amostras diz respeito a concordância entre dois conjuntos de valores amostrais. A aplicação do teste KS de duas amostras consiste em construir uma distribuição de frequência para cada amostra de observações, utilizando os mesmos intervalos para ambas as distribuições. Para cada intervalo, se subtrai uma função da outra, de tal forma que o teste focaliza o maior desses desvios observados. A diferença *D* é dada por:

$$D = \max[Sn_1(X) - Sn_2(X)], \text{ para o teste unilateral}$$

$$D = \max\left|Sn_1(X) - Sn_2(X)\right|, \text{ para o teste bilateral}$$

tal que,

$Sn_1 = k/n_1,\ Sn_2 = k/n_2$

(*k*: número de valores não superiores a X; n_1: conjunto amostral 1; n_2: conjunto amostral 2).

A distribuição amostral de *D* é conhecida (MASSEY, 1951) encontrando-se as probabilidades associadas à ocorrência de valores tão grandes quanto um *D* observado, sob a hipótese de nulidade (as 2 amostras provem de mesma população). Na prova unilateral, obtem-se o valor máximo de *D* no sentido previsto da diferença. Assim, formula-se H_1 como os valores do grupo amostral serem estatocasticamente maiores (ou

menores) do que os valores de outro grupo amostral. Se $D_{calc} > D_{crit}$ (a um determinado nível de significância), então rejeita-se a hipótese H_0 em favor de H_1.

Na aplicação do teste KS para dados em que o tamanho e número de intervalos são arbitrários, é conveniente utilizar tantos intervalos quanto possível. Com um número muito pequeno de intervalos pode-se desperdiçar informação.

Neste trabalho aplicou-se o teste KS unilateral para duas amostras, sob as seguintes hipóteses:

Hipótese (a) - $H_{0(a)}$: *não há diferença significativa da proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento "antigo" (p_1), em relação à proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento "novo" (p_2).* A hipótese **$H_{1(a)}$**: *a proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento "antigo" (p_1)* ***é relativamente menor*** *do que a proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento "novo"* (p_2). A **Hipótese (a)** foi formulada como:

$H_{0(a)}$: $p_1 = p_2$;

$H_{1(a)}$: $p_1 < p_2$

Hipótese (b) - $H_{0(b)}$: *não há diferença significativa da proporção de vegetação secundária em áreas com "grandes" manchas de desflorestamento (p_3), em relação à proporção de vegetação secundária em áreas com "pequenas" manchas de desflorestamento (p_4).* Caso contrário, **$H_{1(b)}$**: *a proporção de vegetação secundária em áreas com "grandes" manchas de desflorestamento (p_3) é* ***relativamente menor*** *do que a proporção de vegetação secundária em áreas com "pequenas" manchas de desflorestamento (p_4).* A suposição feita é de que, em áreas com padrões de paisagem de grandes manchas de desflorestamento, a ocorrência de vegetação secundária tende a diminuir em relação às áreas com padrões de pequenas manchas de desflorestamento. Assim, formulou-se a **Hipótese (b)** como:

$H_{0(b)}$: $p_3 = p_4$;

$H_{1(b)}$: $p_3 < p_4$

Uma prova estatística não paramétrica é uma prova cujo modelo não especifica condições sobre os parâmetros da população da qual se extraiu a amostra. Há certas suposições: que as observações sejam independentes e que a variável seja contínua (SIEGEL, 1977). Segundo Gibbons (1985), os testes não paramétricos são, por definição, mais robustos, pois sua construção e validade requerem apenas suposições simples.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos por meio do método utilizado para analisar a ocorrência de vegetação secundária em áreas desflorestadas.

5.1 Área de amostragem

A operação de intersecção entre o mapa de células de 10 x 10 km e o mapa de desflorestamento resultou no mapa mostrado na Figura 5.1.

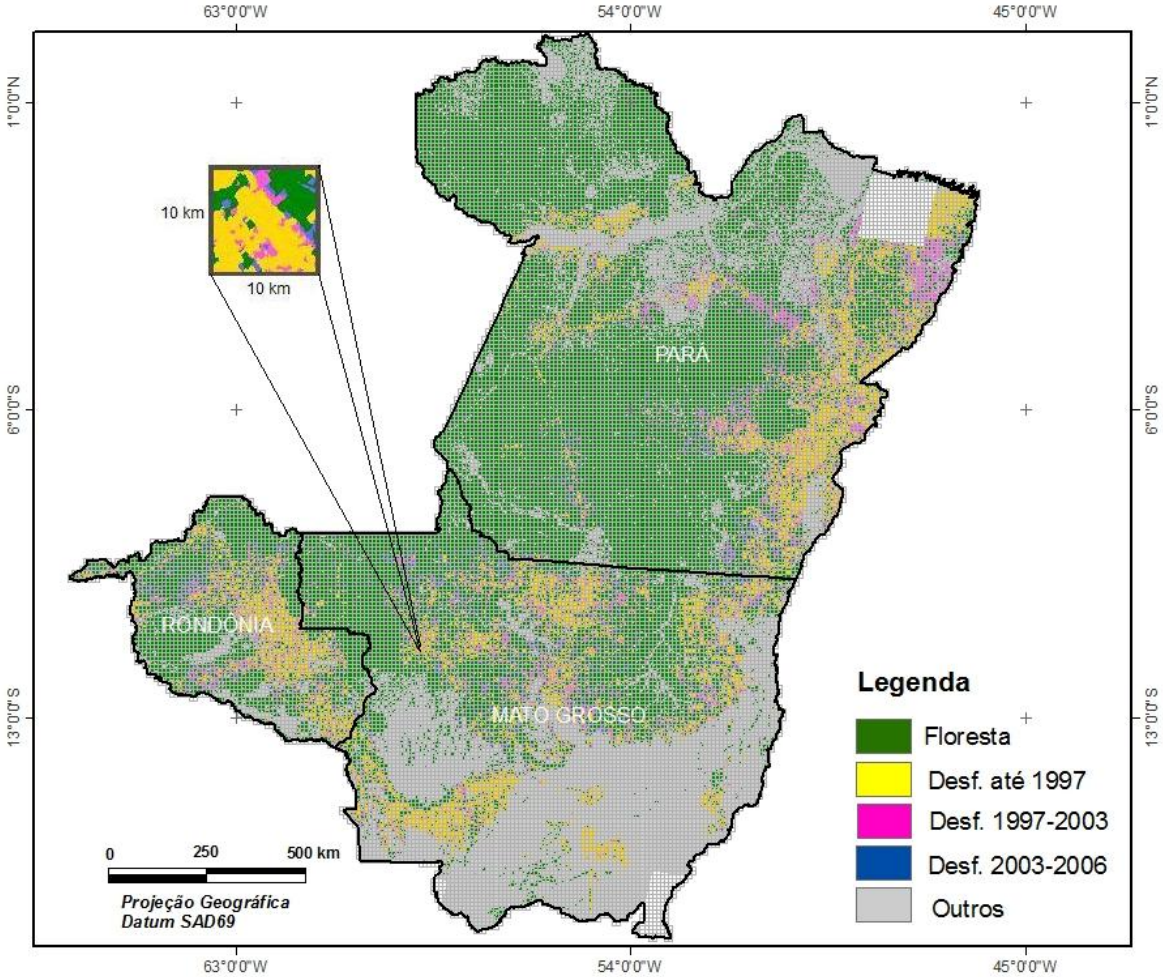

Figura 5.1 - Intersecção entre os mapas de células e de desflorestamento por estados

A unidade amostral corresponde a uma célula regular de 10 x 10 km, conforme mostra o exemplo ampliado da Figura 5.1.

Com base no mapa da Figura 5.1, foram sobrepostos os mapas digitais das Unidades de Conservação (UCs) e das Terras Indígenas e, depois de verificadas as condições

descritas no item 4.3, obteve-se o mapa mostrado na Figura 5.2 (que exemplifica as células não consideradas na análise, conforme critérios descritos no Capítulo 4, item 4.3).

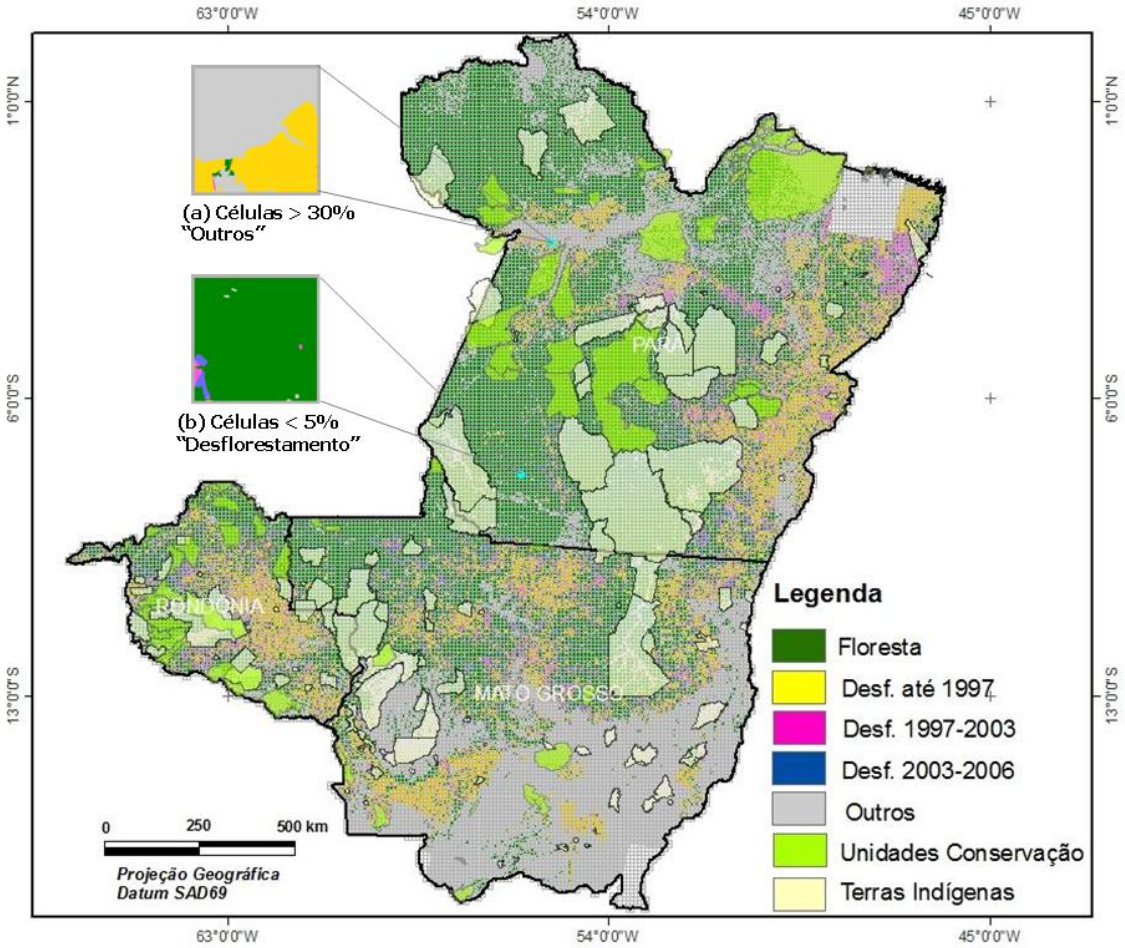

Figura 5.2 - Distribuição espacial das unidades de conservação (UCs) e das Terras Indígenas e exemplo de células com (a) > 30% da classe "Outros" e (b) < 5% de desflorestamento

Assim, o universo amostral foi definido como mostra a Figura 5.3. As células que foram excluídas pelo critério estabelecido correspondem à classe "Fora da análise" (células com < 5% de desflorestamento, > 30% da classe "Outros" e fora de UCs e Terras Indígenas).

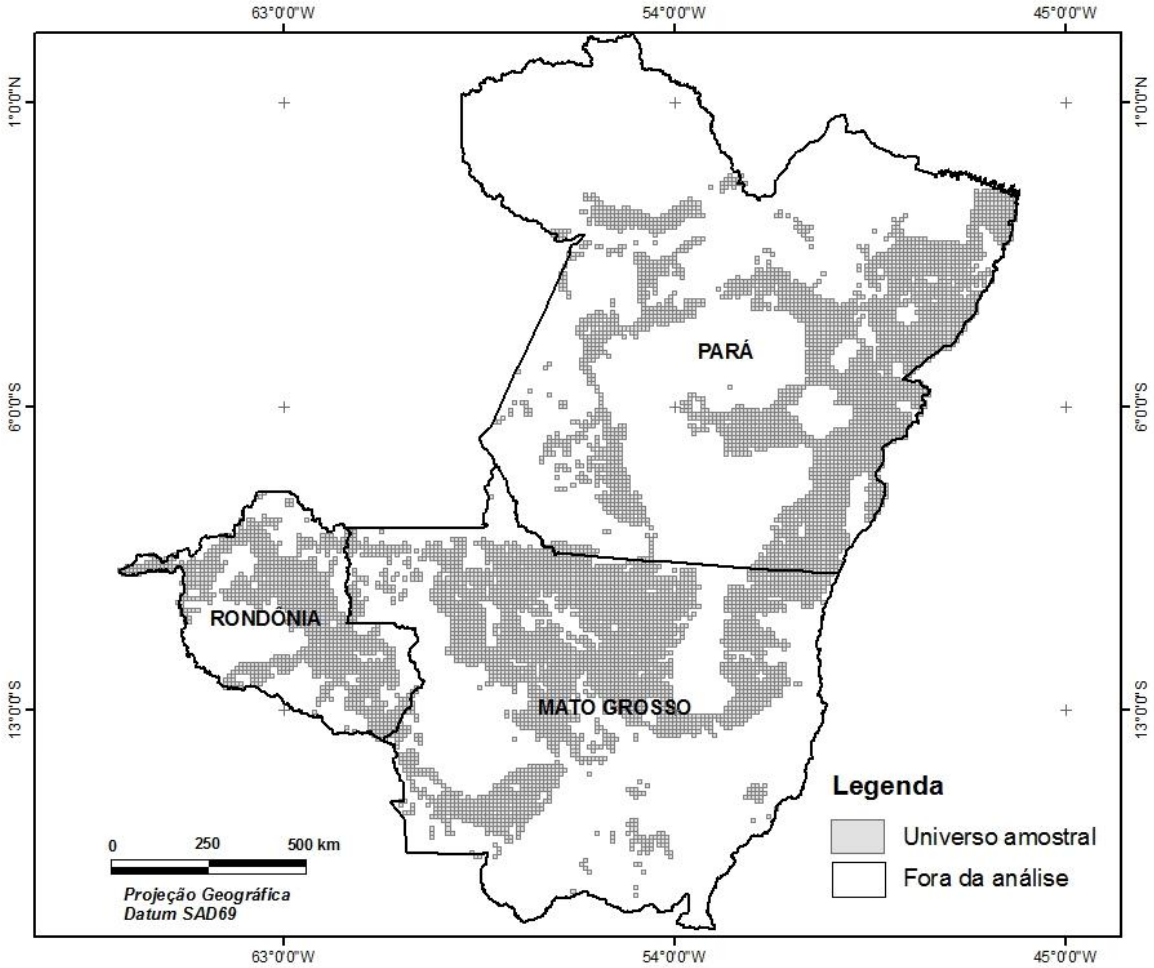

Figura 5.3 – Universo amostral na área de estudo compreendida pelos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia. A área designada como "Fora da análise" é formada pelas células com menos de 5% de desflorestamento, mais de 30% da classe "Outros" e células pertencentes às Unidades de Conservação e Terras Indígenas, conforme descrito no Capítulo 4

O total de células na área de amostragem foi de 7.908. Para cada estado, foram obtidas: (a) 3.378 para o Mato Grosso; (b) 3.375 para o Pará; (c) 1.155 para Rondônia.

5.2 Seleção das amostras

Com o total de células amostradas, foi feita a divisão das células para os grupos de análise, descritos com mais detalhes no item 4.5. A Tabela 5.1 apresenta o número de células após a divisão em cada grupo de análise.

Tabela 5.1 – Número de células após a divisão dos grupos de análise

Estados	Número de células após a Divisão I				Número de células após a Divisão II			
	G_1	G_2	NC	Total	G_3	G_4	NC	Total
Mato Grosso	22	20	3	45	25	17	3	45
Pará	22	18	5	45	19	19	7	45
Rondônia	28	15	2	45	13	29	3	45

G_1: desflorestamento "antigo"; **G_2**: desflorestamento "novo"; **G_3**: "grandes" manchas de desflorestamento; **G_4**: "pequenas" manchas de desflorestamento; **NC**: Não Classificado

A cada sorteio foi feito o seguinte procedimento: as células sorteadas foram distribuídas espacialmente em cada estado e, após localizar cada célula nos estados analisados, foram selecionadas as respectivas imagens TM/Landsat e *Geocover*. A seguir é apresentada a distribuição espacial das amostras/células e órbitas/pontos selecionadas para os estados do Mato Grosso (Figura 5.4), Pará (Figura 5.5), Rondônia (Figura 5.6). Os erros obtidos (em pixel) no georreferenciamento das imagens foram inferiores a 0,53 pixels e são apresentados respectivamente, nas Tabelas A.1, A.2 e A.3, no Apêndice A.

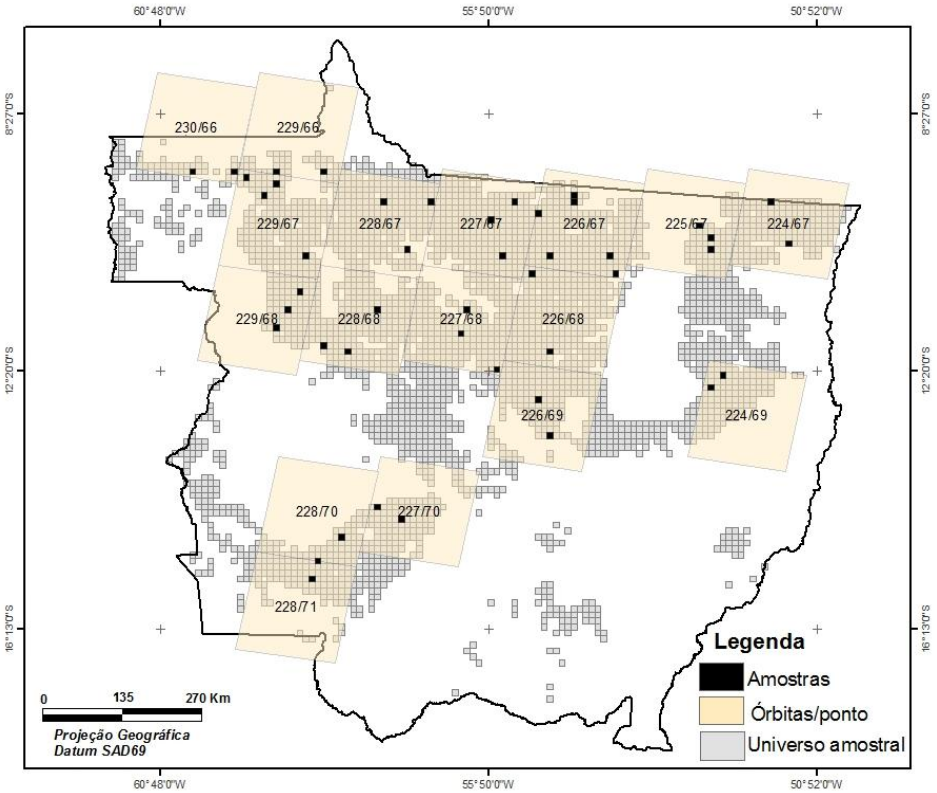

Figura 5.4 – Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Mato Grosso

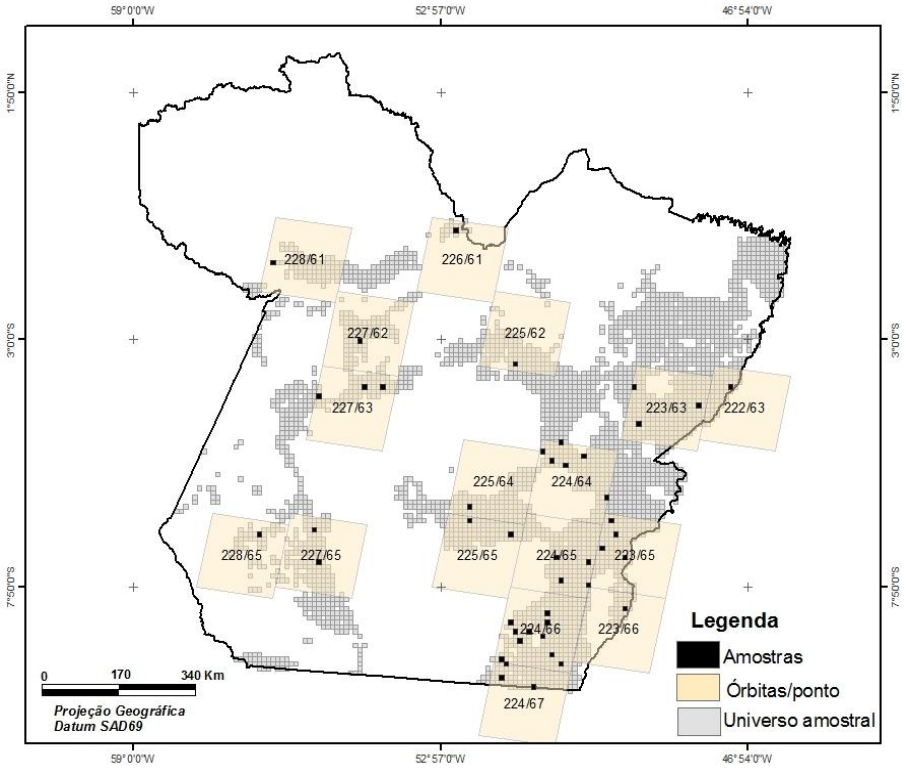

Figura 5.5 - Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Pará

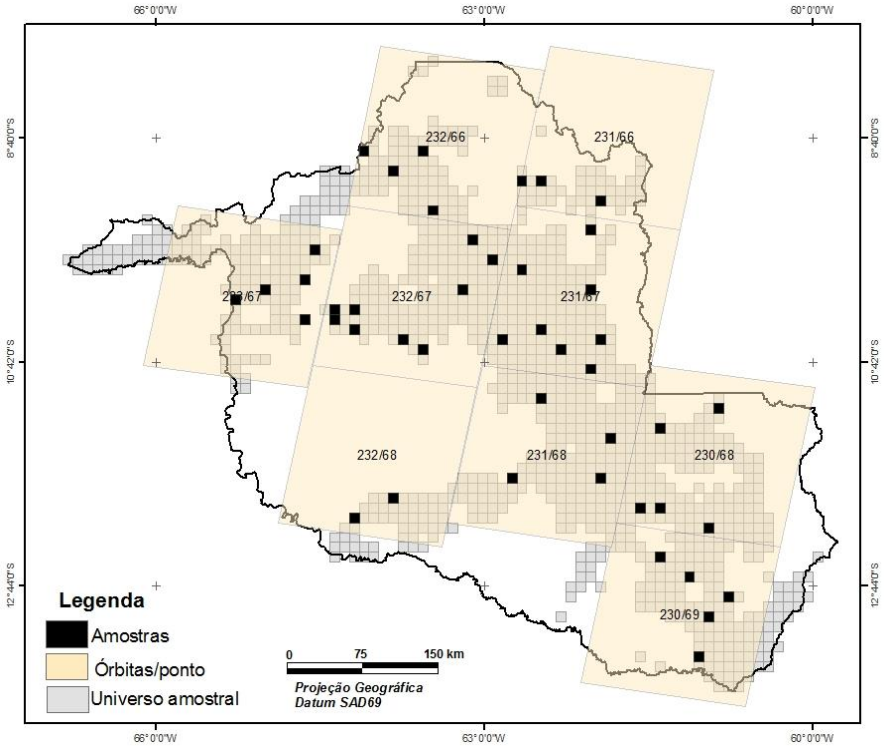

Figura 5.6 - Amostras selecionadas no universo amostral e respectivas órbitas/pontos, Rondônia

5.3 Classificação da vegetação secundária nas áreas desflorestadas

Em relação à classificação da vegetação secundária, a classificação Isodata pareceu ser relativamente mais rápida do que os métodos supervisionados, apesar de ter requerido um esforço importante para a interpretação dos resultados da classificação. Foram adotadas as seguintes classes de diferenciação de cobertura da terra: capoeira, capoeira/degradação, áreas degradadas/queimadas, solo exposto, água e nuvens.

A classe capoeira correspondeu à classe em que se observou vegetação secundária em 2006. A classe capoeira/degradação correspondeu às áreas com respostas altas nos canais infravermelho próximo e médio e, solo exposto quando havia o predomínio de níveis de cinza nos canais vermelho e infravermelho médio. Após essa diferenciação de capoeira e capoeira/degradação, foi feito o agrupamento para uma classe apenas, representada como “capoeira”. Eventualmente, quando havia nas células corpos de água ou nuvens ou áreas degradadas/queimadas, essas classes foram separadas pelo método Isodata.

Nas áreas onde houve difícil interpretação da vegetação secundária, foram utilizadas as imagens TM/Landsat de 2005 para auxiliar a interpretação dos resultados da classificação sobre as imagens de 2006. Essas áreas correspondem, principalmente, a pixels com respostas muito próximas de níveis de cinza entre o infravermelho próximo e o infravermelho médio. A Figura 5.7 exemplifica as imagens utilizadas para classificar a vegetação secundária e o resultado da classificação, para uma célula no Mato Grosso.

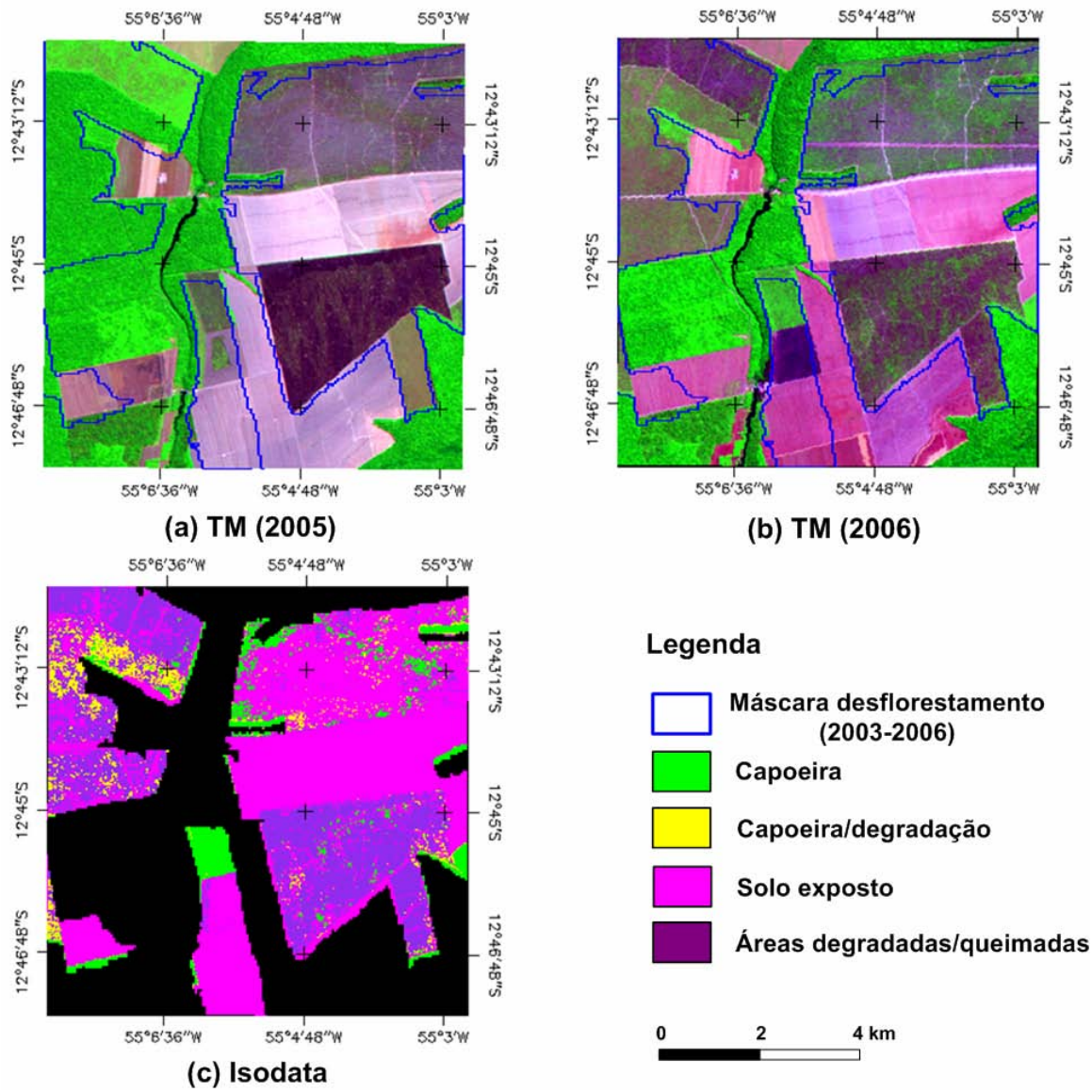

Figura 5.7 – Classificação de vegetação secundária com imagens TM/Landsat (a) TM (2005) e (b) TM (2006) e (c) método isodata, no Mato Grosso

5.4 Análise da relação entre desflorestamento/padrões de paisagem e a vegetação secundária

Considerando-se a proporção de vegetação secundária nos respectivos grupos (ver Tabela 4.2, do item 4.7), observou-se que (1) a fração média de vegetação secundária em áreas de desflorestamento antigo foi ***menor do que*** a proporção de vegetação secundária em áreas de desflorestamento novo e que (2) a fração média de vegetação secundária em regiões com grandes manchas de desflorestamento também foi ***menor do que*** a proporção de vegetação secundária em áreas com pequenas manchas de

desflorestamento. A Tabela 5.2 mostra a diminuição da fração média de vegetação secundária em áreas com desflorestamento mais antigo e com grandes manchas de desflorestamento, em relação às áreas com desflorestamento mais recente e com pequenas manchas de desflorestamento, respectivamente.

Tabela 5.2 – Fração média de vegetação secundária (%VS), segundo a fração de áreas desflorestadas antes de 1997 (antigo) e de 2003-2006 (novo) e segundo as grandes e pequenas manchas de desflorestamento

Estados	**% VS, segundo a fração de áreas desflorestadas (Tamanho da amostra)**		**% VS, segundo os padrões de paisagem (Tamanho da amostra)**	
	G_1 - Antigo (até 1997)	**G_2 - Novo (2003-2006)**	**G_3 - Grandes manchas**	**G_4 - Pequenas manchas**
MT	13,28 (22)	25,18 (20)	15,31 (25)	20,97 (17)
PA	21,31 (22)	32,46 (18)	24,28 (19)	31,03 (19)
RO	15,97 (28)	30,34 (15)	16,02 (13)	20,78 (29)

Analisando-se a proporção de vegetação secundária segundo as áreas desflorestadas até 1997 e em 2003-2006 e, considerando-se o aumento da vegetação secundária entre esses períodos (Tabela 5.2), observou-se no Mato Grosso, onde a fração média de "capoeira foi menor, observou também um predomínio de células de desflorestamento antigo (células "antigas"), em relação às células de desflorestamento novo (células "novas") (Figura 5.8*(a)*). Considerando-se esta análise para o Pará, observou-se um aumento significativo de células "antigas" onde há *menos* "capoeira" (proporções < 15%), em relação às células "novas" (Figura 5.8*(b)*). Em Rondônia, observa-se um comportamento semelhante ao do Mato Grosso e do Pará, sendo mais frequente as células "antigas" onde há *menos* "capoeira" (proporções < 15%) e um aumento pronunciado de células "novas" onde há *mais* "capoeira" (proporção > 35% das células desflorestadas) (Figura 5.8*(c)*).

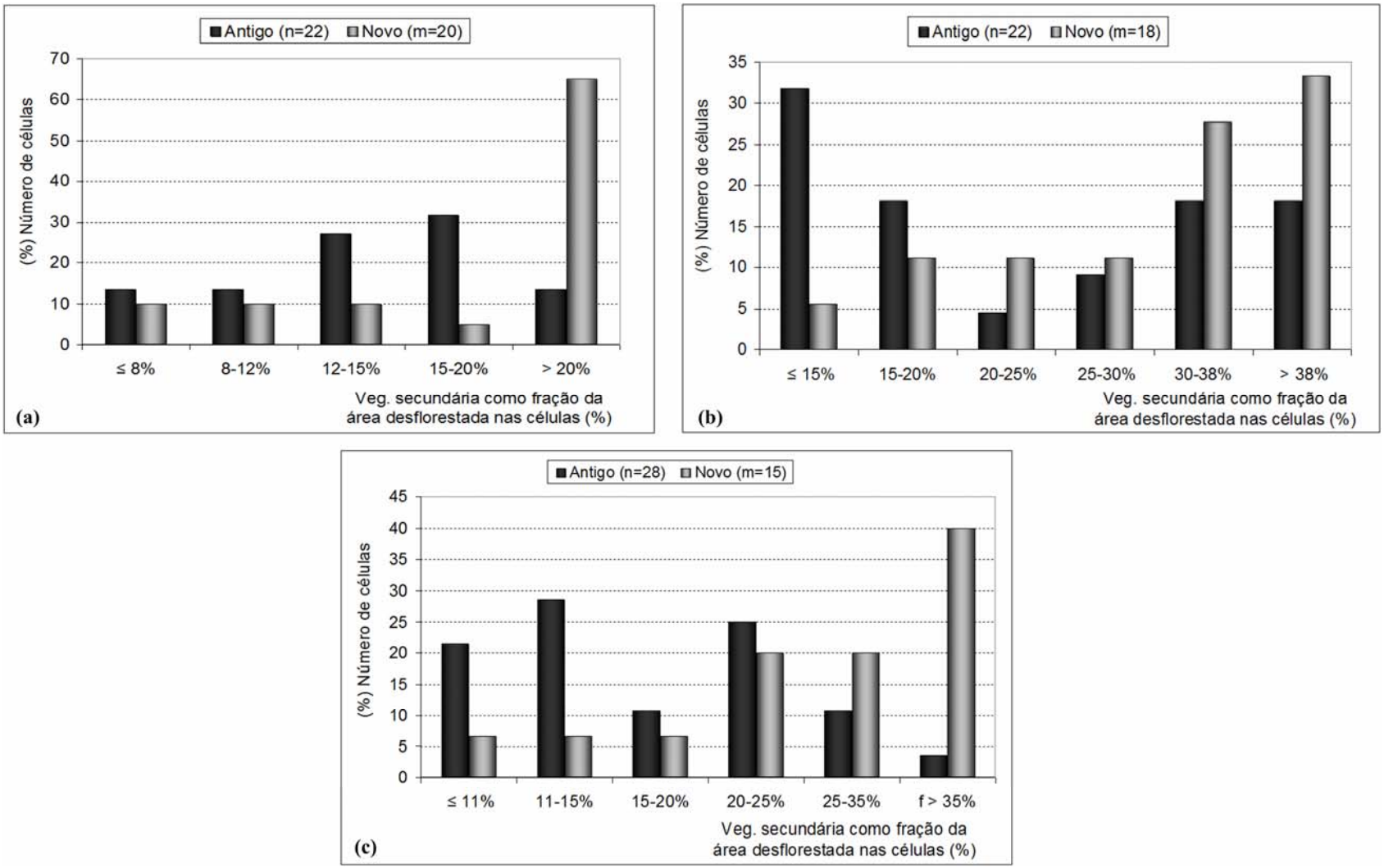

Figura 5.8 – Histogramas de células de desflorestamento antigo e novo: (a) Mato Grosso; (b) Pará; (c) Rondônia

Comportamento semelhante foi verificado ao ser analisada a vegetação secundária em áreas com *grandes* manchas de desflorestamento, em relação à distribuição da vegetação secundária em áreas com *pequenas* manchas de desflorestamento, observando-se um percentual maior de células (24% onde há proporção de vegetação secundária < 15%) com padrões de grandes manchas onde há *menos* "capoeira" (proporções < 25%), conforme mostra a Figura 5.9*(a)*. De modo geral, as Figuras 5.9*(a)-(b)-(c)* mostram que onde há menores proporções de "capoeira", há percentuais maiores de células com grandes manchas de desflorestamento. Ao mesmo tempo, onde há maiores proporções de "capoeira", há um percentual maior de células com pequenas manchas de desflorestamento. Entretanto, observa-se certa variação do percentual nas diferentes categorias de proporção de "capoeira", sugerindo que haja investigações mais aprofundadas sobre a dinâmica de uso da vegetação secundária, segundo as pequenas manchas de desflorestamento, sobretudo em áreas recentemente desflorestadas.

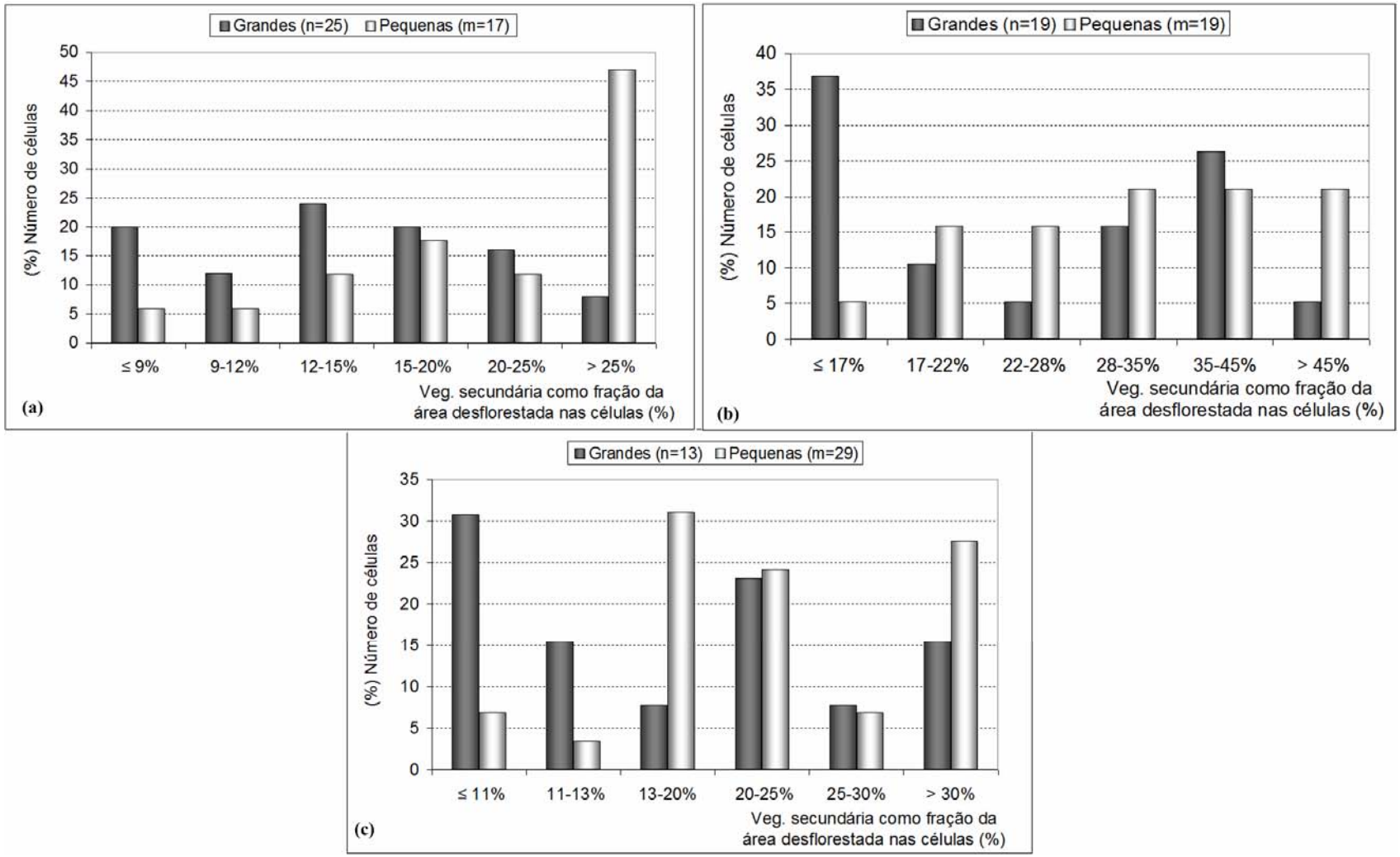

Figura 5.9 - Histogramas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento: (a) Mato Grosso; (b) Pará; (c) Rondônia

Observando-se as distribuições de frequências acumuladas, foi verificado que houve diferenças significativas entre as distribuições da fração de vegetação secundária. Em todos os casos, tanto $H_{0(a)}$ quanto $H_{0(b)}$ foram rejeitadas a favor de $H_{1(a)}$ e $H_{1(b)}$, respectivamente, a um nível de significância de 5%, com exceção de Rondônia, para células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento, onde obteve-se diferença significativa um nível de significância de 10%. As Figuras 5.10, 5.11 e 5.12 mostram as distribuições de frequência de vegetação secundária em áreas desflorestadas nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, respectivamente. As Figuras 5.13, 5.14, 5.15 mostram as diferenças significativas entre as distribuições de frequência de vegetação secundária em áreas com diferentes padrões de paisagem nos estados analisados.

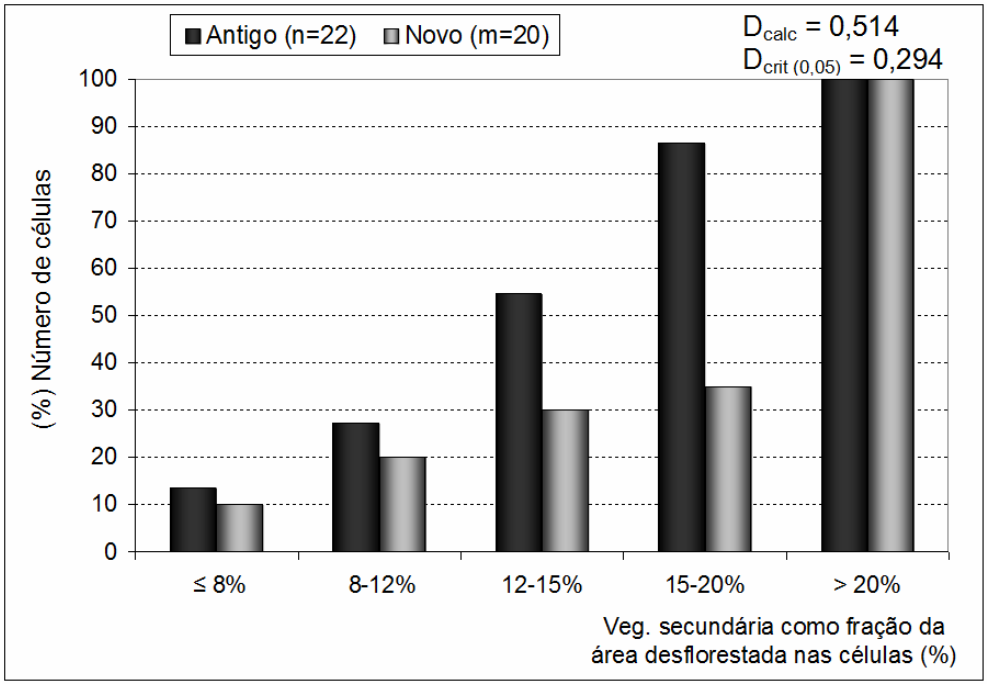

Figura 5.10 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo no Mato Grosso. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas

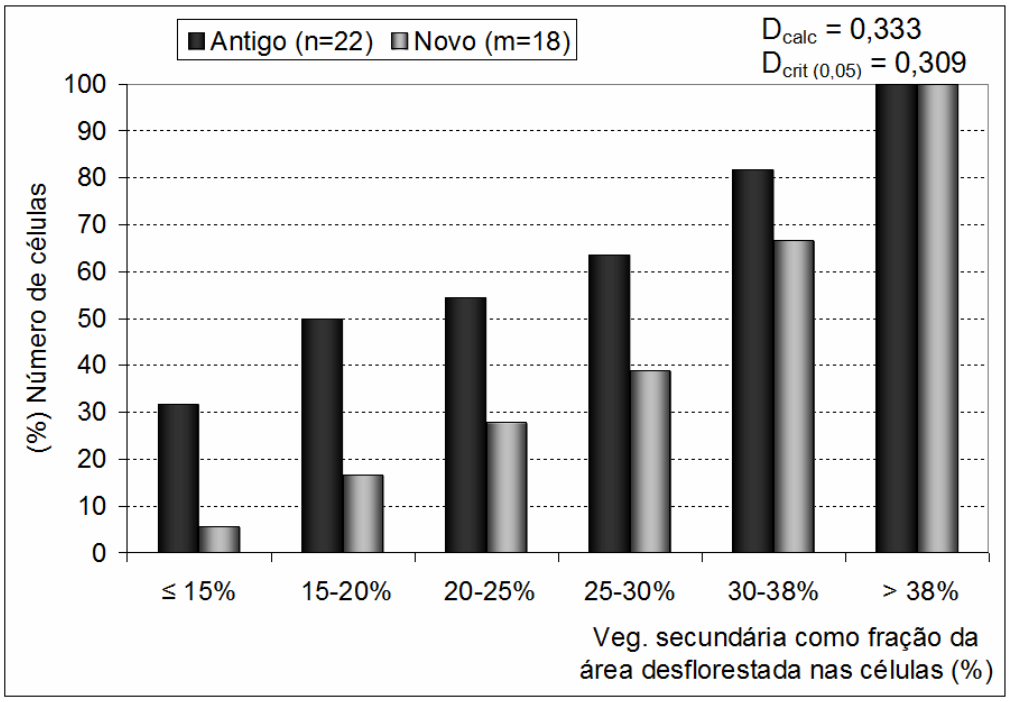

Figura 5.11 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo no Pará. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas

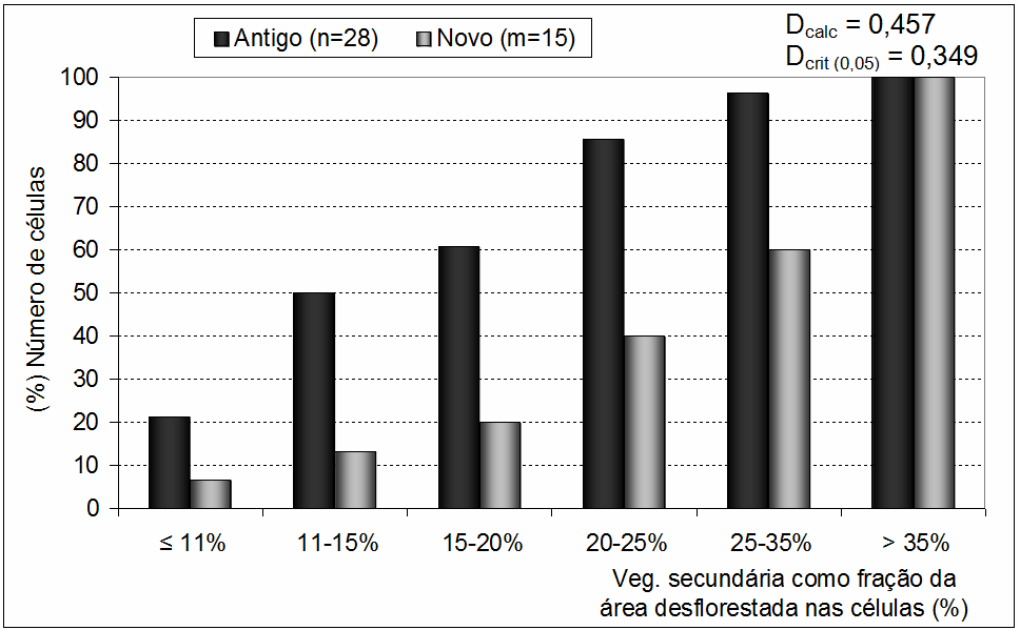

Figura 5.12 - Distribuições acumuladas de células de desflorestamento antigo e novo em Rondônia. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas áreas "novas" amostradas

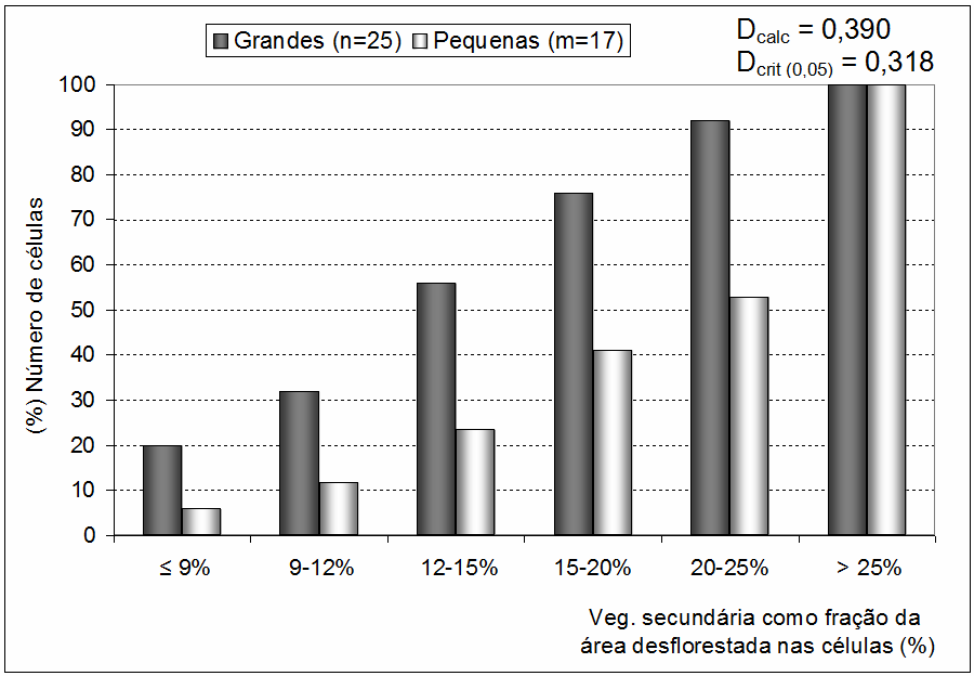

Figura 5.13 - Distribuições acumuladas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento no Mato Grosso. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento

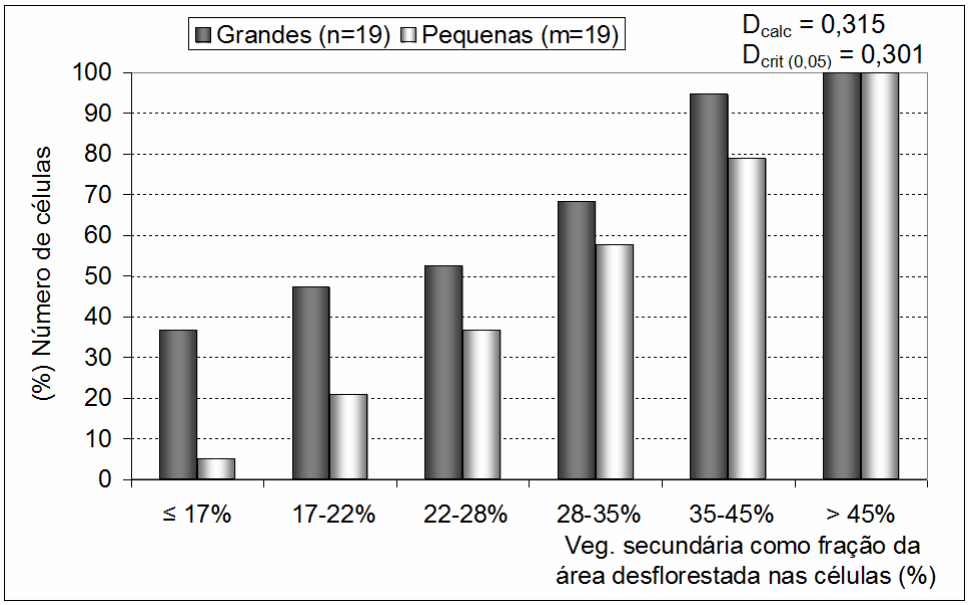

Figura 5.14 - Distribuições acumuladas de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento no Pará. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 5%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento

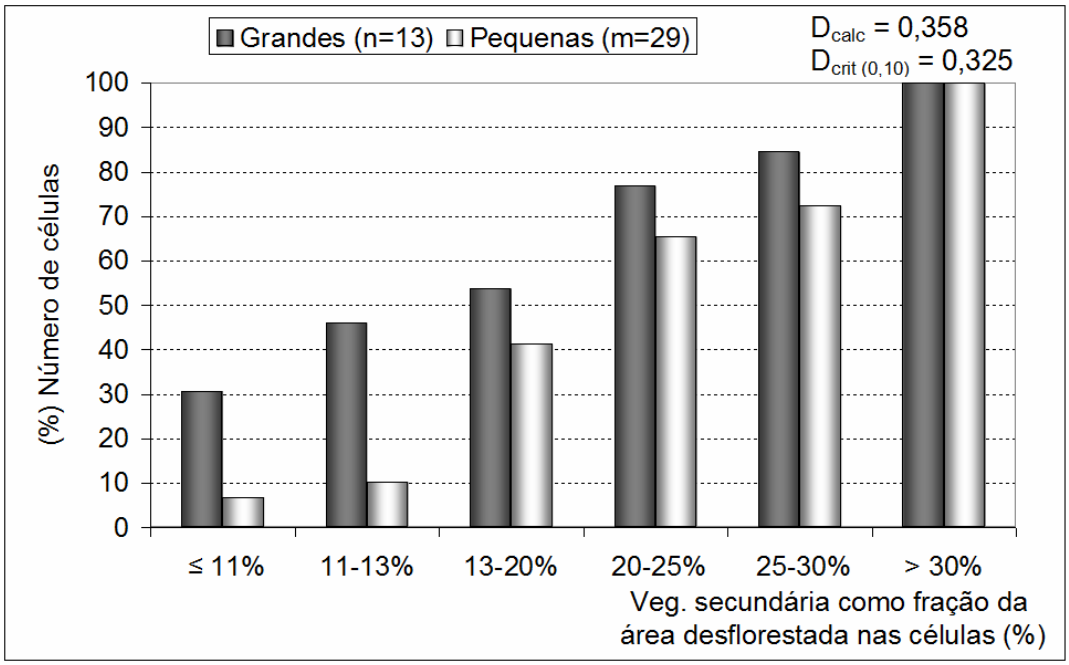

Figura 5.15 - Distribuição acumulada de células com grandes e pequenas manchas de desflorestamento em Rondônia. Observam-se diferenças significativas entre as frações de vegetação secundária - VS (α = 10%), mostrando que a VS ocorreu com maior frequência nas amostras com "pequenas" manchas de desflorestamento

Estes resultados para os três estados analisados fornecem indícios de intensificação no sentido de menor frequência de abandono e/ou pousio de terras em áreas de desflorestamento antigo, implicando em uma maior pressão sobre as áreas de vegetação secundária. Isso indica que os efeitos e a importância relativa da vegetação secundária, em áreas mais "antigas" de desflorestamento, têm sido menores dentro dos sistemas de uso da terra.

Em geral, estes resultados sugerem que a expansão do desflorestamento tem sido frequentemente acompanhada da derrubada sobre a floresta, sem a criação, em curto prazo, de taxas de produtividade médias ou altas. Além disso, observa-se que o abandono tem sido mais frequente em áreas recentemente desflorestadas, mesmo ainda que este abandono possa durar um tempo relativamente curto, de forma similar à relatada em áreas de Rondônia (ALVES et al., 2003). Isso indica que a motivação para o desflorestamento da floresta não seria necessariamente associada a atividades de curto prazo, ou seja, com a criação imediata de atividades agrícolas produtivas. Além disso,

este processo de abandono mostra que faz parte da evolução de um sistema mais complexo, onde o desenvolvimento da produção pode ser visto pelos agricultores como parte de um ciclo mais longo de uso da terra, iniciando com o desflorestamento e, posteriormente, mudando de acordo com a evolução dos sistemas de uso da terra na região. No caso da fronteira dessas áreas, este processo tende para uma relativa intensificação no uso da terra com o passar dos anos.

Por outro lado, a ocorrência menos frequente da vegetação secundária em áreas de desflorestamento concentrado nas proximidades das principais estradas com ligações importantes para os mercados regional e nacional (ALVES, 2002), mostra uma relação de menores frações de vegetação secundária nessas áreas. Ao mesmo tempo, a ocorrência da vegetação secundária em áreas com pequenas manchas de desflorestamento pode ser vista como um tema importante para a posterior investigação. Nessas áreas, o mosaico formado por pequenas manchas desflorestadas, pode ser geralmente pensado como sendo mais fragmentada, devido a uma maior diversidade de usos do solo ao nível da exploração individual, que podem incluir formas de rotação de terras, resultando em maiores proporções de sucessão secundária.

Para concluir, estes resultados não devem ser generalizados como características universais dos sistemas de uso da terra na Amazônia brasileira. Em vez disso, os resultados mostram que a expansão da fronteira agrícola na região é um processo ainda pouco conhecido que pode combinar uma variedade de padrões de uso da terra, formas de intensificação do uso da terra, baixos níveis de produtividade e de degradação dos solos, devendo também ser investigada sua evolução ao longo do tempo, dependendo das diferentes condições em diferentes regiões na Amazônia. Portanto, compreender a dinâmica deste processo complexo e, sobretudo, as diferenças no tempo e no espaço, constitui um elemento importante para entender melhor as trajetórias de uso da terra na região.

Finalmente, como a produtividade agrícola e a intensificação do uso da terra podem aumentar gradualmente junto com a consolidação de cadeias de mercado, o caráter difuso da expansão do desflorestamento pode também resultar em que pelo menos parte

da "frente" de desflorestamento pode ser realizada em uma fase de alguma estagnação, devido ao desenvolvimento precário dos sistemas de uso do solo em tais áreas. Entretanto, essa questão exige mais pesquisas relacionadas ao assunto.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No conjunto das áreas amostradas foi observado que (1) a importância relativa de vegetação secundária em áreas de desflorestamento antigo tende a diminuir, em relação às áreas de desflorestamento novo; (2) a importância relativa de vegetação secundária em áreas com padrões de grandes manchas de desflorestamento tende a diminuir, em relação às áreas com padrões de pequenas manchas desflorestadas.

Considerando-se que o mapeamento da vegetação secundária tem sido um tópico de pesquisa cada vez mais importante para compreender a lógica do desflorestamento na Amazônia, e considerando-se também a sua importância para a mitigação de impactos e sobre o balanço das emissões de CO_2, estes resultados contribuem para uma melhor compreensão da dinâmica de uso e cobertura da terra na Amazônia, sobretudo, sobre sua mudança no tempo e no espaço das áreas de vegetação secundária em áreas desflorestadas.

Como estes resultados não devem ser generalizados, pois como visto, a expansão da fronteira agrícola na região é um processo ainda pouco conhecido que pode combinar uma variedade de fatores de conversão de uso e cobertura da terra, dependendo das diferentes condições em diferentes regiões na Amazônia, este trabalho pode contribuir para refletir sobre o uso de diferentes metodologias para analisar ou mapear a vegetação secundária em áreas desflorestadas. Por exemplo, o mapeamento da vegetação secundária realizado neste trabalho, baseado em um método amostral com mapas de células, permitiu identificar a vegetação secundária em diferentes períodos e padrões espaciais de desflorestamento. Uma abordagem semelhante pode ser feita usando cenas (órbitas/ponto) como unidade amostral e, dependendo do contexto, deve-se avaliar o potencial de cada método adotado.

Em relação ao método utilizado neste trabalho, podem ser feitas as seguintes considerações: (1) sugere-se em trabalhos futuros a aplicação de um método de amostragem estratificada, a fim de separar os grupos segundo as características espaciais e ou temporais; (2) a definição do tamanho da unidade amostral em 10 x 10 km permitiu analisar a relação entre o desflorestamento e a vegetação secundária,

possibilitando ainda utilizar um método não supervisionado para simplificar o processo de classificação, devido à área das células ser relativamente pequena. Entretanto, pode-se pensar em outro tamanho de células e em outro método de classificação; (3) os dados de sensoriamento remoto permitiram analisar os padrões espaciais e temporais da ocorrência de vegetação secundária em áreas desflorestadas no período até 1997 e em 2003-2006. Pode-se pensar em análises semelhantes em outros períodos, no sentido de verificar cenários de intensificação e abandono de terras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.P.D.; CAMARA, G.; ESCADA, M.I.S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v.209, p. 169-188, 2007.

ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C.; MEDEIROS, J. S. **Avaliação de mosaico com imagens Landsat TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1/50.000**. São José dos Campos: INPE, 2005. 27 p. (INPE-13038-RPQ/798).
Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.28.16.52>.

ALMEIDA, C. A. **Estimativa da área e do tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia Legal por meio de imagens Landsat/TM**. 2008. 129 p. (INPE-15651-TDI/1429). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/11.04.18.45>

ALVES, D. S.; SKOLE, D.L. Characterizing land cover dynamics using multitemporal imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, p. 835-839, 1996.

ALVES, D.S., SOARES, J.V., AMARAL, S., MELLO, E.K., ALMEIDA, S.A.S., SILVA, O.F., SILVEIRA, A.M. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazônia. **Global Change Biology**, v. 3, n. 5, 451-461, 1997.

ALVES, D. S.; PEREIRA, J. L. G.; SOUSA, C. L.; SOARES, J. V.; YAMAGUCHI, F**.** Characterizing landscape changes in central Rondônia using Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.20, n. 14, p. 2877-2882, 1999.

ALVES, D.S. O Processo de desmatamento na Amazônia. **Parcerias estratégicas,** Ministério da Ciência e Tecnologia, n. 12, set, p.259-275, 2001. ISSN 1413-9375.

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

ALVES, D. S.; ESCADA, M. I. S.; PEREIRA, J. L.G.; LINHARES, C.A. Land use intensification and abandonment in Rondônia, Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**. v. 24, n.4, p. 899-903, 2003.

ALVES, D. S. **Cenários de cobertura e uso da terra e dimensões humanas no LBA**. In: Becker, B.; Alves, D.S.; Costa, W. (Orgs.). Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia. São Paulo: EDUSP, 2007. p. 39-63.

ALVES, D.S.; MORTON, D.C.; BATISTELLA, M.; ROBERTS, D.A.; SOUZA JR, C. The Changing rates and patterns of deforestation and land use in Brazilian Amazonia.

In: Keller; G; Dias L. (Orgs.). AGU Geophysical Monograph Series XXX. *Aceito para publicação.*

BECKER, B. K. **Amazônia.** 5. ed. São Paulo: Ática, 1997. 112 p.

BOSERUP, E. **The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure**. Chicago: Aldine, 1965.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, n.1, p.1-32, 1990.

CASTRO, C. P. Plantio de Grãos em área de fronteira, ação antrópica e desmatamento. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2., 2004, Indaiatuba. **Anais eletrônicos...** Campinas: São Paulo, 2004.

CHOKKALINGAM, U.; JONG, W. D. Secondary forest: a working definition and typology. **International Forestry Review**, v. 3, n. 1, p. 19-26 2001. Disponível em: http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/secondaryforests.pdf.

COSTA, F. A. **Ecologismo e questão agrária na Amazônia**. 1. ed. Belém: Editora da Universidade Federal do Pará, v. 1, 1992. 87 p.

COSTA, F. A. Racionalidade camponesa e sustentabilidade: elementos teóricos para um programa de pesquisa sobre a gricultura familiar na Amazônia. **Cadernos do NAEA**, Belém/PA - NAEA, n. 12, p. 5-48, 1994.

COSTA, F. A. **Capoeiras, inovações e tecnologias rurais concorrentes na Amazônia**. In: Costa, F. C., Hurtienne, T., Kahwage, C.(Org.). Inovação e Difusão Tecnológica para Sustentabilidade da Agricultura Familiar na Amazônia: Resultados e Implicações do Projeto SHIFT Socioeconomia. 1ª. ed. Belém: NAEA, v. 1, p. 21-58, 2006.

COSTA, F. A. **Heterogeneidade estrutural e trajetórias tecnológicas na produção rural da Amazônia: delineamentos para orientar políticas de conhecimento**. In: Batistella, M.; Moran, E.F.; Alves, D.S. (Org.). Amazônia: Natureza e Sociedade em Transformação. 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008, v.1, p. 137-180.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the Eastern Amazon Region, Brazil. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; STEWART, B. H. (Ed.). Advances in soil science, special issue. **Global climate change and tropical ecosystems**. [S.l.: s.n.], 2000. p. 213-230.

ESCADA, M. I. B. **Evolução de padrões de uso e cobertura da terra na região centro-norte de Rondônia**. 2003. 157 p. (INPE – 10209-TDI/899). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.30.13.31>.

FEARNSIDE, P.M. Quem está desmatando a Amazônia: os ricos ou os pobres? **Ciência Hoje**, v. 19, n. 113, p. 27-33, 1995.

FEARNSIDE, P.M.; W.M. GUIMARÃES. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forests Ecology and Management**, v. 80, p. 35-46, 1996.

GIBBONS, J.D. **Nonparametric methods for quantitative analysis**. 2. ed. Ohio: American Sciences Press, , 1985.

HURTIENNE, T. Tropical ecology and peasant agriculture in the Eastern Amazon: a comparison of results of socio-economic research on agrarian frontiers with diverse historical and agro-ecological conditions. SHIFT WORKSHOP, 3., 1998. Manaus. **Proceedings...** Geesthacht, Germany: GKSS, 1998. p. 203-217.

HURTIENNE, T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 1, p. 019-071, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Sistema Compartilhado de Informações Ambientais (Siscom)**. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>. Acesso em: jan 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área territorial oficial**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm?c=5>. Acesso em: 28 jan 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2006** – Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, , 2009. p.1-777. (ISSN 0103-6157).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite -** Projeto PRODES. São José dos Campos. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes> Acesso em: 28 jan 2008a.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Divisão de Processamento de Imagens (INPE.DPI) . **Banco de dados Atlas/BR**. São José dos Campos.
Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html> Acesso em: 20 jan 2008b.

LISBOA, P.L.B. Estudo florístico da vegetação arbórea de uma floresta secundaria, em Rondônia. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, , v.5, p.145-162, 1989. Série Botânica.

LU, D.; MORAN, E.; BATISTELLA, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 456-469, 2003.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 12, p. 2365-2407, 2004.

LUCAS, R. M; HONZÁK, I.; DO AMARAL, P. J.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M. Forest regeneration on abandoned clearances in central Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 5, p. 965-988, 2002.

MACHADO, L. A fronteira agrícola na Amazônia. In: Becker, B. K.; Christofoletti, A.; Davidoch, F. R.; Geiger, R. P. P. Ed. **Geografia e meio ambiente no Brasil**, p. 181-217. 1998.

MASSEY, Jr., Frank J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. **Journal of the American Statistical Association,** v. 46, p. 68-78, 1951.

MATHER, A.S.; NEEDLE, C.L. The forest transition: a theoretical basis. **Area**, v. 30, n.2, p. 117-124, 1998.

MORAN, E. F.; BRONDÍZIO, E. S.; MAUSEL, P.; WU, Y. Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. **BioScience**. v. 44, n.5, p.329-338, 1994.

MORAN, E.F., PACKER, A., BRONDIZIO, E.S., TUCKER, J. Restoration of vegetation cover in the Eastern Amazon. **Ecological Economics**, Elsevier Science B. v. 18, n. 1, p. 41-54, 1996.

MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S; SHIMABUKURO, Y.E.; ANDERSON, L.O.; ARAI, E.; ESPIRITO-SANTO, F.B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences – PNAS**, v.103, n.39, p. 14637-14641, 2006.

PEREIRA, M.C.; SETZER, A.W. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v.14, n.11, p. 2061–2078, 1993.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, v. 32, n. 1, p. 25-60, 2003.

PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SA.22 – Belém**, v. 5, Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 1974a. sn. (Levantamento de recursos naturais).

PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SB.22 – Araguaia e parte da Folha SC.22 – Tocantins** v. 4, Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 1974b. sn. (Levantamento de recursos naturais).

PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SC.20 – Porto Velho.** v. 16, Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 1978. 663 p. (Levantamento de recursos naturais).

PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SC.21 – Juruena.** v. 20, Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, 1980. 460 p. (Levantamento de recursos naturais).

ROBERTS, D. A.; NUMATA, I.; HOLMES, K.; BATISTA, G.; KRUG, T.; MONTEIRO, A.; POWELL, B.; CHADWICK, O. A. Large area mapping of land-cover change in Rondonia using multitemporal spectral mixture analyses and decision tree classifiers. **Journal of Geophysical Research**, v.107, n.20, p. 1-18, 2002.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. Belo Horizonte/MG: McGraw-Hill do Brasil, LTDA., 1977.

STEININGER, M. K. Tropical secondary forest regrowth in the Amazon: age, area and change estimation with Thematic Mapper data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, p. 9–27, 1996.

STEININGER, M. K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass : data from Brazil and Bolivia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n.6-7, p. 1139-1157, 2000.

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. D.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forest using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 470-481, 2003.

WALKER, R. et al. A evolução da cobertura do solo nas áreas de pequenos produtores na Transamazônica. In: HOMMA, A. (Org.). **Amazônia**: meio ambiente e desenvolvimento agrícola. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 321-343.

WALKER, R.; SALAS, W.; URQUHART, G.; KELLER, M.; SKOLE, D.; PEDLOWSKI, M. Secondary vegetation ecological, social, and remote sensing issues. In: Skole, D; Walker, R.; Salas, W.; Wood, C. (Orgs). **Measurement and modeling of the inter-annual dynamics of deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon**. Greenbelt, MD: NASA's Goddard Space Flight Center/INPE/CPTEC, 1999.

APÊNDICE A

Tabela A.1 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Mato Grosso

TM/Landsat 2006		**TM/Landsat 2005**	
Órbitas/ponto	RMS	Órbitas/ponto	RMS
224/67	0,016781	224/67	0,110071
224/69	0,003947	224/69	0,393268
225/67	0,017031	225/67	0,157439
226/67	0,097223	226/67	0,375088
226/69	0,003206	226/69	0,002821
227/67	0,002649	227/67	0,00341
227/68	0,007582	227/68	0,002594
227/70	0,003425	227/70	0,003459
228/67	0,026151	228/67	0,031147
228/68	0,010298	228/68	0,004015
228/70	0,008337	228/70	0,003481
228/71	0,008524	228/71	0,003122
229/66	0,013377	229/66	0,003028
229/67	0,002672	229/67	0,002859
229/68	0,004963	229/68	0,066271
230/66	0,245685	230/66	0,522211
226/68	0,257829	226/68	0,142264

Tabela A.2 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Pará

TM/Landsat 2006		**TM/Landsat 2005**	
Órbitas/ponto	RMS	Órbitas/ponto	RMS
222/63	0,002778	222/63	0,00313
223/65	0,004003	223/65	0,002507
223/66	0,00856	223/66	0,479108
224/64	0,002703	224/64	0,003518
224/65	0,076266	224/65	0,003047
224/66	0,028139	224/66	0,003143
225/65	0,002554	225/65	0,004026
226/61	0,002577	226/61	0,002919
227/62	0,002783	227/62	0,002851
227/63	0,00333	227/63	0,009584
227/65	0,002723	227/65	0,00321
228/61	0,006772	228/61	0,002578
228/65	0,005898	228/65	0,003726
225/62	0,253819	225/62	0,193436
223/63	0,203982	223/63	0,26728
225/64	0,153645	225/64	0,237495

Tabela A.3 Imagens 2006 e 2005 georreferenciadas com base nas *Geocover* 2000, com RMS em pixels, Rondônia

TM/Landsat 2006		**TM/Landsat 2005**	
Órbitas/ponto	RMS	Órbitas/ponto	RMS
230/68	0,03058	230/68	0,003048
230/69	0,007247	230/69	0,060849
231/66	0,011443	231/66	0,003125
231/67	0,050527	231/67	0,003334
231/68	0,08448	231/68	0,003327
232/66	0,004338	232/66	0,259497
232/67	0,013762	232/67	0,003486
233/67	0,002575	233/67	0,01948