



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16483-TDI/1558

**ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RONDÔNIA:
AVALIAÇÃO COM IMAGENS DE VIDEOGRAFIA E DO
SENSOR TM**

Giselle Vanessa Trevisan

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Dr. Diógenes Salas Alves, aprovada em 28 de julho de 2009.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/08.18.07.32>>

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:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a 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)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16483-TDI/1558

**ANÁLISE DA COBERTURA DA TERRA EM ÁREAS DE
PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM RONDÔNIA:
AVALIAÇÃO COM IMAGENS DE VIDEOGRAFIA E DO
SENSOR TM**

Giselle Vanessa Trevisan

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Dr. Diógenes Salas Alves, aprovada em 28 de julho de 2009.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/08.18.07.32>>

INPE
São José dos Campos
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Trevisan, Giselle Vanessa.
T725an Análise da cobertura da terra em áreas de preservação permanente em Rondônia: avaliação com imagens de videografia e do sensor TM / Giselle Vanessa Trevisan. – São José dos Campos : INPE, 2009.
150p. ; (INPE-16483-TDI/1558)

Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

Orientador : Dr. Diógenes Salas Alves.

1. Código florestal. 2. Área de preservação permanente. 3. Desmatamento. 4. Estrutura fundiária. 5. Assentamento rural. 6. Rodovia BR-364, 7. Rondônia. I.Título.

CDU 528.711.7(811.5)

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 da Editora, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

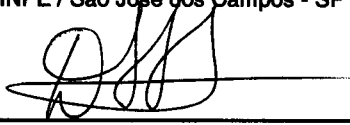
Copyright © 2009 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming or otherwise, without written permission from the Publisher, with the exception of any material 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 Doutor(a) em
Sensoriamento Remoto**

Dr. Yosio Edemir Shimabukuro


Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Diógenes Salas Alves


Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

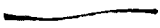
Dra. Claudia de Albuquerque Linhares


Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

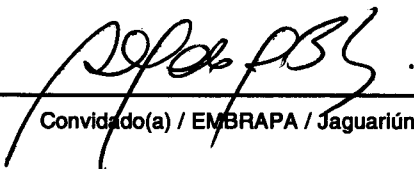
Dr. Mateus Batistella


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

Dra. Lucia da Costa Ferreira


Convidado(a) / NEPAM/UNICAMP / Campinas - SP

Dr. Alfredo José Barreto Luiz


Convidado(a) / EMBRAPA / Jaguariúna - SP

Aluno (a): Giselle Vanessa Trevisan

São José dos Campos, 28 de julho de 2009

“Cada dia a natureza produz o suficiente para nossa carência. Se cada um tomasse o que lhe fosse necessário, não havia pobreza no mundo e ninguém morreria de fome”.

Mahatma Gandhi

A meus pais, Liliana Maria Trevisan e José Lima Trevisan e a todos para que este trabalho seja proveitoso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes e contribuíram de nas diferentes etapas que levaram à conclusão deste documento e de mais esta etapa de minha vida.

Ao meu orientador, Dr. Diógenes Salas Alves, que além de me guiar no decorrer desta tese, ensinou-me a ver o papel do homem não só no contexto Amazônico, mas na construção social do saber.

Aos membros da OBT, Dr. Camilo Rennó, Dra. Maria Isabel Sobral, Dr. Marcio Valeriano, Dra. Evelyn Novo, Dr. Dalton Valeriano, Dra. Claudia Linhares, Dr. Lenio Galvão, Dra. Corina Freitas pela experiência trocada, apoio, presença e incentivo.

Àqueles que estiveram mais próximos durante a conclusão deste documento, pela compreensão, paciência, troca de experiências e apoio, em especial meus pais e meus amigos do INPE: Claudia Linhares, Luciana Miura, Carolina Carvalho, Tessio Novack e Marcos Adami.

Aos colegas e amigos da turma de pós-graduação ingressantes em 2005, cujos nomes não serão citados sob pena de muito me alongar, mas que terão sempre um lugar em meus pensamentos.

À Etel, Angeluci e Vera, pela atenção, presteza, alegria e apoio sempre presentes na secretaria da pós-graduação em Sensoriamento Remoto.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela oportunidade de aperfeiçoamento e utilização de todos os seus vastos recursos.

Aos pesquisadores, docentes e técnicos do INPE pela prontidão e dedicação ao compartilhar quaisquer conhecimentos.

Agradeço à Coordenadoria da Pós-graduação do Sensoriamento Remoto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa e outros auxílios logísticos dispensados a este trabalho.

RESUMO

Análises do desmatamento na Amazônia têm mostrado que os dispositivos do Código Florestal relativos à preservação de Reserva Legal frequentemente são infringidos nas regiões em que o desmatamento se concentra. Ao mesmo tempo, poucos estudos tratam da manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na Amazônia. O presente estudo tem como objetivo avaliar a cobertura da terra nas APPs da região centro-norte do Estado de Rondônia sob diferentes condições de estrutura fundiária, distância da rodovia BR-364 e idade de criação dos assentamentos rurais. O trabalho também inclui o desenvolvimento de metodologia para o mapeamento de APPs utilizando dados de videografia aerotransportada do ano de 1999 e imagens do sensor TM dos satélites Landsat dos anos de 1985, 1990, 1995, 1999, 2003 e 2008. O uso da videografia permitiu realizar a delimitação da rede de drenagem, o mapeamento e a análise da cobertura da terra nas APPs. Infrações às disposições do Código Florestal foram observadas em todas as amostras analisadas. Apenas 20% das áreas sujeitas a preservação permanente ainda mostravam vegetação ripícola nos dados de videografia. Não foram observadas diferenças significativas nas classes de cobertura da terra entre pequenas e grandes propriedades rurais ($\alpha=0,05$), distanciamento da BR-364 ($\alpha=0,05$) e diferentes datas de criação dos assentamentos ($\alpha=0,05$). O uso de imagens do sensor TM para caracterização da cobertura da terra nas APPs foi avaliado tomando-se como referência os dados da videografia para a mesma época, tendo-se observados taxas de acertos satisfatórios. Em consequência, as imagens desse sensor foram usadas para avaliar as mudanças do desmatamento no período 1985 a 2008. Observou-se um aumento significativo do desmatamento ao longo do tempo ($F_{(1,340)}=165,02$; $B=2,24$), sugerindo a debilidade da instituição de manutenção das APPs. Não se observaram diferenças significativas no desmatamento das APPs entre pequenas e grandes propriedades rurais, diferentes faixas de distância da BR-364 e datas de criação de assentamento com exceção à classe capoeira para os assentamentos de 1970 e 1974/75, ao longo do período analisado. Este último padrão sugere que, mesmo havendo ocorrido o processo de regeneração, essa classe de cobertura deve ter sido novamente derrubada.

ANALYSIS OF LAND COVER IN AREAS OF PRESERVATION PERMANENT IN RONDONIA: VIDEOGRAPHY AND TM SENSOR IMAGES EVALUATION

ABSTRACT

Analyses of deforestation in Brazilian Amazon have shown that Federal Forest Code mandatory Legal Reserve are frequently cleared in regions where forest clearing is concentrated. At the same time, there are few studies dealing with the maintenance of Areas of Permanent Preservation (APPs) in the Amazon. The goal of the present study is to evaluate the land cover in APPs along water bodies in north-central of the State of Rondonia under conditions of different agrarian structures, distance of BR-364 highway and age of creation of rural settlements projects. The work also includes the development of a methodology for APP mapping using airborne videography data and a time-series of Landsat TM imagery including years 1985, 1990, 1995, 1999, 2003 and 2008. The use of the videography data resulted in the development of a method for drainage delimitation, mapping and land cover analyses in APPs. Infringement of Forest Code provisions was observed in all samples. Only 20% of the areas of permanent preservation still showed riparian vegetation in the videography data. No significant differences were found among classes of land cover between large and small rural properties ($\alpha = 0.05$), distance of BR-364 ($\alpha = 0.05$) and different ages of creation of the settlements ($\alpha = 0.05$). The use of TM images for land cover characterization in APPs was evaluated in reference to videography data of approximately the same time, resulting in a relatively satisfactory level of agreement (74.01%). Hence, TM imagery were used to evaluate changes in deforestation in the period 1985 to 2008. A significant increase in deforestation was found throughout the period of analysis ($F_{(1,340)}=165.02$; $B=2.24$), suggesting that the prescriptions for APP maintenance in fact constitute a weak institution. No significant differences in APP deforestation were found between small and large farms, different distances from BR-364 and ages of creation of the settlements throughout the analyzed period, with exception of capoeira class between 1970 and 1974/75 settlements. This last pattern suggests that this land cover class was once again overthrown after it had been regenerated.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	21
1.1 Objetivo Geral	23
1.2 Organização do trabalho	24
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1 As Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água.....	25
2.1.1 Histórico e aspectos legais	25
2.1.2 Definição e importância da vegetação ripícola	29
2.1.3 Causas e consequências das intervenções nas APPs	31
2.1.4 Recuperação das APPs ao longo dos cursos d'água.....	32
2.2 Transformação do uso e cobertura da terra no Brasil	34
2.2.1 A ocupação do território brasileiro	34
2.2.2 Ocupação e dinâmica do desmatamento na Amazônia.....	37
2.2.3 Causas do desmatamento na Amazônia.....	40
2.3 Métodos em sensoriamento remoto para avaliar a cobertura da terra em áreas protegidas por Lei.....	43
2.3.1 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente	43
2.3.2 Videografia Aerotransportada.....	46
3 ÁREA DE ESTUDO.....	49
3.1 Localização geográfica.....	49
3.2 Descrição física	51
3.3 História da Colonização de Rondônia	52
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
4.1 Materiais.....	59
4.1.1 Videografia aerotransportada	59
4.1.2 Imagens do satélite Landsat.....	63
4.1.3 Dados cartográficos.....	63
4.1.4 Programas computacionais utilizados	64
4.2 Metodologia.....	64
4.2.1 Preparação dos dados da videografia	68
4.2.2 Elaboração dos atributos qualitativos nos dados de vídeo	72
4.2.3 Criação da base de dados auxiliares.....	74
4.2.4 Análise da cobertura da terra nas APPs com dados da videografia.....	75
4.2.5 Pré-processamento da imagem do sensor TM/Landsat	77
4.2.6 Processamento das imagens do sensor TM/Landsat.....	77
4.2.7 Avaliação das classificações entre os sistemas	78
4.2.8 Análise multitemporal do desmatamento nas APPs com dados TM/Landsat.....	79

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
5.1	Análise da metodologia para uso de dados de videografia aerotransportada.....	81
5.1.1	Problemas observados	81
5.1.2	Delimitação das Áreas de Preservação Permanente	85
5.1.3	Considerações gerais e recomendações.....	87
5.2	Base de dados auxiliares	88
5.3	Análise da cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente com dados de videografia aerotransportada	92
5.3.1	A cobertura da terra nas APPs em diferentes estruturas fundiárias	97
5.3.2	A cobertura da terra nas APPs a diferentes faixas de distância da BR-364	101
5.3.3	Desmatamento nas APPs em diferentes projetos de assentamento rural	104
5.4	Avaliação das classificações entre os sistemas	106
5.5	Análise multitemporal através de dados TM/Landsat.....	109
5.5.1	Mudança da cobertura da terra nas APPs.....	109
5.5.2	Evolução do desmatamento nas APPs em diferentes estruturas fundiárias	113
5.5.3	Evolução do desmatamento nas APPs a diferentes faixas de distância da BR-364	117
5.5.4	Evolução do desmatamento nas APPs em diferentes projetos de assentamento rural.....	119
6	CONCLUSÕES.....	121
6.1	A manutenção das Áreas de Preservação Permanente.....	121
6.2	Fatores que determinam a cobertura da terra nas APPs (videografia) ..	121
6.3	A evolução do desmatamento nas APPs com dados do sensor TM	121
6.4	Considerações de ordem metodológica	122
6.5	Recomendações	122
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Taxa média de desmatamento bruto (km ² /ano). As letras que acompanham os anos significam: a) média da década; b) média entre 1993 e 1994; c) taxas anuais consolidadas.	39
3.1 - Localização da área de estudo.	50
3.2 - Projetos de Assentamento em Rondônia.	54
3.3 - Taxa de desmatamento bruto para o Estado de Rondônia. a) média da década; b) média entre 1993 e 94; c) taxas anuais consolidadas.....	57
4.1 - Sistema de aquisição de vídeo digital.	61
4.2 - Sistema utilizado na captura do vídeo. a) Esquema das conexões entre os componentes. b) Equipamentos utilizados (1: Horita, 2: gravador de vídeo, 3: monitor; 4: computador). Detalhe do monitor e Horita.....	62
4.3 - Fluxograma da etapa 1 adotada para os dados de videografia.	66
4.4 - Fluxograma da etapa 2 adotada para as imagens TM/Landsat.	67
4.5 - Quadro de vídeo com seu respectivo código de tempo associado aos dados de vôo. Os dados de atitude do avião correspondem às colunas <i>tilt</i> - rolagem, <i>tip</i> - guinada e <i>heading</i> - arfagem.....	69
5.1 - Mosaicos com pequenas distorções devido a variações na atitude da aeronave ('a' e 'd': rolagem; 'b': arfagem; 'c': guinada). Setas vermelhas: porções onde o delineamento da drenagem foi interrompido.	82
5.2 - Problemas constatados no georreferenciamento automático.	83
5.3 - Mosaico 'encurtado' sobreposto a imagem TM/Landsat 231/67. 'a': drenagem em amarelo; 'b': em vermelho, deslocamento de toda a drenagem, como um mosaico, conforme a feição reconhecida na TM; 'c': drenagem deslocada; 'd' e 'e': em preto reconhecimento do encurtamento em relação à feição e deslocamento de cada segmento de drenagem; 'f': visualização do deslocamento aplicado em relação ao mosaico original..	85
5.4 - Segmentos de rios editados e APPs delimitadas e mapeadas.	86
5.5 - Distribuição das amostras de APP no mapa de estrutura fundiária.	89
5.6 - Distribuição das amostras de APP no mapa de faixas de distância sobreposto ao mapa de estrutura fundiária.....	90
5.7 - Distribuição das amostras de APP no mapa dos projetos de assentamento rural.	92
5.8 - Distribuição cumulativa das amostras com diferentes frações de vegetação (floresta e capoeira), nas APPs.	93
5.9 - Distribuição cumulativa das amostras de diferentes frações de classes de cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente.	94
5.10 - Distribuição cumulativa das amostras de diferentes frações de desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente nas pequenas e grandes propriedades rurais.	99
5.11 - Curva de frequência acumulada para as frações floresta e capoeira nas amostras de APP entre as grandes e pequenas propriedades rurais.	99
5.12 - Fração de desmatamento nas amostras de APP a diferentes faixas de distâncias da BR-364.	102
5.13 - Distribuição de frequência acumulada da fração capoeira nas APPs entre assentamentos criados em diferentes períodos.....	105

5.14 – Medida de tendência central (média), erro e desvio padrão associados à fração desmatada nas Áreas de Preservação Permanente para os anos de análise.....	110
5.15 - Estimativa da fração desmatada nas APPs entre 0 e 1. Modelo ajustado para o período de 1985 a 2008.	111
5.16 - Taxa de desmatamento das APPs por período expressa como a razão entre o incremento da área desmatada e a área de vegetação no início do período.	112
5.17 - Evolução da fração de desmatamento nas APPs nas grandes e pequenas propriedades rurais durante o período analisado.	113
5.18 - Distribuição de frequência acumulada da fração do desmatamento nas APPs nas grandes e pequenas propriedades rurais para o período analisado.	116
5.19 - Evolução da fração desmatada nas APPs a diferentes faixas de distâncias da BR-364 durante o período de 1985 a 2008.	118
5.20 - Evolução da fração desmatada nas APPs dos assentamentos rurais estudados durante o período de 1985 a 2008.....	120

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Valores associados às Áreas de Preservação Permanente.....	31
4.1- Datas de aquisição das imagens utilizadas (WRS/TM 231/67).....	63
4.2- Material cartográfico utilizado no estudo.	64
4.3 - Taxa de amostragem dos dados adquiridos durante o voo.....	68
5.1 - Características dos projetos de assentamento rural presentes na área de estudo e o respectivo n-amostral das APPs por assentamento.	91
5.2 - Fragmentos de floresta e capoeira nas APPs.	94
5.3 - Fração total e por classes de cobertura da terra nas APPs entre as pequenas e grandes propriedades rurais.....	98
5.4 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração de cobertura da terra nas APPs entre as pequenas (n=47) e grandes (n=11) propriedades rurais ($\alpha=0,05$).....	98
5.5 - Teste de Kolmogorov-Smirnov entre a fração floresta e capoeira nas APPs das pequenas e grandes propriedades rurais ($\alpha = 0,05$).....	100
5.6 - Prova de Kruskal-Wallis para as classes de cobertura da terra (n=66) a diferentes faixas de distâncias da rodovia BR-364 ($\alpha=0,05$).	102
5.7 - Teste de Kruskal-Wallis para as frações desmatadas nas APPs das pequenas (n=47) e grandes (n=11) propriedades rurais a diferentes distâncias da BR-364 ($\alpha=0,05$).....	103
5.8 - Prova de Kolmogorov-Smirnov para as classes de coberturas da terra nas APPs entre os assentamentos criados em 1970 (n=22) e 1974/75 (n=26).	105
5.9 - Matriz de confusão entre as classificações das APPs realizadas sobre dados da videografia e do sensor TM/Landsat (unidade: pixels).	107
5.10 - Matriz de confusão entre as classificações das APPs realizadas sobre dados da videografia e do sensor TM/Landsat considerando as três classes editadas sobre os dados de vídeo (unidade: pixels).	109
5.11 - Parâmetros da regressão logística entre a fração de desmatamento nas APPs entre os anos analisados.	110
5.12 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração desmatada entre as pequenas (n=47) e grandes (n=11) propriedades no período de 1985 a 2008 ($\alpha=0,05$).....	114
5.13 - Teste de Kruskal-Wallis para a fração desmatada (n=66) nas APPs a diferentes distâncias da rodovia BR-364 durante o período analisado ($\alpha=0,05$).....	117
5.14 - Valores totais da fração de desmatamento nas APPs para cada faixa de distância da rodovia BR-364 no período de 1985 a 2008.	118
5.15 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração desmatada entre os assentamentos criados no ano 70 (n=22) e 74/75 (n=26) no período de 1985 a 2008.	119

1 INTRODUÇÃO

A regulamentação da proteção das florestas no Brasil e ao longo dos rios foi instituída pela primeira vez pelo Código Florestal em 1934 (Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934). No entanto, a expressão 'área de preservação permanente' somente passou a integralizar o texto regulamentar a partir do Novo Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771, 15 de setembro de 1965). Apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada uma das mais exigentes do mundo contemporâneo (BLEY et al., 2001), estas disposições não influenciaram no processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil e a consequente degradação das florestas, em particular, da vegetação ripícola (KAGEYAMA, 1989; FIORIO et al., 2000; MACHADO, 2002; MACHADO et al., 2003).

Na Amazônia, a conversão das florestas em áreas desmatadas é crescente desde a década de 70, quando da implantação do Plano de Integração Nacional (PIN) por parte do Governo Federal que, dentre os principais objetivos, priorizava a ocupação dos "espaços vazios" (MORAN et al., 1994; MACHADO, 2002). Desse período até os dias atuais, verificam-se na Amazônia Legal elevadas taxas de desmatamento, que variaram do valor mínimo de 1.030 km²/ano em 1991, até um máximo de 29.059 km²/ano em 1995 (INPE, 2008). As causas e consequências deste processo têm sido largamente estudadas tanto em nível local, considerando a propriedade rural, quanto em nível regional, contemplando os processos que perfazem toda a Bacia Amazônica (SKOLE; TUCKER, 1993; MORAN et al., 1994; ALVES; SKOLE, 1996; WALKER et al., 1997; McCracken et al., 1999; ALVES, 2002a).

Diferentes estudos têm demonstrado que as mudanças do uso e cobertura da terra na Amazônia seriam determinadas por fatores fundiários, econômicos (tipos de uso da terra, preço do produto agrícola), de acessibilidade (proximidade às rodovias, aos centros urbanos e ao mercado nacional), políticos (projetos de colonização agrária, incentivos fiscais), ambientais (climático, edáfico, topográfico), entre outros (MORAN et al., 1994; WALKER et al., 2000; CHOMITZ; THOMAS, 2000; ALVES, 2002a,b; ALVES et al., 2003;

MARGULIS, 2004; FEARNSIDE, 2005; AGUIAR et al., 2007; SOLER et al., 2009). Alguns autores mostraram que áreas de preservação obrigatória como as Reservas Legais, instituídas pelo Código de 1965, não estão sendo respeitadas em áreas de ocupação pioneira na Amazônia, sobretudo no entorno dos principais eixos viários (WALKER et al., 1997; ESCADA, 2003; ALVES et al., 1999, 2003). Com relação às APPs, poucos estudos têm sido realizados sobre seu estado de conservação ao longo dos cursos d'água na Amazônia brasileira (FERRAZ et al., 2005; LINHARES, 2005), e ainda não há conhecimento sobre quais os fatores que poderiam estar determinando a cobertura da terra nas APPs. A relevância destas análises está na possibilidade de se produzir diagnósticos, considerando os principais agentes e especificidades regionais quanto ao histórico e às formas de ocupação, melhorando a compreensão dos processos que induzem à efetivação da legislação vigente.

A delimitação e mapeamento da cobertura da terra de áreas protegidas por Lei podem ser realizados com eficiência a partir da articulação de dados sensores remotos às técnicas de processamento digital de imagens e de sistemas de informação geográficas (SIQUEIRA; VALERIANO, 2000; MAIA; VALERIANO, 2001; PISSARA et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2005; VESTENA; THOMAZ, 2006; TREVISAN; ADAMI, 2009). O uso de dados de sensores de alta resolução espacial, como as fotos aéreas, no mapeamento das APPs, gera informações mais precisas do que aquelas produzidas por imagens de sensores de média resolução espacial (MULLER, 1997; HARVEY; HILL, 2001; CONGALTON et al., 2002).

A videografia aerotransportada de alta resolução espacial é uma alternativa ao uso das fotografias aéreas e apresenta diversas vantagens, como a aquisição imediata da imagem, o baixo custo de aquisição e a grande quantidade de informações que provê visões múltiplas da feição analisada (MEISNER, 1986; MAUSEL et al., 1992). Diversos estudos se utilizam dessa técnica como entrada de dados para corrigir ou avaliar a acurácia de informações provenientes de dados sensores de média resolução espacial, ou ainda para análise e monitoramento ambiental e agrícola (LONARD et al., 2000; HESS et

al., 2002; THOMSON et al., 2005; WULDER et al., 2007; PANCHER; FREITAS, 2007).

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia de delineamento e mapeamento da cobertura da terra nas APPs ao longo dos cursos d'água, através da tecnologia de videografia aerotransportada. Esses dados, disponibilizados pelo Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA), correspondem ao sobrevôo da aeronave em uma área na região centro-norte de Rondônia, que contempla diferentes estruturas fundiárias no entorno da principal rodovia do Estado, a BR-364.

1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho foi analisar a cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água na área correspondente à rota de vôo da videografia aerotransportada na região centro-norte do Estado de Rondônia, avaliando a variação do tipo de cobertura da terra para três diferentes fatores: estrutura fundiária, distância à rodovia BR-364 e idade de criação dos assentamentos rurais da região.

Três objetivos específicos foram também formulados para o trabalho:

- 1) Desenvolver e utilizar uma metodologia para uso de dados de videografia aerotransportada para análise da cobertura da terra em Áreas de Preservação Permanente;
- 2) Avaliar a adequabilidade de imagens do sensor TM do satélite Landsat para a caracterização da cobertura da terra em Áreas de Preservação Permanente;
- 3) Analisar a evolução do desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente no período 1985-2008 com base numa série temporal de imagens do sensor TM;

1.2 Organização do trabalho

Este documento foi organizado em seis Capítulos.

No Capítulo 2 encontra-se uma revisão bibliográfica sobre os aspectos legais das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no Código Florestal brasileiro; reporta aspectos históricos sobre a ocupação do território brasileiro e, em particular, da Amazônia, com a consequente conversão da vegetação natural em áreas agro-pastoris, inclusive em áreas consideradas de preservação na legislação vigente; apresenta técnicas de sensoriamento remoto utilizadas no mapeamento da cobertura da terra e na análise de áreas em desacordo com o Código Florestal brasileiro; e discute o uso de dados de videografia aerotransportada para o mapeamento da cobertura da terra em APPs.

O Capítulo 3 apresenta a área de estudo descrevendo-a em seus aspectos geográficos, físicos e históricos.

No Capítulo 4 são apresentados os materiais e a metodologia utilizada no processamento dos dados da videografia aerotransportada e no processamento das imagens do sensor TM/Landsat.

O Capítulo 5 foi dividido em cinco seções. Na seção 5.1 estão apresentados os resultados referentes à videografia, seu potencial de uso no escopo deste trabalho e o mapeamento das APPs. Na seção 5.2 está exposto o banco de dados auxiliares produzido. Na seção 5.3 foi analisada a cobertura da terra das APPs em relação à estrutura fundiária, a proximidade da BR-364 e a idade de criação dos assentamentos rurais. Na seção 5.4 foi avaliado o mapeamento das APPs realizado com dados TM/Landsat. Na seção 5.5 foi analisada a evolução temporal da cobertura da terra nas APPs.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões relacionadas aos principais resultados obtidos nas análises realizadas tendo em vista os objetivos propostos no Capítulo 1. Neste Capítulo também são apresentadas algumas recomendações em vista a sua aplicação em outras regiões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 As Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água

2.1.1 Histórico e aspectos legais

Em obra pioneira sobre o Direito Florestal brasileiro, Pereira (1950) informou que, ao longo do tempo, a reconhecida necessidade de que o Estado, em diferentes países, regulasse a proteção e o uso de suas florestas, promoveu a organização de suas leis florestais em Códigos. Após analisar as leis florestais vigentes à época em diversos países, o autor classificou as diferentes formas de regime em três grupos principais:

- a) regime liberal: absoluta ausência de intervenção do Estado na atividade particular;
- b) regime eclético: o particular mantém a administração plena de suas florestas, mas o Estado reserva-se o direito de proibir ou regular o corte em alguns casos;
- c) regime intervencionista: o Estado pode exercer interferência direta e ostensiva no resguardo das florestas, como “bem de interesse coletivo”.

No Brasil, quer fosse como colônia, império ou república, a atividade florestal era fundamentada no mais puro extrativismo, sendo esta considerada legalmente admissível (AHRENS, 2003). Foi somente no período republicano, durante o Governo Provisório de Getúlio Vargas, que o Poder Público decidiu interceder ao que parecia ser um saque aos recursos florestais, estabelecendo limites de uso e não uso através da codificação florestal, antes constituída por leis esparsas.

O Código Florestal brasileiro foi então instituído através do Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934 (BRASIL, 1934). Nesta época, a expressão Área de Preservação Permanente ainda não era empregada para a proteção das florestas através de regimes de ‘não uso’ ou de ‘uso excepcional’ (SAMPAIO, 2004). As florestas, assim como as demais formas de vegetação que fossem

úteis às terras que revestiam, eram classificadas em protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento (Art 3º do Decreto nº 23.793/34). Somente as florestas protetoras e remanescentes eram as consideradas de “conservação perene” e por isso, não passíveis de exploração industrial intensiva, apenas exploração limitada, nas operações expressas pelo então Ministério da Agricultura (SAMPAIO, 2004).

No que diz respeito à largura das áreas consideradas de conservação perene, existiam apenas duas previsões no Código de 1934. A primeira, específica para as regiões do Nordeste Brasileiro assoladas pela seca, regulamentava a proibição de corte de qualquer vegetação, dentro do raio de 6 km das cabeceiras dos cursos d’água; e a segunda proibia o corte de árvores em uma faixa de 20 m de cada lado, ao longo das estradas (BRASIL, 1934). Foram somente essas as disposições legais responsáveis pela proteção das florestas brasileiras até entrar em vigor o Novo Código Florestal.

O Novo Código Florestal, instituído pela Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, é o instrumento nacional legal que dá suporte a esse ordenamento através das Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal (BRASIL, 1965). Assim, as faixas de proteção ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água passaram a ter uma proteção mais restritiva e a expressão “preservação permanente” integrou o texto da lei, sem que houvesse a formulação de seu conceito, como segue:

“Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d’água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros;

3 - de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros”.

O Novo Código, em comparação ao anterior, apresenta um maior detalhamento das florestas consideradas de preservação permanente, não só em relação à largura, mas também em suas especificidades. Após 20 anos de vigência, período pelo qual o Brasil passou por um forte crescimento industrial, despontou a primeira alteração do Novo Código Florestal no que tange às Áreas de Preservação Permanente (SAMPAIO, 2004).

A partir de 8 de julho de 1986, conforme estabelecido na Lei n ° 7.511, a extensão da largura das Áreas de Preservação Permanente (APPs) relativas à proteção dos cursos d’água passaram a ser mais restritivas, conforme art. 2º abaixo transcrito (BRASIL, 1986):

“Art. 2 º

a)

1 - de 30 (trinta) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d’água que meçam entre 50 (cinquenta) e 100 (cem) metros de largura;

4 - de 150 (cento e cinquenta) metros para os cursos d’água que possuam entre 100 (cem) e 200 (duzentos) metros de largura;

5 - igual à distância entre as margens para os cursos d’água com largura superior a 200 (duzentos) metros”.

Resolvido o aumento das margens, as APPs continuavam a ser medidas a partir da faixa marginal do curso d’água que se desejava existente, ou seja, se a drenagem, por qualquer motivo estivesse com seu leito reduzido, a área de

preservação seria medida a partir deste limite, e não do que representasse o referido leito em circunstâncias normais. Este problema foi resolvido a partir da edição da Lei nº 7.803 de 18 de julho de 1989, a qual alterou o Novo Código Florestal e está em vigor até os dias atuais, como segue (BRASIL, 1989):

“Art. 2º

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1 -

2 -

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros”.

O problema da demarcação das APPs a partir do limite da drenagem em seu nível mais alto não considerava a sazonalidade imposta ao regime fluvial, deste modo o Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu a Resolução nº 303 de 20 de março de 2002, onde os parâmetros, as definições e os limites referentes às APPs ao longo dos rios foram estabelecidos, como segue (BRASIL, 2002):

“Art. 2º Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - nível mais alto: nível alcançado por ocasião da cheia sazonal do curso d’água perene ou intermitente”.

A Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001, que altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de

1965, que institui o Código Florestal, trouxe significativa contribuição no que diz respeito à definição das APPs que, pela legislação existente, era apenas determinada e não definida, com segue (BRASIL, 2001):

“Art. 1º

§ 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:

II – área de preservação permanente: área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Ressalta-se novamente a importância do conhecimento dessas previsões, sua vigência e aplicabilidade, considerando ainda sua relevância para o Poder Público nos processos de concessão de licenças para implantação de atividades potencial ou efetivamente poluidoras do meio ambiente fora das áreas de preservação permanente, bem como na exigência de sua recomposição quando desrespeitadas, e inclusive na cobrança de indenizações por dano ambiental (SAMPAIO, 2004).

2.1.2 Definição e importância da vegetação ripícola

Historicamente, a vegetação que se encontra enraizada nas margens dos sistemas de drenagem são definidas como vegetação ripícola (CAMPBELL; FRANKLIN, 1979 apud KAUFFMAN; KRUEGER, 1984). Ao longo dos cursos d'água, essa vegetação se desenvolve tanto na ribanceira de um rio ou córrego, como no entorno de lagos, represas, banhado ou veredas, e também nas superfícies de inundação e áreas de influência do lençol freático (MARTINS, 2005). Este biótipo, por ocorrer na interface entre o ecossistema terrestre e aquático, forma um ecótono caracterizado por um gradiente de fatores ambientais, de processos ecológicos e de espécies vegetais (GREGORY et al., 1991).

A vegetação ripícola atua como reguladora do regime hídrico por interceptar a água da chuva, aumentar a retenção e infiltração da água no solo e interferir sobre o processo de evaporação, escoamento superficial e subsuperficial do solo (JORGE; UEHARA, 1998). Por se fixarem ao longo dos rios, funcionam como mantenedoras da estabilidade de suas margens, evitando a erosão e conseqüente assoreamento do curso de água (KAUFFMAN; KRUEGER, 1984). Leitos com abundante vegetação ripícola têm geralmente menor relação largura/profundidade, assim, no período de cheias ocorre maior erosão no fundo do que nas margens, criando leitos pouco sinuosos, encaixados e estáveis.

Considerado um sistema aberto (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997) por formar a interface entre os ambientes aquático e terrestre, a mata ripícola funciona como um filtro, retendo defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água (KAUFFMAN; KRUEGER, 1984). Por formarem corredores ao longo do sistema de drenagem, podem reduzir a fragmentação da paisagem em áreas anteriormente cobertas pela formação florestal e manter o microclima adequado para o estabelecimento da fauna aquática (BURLEY, 1995; TINKER et al., 1998; MENDES, 2004).

São sistemas de grande riqueza florística e características ecológicas e fisiológicas únicas, resultantes da relação entre a hidrologia e o modelo geomorfológico local (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997; SOARES-SILVA et al., 1998). A alta diversidade de espécies provém, em parte, da variação estrutural da vegetação no sentido longitudinal e transversal em relação à margem do rio, com a presença de espécies adaptadas ao alagamento, às condições de vertente, espécies pioneiras de crescimento rápido e de fácil reprodução, incluindo as formas de vida arbórea, arbustiva e uma grande variedade de herbáceas (RODRIGUES; NAVE, 2001).

Em relação à importância da vegetação ripícola como Área de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água, deve considerar além dos aspectos ecológicos relacionado à sua função ambiental, também os aspectos econômicos, sociais e culturais (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Valores associados às Áreas de Preservação Permanente.

Aspectos	Importância	Referência
Econômicos	Perpetuação de atividades econômicas relacionadas ao uso dos recursos hídricos	Borges, 2008
	Manutenção de habitats	Tinker, 1998
Ecológicos	Proteção dos corpos d'água	Kauffman e Krueger, 1984
	Regulação do regime hídrico	Jorge e Uehara, 1998
Paisagísticos	Formação de corredores ecológicos	Burley, 1995
Físicos	Proteção dos processos ecológicos nos ambientes terrestres e aquáticos	Naiman e Décamps, 1997 Rodrigues e Nave, 2001
Psicológicos	Favorece a relação do indivíduo com o meio que o circunda	Borges, 2008

2.1.3 Causas e consequências das intervenções nas APPs

Segundo Kageyama et al. (1989), há várias décadas as matas ripícolas vêm sofrendo intensas e constantes degradações pela ação antrópica. A supressão da cobertura vegetal das APPs no entorno dos rios pode estar relacionada ao acesso do gado ou do homem à água; ao traçado de estradas em terrenos movimentados; ao valor comercial das árvores ou do solo para a agricultura; e ao abastecimento de água ou geração de energia (LIMA; ZAKIA, 2006). O desmatamento é a origem de inúmeros impactos ambientais e, ao longo dos rios, além de causar a degradação dos recursos hídricos, afeta diretamente a estrutura do sistema e o bem-estar das populações humanas.

Primo e Vaz (2006) verificaram que 55% a 62% das matas ripícolas na bacia hidrográfica do rio Itapicuru-Açu, Bahia, foram degradadas devido à construção de barragens e as atividades agropecuárias. Os autores também constataram perturbações locais devido à retirada de argila, extração arbórea e recreação. Em Siriguete, MG, Costa et al, (1996) constataram que 70% das margens dos

cursos d'água estavam ocupadas por agricultura e pasto. Sturm et al. (2003) verificaram que a construção de casas no município de Matinhos, PR, ocupava de 70 a 75% das APPs. Em Piracicaba, a substituição contínua das culturais anuais e pastagem para a produção de cana-de-açúcar causou um decréscimo de 72% da cobertura vegetal nas APPs (FIORIO et al., 2000). Nesta região, para que a condição atual de uso da terra esteja em conformidade com o Código Florestal, as áreas de pastagem e cana-de-açúcar deveriam ser reduzidas em 8 e 11% respectivamente (MACHADO et al., 2003).

A degradação das Áreas de Preservação Permanente não em consequências estritamente ambientais, o aumento de pragas nas culturas agrícolas e a redução na quantidade e qualidade da água são alguns exemplos de problemas econômicos associados à supressão da cobertura vegetal natural. Fiorio et al. (2000) constataram uma redução de 50% da área Represa da Vila de Artemis, Piracicaba, SP, decorrente do assoreamento provocado pelos impactos na mudança da cobertura da terra da microbacia em que está inserida. Maillard e Santos (2008) verificaram que a única classe de uso e cobertura da terra que apresentou relação consistente com os impactos causados numa bacia hidrográfica, foi a classe vegetação ripícola que inibiu as variáveis turbidez, nitrato, nitrito e coliformes fecais presentes na água. Martins (2005) propôs que a mitigação e suspensão desses problemas, ocasionados pela ausência de proteção aos mananciais e à rede de drenagem, devem ser solucionados pelos governos municipais e estaduais mediante a elaboração de programas de reflorestamento das matas ripícolas.

2.1.4 Recuperação das APPs ao longo dos cursos d'água

Em virtude dos problemas associados à supressão da vegetação ripícola estarem atualmente mais evidentes no Brasil, como o processo de exclusão hídrica que afeta aproximadamente 15% da população (Machado, 2005), diversos setores do governo estão se mobilizando para tentar reverter este processo através da formulação de projetos de recuperação das Áreas de Preservação Permanente. Nestes casos, a integração entre a ação governamental, a sociedade civil e as organizações não-governamentais (ONGs), visam incorporar diferentes aspectos e pontos de vista sobre o

problema em questão (LEFF, 2001). O projeto Gestão e Ordenamento Territorial da bacia do rio das Pacas, MT, é um exemplo. A Universidade do Estado do Mato Grosso em parceria com a ONG Instituto SócioAmbiental objetivaram neste projeto restabelecer a conectividade entre as matas ripícolas e proteger o maior número de rios e a biodiversidade local, além disso, propuseram uma nova metodologia para a delimitação das APPs que serão recuperadas com a participação integrada dos produtores rurais no processo de planejamento (SOCIOAMBIENTAL, 2005).

Atualmente, os Estados têm investido cada vez mais na recuperação das APPs. No Paraná, o Projeto Mata Ripícola está recuperando as matas ripícolas de mananciais de captação de água e, em parceria com o projeto Corredores da Biodiversidade, teve como objetivo unir fragmentos florestais através da recuperação das APPs (SEMA, 2006). No Rio Grande do Sul, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (Sema), pretendeu recuperar as APPs através do plantio de mudas repassadas a produtores rurais, ficando a encargo destes a manutenção do processo regenerativo (SEMA, 2006). Em Rondônia foi implantado o Programa de Recuperação de Matas Ripícolas que visa recompor a vegetação nas nascentes e cursos d'água (SEDAM, 2009). O Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, também foi fundamentado nos componentes sócio-econômico e ambiental, priorizando as áreas de recuperação em detrimento do grau de degradação do ambiente e pobreza das populações locais (CATI, 2007).

Está claro que, geralmente, a bacia hidrográfica, ou microbacia, é a unidade utilizada para a análise da reabilitação da vegetação ripícola por facilitar a integração de informações sobre a diversidade ecológica do sistema, a estrutura polifuncional das propriedades rurais e a variação na unidade de produção agropecuária (NEUMANN; LOCH, 2002).

2.2 Transformação do uso e cobertura da terra no Brasil

2.2.1 A ocupação do território brasileiro

O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento que considerasse o meio ambiente com conseqüente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas. A forma de exploração do meio ambiente provém da cultura de maximização do bem-estar utilizada nos “modelos econômicos neoclássicos”, nos quais os recursos naturais eram vistos como provedores à humanidade (MOTTA, 1997). Esta estrutura estimulou, e ainda estimula a expansão da fronteira agrícola sobre novas áreas, ao invés de determinar ajustes tecnológicos sobre áreas agrícolas já estabelecidas, com intuito de manter ou aumentar a produtividade da propriedade rural (MATHER; NEEDLE, 1998).

Desde o século XVIII até os dias atuais a lavoura do tipo corte e queima persiste em algumas regiões brasileiras, como se a produtividade do solo sem o auxílio do fogo não fosse tão grande que compensasse o trabalho gasto em seu cultivo (HOLANDA, 1995). Quando praticada em pequena escala juntamente ao processo de rotação de culturas, pouco impacto ocorre sobre o meio ambiente (DIAS, 2004). Mas as áreas desmatadas pelos colonizadores, principalmente nas grandes propriedades rurais presentes na região Nordeste caracterizadas pelo cultivo da cana-de-açúcar, não possuíam esta dinâmica.

A falta de técnicas de plantio e o diminuto custo do braço escravo agregados ao comportamento inerente dos colonizadores, refletiam o pensamento de rendimento espontâneo sem esforço (IBGE, 1960). O imediatismo por ganho fácil e rápido não permitiu aos primeiros colonizadores ver possibilidades e vantagens no manejo e conservação de solos e florestas. A compreensão de tal conduta pode ser explicada pela abundância de terras férteis pouco desbravadas (HOLANDA, 1995).

No sudeste do Brasil do século XVIII, a floresta tropical úmida manteve-se preservada devido à febre do ouro que promovia somente a formação de caminhos sobre a Serra do Mar, conduzindo-os às terras do interior de Minas

Gerais (DIAS, 2004). Com decadência da mineração, o processo de povoamento nesta região acelerou e deu lugar a posse de grandes extensões de terra para o cultivo do café. A partir do século XIX, através da cultura cafeeira, a fronteira agrícola foi estabelecida nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e sul de Minas Gerais e, somente na primeira metade do século XX, se estenderam para as regiões sul, sul do Mato Grosso, oeste do Maranhão e Goiás (MACHADO, 2002).

Nos primeiros anos do século XX, enquanto a cafeicultura avançava substituindo toda a vegetação nativa e a criação de gado fazia-se de modo extensivo e com mínima técnica, a atividade florestal no país era fundamentada no puro extrativismo. Foi nesse cenário que o Poder Público decidiu interceder a partir da edição do primeiro Código Florestal em 1934, estabelecendo limites ao que parecia ser um saque ou pilhagem dos recursos florestais, muito embora, até então, tais práticas não fossem ilícitas (AHRENS, 2003).

Até a década de 50 as zonas pioneiras estavam entremeadas às terras de baixa densidade populacional e economicamente inertes (MACHADO, 2002). No início dos anos 80, ocorreu a concentração espacial da atividade agropecuária associada a dois fatores principais: aumento da demanda de carne no mercado interno e externo, e a incorporação de tecnologias no sistema agrícola (EGLER, 2001). O progresso tecnológico manifesta-se, principalmente, no aumento do cultivo da soja concomitantemente à redução da área colhida de milho entre 1985-1995 (IBGE, 1997). No que diz respeito à pecuária, embora o rebanho brasileiro tenha mais que dobrado de 1975 a 95, a baixa taxa de abate revela o seu caráter semi-extensivo (IBGE, 1997; EGLER, 2001).

Apesar das propostas Legais que normatizaram adequadamente a proteção jurídica do patrimônio florestal brasileiro no final dos anos 80, algumas políticas brasileiras contribuíram para agravar as taxas de desmatamento: os incentivos fiscais para investimentos, especialmente para a produção agropecuária; o crédito subsidiado e a garantia de preços para produção agro-pecuária; os programas de infra-estrutura e desenvolvimento regional (rodovias, mineração

com financiamento público, indústria, e hidroeletricidade); a política de colonização, assentamentos e regularização fundiária; a política fiscal econômica; a regulação do setor mineral (Goodland, 1980).

O desmatamento contínuo, e a consequente fragmentação florestal, foi e ainda é intenso nas regiões economicamente mais desenvolvidas do Brasil. A fragmentação da mata Atlântica em paisagens intensamente cultivadas, um dos maiores biomas das Américas que originalmente cobria 150 milhões de hectares (RIBEIRO et al., 2009), é o resultado final do uso desordenado da terra, caracterizado por níveis de desmatamento superiores a 90% (MENDES, 2004). No estado do Paraná, dos originais 201.203 km² da cobertura florestal Atlântica presentes em meados de 1890, restavam apenas 17,21% em 1980 e, atualmente, menos de 10% estão conservados (MARTINS, 2005). Em São Paulo, os remanescentes florestais que compreendiam 82% da cobertura vegetal em 1840, no início deste século perfazem somente 8% da área do Estado (MACHADO, 2006).

Em um estudo recente, Ribeiro et al. (2009) verificaram que mais de 80% dos fragmentos florestais da mata Atlântica possuem menos de 50 ha de área e estão muito distantes entre si, e que as reservas naturais reúnem somente 9% das florestas remanescentes e 1% das florestas originais. Em face desses resultados, os autores sugeriram orientações a cerca de práticas conservacionistas como: a conservação dos grandes fragmentos deve ser priorizada; os pequenos fragmentos devem ser manejados para manutenção de sua funcionalidade ecológica; a área que entremeia os fragmentos também deve ser manejada para minimizar os efeitos de borda e aumentar a conectividade entre os fragmentos; entre outros.

Entre os parâmetros da atualidade, a noção ambiental tornou-se um valor globalizado, para o qual é preciso criar formas de gestão compatíveis que considerem simultaneamente os interesses internacionais, nacionais e locais. No Brasil, e particularmente na Amazônia, a biodiversidade e, portanto, a conservação e proteção do meio ambiente são elementos intrínsecos da nova questão da divisão internacional do trabalho e, dentro desta máxima devem ser

aproveitadas (MELLO, 2002). Esta aplicação, seja tecnológica ou na forma de serviços ambientais, trará grandes transformações para o País, estabelecendo novas relações de produção e novas formas de dependência econômica e tecnológica (WEIGEL, 2001). Porém, nas últimas décadas, ao invés de verificarmos a conscientização crescente da sociedade civil e das exigências do Estado sobre a conservação de nossos recursos naturais, constata-se o aumento progressivo da supressão de nossas matas, apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada uma das mais exigentes do mundo contemporâneo (BLEY et al., 2001).

2.2.2 Ocupação e dinâmica do desmatamento na Amazônia

O desenvolvimento econômico e social da Amazônia, desde o início da colonização portuguesa até meados do presente século, percorreu uma longa história de atividades extrativistas e mercantilistas, na qual se insere, entre 1840 e 1919, o episódio do monopólio da borracha que acarretou drástica redução dos povos indígenas e levou entre 600 a 700 mil nordestinos para a região como mão-de-obra quase escrava (SANTOS, 1994). Após a Segunda Guerra Mundial, tem início a integração da Amazônia brasileira ao processo de desenvolvimento nacional. Uma das primeiras ações governamentais de ordem geopolítica para a nacionalização dos espaços vazios foi contemplar o projeto de construção da rodovia Belém-Brasília pelo governo de Juscelino Kubitschek, através do Plano de Desenvolvimento Nacional, PDN, 1955-60 (MACHADO, 2002).

A partir da década de 60, a ocupação da Amazônia foi diretamente estimulada pela intervenção estatal, através da construção de rodovias que servem de eixo de penetração para as frentes de povoamento e de expansão das atividades econômicas (EGLER, 2001). Grandes projetos foram implementados pelo governo apoiados pela criação das agências de desenvolvimento regional, dentre os quais se destacam: Projeto Jarí; projetos agropecuários incentivados pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, Sudam; colonização ao longo da Transamazônica e da Rodovia Cuiabá-Porto Velho, RO; aproveitamento hidrelétrico de Tucuruí, PA, e Balbina, AM; Programa Grande Carajás, que inclui o projeto de mineração de ferro da Companhia Vale do Rio

Doce, a ferrovia Carajás-São Luís, o porto de Ponta da Madeira, as indústrias de alumínio em Barcarena, PA, e São Luís, MA, e as usinas de ferro-gusa à base de carvão vegetal ao longo da ferrovia; e exploração comercial de petróleo na bacia do Rio Urucu, AM (BURSZTYN et al., 2004). De forma descontínua no espaço, a ocupação configurava-se num padrão de manchas às margens dos rios e vias de penetração, e ao entorno de cidades e grandes projetos de exploração hidrelétrica e mineral (MACHADO, 2002).

Em 1970, a taxa de conversão da floresta em pasto foi de aproximadamente 8.000 a 10.000 km²/ano, e em 1980 alcançou a média de 35.000 km²/ano (MORAN et al., 1994). Entre 1988 e 2001, a taxa média anual de desmatamento na Amazônia Legal variou entre 11.130 a 29.059 km²/ano e a área total desmatada alcançou 607.957 km² (INPE, 2002). Em 2003 este valor subiu para 648.500 km², incluindo neste cálculo aproximadamente 100.000 km² do desmatamento antigo (antes de 1970) nos Estados do Pará e Maranhão (FEARNSIDE, 2005). As taxas atuais de desmatamento e sua extensão cumulativa localizam-se em grandes extensões de terra contínuas concentradas numa porção limitada e específica da região conhecida como Arco do Desmatamento, que inclui os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia (Figura 2.1).

Ainda hoje, a expansão agropecuária sobre as florestas na Amazônia segue o modelo antigo, porém, devido à aquisição de tecnologias no processo de derrubada (serra elétrica, caminhões), o desmatamento está ocorrendo com velocidade superior ao que anteriormente ocorria no Sudeste e Sul do Brasil (CARVALHO, 2006). Na Amazônia brasileira, a retirada da cobertura florestal ocorre com grandes desperdícios dos recursos madeireiros e não-madeireiros, principalmente pelo processo de conversão de extensas áreas florestais em pastagens nas grandes propriedades rurais (BURSZTYN, 2004). Atualmente, verifica-se que os agentes locais vêm se profissionalizando rapidamente por força dos próprios mercados cada vez mais competitivos, e que, portanto, há uma inexorável tendência de intensificação dos sistemas e aumento generalizado de eficiência produtiva (MARGULIS, 2004).

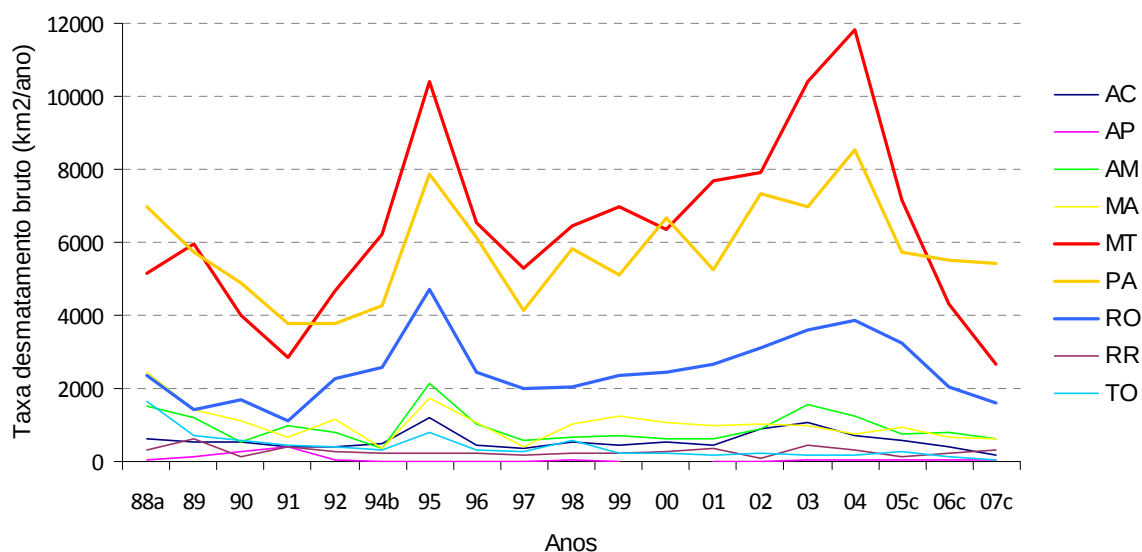


Figura 2.1 - Taxa média de desmatamento bruto (km²/ano). As letras que acompanham os anos significam: a) média da década; b) média entre 1993 e 1994; c) taxas anuais consolidadas.
Fonte: Adaptado de INPE (2008).

O processo de ocupação se desdobra como um sintoma ambiental de ausência da execução do poder público, na inadequação das leis sobre a alocação de terras e num sistema financiador caracterizado pelo destino inadequado dos recursos (CAMPARI, 2002). A ausência de fiscalização e a incapacidade dos sistemas estaduais de meio ambiente e reforma agrária em intermediar e arbitrar os conflitos de terra entre os diferentes atores, também acarreta no desordenamento do espaço agrícola e consequente manutenção das altas taxas de desmatamento (BURSZTYN, 2004).

Os principais atores do desmatamento podem ser agrupados em pequenos, médios e grandes proprietários de terra. O grande e o médio proprietário, em geral, são pecuaristas, sendo que em algumas regiões da Amazônia, como o Estado do Mato Grosso, a grande propriedade também é utilizada para a produção de grãos (BECKER, 1997; WALKER et al., 2000). Os pequenos produtores podem ser proprietários, posseiros ou colonos, e desenvolvem diversificadas estratégias de uso da terra, podendo, com frequência, ser encontrado um misto de culturas anuais com perenes e pastos (BECKER, 1997; PEDLOWSKI et al., 1999; McCracken et al., 1999).

O desmatamento no Estado de Rondônia vem aumentando desde a década de 60 com a abertura da BR-364 e a extração de cassiterita, na década de 70 com a criação dos primeiros assentamentos rurais pelo INCRA, e até a década de 90 com ação combinada entre a chegada massiva de migrantes, a construção de estradas e a política de incentivos fiscais promovidas pelos órgãos governamentais (PEDLOWSKI et al., 1999; MATIAS, 2001). A partir dos anos 90, os movimentos migratórios intra-regionais característicos da fronteira de pequenos produtores rurais aparecem também como fator determinante do desmatamento no Estado (CAMPARI, 2002).

2.2.3 Causas do desmatamento na Amazônia

A compreensão do processo de desmatamento na Amazônia depende do conhecimento da dinâmica do uso e cobertura da terra entre os diferentes atores presentes na região (MORAN et al., 1994; McCracken et al., 1999). Este entendimento está relacionado a variáveis como a criação de assentamentos rurais que definem a data regular de fixação da família assentada, a estrutura fundiária que determina o tamanho do lote, o tipo de uso da terra predominante, o processo de concentração de terras, a intensificação do uso do solo, entre outros (WALKER et al., 2000; FUTEMMA; BRONDÍZIO, 2003; PERZ; SKOLE, 2003).

Além dos fatores relacionados aos atores sociais, outras variáveis de ordem estrutural (distância dos centros urbanos e das rodovias, acessibilidade aos mercados locais e nacionais), econômicas (disponibilidades de créditos rurais, preço dos produtos agropecuários) e de ordem biofísica (características climáticas, edáficas, topográficas e hidrográficas) estão diretamente relacionadas à dinâmica e heterogeneidade espacial do desmatamento na Amazônia (CHOMITZ; THOMAS, 2001; MARGULIS, 2004; AGUIAR et al., 2007).

Na Amazônia foram criados 1.354 assentamentos rurais entre 1970 e 2002, concentrados ao longo das principais eixos viários e do Arco do Desmatamento cuja área soma 230.858 km². De acordo com estudo realizado pelo Imazon (BRANDÃO et al., 2006), cerca de 106.000 km² foram desmatados nestas

áreas até 2004, representando 15% do desmatamento da Amazônia. Alves et al. (1998) e Alves (2002b) constataram que a expansão do desmatamento ocorreu a partir dos eixos de desenvolvimento definidos nos anos 70, concentrando-se fortemente em regiões próximas as áreas de ocupação pioneira no entorno das principais rodovias. Entre 1991 e 1997, aproximadamente 90% do desmatamento na Amazônia brasileira estava concentrado dentro da faixa de 100 km no entorno das principais rodovias (ALVES, 2002a).

A acessibilidade é talvez a principal variável que induz ao desmatamento. As áreas adjacentes às rodovias geralmente são as primeiras a serem desmatadas e, ao longo do tempo, o desmatamento avança para lugares mais distantes desta (SOLER, et al., 2009). Andersen e Reis (1997) verificaram que 96.000 km² da área desmatada pode ser atribuída às estradas e ao crédito subsidiado, mas que a abertura de estradas induziu a 72% do desmatamento, enquanto o crédito a 28%. Além disto, o impacto da abertura de estradas é muito pior que o do crédito, pois causam grande desmatamento e pequeno aumento de produção.

Os incentivos fiscais sempre foram considerados o maior inconveniente das políticas públicas na Amazônia. No entanto, como supracitado, explicam uma parcela relativamente pequena dos desmatamentos totais na região, e por um período limitado de tempo. Entre 1980 e 1985, por exemplo, os créditos subsidiados atingiram 13 e 6% das propriedades respectivamente, mas 78 e 63% do gado; os incentivos da SUDAM, por outro lado, cobriram 0,2 e 0,4% das propriedades neste período, e 17 e 25% do gado (SCHNEIDER, 1991).

A expansão das pastagens sempre representou um importante papel na dinâmica de desmatamento na Amazônia. As áreas desmatadas e fragmentadas da floresta Amazônica que compõem, em maior parte, terras agricultáveis, estão sendo utilizadas para a formação de pastagens (SKOLE; TUCKER, 1993; CHOMITZ; THOMAZ, 2001). De acordo Nepstad et al., (2006), o rebanho bovino cresceu 11% ao ano desde 1997, atingindo o número de 33 milhões em 2004. Os autores sugerem que essa mudança foi atribuída a

alguns fenômenos como o progresso na erradicação da febre aftosa, a desvalorização do Real, o surgimento da doença da vaca louca na Europa e melhorias no sistema de produção de carne. Entretanto, deve-se considerar que o crescimento do rebanho bovino se deu, em parte, à custa de desmatamentos, mas essencialmente foi efetivado através do processo de intensificação do uso da terra (MARGULIS, 2004).

Alves et al. (2003) sugeriram um cenário de intensificação do uso da terra associado na expansão das pastagens em Rondônia. Esses autores e Escada (2003) mostraram que em áreas onde o desmatamento é concentrado, a vegetação secundária tendeu a ser eliminada, dando indicações de processos de intensificação de uso da terra na região centro-norte de Rondônia. A autora também verificou alteração fundiária em vários assentamentos de pequenos produtores rurais, associada principalmente a processos de transferência e concentração de terras. A análise dos dados do IBGE (1997) também sugere que o processo de concentração de terras esteja ocorrendo para a Amazônia Legal, isto devido ao decréscimo de 22,5% no número total de estabelecimentos rurais no período entre 1985-1995 com a manutenção no valor da área total.

Outra questão fundamental é o papel dos grandes e dos pequenos agentes no processo de expansão da fronteira de desmatamento. Em geral, os grandes e médios fazendeiros respondem pela grande maioria do desmatamento, mas os pequenos agricultores podem atuar como forças importantes nos lugares onde estão concentrados (ALVES, 2002; FEARNSSIDE, 2006). Alves (2002) constatou que durante o período de 1991 a 1997 a contribuição de clareiras maiores que 1.000 ha na fração total da área desmatada aumentou na Amazônia brasileira. Ferraz et al. (2005) averiguaram que na região central de Rondônia, a alta taxa de conversão da floresta primária em pasto no período de 1984-2002 estava associada a clareiras menores que 50 ha. Escada (2003) também constatou que os pequenos proprietários desmataram mais que os grandes na região centro-norte de Rondônia, uma vez que a proporção de área ocupada por eles também era maior. Na Amazônia Legal, a taxa média de desmatamento bruto para o período de 1996 a 2000 variou entre 34 a 40,5%

para a classe de tamanho de clareira menor que 50 ha, e entre 10,93 a 14,34% para a classe maior que 1.000 ha (INPE, 2002).

Em resumo, na Amazônia o desmatamento está concentrado no entorno dos principais eixos viários e tende a aumentar nas áreas onde já havia altas frações de área desmatada. Os incentivos e créditos subsidiados do governo só puderam explicar uma parcela pequena dos desmatamentos no passado. O incremento concentrado da área desmatada tende a consequente intensificação do uso da terra. Apesar da maior fração de área desmatada na Amazônia corresponder às grandes propriedades, os pequenos produtores desmatam a taxas mais elevadas.

2.3 Métodos em sensoriamento remoto para avaliar a cobertura da terra em áreas protegidas por Lei

2.3.1 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

Métodos de Sensoriamento Remoto (SR) e de Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem sido utilizados para mapear Áreas de Preservação Permanente, detectar e avaliar o percentual das áreas que se encontram em desacordo ao Código Florestal (MAIA; VALERIANO, 2001; SANTOS; VALERIANO, 2003; TREVISAN; ALVES, 2008). O mapeamento das APPs pode ser realizado através da classificação visual ou automática diretamente sobre a entidade mata ripícola, ou ainda pode ser derivado da adjacência imediata à rede hidrográfica através da construção de uma zona de tamponamento por intermédio de um mapa de distâncias (*buffer*).

A integração de dados cartográficos tem sido utilizada para a análise normativa do uso da terra. Siqueira e Valeriano (2000) mapearam as APPs através da geração da grade de distância sobre cartas hidrográficas digitalizadas e da grade de declividade sobre cartas de altimetria, em uma região montanhosa na Serra da Mantiqueira, SP. Os autores verificaram que a degradação da vegetação ripícola estava relacionada ao acesso para obtenção de água. Maia e Valeriano (2001), a partir de igual metodologia, também obtiveram êxito na

delimitação das APPs no entorno das margens dos rios do município de Piquete, SP.

O uso de dados orbitais de média resolução espacial tem gerado resultados divergentes no mapeamento automático da vegetação ripícola. Ringrose (2003) e Johansen e Phinn (2006) verificaram que a transformação dos dados espectrais em índices aumenta a acurácia do mapeamento da vegetação ripícola em TM/Landsat. Harvey e Hill (2001) averiguaram que a delimitação da vegetação ripícola em fotos aéreas (1:15.000) superou em 300% a classificação não-supervisionada em imagens TM/Landsat. Os autores sugeriram que, além do incremento na resolução espacial, o uso da informação contextual e textural no processo de fotointerpretação aumentaram a acurácia na identificação das feições. Congalton et al. (2002) averiguaram que o mapeamento da vegetação ripícola em fotos aéreas (1:24.000) foi superior que o realizado em imagens TM Landsat, com concordância de apenas 25 a 30%. Os autores também comentam que o mapeamento da mata ripícola torna-se superior quando o delineamento é realizado diretamente sobre a rede de drenagem para posterior geração do *buffer*.

O mapeamento e caracterização da mata ripícola sobre fotos aéreas têm sido bastante documentado no meio científico. Bonner (1981), através de fotografias aéreas visível-infravermelho (CIR), editou e classificou visualmente a zona ripícola em floresta e não-floresta na escala de 1:30.000 com acurácia total de $90,6\% \pm 2,7\%$. O autor constatou que a maior variável que reduziu a acurácia na classificação foi a alteração no nível da água e na fenologia da vegetação entre os anos de aquisição das fotos. Everitt et al. (2002) por intermédio de classificação não-supervisionada realizada sobre fotos aéreas CIR verificaram a acurácia de 88% no mapeamento da vegetação ripícola. Ferreira et al. (2005) analisaram a influência dos padrões de ocupação da paisagem sobre a integridade das matas ripícolas através da análise estereoscópica de fotos branco e preto em um período de 27 anos. Os autores verificaram que a variação na estrutura e fragmentação da cobertura ripícola constatada no período atual era uma função da dinâmica de ocupação antiga da área analisada.

O uso de fotografias aéreas também tem sido empregado na delimitação da zona ripícola conforme o Código Florestal brasileiro. Pissara et al. (2003) através da análise estereoscópica de fotografias aéreas (1:35.000) e de um mapa de cobertura vegetal previamente classificado (1:50.000) delimitaram a rede de drenagem e as Áreas de Preservação Permanente que deveriam ser recuperadas em uma microbacia em Jaboticabal, SP. Costa et al. (1996) mapearam visualmente a rede de drenagem e as classes de uso e cobertura da terra em ortofotocartas planimétricas (1:10.000) e através da sobreposição de uma grade regular 3 x 3 mm (30 x 30 m no campo) delimitaram as APPs no entorno do rios e nascentes. Os autores verificaram que a resolução adotada superestimou as APPs nas nascentes que, ao invés do limite de 50 m de raio perfazendo 7.854 m², a área formada correspondeu a 8.100 m² (nove células).

Muller (1997) afirma que as informações extraídas de fotografias aéreas são mais precisas no mapeamento e quantificação da vegetação ripícola, do que sensores remotos orbitais devido à alta resolução espacial das fotos. O tipo de câmara, o filtro e o negativo empregado também irão influenciar na facilidade de extração de informações sobre a feição analisada (COLWELL, 1960). Atualmente diferentes sensores orbitais de alta resolução espacial estão sendo utilizados para este propósito.

Sturm et al. (2003) delimitaram através de interpretação visual e classificação automática as classes de APPs conforme o Código Florestal em imagens IKONOS (4 m). Os autores constataram que a classificação automática superestimou a classe floresta ripícola degradada. Melo et al. (2005) verificaram que a edição visual da rede de drenagem em imagens Quickbird (2,8 m) apresentou pequeno deslocamento da curva de nível do rio gerado por Modelo Digital do Terreno (MDT) sobre cartas topográficas (1:1.000), altimétricas (1:2.000) e ortométricas. O erro foi atribuído à diferença temporal entre as cartas (1997) e a imagem (2002), sendo este desprezível na delimitação das Áreas de Preservação Permanente.

Mello et al. (2003), por meio de imagens de vídeo, identificaram processos de degradação ambiental e as áreas preservadas nas APPs do Rio São Francisco.

Hess et al. (2002) conseguiram verificar a extensão de inundação sob a floresta ripícola através de interpretação visual de videografia. O uso da videografia aerotransportada possui inúmeras vantagens sobre as fotos aéreas, como será exposto a seguir.

2.3.2 Videografia Aerotransportada

Desde o início dos anos 80, o uso da videografia aérea tem sido cada vez mais empregado devido a inúmeras vantagens que essa técnica possui em comparação às fotografias aéreas como: 1) aquisição imediata da imagem; 2) correção do sistema e da linha de vôo em tempo real através de ajuste interativo no display do monitor; 3) processamento digital menos dispendioso devido a seu formato de armazenamento; 4) custo de aquisição e processamento muito menor; e 5) aquisição de informações redundantes (30 frames/segundo) que provê visões múltiplas de um objeto ou cena (MEISNER, 1986; MAUSEL et al., 1992).

A partir da década de 90, diversos avanços tecnológicos ocorreram no processo de aquisição, armazenamento e análise dos dados de vídeo. A maior acessibilidade da filmadora digital no mercado e o desenvolvimento de um sistema de aquisição serial de alta performance possibilitaram a difusão do vídeo digital de alta resolução e o uso de equipamentos de vídeo não profissionais para transferência de dados para o ambiente computacional com perfeita retenção na qualidade da imagem (HESS et al., 2002). O sistema de vídeo digital é considerado superior ao analógico, principalmente devido ao incremento na resolução espacial, a maior acurácia na representação das cores e ao ajuste contínuo e automático da abertura e do ganho das câmaras, o que permite rápida adaptação a condições variáveis de iluminação (JENNINGS, 1999).

O maior problema encontrado no uso da videografia se refere à dificuldade no georreferenciamento que, conseqüentemente, limita sua aplicabilidade devido à dificuldade de integração destas informações com outras fontes de dados (MAUSEL et al., 1992). Esta questão tem sido frequentemente revisada e o desenvolvimento de diversas ferramentas computacionais para automatizar o

processo de extração dos quadros, formação dos mosaicos e georreferenciamento tem sido produzidas (ZHU et al., 1999; BENTOUTOU et al., 2005; DU et al., 2008).

O uso da videografia aerotransportada oferece características únicas que podem ser úteis no monitoramento ambiental como os dados de entrada que podem auxiliar no processamento de imagens orbitais. Dentre a gama de aplicações, pode-se mencionar a localização de pontos de controle em imagens de satélite e a seleção de amostras de treinamento para classificação e validação de mapeamento (MARSH et al., 1994; HESS et al., 2002; WULDER et al., 2007), a caracterização de entidades/feições da paisagem (COOPS; CATLING, 1997; LONARD et al., 1999; LONARD et al., 2000; AFFONSO, 2004), o mapeamento do uso e cobertura da terra e de alvos urbanos (ALMEIDA et al., 2003; PANCHER; FREITAS, 2007), a estimativa de áreas queimadas (SHIMABUKURO et al., 1998), o monitoramento de culturas agrícolas (THOMSON et al., 2005; JENSEN et al., 2007) e o monitoramento de desastres naturais (MEISNER, 1986).

Ademais, esta técnica provê uma gama de vantagens, como o baixo custo na obtenção das imagens, geralmente integradas a informações de posição geográfica; a rapidez com que podem ser processadas e analisadas por serem disponíveis em tempo quase real; a agilidade de coleta, processamento e utilização dos dados; e a obtenção de grande quantidade de dados (MAUSEL et al., 1992; ESCOBAR et al., 1998; PANCHER; FREITAS, 2007). Além disso, os dados de vídeo possuem qualidade similar às fotografias aéreas, com a vantagem de prover de forma rápida e fácil, a captura contínua, ou cobertura de pequenas regiões a baixas altitudes de vôo, o que gera imagens de altíssima resolução espacial (MARSH et al., 1994; WULDER et al., 2007).

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização geográfica

A área de estudo está localizada na região centro-norte do Estado de Rondônia, situada em torno de 63° 33' e 61° 48' de longitude Oeste, e 9° 44' e 11° 02' de latitude Sul (Figura 3.1). A rota da videografia aerotransportada sobrevoou os municípios de Ouro Preto do Oeste, Ji-Paraná, Jarú, Governador Jorge Teixeira, Cacaulândia e Ariquemes, e atravessou a rodovia BR-364 duas vezes.

A área onde foi realizada a delimitação das Áreas de Preservação Permanente correspondeu somente às áreas do sobrevôo da videografia. Conforme será apresentado no Capítulo 4, não foi possível utilizar todos os dados disponíveis que perfizeram a rota. Alguns segmentos da videografia foram previamente examinados, tendo como referência a feição analisada e os dados de vôo, e constatados como passíveis ou não de uso.

Predominam nesta região os projetos de colonização do INCRA e áreas de pequenas propriedades rurais, com lotes variando entre 20 ha e 100 ha. Permeando as áreas de pequenas propriedades, encontram-se áreas de médias propriedades, onde predominam parcelas de 250 ha a 1.000 ha e grandes fazendas, com área maior que 1.000 ha.

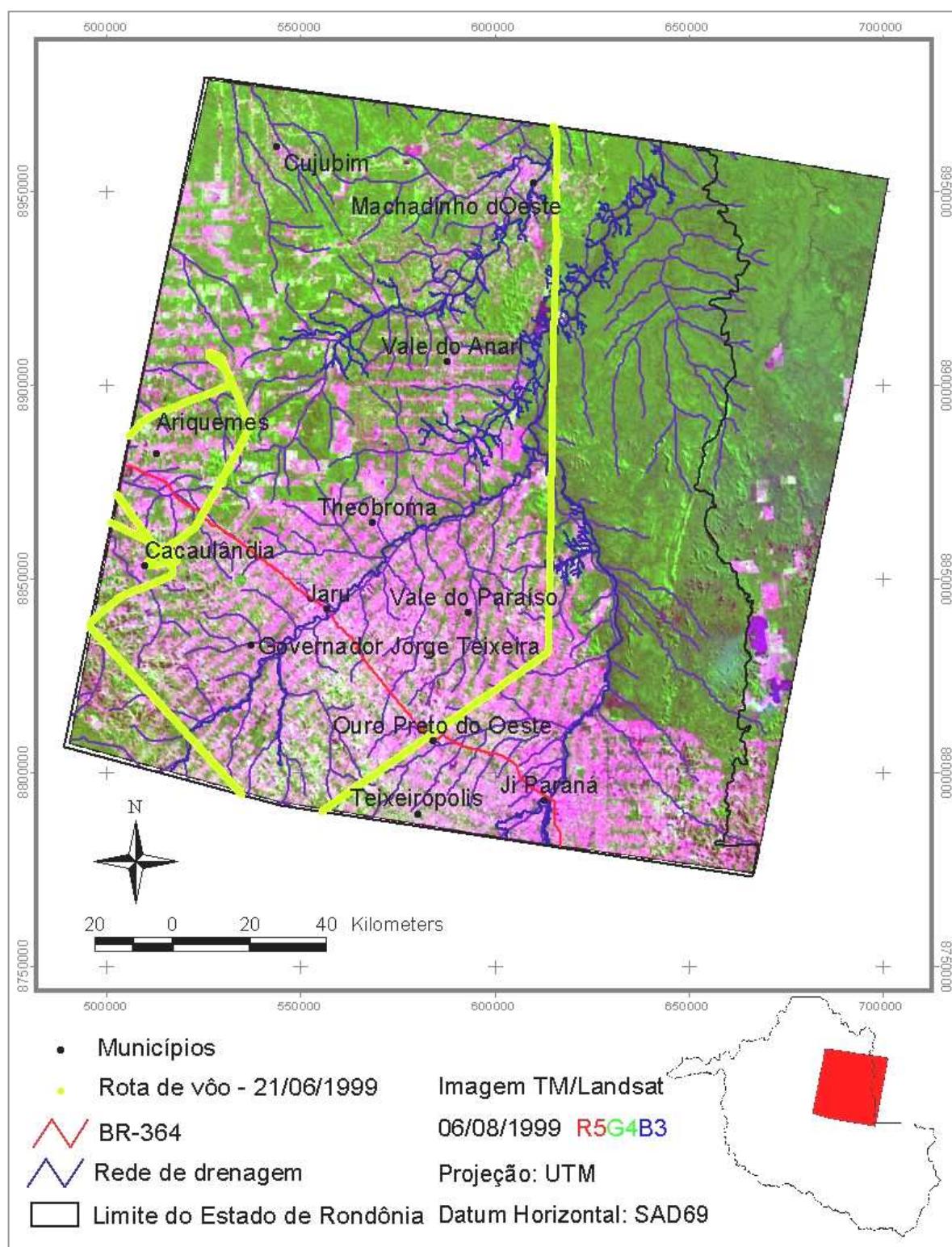


Figura 3.1 - Localização da área de estudo.

3.2 Descrição física

A maior parte das informações aqui apresentadas que descrevem a região de abrangência do estudo provém do Projeto RADAMBRASIL (1978) folhas SD20 Porto Velho.

A região centro-norte do Estado de Rondônia apresenta o domínio morfoclimático de planaltos e depressão dissecados e superfícies pediplanadas. Este morfoclima abrange 82% da área do estado, compreendido entre as latitudes de 8° a 12° Sul. O pediplano ocupa a maior parte da área e possui altitude entre 100 a 450 m. Nesta porção do estado predomina o latossolo amarelo e vermelho amarelo, ocorrendo ainda o solo podzólico vermelho amarelo.

O clima, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Amwi, tropical úmido, com uma estação quente e úmida, e um período de seca bem definida. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C e sem grande variação estacional, com amplitude térmica anual inferior a 5° C. A temperatura média anual é de 24°C e precipitação total anual varia em torno de 2.250 mm. A estação seca compreende os meses de junho a agosto, entretanto é mais seguro inferir que esta se estende de abril a outubro, meses que termina e inicia a estação chuvosa, respectivamente.

A fisionomia vegetal dominante é a formação Floresta Tropical Aberta. Este biótipo é caracterizado por apresentar indivíduos arbóreos bastantes espaçados, com freqüentes grupamentos de palmeiras (Babaçu, Patauá e Inajá), bambus ou cipós. A subclasse de formação Floresta Tropical Densa também ocorre na área do estudo. Esta vegetação apresenta deciduidade foliar incomum à floresta amazônica, mas devido à ocorrência de variação temporal interespecífica na perda de folhas, o período caducifólio ser curto e o máximo de perda foliar atingir 20% da comunidade, não se pode classificá-la como floresta semidecídua. A ocorrência de planaltos residuais na região, como no caso do interflúvio entre os rios Jiparaná e Roosevelt, induz o estabelecimento da vegetação de savana.

A hidrografia do Estado é formada basicamente por setes bacias, a do Madeira, do Jamari, do Machado, do Roosevelt, do Guaporé, do Mamoré e do Abunã (SEDAM). A área de estudo compreende parte das bacias dos rios Machado ou Ji-Paraná e do rio Jamari.

Segundo Mendes (2008), o rio Machado, a exemplo dos demais rios de Rondônia, tem parte do seu curso caracterizado como de planalto, passando a correr na planície abaixo da cachoeira Dois de Novembro. Conquanto tenha sido usado como via de penetração para o interior nos tempos dos desbravamentos, somente abaixo da última grande cachoeira o seu curso torna-se francamente navegável até o rio Madeira. O rio Jamari, cujo curso é mais ou menos paralelo ao curso do Ji-Paraná, era também navegável por embarcações de grande porte até a Cachoeira de Samuel, onde atualmente está construída a Usina Hidrelétrica de Samuel, muito embora fosse navegado por pequenas embarcações na época das explorações dos seringais.

3.3 História da Colonização de Rondônia

Os primeiros núcleos coloniais no atual estado de Rondônia foram implantados no século XVIII em decorrência da construção do Forte Príncipe da Beira às margens do rio Guaporé. Novos impulsos à colonização foram estimulados a partir do início do século XX com a construção da rodovia Madeira-Mamoré, a criação do Estado do Acre e o estabelecimento de ligações telegráficas. Em 1943 foi constituído o Território Federal de Guaporé (capital Porto Velho) com a intenção de apoiar mais diretamente a ocupação e desenvolvimento da região, que em 1956 passou a se chamar Território de Rondônia (TEIXEIRA; FONSECA, 2000).

A economia predominante até a década de 60 fundamentava-se na extração de borracha e castanha-do-pará (PEDLOWSKI et al., 1999). Neste período o estado de Rondônia possuía a segunda menor densidade populacional do Brasil, com um total de 69.792 habitantes distribuídos numa área aproximada de 240.000 km² (TEIXEIRA; FONSECA, 2000). Entre as décadas de 70 e 80 ocorreu um dramático incremento populacional na região devido à construção

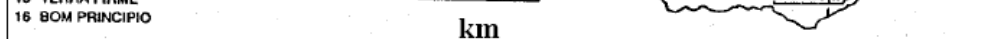
da rodovia Cuiabá-Porto Velho (BR-364), à política de incentivos fiscais e ao início de uma variedade de programas de colonização patrocinados pelo governo federal (GOZA, 1994).

Vale salientar que, antes de serem criados os principais projetos de colonização dirigidos pelo INCRA no início da década de 70, ocorreram ações de colonização particular, especialmente, em 1967-68 com a iniciativa da Colonização Calama, no distrito de Vila Rondônia, hoje Ji-Paraná, e colonizadora Itaporanga, em Pimenta Bueno (MATIAS, 2001). Segundo o autor, no mesmo período o governo federal realizou o primeiro recadastramento de terras e, devido a preocupação com os vazios demográficos da Amazônia, divulgou amplamente a existência de terras férteis na região norte, notadamente, no então Território Federal de Rondônia.

O primeiro grande projeto que abrangeu a região de Rondônia foi dado pelo Programa de Integração Nacional (PIN), definido pelo Governo Médici através do Decreto-Lei nº 1.106 de junho de 1970 (BRASIL, 1970). A colonização oficial seguia os princípios da geopolítica estabelecida pelos pensadores militares da Escola Superior de Guerra (ESG), referindo-se à estratégia da Nova Marcha para o Oeste como um processo integrador que se auto-alimentará, partindo do núcleo progressista do Planalto Central (MATIAS, 2001). O plano contemplava a formação de estradas pioneiras, a instalação de rede de telecomunicações, a distribuição de energia elétrica e o levantamento dos recursos naturais (MACHADO, 2002).

Em 1970/71 o governo federal se apropriou de terras públicas pertencentes ao estado, que perfaziam uma faixa de 100 km em torno das vias de acesso construídas ou em construção, para alocação de famílias dentro do Programa Integrado de Colonização (PIC) por intermédio da distribuição de terras pelo INCRA através do Programa de Redistribuição de Terras, PROTERRA. Estas colônias consistiram em uma grade regular planejada ao longo de vias de acesso, espaçadas a intervalos de 4 km, que conduzem ao clássico padrão de conversão de terra em Rondônia denominado como espinha-de-peixe (ROBERTS et al., 2002).

3.2).



Fonte: Modificado de Frohn et al. (1996).

ocupação rápida do território, como segue:

- do país;

- b) os PICs que tiveram extraordinário efeito-demonstração: um pequeno número de colonos foi assentado com toda a assistência do Estado, atraindo grande massa de população que espontaneamente se assentou com suas próprias mãos de acordo com o modelo oficial, tendo depois sua situação regularizada.

Problemas sócio-ambientais foram levantados em função da ruptura dos ecossistemas pelos grandes empreendimentos, ao estímulo ao desmatamento e a pouca acessibilidade dos habitantes regionais aos benefícios desses investimentos, gerando conflitos sociais e luta pelo domínio de terras (MACHADO, 2002).

Em 1980 a população de Rondônia havia quadruplicado atingindo o total de 491.069 habitantes (GOZA, 1994) e em 1981 foi criado o programa POLONOROESTE que objetivava a melhoria da rede de transporte, a consolidação dos assentamentos rurais e a proteção dos territórios indígenas. Este programa foi melhor beneficiado com o apoio financeiro do Banco Mundial e obteve resultados heterogêneos devido à diferenciação no grau de controle exercido sobre os fluxos migratórios (MACHADO, 2002). A rodovia BR-364 foi pavimentada e novos assentamentos foram criados, sendo os lotes cada vez menores, passando de 100 para 50 ha e algumas vezes para 20 ha.

No período de 1970 a 2000, o INCRA implantou 104 projetos de assentamento de colonos que poderiam ser caracterizados em três etapas distintas:

- a) Primeira fase no início da década de 70, quando o INCRA criou os PICs, com o assentamento de colonos em lotes de 100 ha, cabendo ao Governo Federal prestar assistência técnica aos colonos beneficiados;
- b) Segunda fase na metade da década de 70, o INCRA priorizou a criação dos Projetos de Assentamento Dirigidos (PADs) com seleção de colonos que deveriam conhecer e ter experiência agrícola e dispor de recursos financeiros. Os lotes apresentavam área média de 200 ha;

- c) Terceira fase, a partir do início da década de 80 até hoje, devido a grande pressão pela demanda da terra, o INCRA optou por criar pequenos projetos de assentamento cuja área média era de 30 a 40 ha. Tais projetos recebiam denominações diversas: Projeto de Assentamento (PA), Projeto de Colonização (PC), Projeto de Assentamento Rápido (PAR), Projeto de Ação Conjunta (PAC), Projeto Especial de Colonização (PEC) e Projeto Especial de Assentamento (PEA).

Durante este período o desmatamento em todo o Estado aumentou de 2,6% em 1978 para 9,8% em 1988 (SKOLE; TUCKER, 1993). A concentração do desmatamento em 1995 foi coincidente com as áreas de altas frações desmatadas em 1985, principalmente próximas às rodovias (ALVES et al., 2003). Os autores sugerem o aparecimento de um cenário de intensificação do uso da terra, devido à formação de pastagens pela concentração de clareiras de desmatamento e o incremento na produção de gado por unidade de área entre o período de 1985 a 1995.

Em Rondônia, a cultura anual após 1 a 2 anos é tipicamente substituída pelo estabelecimento do pasto devido à queda na produção agrícola (ROBERTS et al., 2002). A tendência à pecuarização pode ser explicada pela valorização da terra com a implantação da pastagem, a segurança que o gado representa em termos de investimento familiar e a estabilidade do preço da carne no mercado (MARGULIS, 2004). Em uma visão sinóptica, o autor constatou que para a Amazônia Legal a pecuária é a atividade mais importante em termos de extensão de desmatamento e que, a princípio, a agricultura tem um efeito muito pequeno.

Como consequência da ocupação desordenada e acelerada em Rondônia, este Estado juntamente com os estados do Mato Grosso, Pará e Maranhão, são os que têm apresentado as maiores taxas de desmatamento desde que se iniciou o monitoramento da floresta amazônica brasileira, no final da década de 70 até os dias atuais (INPE, 2008). Análises do desmatamento mostram que a

extensão desmatada bruta em Rondônia aumentou de 4.200 km² para 58.143 km² entre 1978 e 2000 (INPE, 2002).

Entre 1977 a 1994 a taxa média do desmatamento que estava em torno de 1.902 km²ano⁻¹ passou para 2.771 km² ano⁻¹ entre 1995 a 2005 (Figura 3.3). O pico apresentado entre 94/95 e o incremento constante na taxa não pode ser relacionado ao subsídio governamental como o fora nas décadas de 70 e 80 (MARGULIS, 2004). Provavelmente o processo de migração intra-regional, característico por movimentos de fronteira de pequenos produtores rurais, é responsável pelo constante aumento no desmatamento (CAMPARI, 2002). Escada (2003) constatou que os pequenos produtores rurais é a categoria de propriedade rural que mais contribui para o desmatamento na região central de Rondônia e que entre 1994 e 1997 o desmatamento expandiu para áreas mais distantes em relação a áreas de estabelecimentos pioneiros.

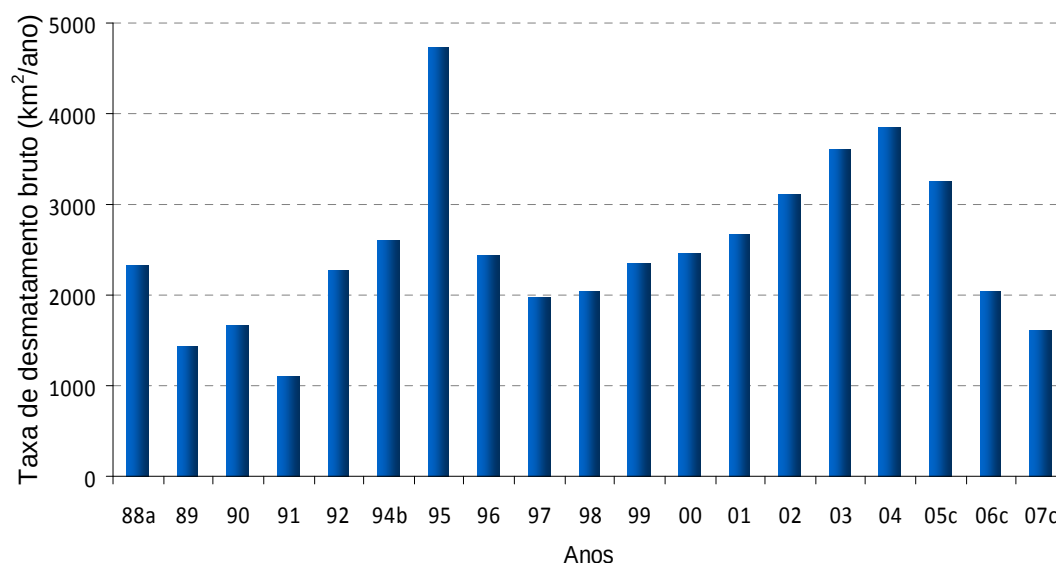


Figura 3.3 - Taxa de desmatamento bruto para o Estado de Rondônia. a) média da década; b) média entre 1993 e 94; c) taxas anuais consolidadas. Fonte: INPE (2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Os materiais utilizados consistiram em mosaicos de videografia aerotransportada de 1999; imagens do sistema sensor TM do satélite Landsat-5 referentes aos anos de 1985 a 2008; mapa temático das Unidades de Ocupação (UOPs) da área de estudo produzido por Escada (2003); mapa das estradas e dados cartográficos dos assentamentos rurais criados pelo INCRA do período de 1970 a 1996 cedidos pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM, 2007). Esses dados são apresentados nas seções que seguem.

4.1.1 Videografia aerotransportada

Foram utilizados dados de videografia adquiridos no dia 21 de junho de 1999 num sobrevôo realizado pelo avião Bandeirante do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As linhas de vôo foram planejadas com o objetivo de validar o mapeamento das áreas alagáveis nas áreas de estudo do projeto “Análise multiescala da inundação por meio de sensoriamento remoto óptico e microondas na bacia Amazônica: aplicações às medidas e à modelagem biogeoquímica” (Projeto LC-07) do subprograma LBA-ECO (<http://www.lbaeco.org/lbaeco/>, primeira fase do LBA). A cobertura incluiu as planícies de inundação e áreas antropizadas (dados de validação de outras investigações no âmbito do LBA-ECO). O projeto resultou da cooperação entre a Universidade da Califórnia em Santa Bárbara (UCSB), o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e o INPE, em parceria com a Universidade de Massachusetts (UMass) e o Laboratório de Propulsão a Jato (JPL) do Instituto de Tecnologia da Califórnia.

O sistema de aquisição de vídeo (Figura 4.1) foi desenvolvido pelo departamento de Conservação de Recursos Naturais e de Ciência da Computação da Universidade de Massachusetts (Umass, Amherst). A aquisição dos dados foi realizada com duas filmadoras digitais (Canon XL-1) orientadas verticalmente, uma no modo de visada larga (*footprint* ~550 m) com

dimensão aproximada do pixel de 0,75 m e a outra no modo zoom (*footprint* ~55 m) com cerca de 0,075 m de resolução. A altitude absoluta média durante o sobrevôo foi de 350 m acima do solo. O projeto optou pelo sistema de vídeo digital devido às vantagens deste sistema em comparação ao analógico, como o incremento na resolução espacial, maior acurácia na representação das cores, menor perda na duplicação do vídeo e na captura em disco, e menor volume de dados (JENNINGS, 1999).

Acoplado ao sistema de vídeo, um conjunto de instrumentos provia dados de vôo que posteriormente foram utilizadas no registro dos quadros (ZHU et al, 1999):

- a) receptor do sistema de posicionamento global (GPS) – captura as coordenadas geográficas (UTM) e, complementarmente, a altitude do avião em relação ao nível do mar;
- b) sistema gerador de código de tempo (Horita) – codifica a localização e o momento de aquisição de cada quadro, e gera o código de tempo;
- c) sistema de referência de atitude (INS - *Inertial Navigation System*) – mede as variações na atitude da aeronave (arfagem, guinada e rolagem);
- d) laser altímetro (comprimento de onda: 904 nm) – mede a distância da aeronave ao solo ou dossel da vegetação.

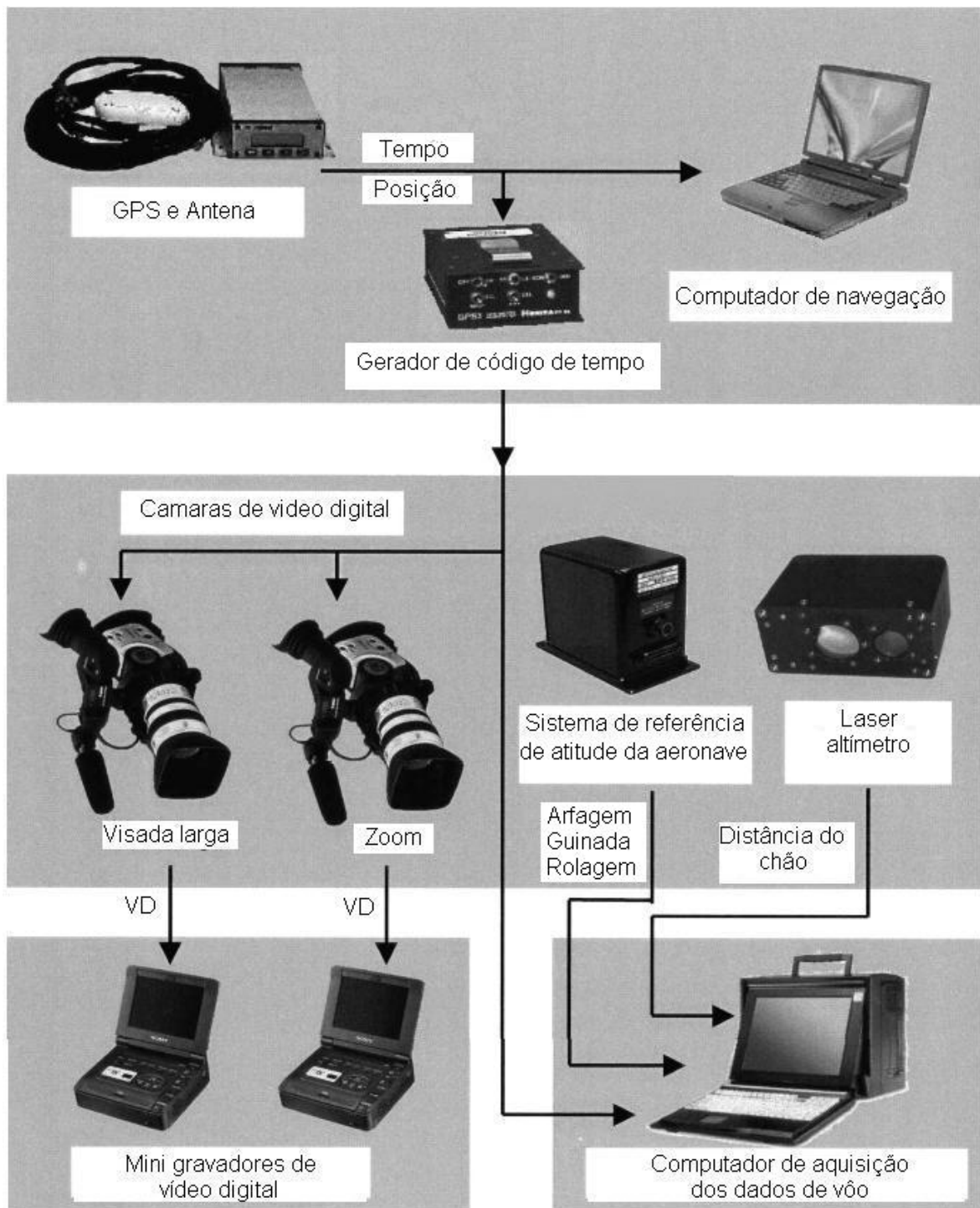


Figura 4.1 - Sistema de aquisição de vídeo digital.
Fonte: Adaptada de Hess et al. (2002).

Após a aquisição da filmagem, um sistema de captura do vídeo foi montado com os seguintes equipamentos conectados entre si (Figura 4.2):

- a) gravador VCR digital Sony (DHR-1000) para a leitura da fita digital;

- b) Horita para fornecer o código de tempo;
- c) monitor Radio Shack que permitiu a visualização do vídeo conjuntamente ao código de tempo;
- d) placa de vídeo digital (DBVK 2000/2000-E) instalada ao computador.

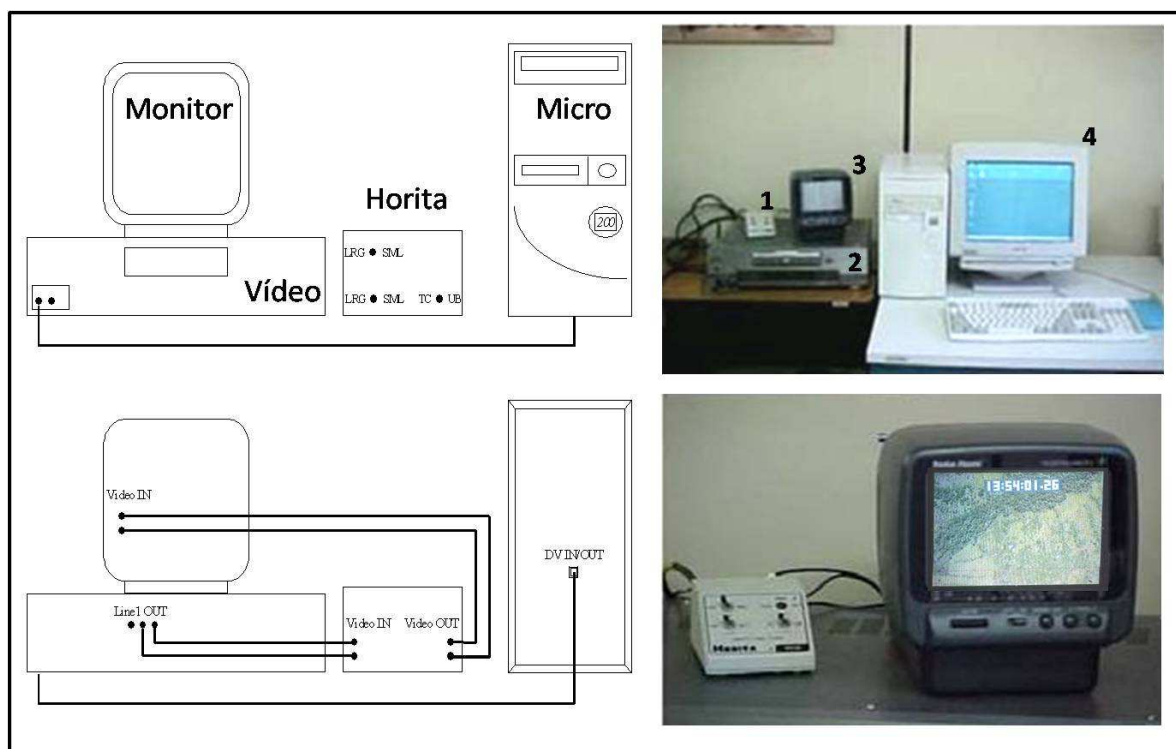


Figura 4.2 - Sistema utilizado na captura do vídeo. a) Esquema das conexões entre os componentes. b) Equipamentos utilizados (1: Horita, 2: gravador de vídeo, 3: monitor; 4: computador). Detalhe do monitor e Horita.

Cabe aqui anunciar que os dados da videografia de 1999 referentes ao Projeto LC-07, dos quais uma parte foi aqui utilizada, estão disponíveis para consulta e livre acesso através do site <http://www.obt.inpe.br/videografia/Database.htm>, e que dados de videografia de 2006 provenientes da Missão da Rede de Pesquisa em Modelagem Ambiental da Amazônia do Ministério de Ciência e Tecnologia (GEOMA/MCT) também se encontram disponíveis para visualização e transferência na Biblioteca Digital de Videografia Aérea da Amazônia na Web por meio do site <http://www.dpi.inpe.br/geoma/videografia> (GEOMA, 2006; CASTELLARI, 2007).

4.1.2 Imagens do satélite Landsat

Foram utilizadas seis passagens da órbita/ponto 231/67, Sistema de Referência Mundial (WRS - *World Reference System*), do sensor TM dos satélites Landsat no período de 1985 a 2008. As datas dessas imagens, selecionadas segundo o critério de menor cobertura de nuvens, são listadas na Tabela 4.1. As imagens dos anos 1985 e 1995 foram usadas como referência, pois já haviam sido georreferenciadas (projeção UTM, datum SAD69) no escopo dos projetos FAPESP 95/2432-5 e FINEP 081/95, contrato 6.6.96.0474.00 (ALVES et al 1997, ALVES et al 1999) e as demais são procedentes da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE.

Tabela 4.1- Datas de aquisição das imagens utilizadas (WRS/TM 231/67).

Ano	Dia / Mês
1985	22 / Junho
1990	05 / Agosto
1995	03 / Agosto
1999	06 / Agosto
2003	24 / Julho
2008	21 / Julho

4.1.3 Dados cartográficos

O material cartográfico empregado neste trabalho é apresentado na Tabela 4.2. Foi utilizado um mapa de Unidades de Ocupação (UOP's) elaborado por Escada (2003), um mapa da rodovia BR-364 proveniente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005), mapas dos lotes presentes em alguns municípios de Rondônia oriundos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 1984, s.d.), e um mapa dos projetos de assentamento criados pelo INCRA nas décadas de 70 a 90. Este último constava no banco de dados do Zoneamento Ecológico e Econômico do Estado de Rondônia (SEDAM, 2000) e foi cedido pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM).

Tabela 4.2- Material cartográfico utilizado no estudo.

Mapas	Escala	Fonte	Ano
Mapa de Unidades de Ocupação	1:100.000	Escada	2003
Mapa das rodovias do Estado de Rondônia	1:250.000	IBGE	2005
Mapa do loteamento nos Municípios de Jarú, Theobroma e Governador Jorge Teixeira	1:1.000.000	INCRA	1984
Mapa do loteamento nos Municípios de Ariquemes, Monte Negro, Rio Crespo e Cacaulândia	1:1.000.000	INCRA	sem data
Mapa do Zoneamento Ecológico Econômico de Rondônia – 2ª aproximação (digital)	1:1.000.000	SEDAM	2000

4.1.4 Programas computacionais utilizados

Na fase de preparação dos dados de vídeo e elaboração do mapa de cobertura da terra das APPs foram utilizados os programas de computador Vegas 4.0 (1999-2003), QuickTime VR (Chen, 1995), FrameMaker (Umass), Mosaiker 1.1 (ZHU et al., 1999), ENVI 4.4 (2007) e ArcView 3.2 (1992-1999). Para o processamento das imagens TM/Landsat foram utilizados os programas SPRING 4.2 (1991-05) e ENVI 4.1.

As operações de cruzamento de mapas e manipulação de dados espaciais foram feitas nos programas ArcView, SPRING 4.2 e ENVI 4.1. Para a visualização e edição final dos mapas foi utilizado o software ArcView 3.2. As análises estatísticas foram realizadas nos programas Excel 2007 e Statistica 7.0 (1984-2004).

4.2 Metodologia

A metodologia foi desenvolvida em duas etapas principais – a primeira fez uso dos dados de videografia aerotransportada e a seguinte utilizou imagens do sensor TM conforme detalhado a seguir (Figura 4.3 e Figura 4.4).

Etapa 1:

- 1) pré-processamento dos dados de videografia;
- 2) processamento dos dados de videografia;
- 3) criação da base de dados auxiliares;
- 4) classificação da cobertura da terra nas APPs e análise da relação da cobertura da terra nas APPs com as variáveis: estrutura fundiária, distância à rodovia BR-364 e idade de criação dos assentamentos rurais.

Etapa 2:

- 1) pré-processamento da imagem do sensor TM/Landsat-5 do ano 1999;
- 2) processamento da imagem TM/Landsat-5 de 1999;
- 3) avaliação entre a classificação da cobertura da terra nas APPs com base na imagem do sensor TM de 1999 e a classificação produzida com dados da videografia aerotransportada;
- 4) análise multitemporal da cobertura da terra nas APPs e análise multitemporal da relação da cobertura da terra nas APPs com as variáveis: estrutura fundiária, distância à rodovia BR-364 e idade de criação dos assentamentos rurais.

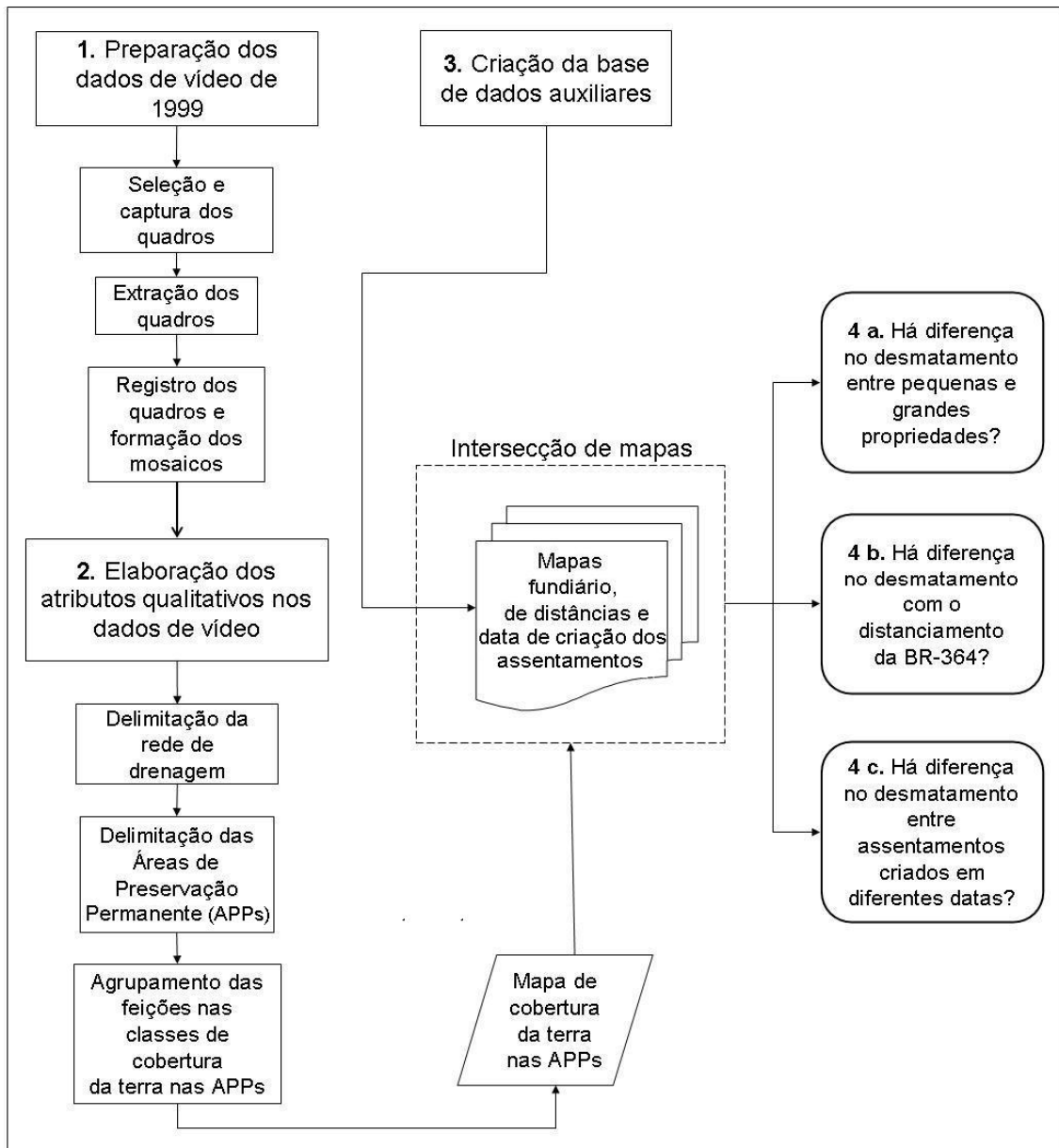


Figura 4.3 - Fluxograma da etapa 1 adotada para os dados de videografia.

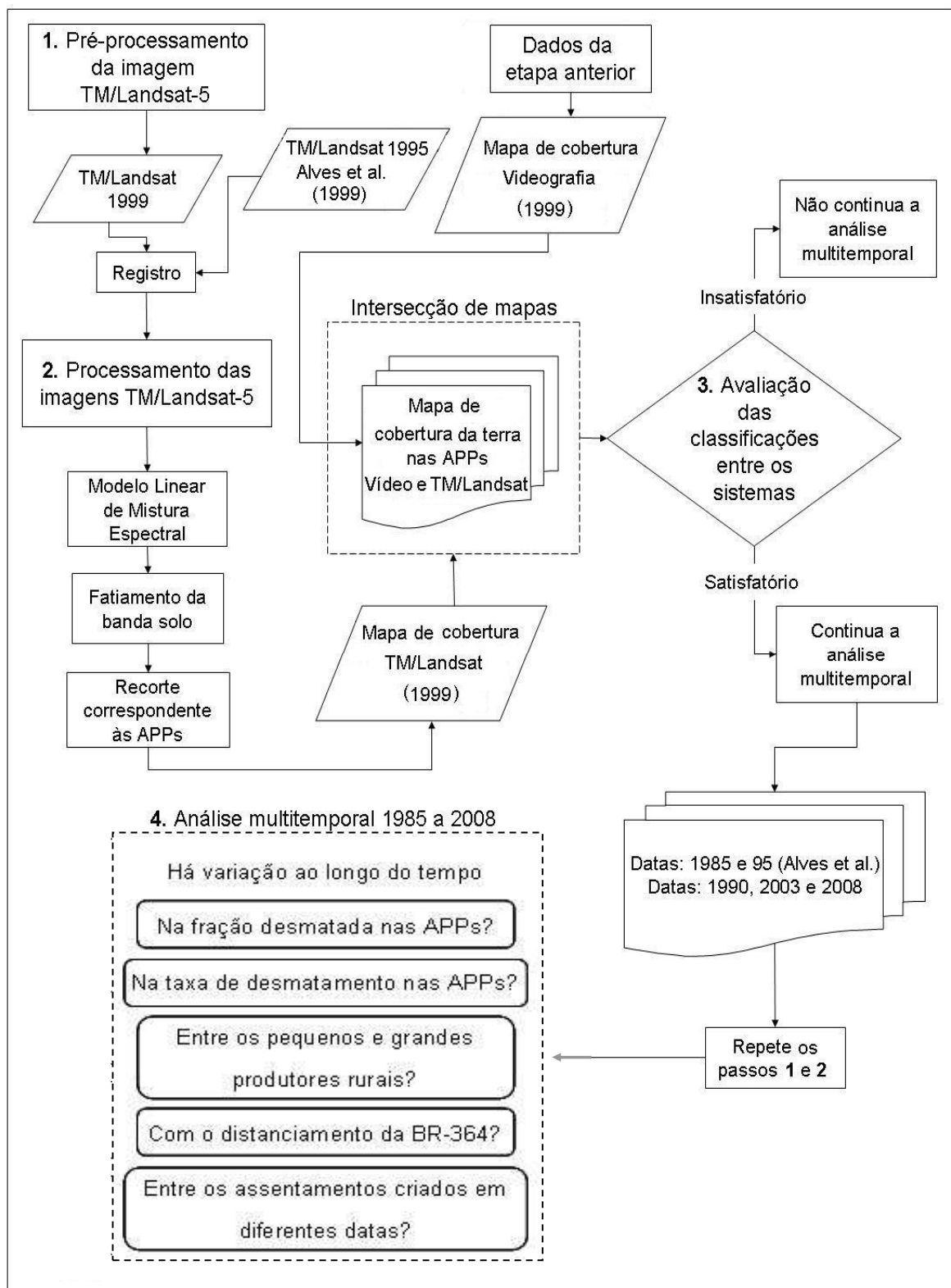


Figura 4.4 - Fluxograma da etapa 2 adotada para as imagens TM/Landsat.

4.2.1 Preparação dos dados da videografia

Nesta etapa o vídeo foi assistido e os dados de voo analisados com intuito de selecionar segmentos de vídeo passíveis de análise. Em seguida os segmentos foram capturados no formato multimídia e os quadros foram extraídos e acrescidos dos códigos com os dados de voo. Os quadros foram automaticamente registrados e superpostos gerando mosaicos georreferenciados.

4.2.1.1 Dados de voo

Os dados provenientes do laser altímetro, do Horita e do sistema de referência de atitude da aeronave (INS) foram amostrados com diferentes frequências (Tabela 4.3) e a aquisição do vídeo, realizada de forma contínua, foi feita com uma taxa de amostragem de 30 quadros por segundo. As informações geográficas (dados de voo) juntamente com a sequência de imagens foram capturadas em milissegundos através do relógio de um computador, e posteriormente foram processadas por meio do programa FlightData (Umass) pelo Laboratório de Visão Computacional do Departamento de Ciências da Computação da UMass. O processamento consistiu na interpolação linear das informações provenientes dos diferentes componentes do sistema de aquisição de vídeo (Figura 4.1), devido às diferenças na taxa de amostragem entre os equipamentos.

Tabela 4.3 - Taxa de amostragem dos dados adquiridos durante o voo.

Equipamento	Tipo de dado	Taxa de amostragem (Hz)
Laser altímetro	Altura da aeronave ao solo ou dossel	238
INS	Atitude do avião	11,8
Horita	Código de tempo	30

Os dados INS e GPS foram interpolados e os códigos de tempo do vídeo (hora : minuto : segundo : quadro) foram reamostrados para posterior associação aos dados múltiplos do laser altímetro. O arquivo resultante foi uma tabela de

dados de vôo onde cada código de tempo, relacionado a um quadro do vídeo, foi associado às coordenadas geográficas, ao grau de variação da inclinação (rolagem) sofrida pela aeronave naquele momento, e à altura medida pelo laser altímetro (Figura 4.5).

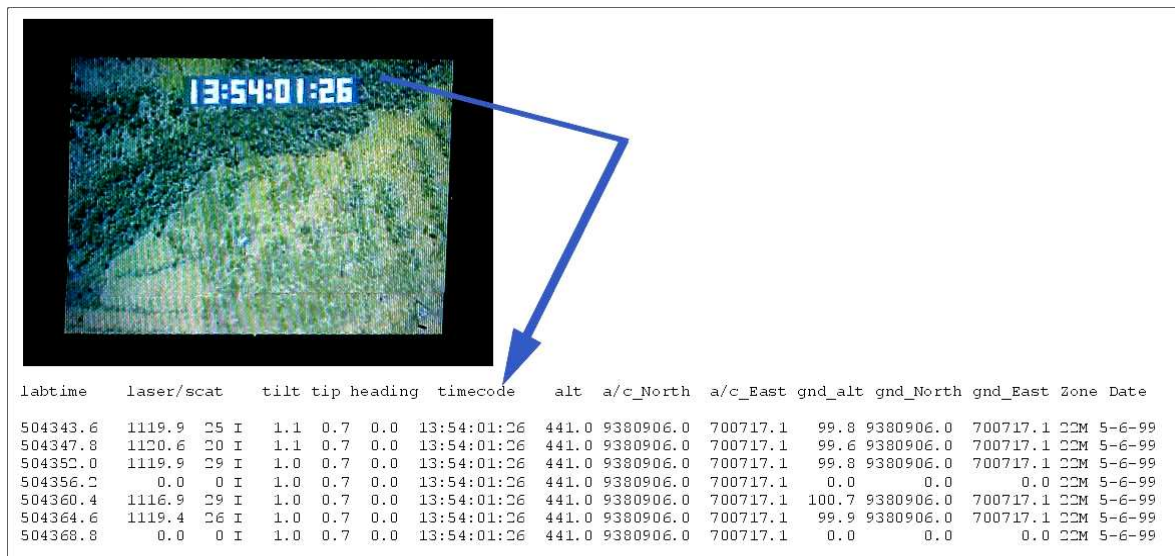


Figura 4.5 - Quadro de vídeo com seu respectivo código de tempo associado aos dados de vôo. Os dados de atitude do avião correspondem às colunas *tilt* - rolagem, *tip* - guinada e *heading* - arfagem.
Fonte: Affonso (2004).

4.2.1.2 Seleção e captura dos quadros da videografia

A presença de canais de drenagem foi o primeiro requisito para a seleção de segmentos do vídeo. A filmagem correspondente a rota de vôo foi assistida integralmente (9 horas) e os códigos de tempo inicial e final das porções onde foram reconhecidos canais de drenagens foram identificados diretamente sobre a tela do monitor.

Posteriormente, nova triagem foi realizada a partir das informações de vôo interpoladas na etapa anterior. Os dados correspondentes aos segmentos de vídeo anteriormente selecionados foram inspecionados e as porções do vídeo que corresponderam às variações de inclinação da aeronave menor que – 5 graus ou maior que + 5 graus foram descartadas. Este procedimento buscou restringir o banco de dados a segmentos de vídeo passíveis de

georreferenciamento por meio das coordenadas registradas pelo GPS.

Os segmentos selecionados foram capturados através do programa Vegas no modo manual, adotando-se a opção de definir o número de quadros e a taxa de amostragem, utilizados no procedimento. A captura foi limitada a amostras de 30 segundos de filmagem (30 quadros por segundo - total de 900 quadros), pois um número maior de quadros causaria distorções na formação dos mosaicos (Affonso, comunicação pessoal). Ao localizar e posicionar o vídeo no segmento desejado, para garantir que as feições fossem completamente gravadas, a captura foi realizada sempre com o aumento de 1 segundo no início e no fim do segmento.

Após a captura, como poderiam ocorrer perdas de dados durante o processo de transferência e extração dos quadros devido ao formato digital original do vídeo (extensão do tipo .avi), os segmentos foram convertidos para um formato multimídia (extensão do tipo .mov) através do programa QuickTime.

4.2.1.3 Extração dos quadros

Até esta etapa, o processamento foi realizado com todos os dados agrupados para que o tempo fosse otimizado. Na operação de extração, onde foi realizada a “quebra” do filme em quadros, o processamento foi feito individualmente, para cada segmento capturado e “quebrado”, até a formação do mosaico. Este procedimento foi necessário devido ao grande volume de dados gerados.

Os quadros foram extraídos através do programa FrameMaker (UMass). Para cada segundo de vídeo foram extraídos 30 quadros e para cada quadro foi criado um arquivo de imagem (arquivo de 24-bit BMP, dimensão 720x480 com tamanho aproximado de 1 Mb), totalizando 900 imagens para o segmento de 30 segundos capturado (900 Mb). O programa também nomeou automaticamente cada quadro conhecendo a data de aquisição e o código de tempo proveniente do Horita. Ao final, um arquivo de cabeçalho (extensão do tipo .txt) foi produzido com as referências exatas das informações do vídeo de cada quadro.

Por fim, foi produzido um arquivo, referente ao intervalo do segmento extraído, a partir das informações contidas na tabela de dados de voo (Figura 4.5) gerada na etapa 4.2.1.1. Este arquivo foi utilizado no processo de interpolação para a produção dos mosaicos.

4.2.1.4 Produção dos mosaicos georreferenciados

A produção dos mosaicos (30 segundos) foi realizada através de um algoritmo implementado no programa Mosaiker 1.1 (ZHU et al., 1999). Este sistema emprega o método “duas-faixas” (*two-track*), onde os quadros são inicialmente registrados através de análise de correlação e textura entre os mesmos, e os parâmetros de movimento estimados.

Em seguida, duas faixas (*tracks*) de mosaicos foram geradas, uma estimada e outra esperada. A faixa estimada proveniente da registro inicial forma um mosaico contínuo, mas sem referência (geográfica). A faixa esperada construída pelos dados de voo inclui esta referência, mas apresenta descontinuidades entre os quadros. Através da comparação entre os parâmetros de movimento de ambos os segmentos um mosaico georreferenciado é construído por meio de uma transformação linha a linha.

O programa produz o mosaico no formato Geo Tiff e automaticamente gera um cabeçalho com a dimensão dos pixels em metros e as coordenadas em UTM do canto esquerdo superior do mosaico. O erro introduzido durante o processo é da ordem de 2 a 3 pixels, o que corresponde a cerca de 1 a 3 metros no centro da faixa do mosaico.

A escala cartográfica dos mosaicos é de aproximadamente 1:1.100. Considerando-se o erro na ordem de 2,5 pixels introduzido no processamento dos dados da videografia, a escala efetiva é de cerca de 1:4.000. O erro horizontal calculado para o centro do quadro é de no máximo 4 m assumindo altitude média de 350 m, inclinação de 5°, erro do GPS de + 2,5 m, do laser altímetro de ± 15 cm, do sistema INS de $\pm 0,3^\circ$ e de 1,0 m para a probabilidade de erro horizontal de 95-97% esperada entre a diferença do sinal recebido pelo GPS com o tempo real (HESS et al., 2002).

4.2.2 Elaboração dos atributos qualitativos nos dados de vídeo

4.2.2.1 Delimitação dos canais de drenagem

Com intuito de mapear as Áreas de Preservação Permanente, inicialmente reamostrou todos os mosaicos de videografia para 1 m de resolução espacial e seguidamente delimitou os canais de drenagem. Os canais estreitos (até 10 m de largura – APP de 30 m) foram editados como linha e os canais mais largos (50 > largura do canal > 10 m – APP de 50 m) foram editados como polígonos.

Segundo Novo (1985), o padrão da rede de drenagem pode ser reconhecido e identificado diretamente na imagem através da visão sinóptica da área de estudo. Para tanto, utilizou-se o método lógico de fotointerpretação (RABBEN, 1960; ANDERSON, 1982). Este método é baseado no estudo do tamanho, forma, sombra, cor e tonalidade, textura e padrão que definem o modelo do fenômeno analisado e permite analisar a paisagem sem idéias pré-concebidas e não depende do conhecimento prévio de feições utilizadas como guias para a interpretação das imagens, como é o caso do método de chave (RABBEN, 1960).

A identificação da drenagem foi conduzida através do exame minucioso de todos os mosaicos. Esta técnica de busca conhecida como “expedição de pesca” (*fishing expedition*) é frequentemente aplicada em estudos com fotografias aéreas (RABBEN, 1960; ANDERSON, 1982). Por ser considerada muito dispendiosa devido à grande quantidade de informações adquiridas, inclusive não pertinente ao assunto, e por requerer um esforço vagaroso do intérprete, optou-se neste estudo pelo reconhecimento direto e restrito dos canais de drenagem, descartando-se a identificação dos objetos e feições do entorno, maximizando, assim, o tempo de análise.

Os canais de drenagem estreitos, localizados sob a floresta densa, e ocultos pela vegetação ripícola, foram delimitados por meio das características fisiográficas da região e da magnitude da rede de drenagem no processo de interpretação. Deste modo, parâmetros como a diferença na tonalidade do dossel entre a mata ripícola e a floresta de terra firme determinada pelo padrão

estrutural também foram utilizados no processo de delimitação dos canais de drenagem (MAYAUX, 2000; THENKABAIL, 2003).

Devido o sobrevôo da videografia não acompanhar a drenagem, o mapeamento foi realizado sobre trechos de rios e córregos – segmentos fluviais. Em alguns casos, onde o reconhecimento direto dos segmentos fluviais sobre a videografia gerava dúvidas, aplicou-se o princípio da convergência por evidência (RABBEN, 1960). Este processo foi realizado através da superposição dos mosaicos de videografia a uma imagem TM/Landsat de 1985, anteriormente registrada por Alves et al. (1999), para a reconstituição visual do padrão de drenagem num contexto mais amplo.

A edição foi realizada diretamente no monitor de vídeo por meio do algoritmo de edição vetorial do programa ArcView na escala de 1:2.000. A escolha do formato vetorial se deu pelos seguintes fatos descritos em ESRI (1998): 1) vetores são mais comumente utilizados quando a análise da feição é mais relevante que a localização da mesma, isto é, quando é necessário que haja precisão em sua forma; 2) feições geográficas lineares, como rodovias e rios, são usualmente mapeadas no formato vetorial devido à possibilidade de associação a algum sistema de medida; e 3) dados vetoriais ocupam muito menos espaço no disco rígido que dados raster.

4.2.2.2 Definição das áreas de preservação permanente

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi realizada através da geração da zona de tamponamento (*buffer*) a partir da margem do rio, para cada segmento fluvial editado no programa ArcView.

A extensão do *buffer* foi estabelecida segundo as categorias de largura do rio previstas pelo Código Florestal brasileiro, Lei Federal Nº 4.771/1965 e da Resolução CONAMA 303/2002 (BRASIL, 1965, 2002) como descrito na seção 2.1.1 no Capítulo 2. Devido à inexistência de um critério específico na legislação para determinar a largura do canal da drenagem, esta foi definida como a distância perpendicular compreendida entre as duas margens do canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Foram gerados *buffers* de APPs correspondentes às categorias de largura de rio até 10 m (APP 30 m) e entre 10 a 50 m (APP 50 m) em cada um dos mosaicos. Em seguida, essas diferentes categorias de APP produzidas em cada mosaico foram agrupadas em uma única categoria de APP por mosaico, para posterior edição da cobertura da terra.

4.2.2.3 Delimitação das classes de uso e cobertura da terra nas APPs

O mapa de cobertura da terra das Áreas de Preservação Permanente foi gerado através de interpretação visual sobre a tela do computador na escala 1:5.000. Para isso utilizou-se a função de edição vetorial do programa ArcView.

Os polígonos produzidos foram discriminados nas classes: vegetação, capoeira e desmatamento; definidas como segue:

a) floresta: floresta primária densa, floresta primária aberta com ou sem grupamento de palmeiras (vegetação primária);

b) capoeira: área de floresta que sofreu corte raso e se encontrava em estágio de regeneração (vegetação secundária) na data de observação;

c) desmatamento: área de floresta que sofreu corte raso e na data de observação constituía solo exposto, ou restos de culturas, ou queimadas, ou pastagem, ou culturas anuais.

Os polígonos gerados foram rotulados com os mesmos identificadores correspondentes aos mosaicos dos quais foram extraídas as APPs.

4.2.3 Criação da base de dados auxiliares

O mapa de estrutura fundiária foi criado com base no mapa de Unidades de Ocupação (UOP's) elaborado por Escada (2003). As UOP's são células irregulares que foram discriminadas a partir de técnicas de foto-interpretação e representam diferentes padrões espaciais de uso e cobertura da terra associados a atividades agrícolas. Os padrões mapeados nas UOP's foram associados a processos de expansão agrícola como expresso pelo autor:

A configuração espacial do tipo espinha-de-peixe, por exemplo, está associada aos assentamentos de pequenos produtores rurais planejados pelo INCRA, enquanto que as configurações geométricas podem estar associadas aos grandes produtores rurais, com atividades ligadas à agropecuária (ESCADA, 2003, p. 62).

As células irregulares das UOP's foram reagrupadas nas classes pequenas, médias e grandes propriedades rurais discriminadas por Escada (2003). Considerando-se que as UOP's mapeadas não abrangiam toda a área deste estudo, imagens do sensor TM/Landsat-5 dos anos de 1985 a 1999 foram utilizadas no resto da área de estudo seguindo-se a metodologia empregada por Escada (2003).

O mapa de faixas de distância da BR-364 foi obtido a partir do mapa da rede de rodovias do estado de Rondônia (IBGE, 2005), com a produção de faixas de 5 km de distância em ambos os lados da rodovia.

O mapa de idade de criação dos assentamentos rurais foi elaborado a partir do cruzamento de informações presentes no mapa de assentamentos do ZEE (SEDAM, 2000) referente aos Projetos de Assentamentos Dirigidos (PADs) e aos Projetos Integrados de Colonização (PICs), de informações presentes nos mapas dos loteamentos dos municípios de Ariquemes, Cacaulândia, Jaru e Governador Jorge Teixeira e de dados obtidos do mapa das UOP's (Escada, 2003) relativos aos PADs e PICs.

4.2.4 Análise da cobertura da terra nas APPs com dados da videografia

A análise do desmatamento nas APPs foi realizada a partir do cálculo percentual da área desmatada em relação à área total de APP para cada mosaico considerado como unidade amostral. O uso da área percentual elimina os efeitos da variação na extensão das APPs entre os mosaicos.

Com intuito de averiguar se existe diferença na cobertura da terra entre as pequenas e as grandes propriedades rurais, foi realizada a operação de intersecção entre o mapa de cobertura da terra nas APPs e o mapa de estrutura fundiária, e posteriormente, foi aplicada a análise estatística não-paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras independentes (SIEGEL, 1975).

Esta prova estatística diz respeito à concordância entre as distribuições cumulativas de dois conjuntos de valores amostrais. Se a distância entre as distribuições forem muito próximas, apontando apenas desvios aleatórios, aceita H_0 . Se as distribuições cumulativas são muito distantes uma da outra em qualquer ponto, sugere-se que provenham de populações distintas e assim, rejeita-se H_0 .

O teste de Kolmogorov-Smirnov além de ser aplicável a amostras muito pequenas e entre populações com n -amostral diferentes, apresenta poder (probabilidade de rejeitar H_0 quando esta é, de fato, falsa) tão grande, ou maior, que qualquer prova paramétrica, por tratar as observações individuais separadamente e assim não perder informações em decorrência da combinação de categorias (SIEGEL, 1975).

Para se testar se há diferença na cobertura da terra com o distanciamento da BR-364, foi feito o cruzamento entre o mapa de cobertura da terra nas APPs com o mapa de distância, e posteriormente, aplicado a prova estatística não-paramétrica de Kruskal-Wallis (SIEGEL, 1975).

Esta análise verifica se k amostras independentes foram extraídas da mesma população contínua. As N amostras são substituídas por postos e em seguida combinados em uma única série de postos a partir do processo de ranqueamento. A prova de Kruskal-Wallis parece ser a mais eficiente das provas não-paramétricas para k amostras independentes. Apresenta poder de 95,5% quando comparada com a prova F , considerada esta, a mais poderosa prova paramétrica (SIEGEL, 1975).

Para averiguar se existe diferença na cobertura da terra entre os assentamentos criados em diferentes datas, foi realizada a intersecção do mapa de cobertura da terra nas APPs com o mapa de idade de criação dos assentamentos rurais e, em seguida, foi aplicada a análise de Kruskal-Wallis para k amostras independentes. Conforme explicado anteriormente.

4.2.5 Pré-processamento da imagem do sensor TM/Landsat

A imagem TM/Landsat 231/67 de 1999 foi registrada no software ENVI 4.1, utilizando-se como base uma imagem de 1995, de mesma órbita/ponto, anteriormente georreferenciada por Alves et al. (1999) através de coordenadas adquiridas por GPS diferencial em campo.

O registro foi feito por meio de polinômio de primeiro grau através do método dos vizinhos mais próximos. Este método de reamostragem dos níveis de cinza é o que mais preserva os valores radiométricos das imagens originais (MATHER, 1999; CRÓSTA, 1992). O processamento foi realizado com erro médio menor que 0,6 pixels.

4.2.6 Processamento das imagens do sensor TM/Landsat

Com intuito de facilitar a discriminação entre as feições de interesse, foi aplicado o Modelo Linear de Mistura Espectral (SHIMABUKURO e SMITH, 1991) sobre os canais 1-5 e 7 e geradas as imagens-fração vegetação, solo e sombra:

$$r_i = a * vege_i + b * solo_i + c * sombra_i + e_i \quad (4.1)$$

Onde:

r_i = resposta do pixel no canal i ;

a , b e c = proporções de vegetação, solo e sombra (ou água), respectivamente;

$vege_i$, $solo_i$, $sombra_i$ = respostas espectrais dos componentes vegetação, solo e sombra, respectivamente;

e_i = erro no canal i ;

i = indica o canal do TM.

A escolha dos pixels puros para a geração das imagens proporção foi realizada através da seleção de pixels a partir de um diagrama de espalhamento entre as bandas 3 e 4, seguida de inspeção visual de seus níveis de cinza nas 6 bandas do sensor.

O processo de fatiamento foi então aplicado sobre a imagem-fração solo para gerar o mapa de cobertura da terra com as classes desmatamento e vegetação (floresta e capoeira). O fatiamento é um processamento digital que consiste na definição de um valor de nível de cinza (“valor de corte”), a partir do qual a imagem é classificada em dois temas. Os pixels com valores abaixo deste valor de corte são atribuídos à classe floresta e os pixels com valores acima, à classe desmatamento.

A imagem raster classificada foi convertida em mapa vetorial e o mapa de cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente foi elaborado por meio do recorte da imagem através de um polígono correspondente às APPs delimitadas sobre os mosaicos da videografia. O mapa de cobertura da terra nas APPs gerados com os dados TM foi reamostrado para 1 m de resolução espacial, para possibilitar a avaliação desta classificação com aquela produzida com os dados de 1 m de resolução da videografia.

4.2.7 Avaliação das classificações entre os sistemas

As classificações de cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente geradas com dados provenientes da videografia e dados do sensor TM/Landsat foram avaliadas através da matriz de erro (CONGALTON E GREEN, 1999).

A ampliação do estudo para o período de 1985 a 2008 foi decorrente do desempenho da avaliação. Sendo a classificação satisfatória, isto é, apresentar exatidão adequada no mapeamento entre os sistemas, prossegue-se uma análise multitemporal do desmatamento nas APPs com os dados TMLandsat, como descrita abaixo. Sendo a avaliação insatisfatória, o estudo se finaliza e considerar-se-ia inadequado mapear a cobertura da terra nas APPs com dados do sensor TM/Landsat.

4.2.8 Análise multitemporal do desmatamento nas APPs com dados TM/Landsat

As imagens TM/Landsat referentes à órbita/ponto 231/67 dos anos 1990, 2003 e 2008 foram registradas conforme descrito no item 4.2.5. As imagens dos anos 1985 e 1995 foram previamente georreferenciadas por Alves et al. (1999). O processamento das imagens dos anos 1985, 1990, 1995, 2003 e 2008 segue como realizado para a data 1999, descrito no item 4.2.6.

A evolução e taxa de desmatamento (variação na área desmatada relativa à vegetação original do período anterior) foi analisada entre 1985 a 2008 como segue:

$$Tx_p = (Desm_p - Desm_{p-1}) / Veg_{p-1} \quad (4.2)$$

Onde:

Tx_p = taxa de desmatamento no período p

$Desm_p$ = área desmatada no final do período

$Desm_{p-1}$ = área desmatada no início do período

Veg_{p-1} = área de vegetação no início do período

Para avaliar o processo de perda da cobertura de vegetação na fração desmatada nas APPs ao longo dos anos, foi aplicada a Análise de Regressão Logística (MATLAB, 2009). O modelo utilizado é descrito como segue:

$$Y = \frac{\exp(b_0 + b_1 * anos)}{1 + \exp(b_0 + b_1 * anos)} \quad (4.3)$$

onde, a variável dependente é a fração de desmatamento nas APPs ao longo dos seis anos analisados e a variável explicativa foram os anos (N=342).

Esta análise, por se tratar de um modelo de regressão generalizado não linear, não apresenta as premissas de homocedasticidade e normalidade dos resíduos imposta pelos modelos de regressão linear (NETER et al., 2004).

Com intuito de averiguar a influência da estrutura fundiária, do distanciamento da BR-364 e da idade de criação dos assentamentos rurais na variação da cobertura da terra nas APPs ao longo do tempo analisado, foi realizado o cruzamento entre os mapas de cobertura da terra nas APPs com os mapas provenientes da base de dados auxiliares e aplicados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Kruskal-Wallis, como descrito no item 4.2.4.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a análise da cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente, tendo em vista averiguar o potencial da técnica de videografia aerotransportada na delimitação e qualificação destas áreas à luz do Código Floresta brasileiro, investigar a influência de fatores determinantes à sua conservação, e avaliar o uso de imagens TM/Landsat para seu mapeamento considerando o aspecto multitemporal.

5.1 Análise da metodologia para uso de dados de videografia aerotransportada

5.1.1 Problemas observados

Ao todo, na rota que corresponde à cena 231/67, foram gravados 6.246 quadros, correspondentes a 208 mosaicos de 30 segundos cada. Deste total, somente 57 mosaicos foram utilizados. O maior número de imagens descartadas ocorreu no processo de seleção de cenas devido à ausência de drenagem e à inclinação (rolagem) acima de + 5 graus ou abaixo de – 5 graus. Outros motivos relacionados principalmente a erros no georreferenciamento automático também contribuíram.

Apesar da prévia seleção das cenas que foram descartadas dentro do limiar de inclinação entre - 5 e + 5 graus, muitos mosaicos apresentaram pequenas distorções causadas não só pela rolagem, mas também pela arfagem e guinada da aeronave (Figura 5.1). Nota-se que, em algumas situações, a distorção não prejudicou o reconhecimento da drenagem, mas em outras, a distorção impossibilitou seu completo delineamento.

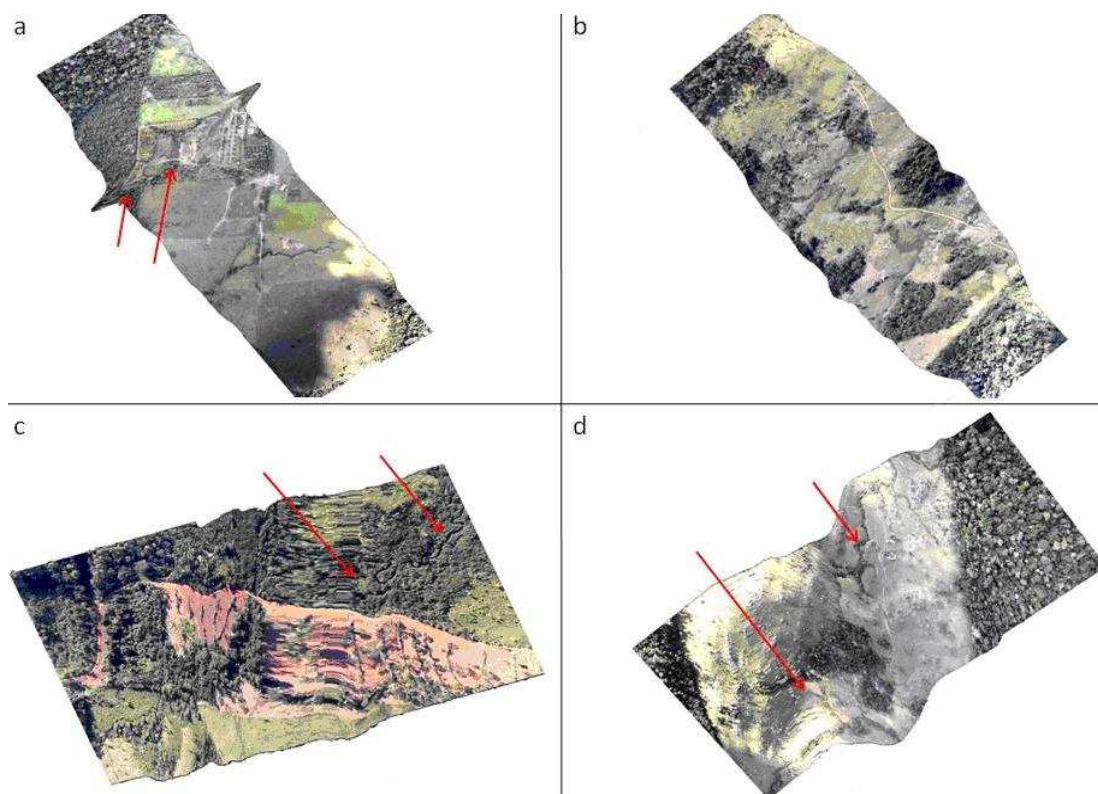


Figura 5.1 - Mosaicos com pequenas distorções devido a variações na atitude da aeronave ('a' e 'd': rolagem; 'b': arfagem; 'c': guinada). Setas vermelhas: porções onde o delineamento da drenagem foi interrompido.

Foram constatados vários problemas na acurácia do georreferenciamento automático. Alguns mosaicos (20) apresentaram um erro de posicionamento absoluto aparentemente sistemático: seus parâmetros de posição mostraram deslocamento horizontal de 137,83 km no sentido oeste. Esses erros foram corrigidos posteriormente por meio da edição do cabeçalho da imagem, adotando-se as coordenadas adquiridas pelo laser altímetro (Figura 5.2). Estes problemas podem ser decorrentes de erros na determinação do centro dos quadros no momento do registro, de erros na localização dos pixels durante a formação dos mosaicos e de erro adicional na localização do centro dos quadros devido à turbulência do ar (HESS et al., 2002). No entanto, os problemas supracitados deveriam ter provocados um deslocamento de no máximo 4 m, como descrito abaixo.

Hess et al. (2002), a partir do mesmo processamento de dados, constataram erros de posicionamento dos mosaicos e verificaram que o cálculo do offset horizontal entre a localização do avião e a localização do centro dos quadros

era afetado por incertezas na medida da distância do avião ao solo, ou dossel da vegetação, realizada pelo laser altímetro e nas medidas de variação na atitude da aeronave feita pelo INS. Os autores também averiguaram que o erro introduzido durante o processo de formação dos mosaicos foi da ordem de dois a três pixels para o centro do segmento.

Outro problema no processo de georreferenciamento constatado neste estudo foi a ‘falta de rotação’ de alguns mosaicos, necessária para a exata sobreposição à rota, permanecendo assim perpendiculares a esta (Figura 5.2). Este problema foi posteriormente corrigido por meio de registro manual com base nas coordenadas provenientes do Horita GPS. No momento de captura do vídeo podem ocorrer variações no ângulo de rotação entre quadros consecutivos durante o voo (DU et al., 2008), mas em tal caso o mosaico formado apresentaria um aspecto tortuoso, o que não corresponde ao problema aqui constatado.

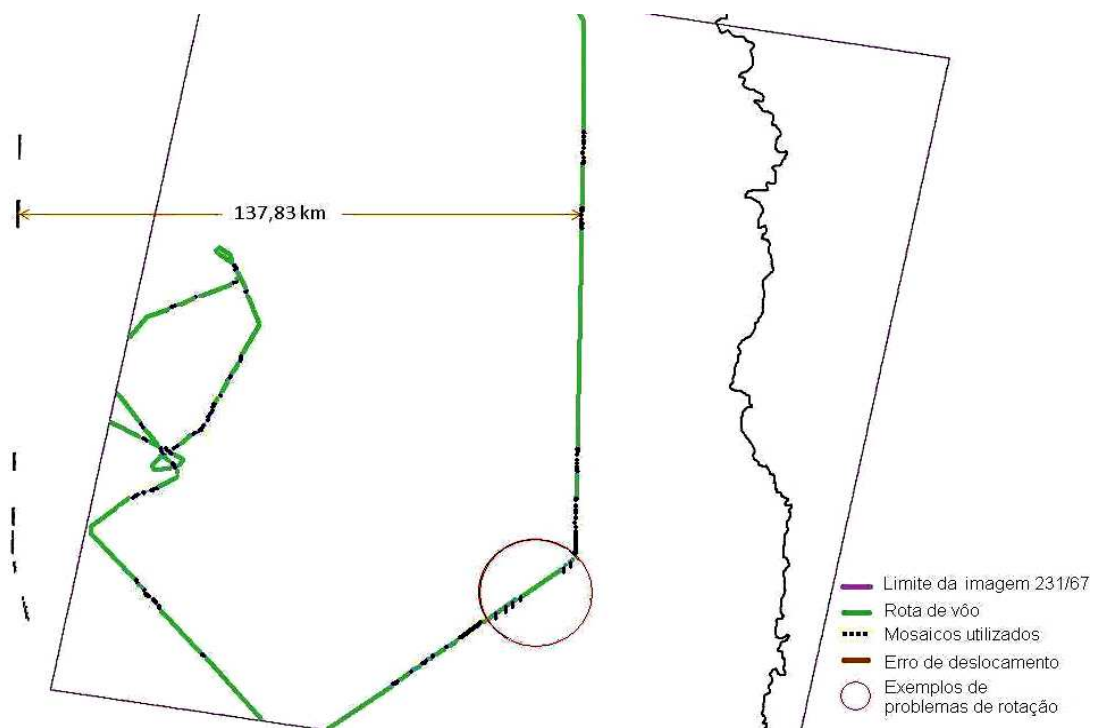


Figura 5.2 - Problemas constatados no georreferenciamento automático.

Além da falta de ajuste dos mosaicos à rota, foi constatado erro na sobreposição dos quadros durante a formação dos mosaicos. Alguns mosaicos

ficaram ‘encurtados’, isto é, apresentavam-se menores do que a feição observada. É provável que este problema provenha de erro gerado no registro entre quadros adjacentes, etapa necessária para estimar os parâmetros utilizados no cálculo do movimento entre os mesmos para posterior formação do mosaico (ZHU et al., 1999; HESS et al., 2002; DU et al., 2008). Para a correção, primeiro foi realizada a busca dos mosaicos que foram ‘encurtados’ através de inspeção visual de todas as amostras sobrepostas à imagem TM/Landsat de 1999. Posteriormente, cada segmento de rio foi deslocado, um a um, juntamente com o buffer de APP classificado, em relação à feição reconhecida na imagem (Figura 5.3).

Segundo Zhu et al. (1999), o processo de construção de mosaicos a partir de dados de vídeo é geralmente operado de forma seqüencial e pareada; assim, pequenos erros no registro do quadros são acumulados de um par para o próximo, produzindo um erro significativo na porção final do mosaico, mesmo quando o erro associado ao registro individual entre os quadros é muito pequeno. A partir de resultados experimentais, os autores averiguaram que o método de georreferenciamento proposto gerou mudanças na escala estimada entre os quadros, o que causou um acúmulo de erros maior que 30% no fim de um mosaico formado por 53 quadros.

Ademais, cada instrumento utilizado no vôo tem um ruído inerente e possui diferentes taxas amostrais de coleta de dados que foram sincronizadas por interpolação linear. Segundo Zhu et al. (1999), este ajustamento temporal nos dados para um sistema de coordenadas comum pode ter adicionado erros ao processo de georreferenciamento dos mosaicos. Por fim, percebe-se que diferentes fatores, como a grande quantidade de dados coletados, a interação de um conjunto de elementos relacionados à filmagem e a coleta de dados auxiliares, e fatores extrínsecos ao sistema, reduziram a acurácia no georreferenciamento automático, impossibilitando o exato reconhecimento da fonte de erros.

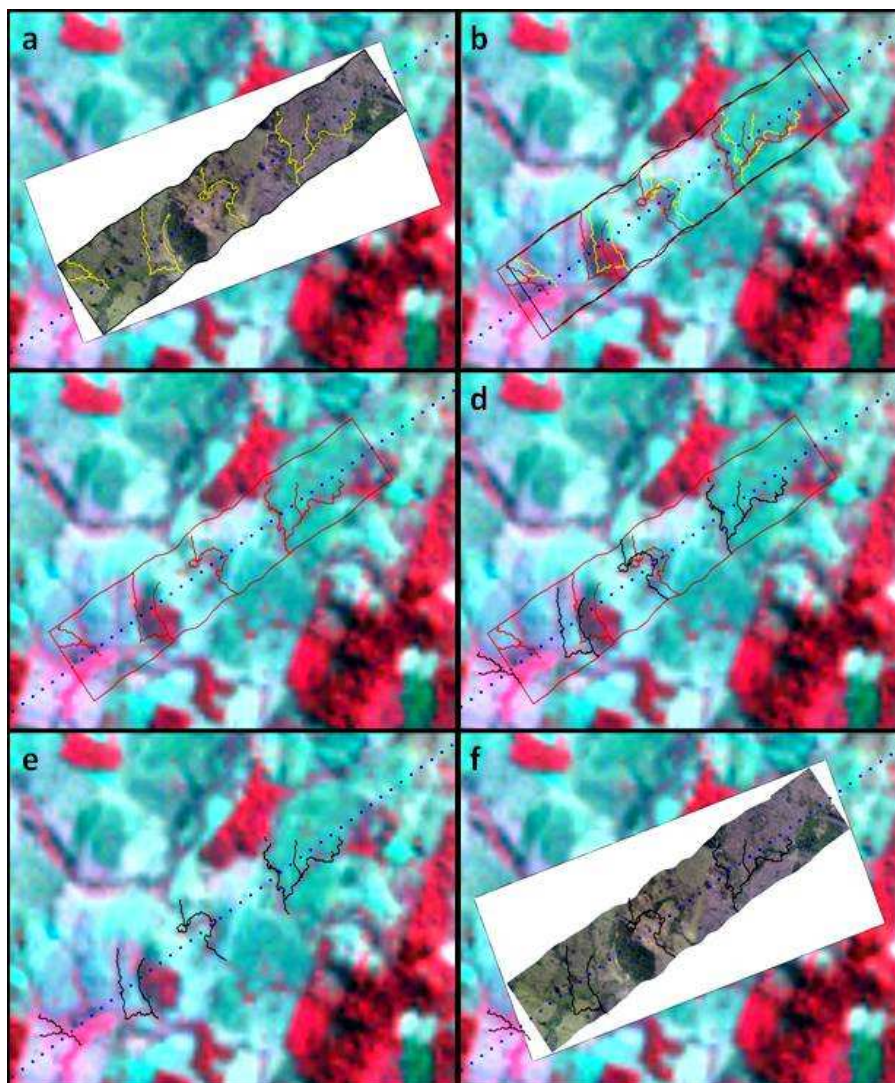


Figura 5.3 - Mosaico 'encurtado' sobreposto a imagem TM/Landsat 231/67. 'a': drenagem em amarelo; 'b': em vermelho, deslocamento de toda a drenagem, como um mosaico, conforme a feição reconhecida na TM; 'c': drenagem deslocada; 'd' e 'e': em preto reconhecimento do encurtamento em relação à feição e deslocamento de cada segmento de drenagem; 'f': visualização do deslocamento aplicado em relação ao mosaico original.

5.1.2 Delimitação das Áreas de Preservação Permanente

O delineamento completo da rede de drenagem, considerando córregos intermitentes e rios perenes, necessita de dados precisos e de uma metodologia meticulosa para sua melhor discriminação e análise da cobertura da terra em áreas protegidas por Lei (DOSSKEY et al., 2005). No presente estudo, a delimitação da rede de drenagem utilizou dados de alta resolução espacial (1 m), sendo as feições reconhecidas satisfatoriamente.

A delimitação dos canais de drenagem incluiu até a menor ordem de drenagem com a distinção de cursos d'água intermitentes e segmentos de canais sem tributários, denominados de canais de primeira ordem segundo Horton (1945, citado por GUERRA; CUNHA, 2007). Foram demarcados 2.129 segmentos de rios da categoria APP 30 m, correspondentes a 206,78 km de extensão (largura ≤ 10 m, editados como linhas) e 67 segmentos da categoria APP 50 m, equivalente à área de 31,98 ha (largura $10 \text{ m} < x \leq 50 \text{ m}$, editados como polígonos). A área total de preservação permanente delimitada para as duas categorias supracitadas foi de 960,56 ha, correspondente a 582 segmentos de APP. A redução no número de segmentos de APP quando comparado aos segmentos de rios é resultado da união das zonas de tamponamento entre os diversos tributários que formam uma pequena rede de drenagem numa amostra de mosaico (Figura 5.4).

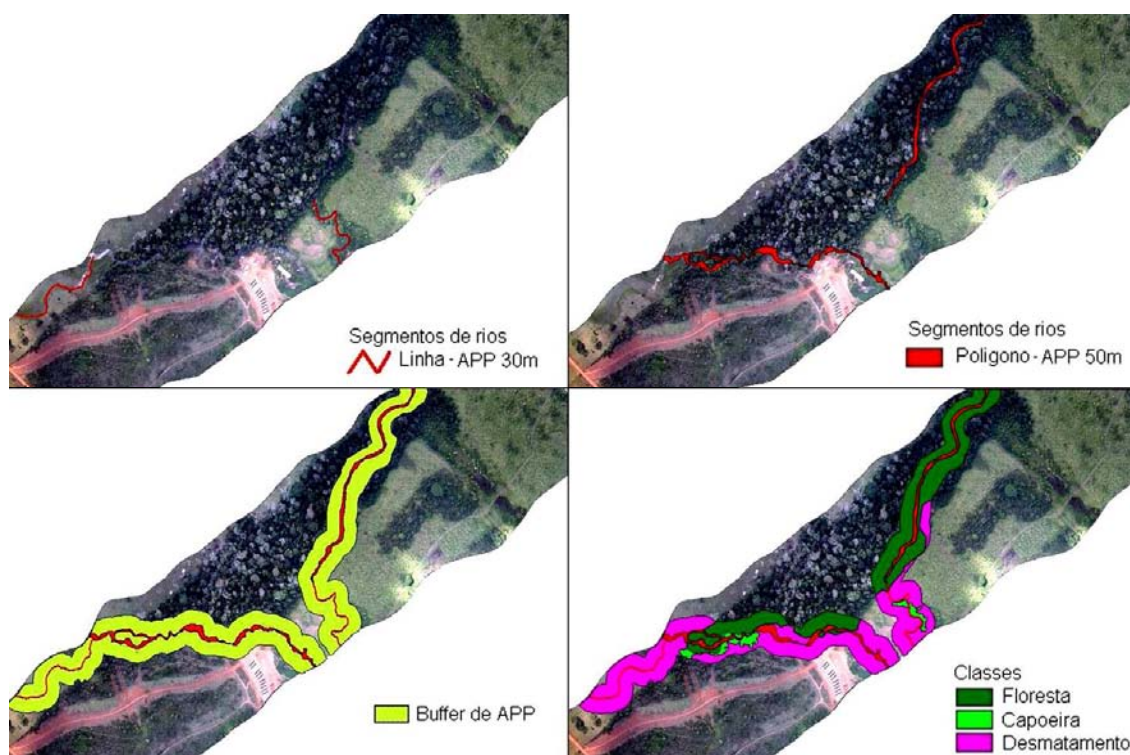


Figura 5.4 - Segmentos de rios editados e APPs delimitadas e mapeadas.

Ressalvados os casos em que os dados da videografia mostraram problemas de geometria, este trabalho considera que os dados de vídeo foram adequados para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente, pois além de possibilitar o reconhecimento da rede de drenagem em áreas remotas, permitiu

a discriminação de canais muito pequenos e efêmeros, também protegidos por Lei. Portanto, apesar das vantagens desta tecnologia, como a possibilidade do ajuste da rota de voo e da visualização das informações coletadas serem em tempo real, o trabalhoso processamento averiguado no georreferenciamento automático reduziu a aplicabilidade desta metodologia em trabalhos de mapeamento extensivo de APPs.

Como previamente mencionado, o uso da videografia aerotransportada tem sido cada vez mais frequente desde a década de 80 (MEISNER, 1986; MAUSEL et al., 1992) e uma variedade de aplicações é encontrada na literatura, tais como estudos de monitoramento agrícola (THOMSON et al., 2005; JENSEN et al., 2007), mapeamento do uso e cobertura da terra e de alvos urbanos (ALMEIDA et al., 2003; PANCHER; FREITAS, 2007), caracterização de entidades/feições da paisagem (COOPS; CATLING, 1997; AFFONSO et al., 2005), validação de mapeamento (MARSH et al., 1994; HESS et al., 2002; WULDER et al., 2007). No presente estudo, o uso da videografia foi adequado para a delimitação de canais de drenagem e para o reconhecimento da cobertura da terra nas APPs ao longo dos cursos d'água.

5.1.3 Considerações gerais e recomendações

Os resultados aqui apresentados demonstram que os dados de vídeo, se corretamente pré-processados, podem ser utilizados adequadamente para o reconhecimento da rede de drenagem e detecção/identificação das áreas em desacordo com a legislação vigente. A técnica proposta também pode ser usada para a elaboração de uma base digital da cobertura da terra nas APPs, constituindo uma ferramenta rica para a detecção de imóveis rurais que estão em inobservância com os preceitos legais.

Em vista a trabalhos futuros que se utilizam da mesma fonte de dados, considera-se necessário: 1) aprimoramento nos processos de captura (labtime) e interpolação (FlightData) dos dados de voo, com intuito de reduzir os erros inerentes aos sistemas introduzidos na tabela de dados de voo; 2) inspeção meticulosa das informações provenientes do GPS presente na tabela de dados de voo; 3) cautela na fase de extração dos quadros, onde ocorre a interpolação

automática de cada quadro com os dados de vôo; 4) uso de outros sistemas computacionais (Red Hen MediaMapper, ERDAS, ENVI) e algoritmos (ZHU et al., 2001; DU et al., 2008) disponíveis para construção de mosaicos; 5) uso e registro de quadros individuais, ao invés do emprego do mosaico (AFFONSO, 2004).

5.2 Base de dados auxiliares

A área das UOP's (ESCADA, 2003), que foi utilizada como base para a produção do mapa de estrutura fundiária, não contemplava a área total de estudo. Assim, após o remapeamento das células irregulares que formavam as UOP's nas classes pequena, média e grande propriedade rural, foi realizada a edição de toda a área de estudo que apresentava ocupação humana na imagem 231/67 TM/Landsat (Figura 5.5). Observa-se que o número de amostras de APP entre as pequenas (47), médias (8) e grandes (3) propriedades rurais difere muito entre si.

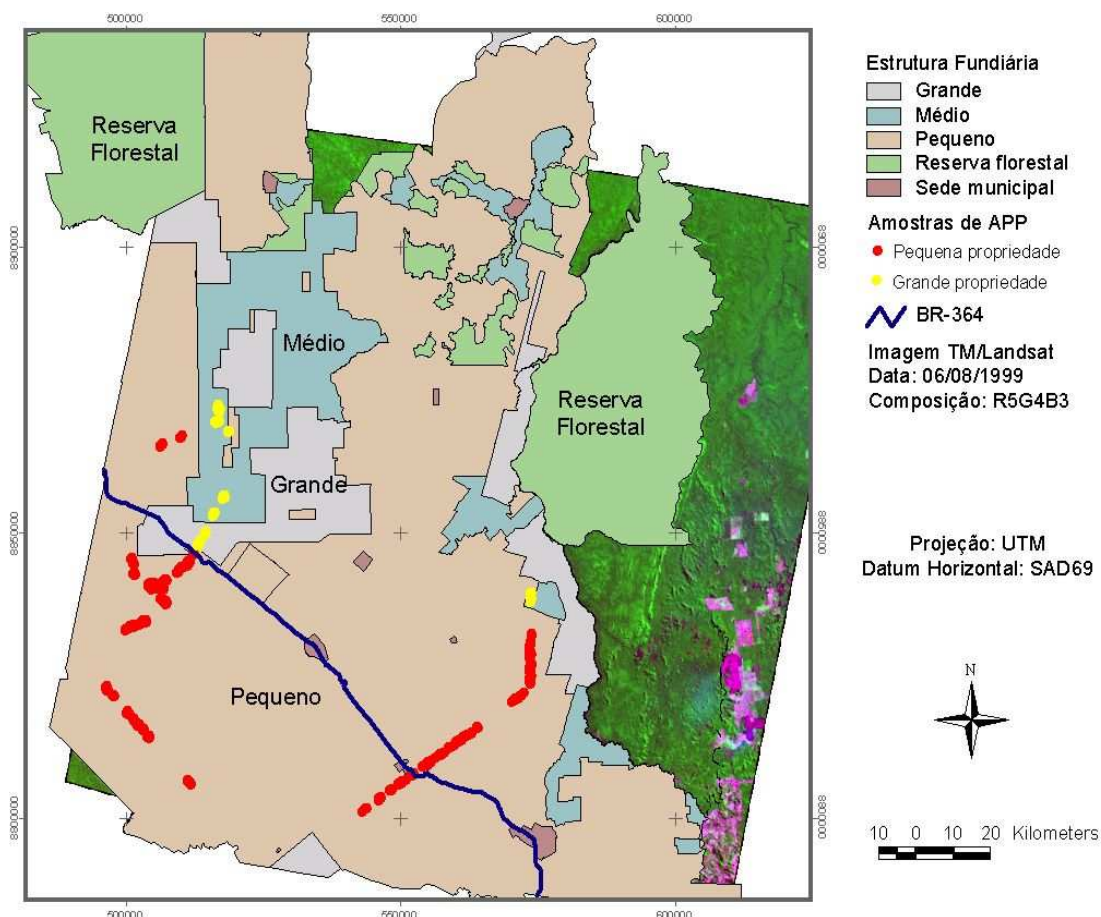


Figura 5.5 - Distribuição das amostras de APP no mapa de estrutura fundiária.

A criação do mapa de faixas de distância seccionou as APPs em 66 amostras distribuídas desigualmente ao longo de intervalos de 5 km, tornando as populações mais próximas à BR-364 muito mais expressivas que as localizadas à frente do quilometro 15 (Figura 5.6). Este problema foi resolvido agrupando, duas a duas, as classes de faixas de distância acima do quilometro 15 que assim ficaram: 5 km (9), 5-10 km (7), 10-15 km (14), 15-25 km (8), 25-35 km (11), 35-45 km (11) e acima de 45 km (6).

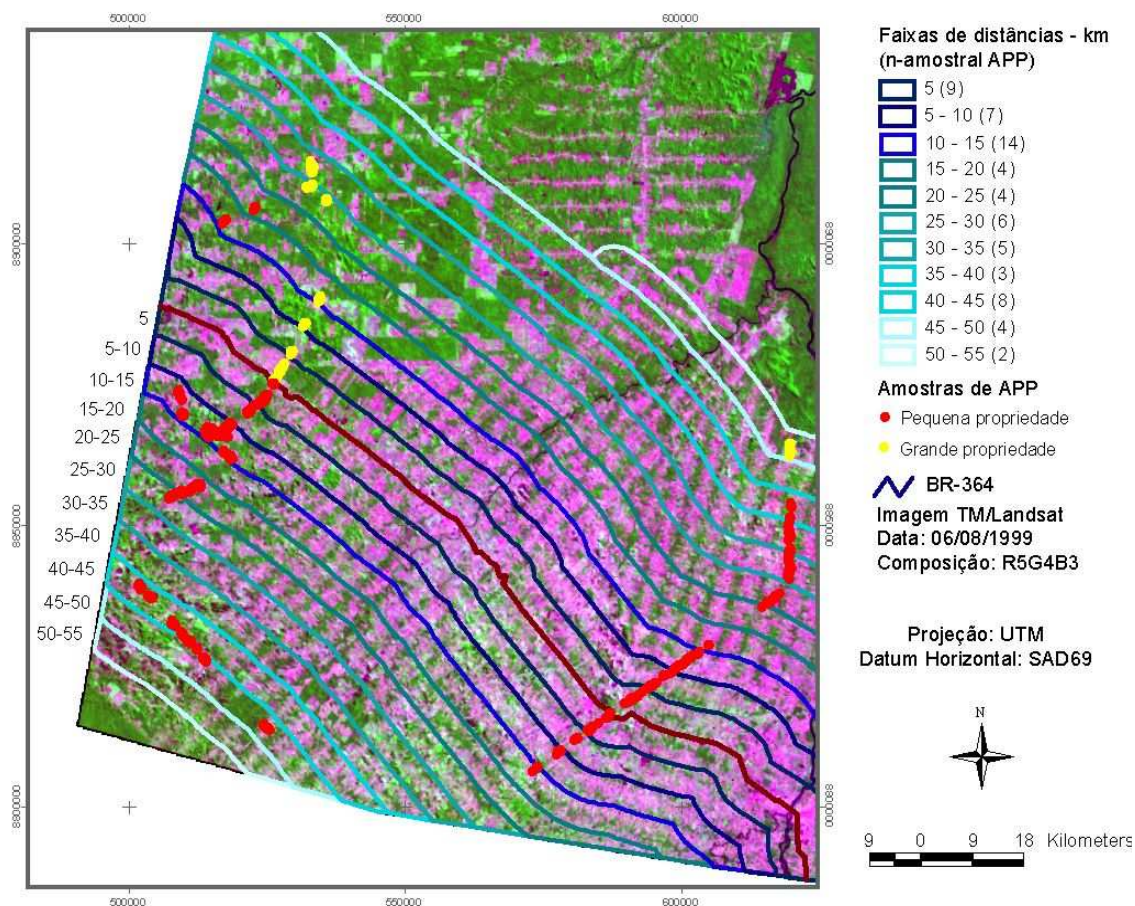


Figura 5.6 - Distribuição das amostras de APP no mapa de faixas de distância sobreposto ao mapa de estrutura fundiária.

A área de estudo abrange seis projetos de assentamentos rurais dos tipos: Projetos de Assentamento Dirigido (PAD), Projetos de Assentamento Rápido (PAR), Projetos de Assentamento (PA), Projeto Integrado de Colonização (PIC) e uma região de fazendas (Tabela 5.1). A área dos projetos não contemplou todas as amostras de APP editadas, assim ocorreu perda de quatro amostras correspondentes aos códigos de tempo 184725, 184754, 192550 e 192626 (Figura 5.7). É possível verificar a distribuição desigual do número de amostras nos assentamentos e a interseção das amostras de grandes e médias propriedades rurais no PA Rápido, Fazendas e Burareiro licitação.

Tabela 5.1 - Características dos projetos de assentamento rural presentes na área de estudo e o respectivo n-amostal das APPs por assentamento.

Assentamentos	n	Características
PIC Ouro Preto	22	Áreas de assentamento pioneiro e de pequenos produtores rurais do INCRA que se estabeleceram em 1970. Lotes de cerca de 100 ha.
PIC Padre Adolpho Roll	6	Áreas de assentamento pioneiro e de pequenos produtores rurais do INCRA que foram criados em 1975. Lotes de cerca de 100 ha.
Burareiro licitação	6	Áreas de assentamento de médios produtores rurais estabelecidos a mais de 20 anos, em área de licitação, com lotes variando entre 500 e 1.000 ha.
PAD Burareiro	15	Áreas de assentamentos de pequenos e médios produtores, estabelecidos na segunda metade da década de 70 (1974). Lotes de cerca de 250 ha.
PAD Marechal Dutra	1	Áreas de assentamentos de pequenos produtores, estabelecidos na segunda metade da década de 70 (1978). Lotes de cerca de 100 ha.
PA Rápido	1	Áreas de assentamento de pequenos produtores estabelecidos no início da década de 80. Lotes de cerca de 64 ha.
Fazendas	2	Áreas de grandes produtores rurais, com propriedades rurais maiores que 1000 ha.

Fonte: Baseada em Matias (2001); Escada (2003).

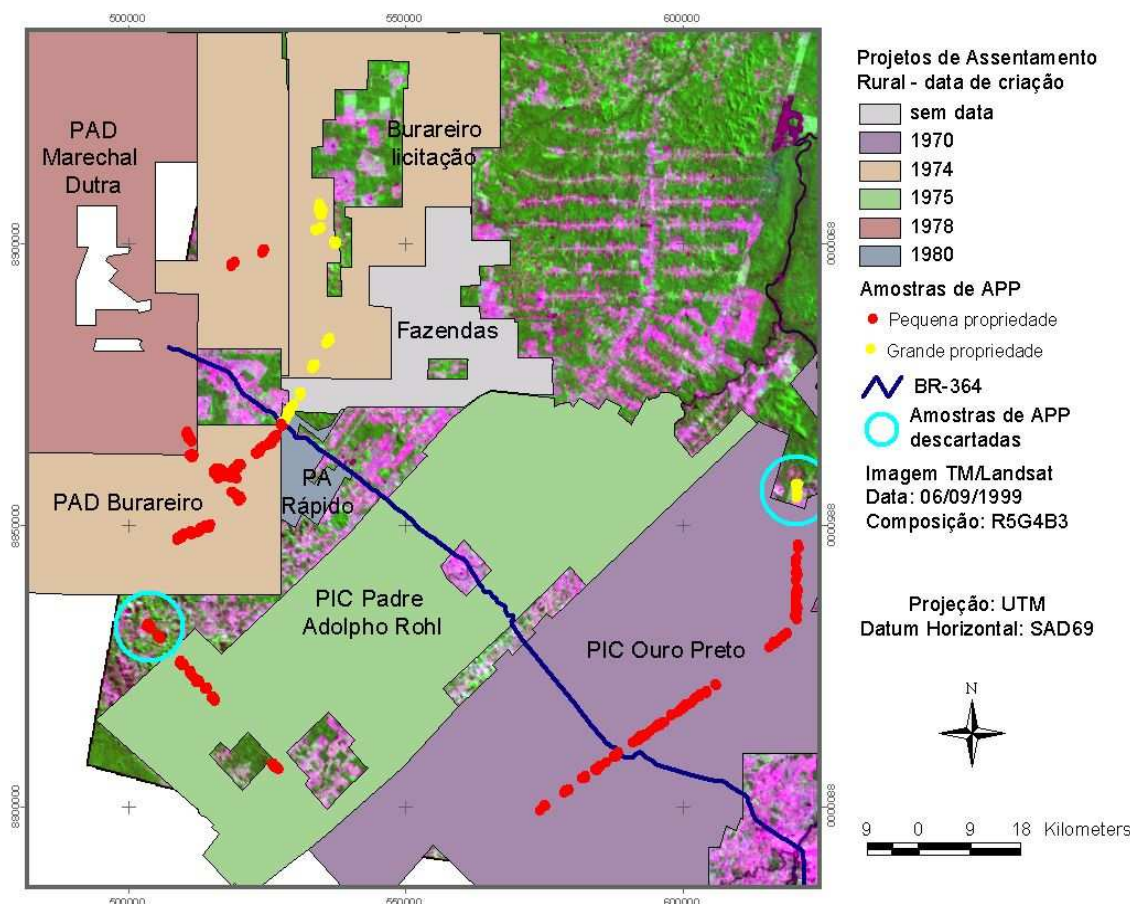


Figura 5.7 - Distribuição das amostras de APP no mapa dos projetos de assentamento rural.

5.3 Análise da cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente com dados de videografia aerotransportada

As amostras de APP encontravam-se em desrespeito à legislação vigente. Somente 19,32% da área total analisada estavam cobertas com vegetação (185,60 ha). Deste total, as classes floresta e capoeira representaram 52% (96,54 ha) e 48% (89,06 ha) respectivamente. Ao analisar a distribuição de frequência acumulada da fração de vegetação é possível averiguar que a maior parte das amostras de APP (aproximadamente 70%) possuía somente 20% de suas áreas vegetadas (Figura 5.8).

Segundo o Código Florestal brasileiro, a vegetação presente nas APPs pode ou não ser nativa, isto significa que a cobertura da terra correspondente a vegetação secundária é considerada área preservada a partir da Medida

Provisória 2166/01, e, portanto, está em conformidade às normas determinadas pela Lei. Ademais, a vegetação secundária, formada pela regeneração natural de áreas desmatadas e abandonadas, tem diversas funções relevantes ao sistema em que está contida, tais como a fixação de carbono atmosférico, manutenção da biodiversidade e da conectividade entre remanescentes florestais, e recuperação da fertilidade do solo (ALVES et al., 1997; MARTINS, 2005; STOUFFER et al., 2006).

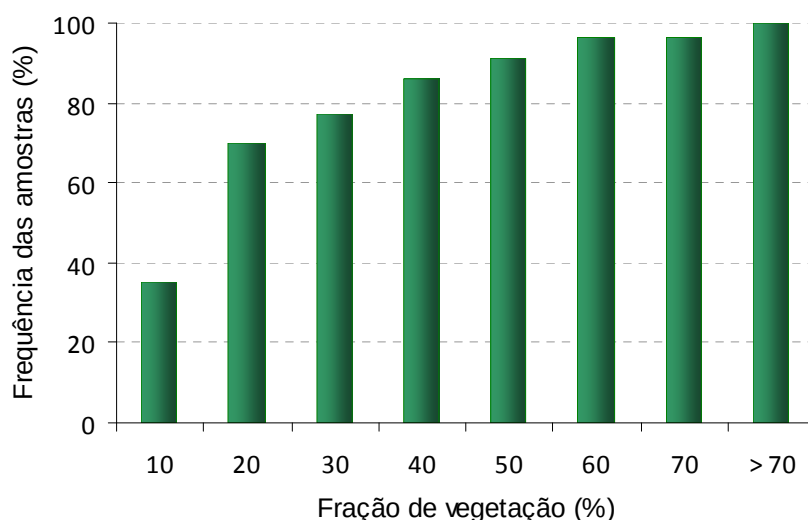


Figura 5.8 - Distribuição cumulativa das amostras com diferentes frações de vegetação (floresta e capoeira), nas APPs.

A falta de conservação das APPs e a relativa semelhança das frações capoeira e floresta era esperada, devido à relação existente entre o desmatamento e o detrimento conjunto destas áreas (Figura 5.9). Alves e Skole (1996), na região centro-norte de Rondônia, sugeriram que ao mesmo tempo em que o desmatamento avança sobre novas áreas, as capoeiras são reduzidas. Alves et al. (2003) constataram esse padrão para a mesma região, e também averiguaram que a vegetação secundária se concentrava nas bordas da expansão do processo de desmatamento, o que pode explicar a pouca vegetação das APPs na área de estudo, de ocupação mais antiga.

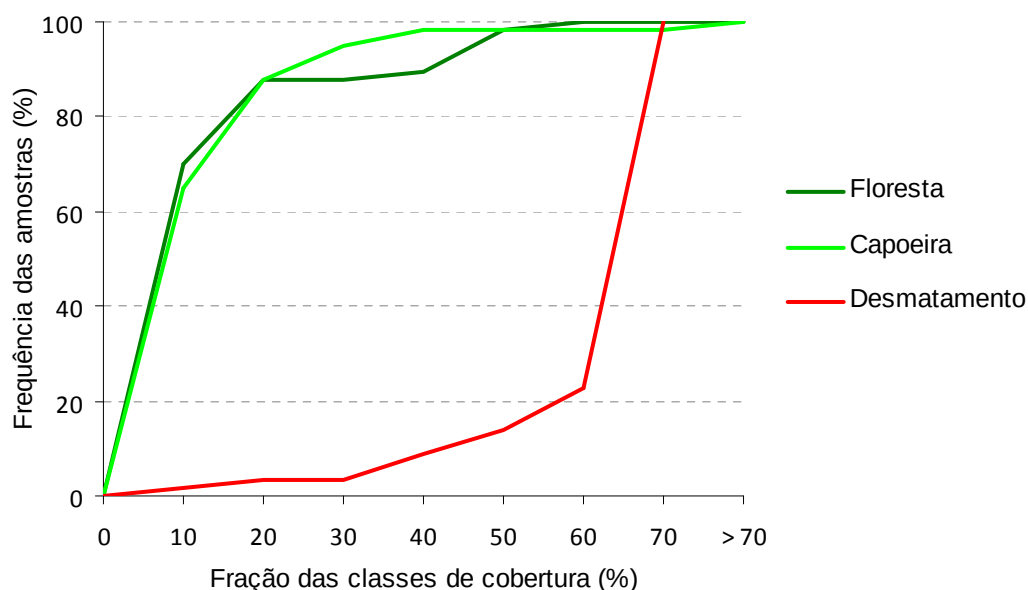


Figura 5.9 - Distribuição cumulativa das amostras de diferentes frações de classes de cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente.

Um grande número de pequenos fragmentos de vegetação foi observado nas APPs, sendo a classe floresta menos fragmentada do que a capoeira (Tabela 5.2). Em virtude deste padrão, a possibilidade dessas áreas manterem alta a biodiversidade e de funcionarem como corredor de migração é reduzida. O processo de desmatamento com a consequente formação de fragmentos de vegetação leva a destruição de habitats com o consequente declínio da biodiversidade e invasão de espécies exóticas (SKOLE; TUCKER, 1993; FERRAZ et al., 2005).

Tabela 5.2 - Fragmentos de floresta e capoeira nas APPs.

Classes	Número de fragmentos	Área (ha)		
		Mínima	Máxima	Total
Floresta	119	0,051	10,556	34,52
Capoeira	282	0,017	3,737	15,39

A classe desmatamento alcançou o valor de 774,96 ha nas APPs, o equivalente a 80,68% da área total mapeada. Por meio de análise visual da distribuição de frequência acumulada da fração desmatada nas amostras de APP, é possível averiguar que poucas amostras (aproximadamente 9%) possuíam até 50% da fração desmatada, isto é, a grande maioria das APPs

analisadas (> 50%) estava com mais de 80% de suas áreas desmatadas (Figura 5.9). Esses dados demonstram o desrespeito ao Código Florestal brasileiro nas APPs, comum à maioria das APPs na área de estudo.

O não cumprimento do Código Florestal no que concerne à manutenção da vegetação natural ao longo dos rios é um elemento frequentemente encontrado no Brasil. Costa et al. (1996) averiguaram na bacia do rio Turvo, MG, que as APPs nas margens dos cursos d'água possuíam 68,89% de sua área coberta com agricultura e pastagens. Pissara et al. (2003) constataram que aproximadamente 97% das APPs da rede de drenagem da microbacia do córrego Jaboticabal, SP, estavam desmatadas. Nascimento et al. (2005) verificaram que as APPs nas margens dos rios da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, apresentaram a maior redução de floresta nativa dentre as categorias de APPs analisadas, com 90,95% ocupados por alguma classe de uso da terra. Vestena e Thomaz (2006) averiguaram que 58% das APPs ao longo dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio das Pedras, PR, não estavam preservadas. Trevisan e Adami (2009) constataram que as APPs no entorno dos rios no município de Cornélio Procopio, PR, possuem somente 23,50% da área coberta pela vegetação nativa.

No Estado de Rondônia, diversas são as fontes que apontam para a transgressão ao Código Florestal brasileiro. A Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM/RO) afirmou que há mais de um milhão de hectares de matas ripícolas a serem recuperadas no Estado (SEDAM, 2009). Diversas propriedades particulares em que as APPs ao longo dos rios estavam devastadas foram autuadas durante a operação Arco do Fogo, realizada em Machadinho D'Oeste e dirigida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (NOTÍCIAS DA AMAZÔNIA, 2008). Na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná, menos da metade da cobertura vegetal original no entorno da rede de drenagem está intacta (LINHARES, 2005). E em Jaci-Paraná, aproximadamente 2 ha de APPs foram degradados devido ao estabelecimento de garimpos ilegais (ALMEIDA, 2009).

Em regiões próximas a Manaus, Zuanon (2009) constatou que o desmatamento nas propriedades rurais, mas especificamente das matas ripícolas, está ameaçando os igarapés. Na Amazônia, o impacto sobre o ciclo hidrológico gerado pelo desmatamento depende de sua extensão e heterogeneidade espacial, devido às distintas interações solo-atmosfera induzidas por cada cenário em particular (D'ALMEIDA et al., 2007). Em Rondônia as principais alterações ambientais que afetam as condições de vida da população são o desmatamento e as queimadas (IBGE, 2005), e na zona rural de algumas cidades, foi constada falta de água devido à extinção de pequenos canais de drenagem (ALVES, comunicação pessoal). A conservação dos pequenos igarapés auxilia a proteger toda a bacia, pois a preservação das cabeceiras mantém a água limpa reduzindo o efeito da poluição rio abaixo (ZUANON, 2009).

Os dados aqui apresentados e os estudos supracitados evidenciam que, apesar das normas estabelecidas pelo Código Florestal brasileiro, o desmatamento nas APPs ao longo dos rios ocorre nas propriedades rurais de Rondônia, como em outros Estados brasileiros. A sensibilização da sociedade sobre a importância da conservação das matas ripícolas é necessária conjuntamente ao aumento da fiscalização nestas áreas e provimento de subsídios para sua recuperação.

Magalhães (2008) sugere que atividades econômicas como o reflorestamento para fins silviculturais nas APPs são iniciativas que poderiam captar investimentos, gerar emprego, renda e crescimento sócio-econômico sustentável no Estado, além de fixar mão-de-obra no campo devido à longevidade dos ciclos silviculturais. Outros autores recomendam o encorajamento pelo governo através de incentivos positivos (ex. suporte financeiro) para conripícola o manejo florestal às restrições impostas aos proprietários rurais (CARVER et al., 2006).

A tarefa de recompor essas áreas devastadas cabe aos governos municipais e estaduais, mediante elaboração de programas de repovoamento florestal, principalmente para as matas ripícolas, devido aos inúmeros problemas

ocasionados pela ausência de proteção dos mananciais (MARTINS, 2005). Em março deste ano foi lançado o Programa de Recuperação de Matas Ripícolas em Rondônia (Decreto Lei nº 14.133/2009), que objetiva recompor a vegetação do entorno das nascentes, córregos, igarapés e rios nos municípios e distritos (SEDAM, 2009).

5.3.1 A cobertura da terra nas APPs em diferentes estruturas fundiárias

Segundo o art. 186 da Constituição Federal, que trata da política agrícola e fundiária e da reforma agrária, a função social da propriedade rural será cumprida quando, entre outros requisitos, utilizar adequadamente os recursos naturais disponíveis e preservar o meio ambiente (BRASIL, 1988). A preservação dos recursos hídricos e, portanto, da zona ripícola, está inserida neste contexto, reforçando a obrigatoriedade da conservação das APPs nas propriedades rurais como referido no Código Florestal.

A proporção da área desmatada está associada, entre outras variáveis, ao tamanho da propriedade rural (FEARNSIDE, 1993; ALVES, 2002; MELLO; ALVES, 2005). Esta proporção pode variar regionalmente, pois a contribuição de cada categoria de tamanho de propriedade rural irá depender, entre outros fatores, da estrutura fundiária existente. Na área de estudo, as pequenas propriedades rurais perfizeram a maior parte do número de amostras ($n = 47$) e concentraram a maior área amostrada com 83,5% da área total analisada. As grandes e médias propriedades foram a minoria ($n = 11$) com o equivalente a 16,5% da área (Tabela 5.3).

A área total desmatada nas APPs das pequenas propriedades rurais atingiu o valor de 81,25%, sendo que dos 18,75% de área vegetada, 9,7% e 9,0% corresponderam às classes capoeira e floresta respectivamente. Nas grandes e médias propriedades, o desmate nas APPs foi de 77,5%, e da área vegetada (22,5%), 7,2 e 15,3% correspondeu à capoeira e a floresta respectivamente. A agregação das grandes e médias propriedades objetivou aumentar o n-amostral na análise, aqui se tratando somente como 'grandes'.

Tabela 5.3 - Fração total e por classes de cobertura da terra nas APPs entre as pequenas e grandes propriedades rurais.

Variáveis	Área total (ha)	Desmatamento	Floresta	Capoeira
APP	960,56 (57)	80,68	10,05	9,27
Grande	158,04 (11)	77,50	15,31	7,19
Pequeno	799,95 (46)	81,25	9,04	9,71

Por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov constatou-se, através da tabela de valores críticos D (SIEGEL, 1975), que a maior distância observada (D máximo) entre as distribuições foi menor que a distância calculada (D crítico), (Tabela 5.4). Isto é, não há diferença significativa na manutenção das APPs entre as pequenas e as grandes propriedades rurais na área de estudo.

Tabela 5.4 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração de cobertura da terra nas APPs entre as pequenas (n=47) e grandes (n=11) propriedades rurais ($\alpha=0,05$).

Variáveis	Desmatamento	Capoeira	Floresta	D crítico
D máximo	0,1179	0,0754	0,1818	0,455

A ausência de diferença significativa na preservação das APPs entre as pequenas e grandes propriedades rurais pode estar associada à grande diferença no número de amostras entre as populações, relacionada a distribuição desigual das amostras na área de estudo (Figura 5.5). Outros fatores também podem influenciar este resultado, como à falta de sinergia com outras variáveis que expressam a heterogeneidade do espaço em relação à estrutura física (distância de rodovias e centros urbanos), estrutura social (tipos de relação social, econômica e política), características geográficas (fertilidade dos solos, padrões climáticos), ou ainda aos cenários regionais como a proximidade a mercados nacionais (ALVES, 2002; AGUIAR et al., 2007).

A análise do gráfico de distribuição de frequência acumulada da fração desmatada nas APPs para os pequenos e grandes proprietários indica que a frequência de amostras de APPs muito desmatadas é alta para ambos os atores (Figura 5.10).

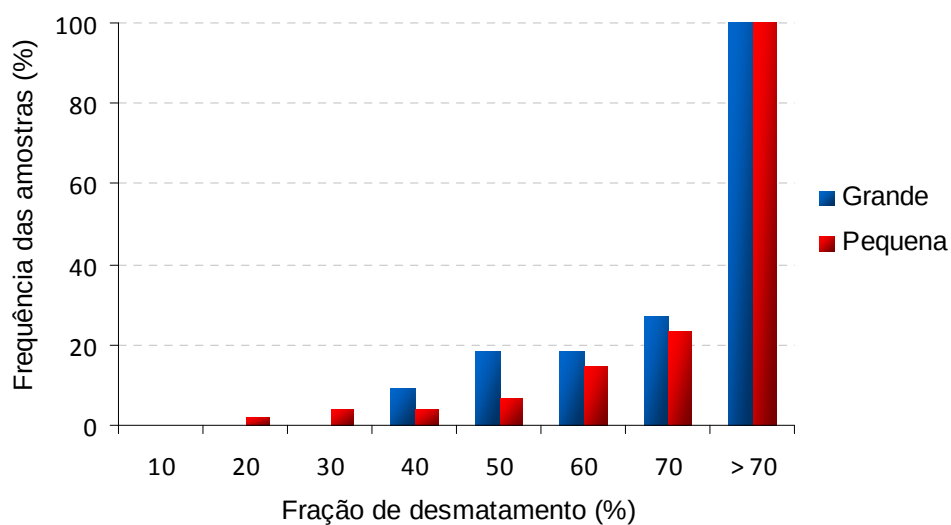


Figura 5.10 - Distribuição cumulativa das amostras de diferentes frações de desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente nas pequenas e grandes propriedades rurais.

Como apresentado na curva de distribuição acumulada para as frações de vegetação, verifica-se que, entre aproximadamente 80 a 90% das amostras de APP nas pequenas e nas grandes propriedades rurais possuem até 30% da área com vegetação (Figura 5.11).

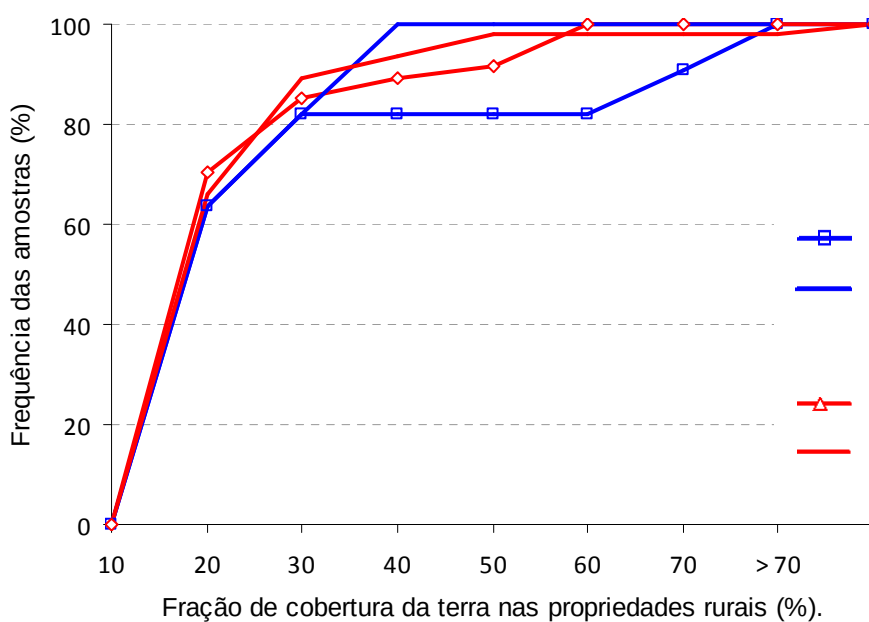


Figura 5.11 - Curva de frequência acumulada para as frações floresta e capoeira nas amostras de APP entre as grandes e pequenas propriedades rurais.

Foi verificado através do teste de Kolmogorov-Smirnov que o percentual de floresta e capoeira não diferiu significativamente entre as pequenas e as grandes propriedades rurais (Tabela 5.5). No entanto, denota atenção que as amostras que continham as maiores frações de capoeira encontravam-se nas pequenas propriedades e que não houve amostras de capoeira inseridas nas áreas das grandes propriedades rurais, somente nas aqui consideradas como médias. Na análise apresentada, foi necessário calcular dois valores de D crítico devido a diferença no número de amostras da população dos pequenos (47) com os grandes (11) proprietários.

Tabela 5.5 - Teste de Kolmogorov-Smirnov entre a fração floresta e capoeira nas APPs das pequenas e grandes propriedades rurais ($\alpha = 0,05$).

Variáveis	D máximo	D crítico
Grande	0,181	0,579
Pequeno	0,063	0,280

A diferença no percentual desmatado em diferentes tamanhos de propriedade rurais reflete a diferença entre as estratégias de ocupação e de uso da terra dos diferentes atores presentes numa região. No Estado de Rondônia, estudos verificaram que os pequenos proprietários são responsáveis pela maioria da área total desmatada. Escada (2003) constatou que os pequenos proprietários desmataram mais que os grandes na região centro-norte de Rondônia, uma vez que a proporção de área ocupada por eles também era maior. Nesta mesma região, Pereira et al. (2007) verificaram a ausência de diferenças significativas no padrão de desmatamento entre as médias e as grandes propriedades. Por outro lado, Fearnside (1993) constatou para a Amazônia Legal que, apesar dos pequenos proprietários não desmatarem rapidamente sua propriedade, ao final do processo praticamente todo o lote era desmatado.

Na Amazônia, o processo de desmatamento é muito variável devido à heterogeneidade espacial, assim, diferentes localidades revelam variados padrões (ALVES et al., 1998; ALVES, 2002). Walker et al. (2000) verificaram que o município de Santana do Araguaia contribuiu mais para o desmatamento

que Altamira, ambas no Pará, devido a predominância de grandes propriedades na primeira em relação às pequenas na segunda, onde se encontram os antigos projetos de assentamento do INCRA. Alves (2002) verificou clareiras de desmatamento de área igual a 100 ha foram responsáveis por mais de 50% do total desmatado entre 1991-97 no Mato Grosso, enquanto em Rondônia, as clareiras de 50 ha contribuíram com mais de 70% do desmatamento.

Como exemplificado anteriormente, as forças que impulsionam o desmatamento variam para toda a Amazônia, mas para a região centro-norte de Rondônia, esperava-se que as pequenas propriedades, características por compor a feição espinha-de-peixe, seriam as maiores responsáveis pela área desmatada nas APPs, assim como a são em relação ao desmatamento na região centro-norte de Rondônia (ESCADA, 2003; AGUIAR et al., 2007).

5.3.2 A cobertura da terra nas APPs a diferentes faixas de distância da BR-364

O desmatamento na Amazônia tende fortemente à agregação espacial (SKOLE; TUCKER, 1993; ALVES, 2002a,b). As áreas adjacentes às rodovias geralmente são as primeiras a serem desmatadas e, ao longo do tempo, o desmatamento avança para lugares mais distantes desta. No Estado de Rondônia os projetos de colonização foram criados ao longo dos principais eixos viários implantados na década de 70 (BECKER, 1997). O constante fluxo de migrantes levou a colonização de novas áreas longe das rodovias, como o município do Vale do Anari criado nos anos 80 (SOLER, et al., 2009). Essa dinâmica no processo de ocupação da terra acarretou a maiores taxas de desmatamento próximo a BR-364, reduzindo à medida que se distancia da mesma (ALVES, 2002a,b; ALVES et al., 2003).

A partir deste conhecimento, procurou-se aqui averiguar se a conservação das Áreas de Preservação Permanente estaria subordinada a este fator e assim esperava que as APPs localizadas mais próximas a BR-364 estariam menos conservadas que as mais distantes. Por meio do teste de Kruskal-Wallis constatou-se que não há diferença significativa nas frações das classes

desmatamento, capoeira e floresta entre as amostras de APPs com o distanciamento da BR-364 na área de estudo (Tabela 5.6). A fração desmatada nas APPs a diferentes faixas de distâncias da rodovia está representada na distribuição das medianas da fração de desmatamento nas APPs (Figura 5.12).

Tabela 5.6 - Prova de Kruskal-Wallis para as classes de cobertura da terra (n=66) a diferentes faixas de distâncias da rodovia BR-364 ($\alpha=0,05$).

Variáveis	Desmatamento	Capoeira	Floresta	χ^2
H calculado	2,217	4,536	1,820	12,59

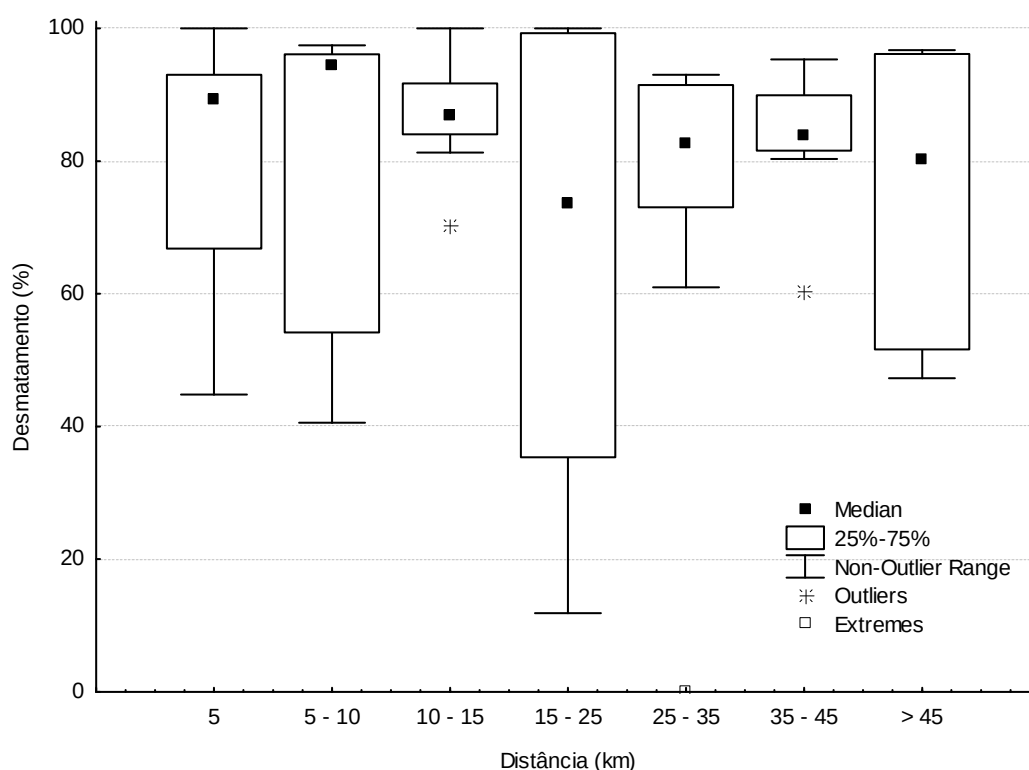


Figura 5.12 - Fração de desmatamento nas amostras de APP a diferentes faixas de distâncias da BR-364.

Apesar das estradas poderem ser consideradas como um fator de indução e concentração do desmatamento na floresta Amazônica (LAURENCE et al., 2001, 2005; ALVES, 2002b), deve-se considerar a heterogeneidade espacial no que concerne aos diferentes atores e suas respectivas estratégias de uso da terra (PEREIRA et al., 2007). Neste contexto, foi realizada uma análise

complementar considerando a diferença do desmatamento nas APPs com o distanciamento da BR-364 em diferentes estruturas fundiárias (pequenas e grandes propriedades rurais).

O teste de Kruskal-Wallis foi novamente empregado para este fim, mas como o número de amostras das APPs nas grandes propriedades era muito pequeno ($n=11$), não foi possível utilizar a aproximação Qui-Quadrada empregada nesta análise, optando-se pelo uso de probabilidades tabeladas (SIEGEL, 1975).

Foi verificado que os valores de H calculado eram inferiores aos valores tabelados em ambos os casos, indicando a ausência de diferença significativa na conservação das APPs em diferentes estruturas fundiárias a variadas distâncias da BR-364 na área de estudo (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 - Teste de Kruskal-Wallis para as frações desmatadas nas APPs das pequenas ($n=47$) e grandes ($n=11$) propriedades rurais a diferentes distâncias da BR-364 ($\alpha=0,05$).

Variáveis	H calculado	X^2	H observado
Grande	2,144	-	4,477
Pequeno	3,544	11,07	-

Pereira et al. (2007) verificou diferença significativa na distribuição do desmatamento entre as pequenas e grandes propriedades rurais com relação à distância das estradas em Rondônia. Outros fatores como a proximidade dos centros urbanos e a áreas de ocupação antiga também determinam a concentração do desmatamento (AGUIAR et al., 2007).

Os resultados observados podem estar mascarados pela falta de uma estratégia amostral que considerasse as particularidades da área de estudo, como constatadas para as análises realizadas na seção anterior (Figura 5.6).

5.3.3 Desmatamento nas APPs em diferentes projetos de assentamento rural

Na Amazônia, a magnitude das mudanças da cobertura da terra está relacionada à história do assentamento rural e ao estágio de evolução da fronteira (WALKER et al., 2000). Em Rondônia, a implantação de projetos de colonização oficial nas décadas de 70 e 80, resultou em grande perda da cobertura vegetal com efeitos devastadores para o ecossistema e as populações tradicionais (PEDLOWSKI et al., 1999). Essas consequências provêm, principalmente, da falta de limite ao acesso de migrantes dado o caráter oficial desses projetos (não privado), constituindo frentes pioneiras “abertas” (MACHADO, 1998). Nessas zonas de desenvolvimento as mudanças da cobertura da terra se concentram em extensas regiões espacialmente auto-correlacionadas, onde as clareiras tendem a se agrupar formando áreas continuamente desmatadas (ALVES, 2002a,b).

Neste estudo, a quantidade de amostras de APP nos assentamentos criados em 1970 (PIC Ouro Preto), 1974 (PAD Burareiro e Burareiro licitação), 1975 (PIC Padre Adolpho Rohl) e períodos acima de 1978 (PAD Marechal Dutra, PA Rápido e PA Zumbi), não foi suficiente para atender à premissa estabelecida pela estatística aqui aplicada, teste de Kruskal-Wallis, onde o tamanho das populações não poderia ser muito pequeno (Tabela 5.1; SIEGEL, 1975).

Porém, os assentamentos criados em 1970 e 1974/75 possuíam amostras suficientes para a realização da prova de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados são apresentados na Tabela 5.8. Não houve diferença significativa na fração de desmatamento e floresta nas APPs entre assentamentos criados nas diferentes datas, mas a classe de cobertura da terra capoeira apresentou diferença significativa entre os assentamentos rurais de Ouro Preto (1970) e Burareiro (1974/75).

Tabela 5.8 - Prova de Kolmogorov-Smirnov para as classes de coberturas da terra nas APPs entre os assentamentos criados em 1970 (n=22) e 1974/75 (n=26).

Variáveis	Desmatamento	Capoeira	Floresta	D crítico
D máximo	0,178	0,524	0,277	0,393

Conforme está apresentado no gráfico de distribuição de frequência acumulada da fração capoeira entre os assentamentos, as maiores frações desta classe de cobertura foram encontradas nas APPs dos assentamentos mais recentes (1974 e 75), constituídos por lotes maiores (250 a 1.000 ha), enquanto nas APPs dos projetos mais antigos formados por pequenas propriedades (até 100 ha), foram constatadas as menores frações de capoeira (Figura 5.13).

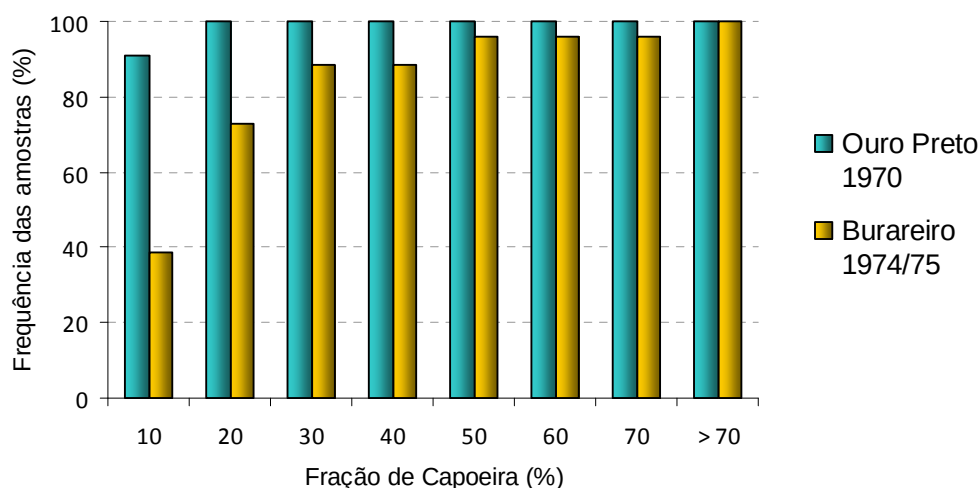


Figura 5.13 - Distribuição de frequência acumulada da fração capoeira nas APPs entre assentamentos criados em diferentes períodos.

A relação encontrada entre a variação da fração de capoeira nas Áreas de Preservação Permanente entre os assentamentos rurais apresenta a mesma tendência observada em estudos realizados nos assentamentos rurais de Rondônia. Escada (2003) verificou que os assentamentos Burareiro e Burareiro licitação foram os que mantiveram a maior parte da vegetação secundária com mais de 15 anos na porção centro-norte de Rondônia. A autora ainda constatou que as áreas referentes ao PIC Ouro Preto foram as que apresentaram a menor proporção de vegetação secundária desde 1988. Esses dados evidenciam que, apesar da pequena diferença na data de criação destes

assentamentos (cinco anos), o processo de regeneração da capoeira depende de fatores sociais, como as variadas práticas de uso da terra, coligados à história da região analisada (PERZ; WALKER, 2002; PERZ; SKOLE, 2003). Ademais, outros fatores como a qualidade do solo também influencia na dinâmica de regeneração da vegetação secundária na Amazônia (MORAN et al., 2000; SOLER et al., 2009).

A regeneração da vegetação secundária nas Áreas de Preservação Permanente, além de fazer cumprir o prescrito no Código Florestal, provê diversas funções ecológicas e também se ajusta à possibilidade legal de implementação de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) em áreas protegidas por gerar créditos de carbono (CHRISTOVÃO, 2003).

5.4 Avaliação das classificações entre os sistemas de videografia e TM

Segundo Congalton et al. (2002), a precisa delimitação dos canais de drenagem considerando, inclusive, cursos d'água intermitentes, não é viável com dados sensores remotos de média resolução espacial, como no caso do sensor TM/Landsat, mas estas tecnologias podem ser úteis no mapeamento e avaliação da mudança da cobertura da terra nas áreas que margeiam os cursos d'água.

A comparação entre a classificação de cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente obtida com a videografia aerotransportada e a imagem TM/Landsat foi analisada através da matriz de confusão (CONGALTON; GREEN, 1999). O acerto total da classificação entre os sistemas foi de 74,01% e das classes individuais foi 74,94 e 73,78% para a vegetação e o desmatamento respectivamente (Tabela 5.9).

Tabela 5.9 - Matriz de confusão entre as classificações das APPs realizadas sobre dados da videografia e do sensor TM/Landsat (unidade: pixels).

TM/Landsat / Classes	Dados de referência - Videografia		
	Vegetação	Desmatamento	Total classificação
Vegetação	1.320.969	1.920.917	3.241.886
Desmatamento	441.677	5.405.750	5.847.427
Total referência	1.762.646	7.326.667	9.089.313
Acerto	74,94%	73,78%	
Acurácia total	74,01%		

Nesta avaliação, as classes floresta e capoeira, editadas na videografia, foram reunidas em uma única classe vegetação. Este procedimento foi realizado para que a comparação da classificação entre os sistemas fosse consistente, visto que a classificação realizada sobre a imagem TM/Landsat considera como vegetação as áreas de floresta somadas às áreas de capoeira.

A imagem TM mostrou-se adequada para o mapeamento das classes vegetação e desmatamento nas APPs, mesmo não obtendo resultados tão precisos quanto os adquiridos com os dados da videografia. Este resultado era esperado e pode ser considerado satisfatório para averiguar a dinâmica de uso e cobertura da terra nas APPs. A maior perda constatada com a redução na resolução foi a dificuldade de identificar alvos muito menores que a menor célula de resolução do sensor TM, como os rios com largura inferior a 10 m. Neste caso, dados orbitais mais precisos são necessário para a correta identificação dos canais de drenagem que serão utilizados como base para a delimitação das APPs no entorno dos cursos d'água.

Outros estudos também evidenciam maior acurácia no mapeamento das zonas ripícolas com dados orbitais de alta resolução espacial quando comparados aos de média ou baixa resolução. Hill e Harvey (2001) constataram que o mapeamento da vegetação ripícola pela interpretação visual de fotos aéreas (1:15.000) superou em 300% a classificação não-supervisionada realizada sobre imagens TM/Landsat. Os autores sugeriram que além do incremento na resolução espacial, o uso da informação contextual e textural no processo de

fotointerpretação aumentaram a acurácia na identificação das feições. Lattin et al. (2004) verificaram que o mapeamento das zonas ripícolas proveniente da classificação sobre uma imagem TM/Landsat foi menos acurado que os mapas derivados da interpretação visual sobre fotografias aéreas. Os autores constataram que o erro entre os mapas diminuía conforme o tamanho do buffer aumentava de 30 para 150 metros. Johansen e Phinn (2006) também averiguaram superestimação na determinação da largura da zona ripícola com dados ETM+/Landsat, sendo essa extensão melhor determinada quando da ampliação para 50 metros. Esses resultados sugerem que um mapa produzido sobre uma imagem de média resolução espacial (TM/Landsat) para a análise da cobertura da terra nas APPs é limitado, a não ser que os mesmos sejam desenvolvidos especificamente para o mapeamento de zonas ripícolas mais largas (acima de 30 m).

No presente estudo, a delimitação da zona ripícola nas imagens TM/Landsat, que define as Áreas de Preservação Permanente, foi realizada a partir dos canais de drenagem mapeados sobre os mosaicos da videografia, não resultando em problemas deste âmbito. Congalton et al. (2002) também expuseram que o mapeamento da cobertura da terra na zona ripícola torna-se superior quando o delineamento é realizado diretamente sobre a rede de drenagem para posterior geração do buffer, como o executado neste estudo.

Com intuito de averiguar em qual classe o erro de classificação foi maior, a avaliação entre as classificações foi refeita separando a classe vegetação, editada nos mosaicos, em floresta e capoeira. Nesta análise verificou que o acerto de 74,94% da classe vegetação correspondia, em maior parte, à classe floresta (85,72%) editada sobre os mosaicos da videografia, e o maior erro (37,26%) estava associado à classe capoeira (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 - Matriz de confusão entre as classificações das APPs realizadas sobre dados da videografia e do sensor TM/Landsat considerando as três classes editadas sobre os dados de vídeo (unidade: pixels).

Classes	Dados de referência - Videografia			
	Capoeira	Floresta	Desmatamento	Total classificação
Vegetação	518.705	802.264	1.920.917	3.241.886
Desmatamento	307.992	133.685	5.405.750	5.847.427
Total referência	826.697	935.949	7.326.667	9.089.313
Acerto	62,74%	85,72%	73,78%	
Erro	37,26%	14,28%		
Acurácia total	74,01%			

Embora se tenha considerado que a vegetação (florestas e capoeiras em diferentes estágios de regeneração) apresentava valores de nível de cinza expressivamente menores que as áreas desmatadas na imagem fração solo (MELLO et al., 2003; CÂMARA et al., 2006), o maior erro de classificação de dados do sensor TM foi obtido na classe de cobertura da terra capoeira (37,26%). Isto pode ter ocorrido possivelmente em razão a comportamentos diferentes desta classe que incluem valores de nível de cinza mais elevados da imagem-fração solo nos estágios iniciais de regeneração combinados com a ocorrência de maior homogeneidade do dossel em estágios em que a vegetação passou a cobrir mais uniformemente o solo (ALMEIDA, 2008).

5.5 Análise multitemporal através de dados TM/Landsat

5.5.1 Mudança da cobertura da terra nas APPs

O desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente aumentou gradativamente durante o período de análise, como pode ser observado no padrão crescente da medida de tendência central relativa ao percentual desmatado nas APPs nos anos analisados (Figura 5.14).

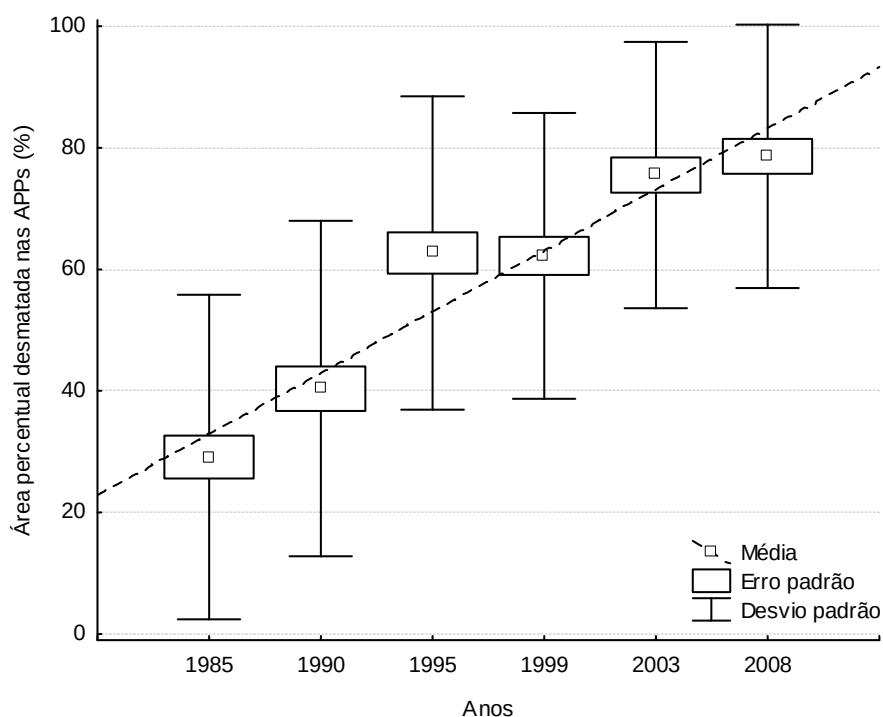


Figura 5.14 – Medida de tendência central (média), erro e desvio padrão associados à fração desmatada nas Áreas de Preservação Permanente para os anos de análise.

A análise de regressão logística apresentou parâmetros estatisticamente significativos, permitindo afirmar que a perda da cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente na área de estudo foi contínua ao longo do tempo (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 - Parâmetros da regressão logística entre a fração de desmatamento nas APPs entre os anos analisados.

Variáveis	b	Erro padrão	p-valor
Intercepto	-198,70	32,029	0,000
Anos	0,099	0,016	0,000

Estes dados evidenciam que em nenhum período, dentro do limite de tempo analisado, houve redução ou impedimento do desmatamento nas APPs na área de estudo, sugerindo a debilidade da instituição de manutenção das APPs.

A partir da inversão do modelo logístico foi possível estimar a fração de desmatamento nas APPs para os valores igual a 0 e 100% de desmatamento

(Figura 5.15). Visualmente é possível constatar que a estimativa da fração da área desmatada nas APPs aumentou gradativamente até o início da década de 70, quando foram criados os primeiros assentamentos rurais em Rondônia, e, a partir deste período, o desmatamento aumentou expressivamente. Os dados utilizados neste estudo estão distribuídos nesta porção da curva, isto é, o ajuste da regressão se deu exatamente no período em que ocorreu a ocupação concentrada na região.

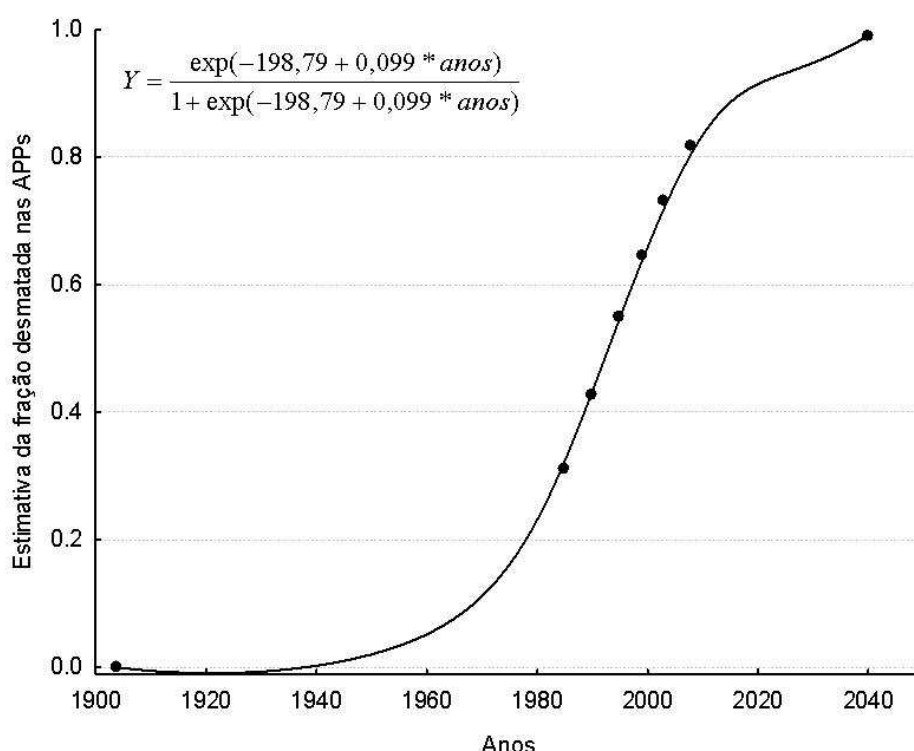


Figura 5.15 - Estimativa da fração desmatada nas APPs entre 0 e 1. Modelo ajustado para o período de 1985 a 2008.

Referindo-se à conservação das APPs, a área vegetada passou de 72,68% da área total analisada em 1985 para 38,33% em 1995 e 21,40% em 2008. Esses resultados também evidenciam o modelo sigmóide de distribuição dos dados, onde no início deste estudo a perda da vegetação foi mais rápida, reduzindo ao final. A perda total de vegetação nas APPs na área de estudo foi de 473,14 ha em 23 anos, uma redução de 71,14%. Isto significa que somente 28,85% do que existia originalmente em 1985 está presente em 2008.

Em Rondônia, Linhares (2005) também verificou desrespeito a legislação vigente ao longo dos anos na bacia hidrográfica do rio Ji-Paraná. A autora constatou que a perda total da área vegetada nas APPs foi de 47% em 23 anos, de 1.257 km² em 1978 passou para 587 km² em 2001.

Outro resultado averiguado neste estudo foi a variação da taxa de desmatamento no interior das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo. Verifica-se na Figura 5.16 grande flutuação na taxa entre os períodos analisados, sendo o maior valor observado entre os anos 1990 a 95.

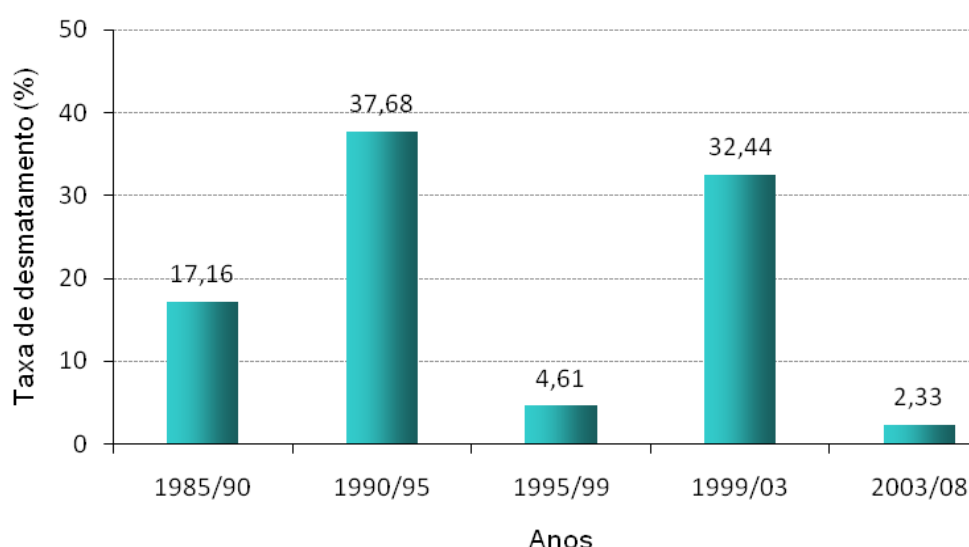


Figura 5.16 - Taxa de desmatamento das APPs por período expressa como a razão entre o incremento da área desmatada e a área de vegetação no início do período.

Este resultado é muito similar ao constatado no Estado de Rondônia, onde é possível observar variações semelhantes na taxa de desmatamento anual e uma evidente elevação em 1995 (INPE, 2008; Figura 3.3). O pico de desmatamento em 1995 pode ser observado em todos os Estados que compõem a Amazônia brasileira monitorados pelo Projeto PRODES (INPE, 2008). Fearnside (2006) sugere que as mudanças na taxa de desmatamento na Amazônia ao longo do tempo estão relacionadas às forças econômicas e que, em 1995, o pico no desmatamento foi resultado do Plano Real.

Diversos são os fatores que podem interferir nas taxas de desmatamento. Margulis (2004) comenta que nas décadas de 70 e 80 fora o subsídio governamental que impulsionara o desmatamento, mas que esta variável não pode estar relacionada às variações constatadas a partir dos anos 90. Outros fatores como a migração intra-regional, o aumento na acessibilidade local (centros urbanos e às rodovias) e o incremento da conexão com os mercados nacionais podem estar favorecendo as taxas de desmatamento e sua concentração espacial (ALVES, 2002b; CAMPARI, 2002; AGUIAR et al., 2007; SOLER et al., 2009).

5.5.2 Evolução do desmatamento nas APPs em diferentes estruturas fundiárias

A fração de área desmatada nas APPs aumentou de forma diferenciada entre as pequenas e grandes propriedades rurais ao longo do período analisado (Figura 5.17).

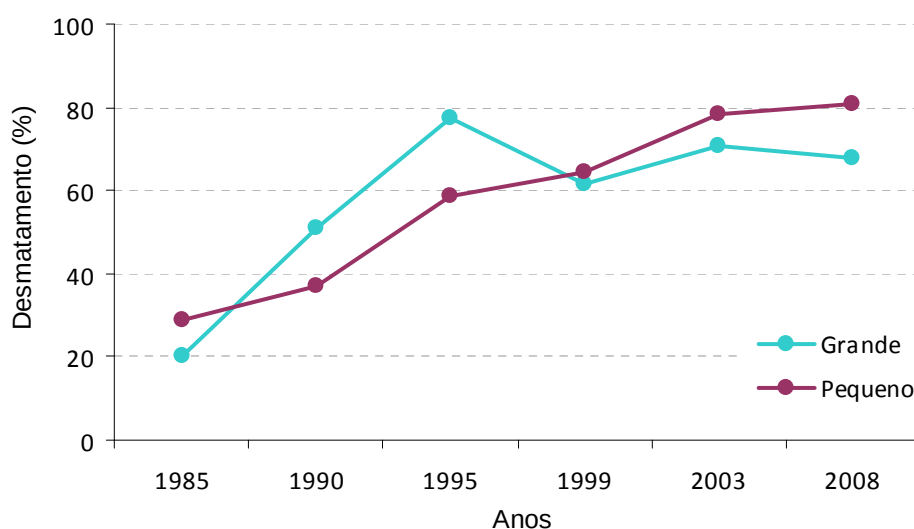


Figura 5.17 - Evolução da fração de desmatamento nas APPs nas grandes e pequenas propriedades rurais durante o período analisado.

Nas pequenas propriedades rurais o aumento da fração de desmatamento nas APPs apresentou um comportamento quase linear ao longo do período analisado. A fração desmatada quase triplicou em 23 anos, passou de 217,97 ha em 1985 para 599,98 ha em 2008, o incremento foi de aproximadamente

175% em relação a área desmatada de 85. Nas grandes propriedades rurais, a fração desmatada nas APPs aumentou rapidamente até 1995 e depois apresentou uma pequena redução até 2008, mas no total o incremento foi de aproximadamente 224%, passou de 32,08 ha em 85 para 104,05 ha em 2008.

Estes resultados mostram que durante o período de análise a perda da vegetação natural foi maior nas APPs das grandes propriedades rurais do que nas APPs das pequenas. Este fato pode estar refletindo a variação entre as estratégias de ocupação e uso da terra dos diferentes atores presentes na região (PEREIRA et al., 2007). Pondera-se, no entanto, que em 1985 e ao final do período, a fração desmatada nas APPs das pequenas propriedades era maior do que nas grandes. Isto demonstra que, apesar do maior incremento na área desmatada nas APPs das grandes propriedades durante o período analisado, o desrespeito a legislação vigente tende a ser mais expressivo nas pequenas propriedades rurais.

Apesar desta constatação, de acordo com a prova de Kolmogorov-Smirnov, não houve diferença estatisticamente significativa na fração do desmatamento nas APPs ao longo do período analisado entre os pequenos e os grandes proprietários rurais (Tabela 5.12). No teste, como o D máximo (calculado) foi menor que o D crítico (tabelado) em todas as datas analisadas, conclui-se que a fração desmatada nas APPS entre os pequenos e grandes produtores de terra era similar durante o período analisado.

Tabela 5.12 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração desmatada entre as pequenas (n=47) e grandes (n=11) propriedades no período de 1985 a 2008 ($\alpha=0,05$).

Variável	1985	1990	1995	1999	2003	2008	D critico
D máximo	0,296	0,317	0,250	0,075	0,118	0,279	0,455

Nos gráficos de distribuição de frequência acumulada apresentados na Figura 5.18, é possível observar que a falta de diferença significativa constatada na estatística descrita acima provém, em parte, da inversão que ocorre na frequência de amostras de APPs desmatadas entre as pequenas e grandes

propriedades, conforme a fração de desmatamento dentro da amostra aumenta. Verifica-se também que, na maior parte do período, as grandes propriedades apresentaram um maior número de amostras de APP com pequenas frações de áreas desmatadas do que as pequenas propriedades, sugerindo que estas estão desmatando mais as APPs devido a maior frequência de amostras com grandes frações de desmatamento.

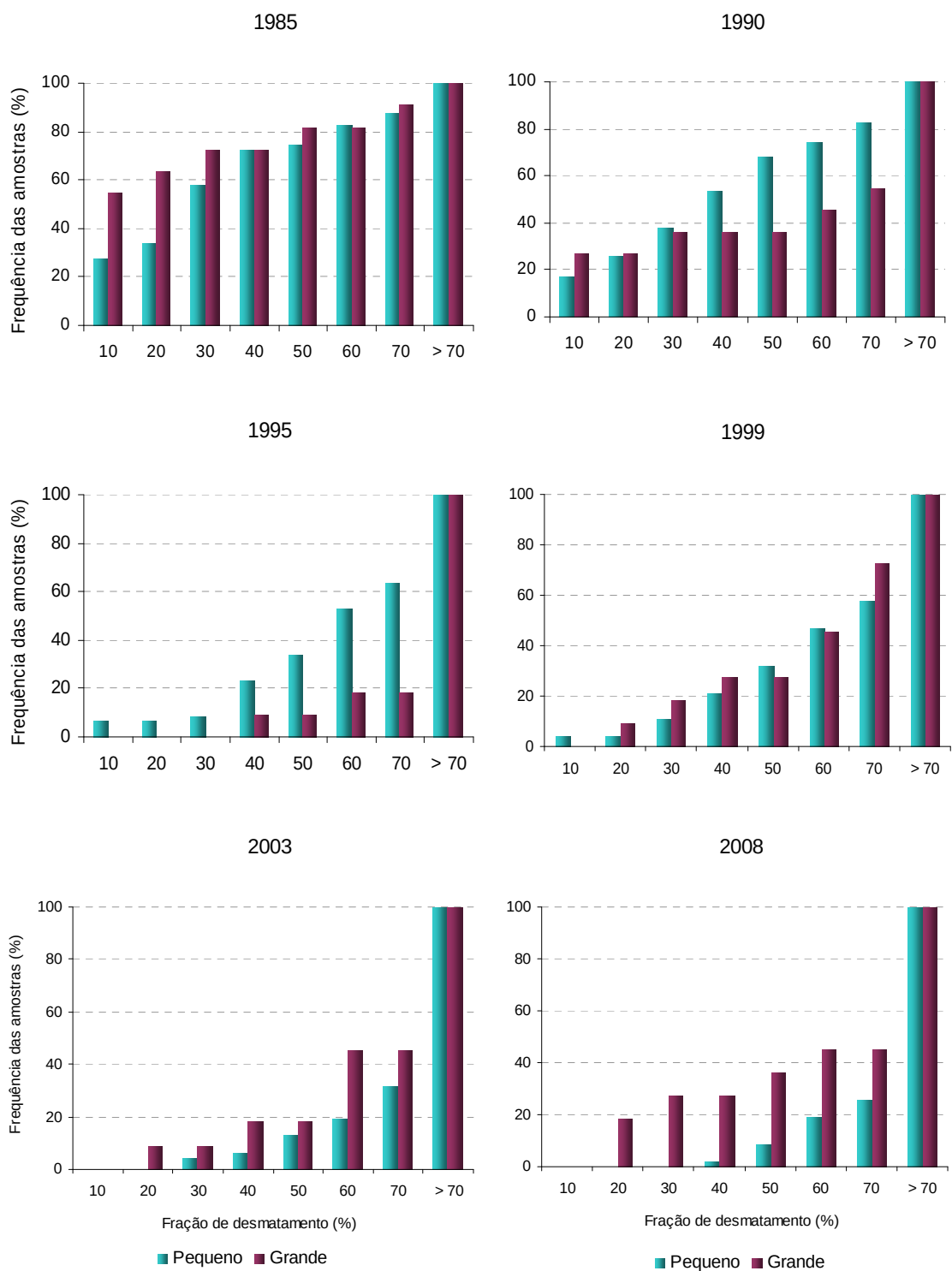


Figura 5.18 - Distribuição de freqüência acumulada da fração do desmatamento nas APPs nas grandes e pequenas propriedades rurais para o período analisado.

5.5.3 Evolução do desmatamento nas APPs a diferentes faixas de distância da BR-364

A proximidade da rodovia BR-364 não mostrou diferenças na área percentual desmatada nas amostras de APP ao longo dos anos analisados, segundo o teste de Kruskal-Wallis, ao nível de significância de 0,05 e $gl = 6$ (Tabela 5.13). Como nenhum valor de H calculado foi maior que X^2 , assume-se que os valores amostrais nas diferentes categorias de distâncias não diferem entre si e que todas as amostras, para cada ano, provêm de uma única população.

Tabela 5.13 - Teste de Kruskal-Wallis para a fração desmatada ($n=66$) nas APPs a diferentes distâncias da rodovia BR-364 durante o período analisado ($\alpha=0,05$).

Anos	1985	1990	1995	1999	2003	2008	X^2
H calculado	10,65	8,22	7,21	6,02	4,11	2,87	12,59

A partir dos valores totais da fração desmatada nas APPs para cada faixa de distância foi possível constatar que, em 1985 e 1990, o percentual desmatado foi maior quanto mais próximo à rodovia, diminuindo com o distanciamento da mesma (Tabela 5.14, Figura 5.19). Tal padrão gerou maior valor de H calculado (Tabela 5.13). Também foi averiguado que no meio do período (1995 e 1999), o desmatamento aumentou nas regiões mais distantes da rodovia e, ao final do período analisado (2003 e 2008), a fração desmatada era maior quanto mais distante da BR-364 (Figura 5.19).

Entretanto, a análise dos valores totais não expressa a variabilidade dos dados amostrais, podendo, a partir destes resultados, somente sugerir que na década de 80 a fração desmatada nas APPs era maior quanto mais próximo da BR-364 e, a partir de então, a fração de desmatamento nas APPs aumentou gradativamente, tornando-se semelhante a qualquer distância da rodovia.

Alves et al. (2003) verificaram na região centro-norte de Rondônia que o incremento da área desmatada em 1995 foi concentrado nas porções onde havia as maiores frações desmatadas em 1985, particularmente próximas a BR-364. A concentração do desmatamento em regiões próximas às principais

rodovias foi verificada em diversos estudos na Amazônia (ALVES, 2002a,b; ESCADA, 2003; AGUIAR et al., 2007) e, de forma especulativa, os resultados aqui encontrados para os valores totais sugerem que o mesmo está ocorrendo nas APPs.

Tabela 5.14 - Valores totais da fração de desmatamento nas APPs para cada faixa de distância da rodovia BR-364 no período de 1985 a 2008.

Distância (km)	n amostral	Desmatamento (%)					
		1985	1990	1995	1999	2003	2008
Até 5	10	34,95	59,2	75,1	63,8	77,7	73,7
5 a 10	7	32,15	39,3	77,5	72,8	75,0	71,7
10 a 15	14	31,83	41,6	53,8	66,5	77,8	81,3
15 a 25	8	31,99	26,2	41,8	52,3	67,3	68,5
25 a 35	11	14,27	31,8	67,3	66,5	77,0	76,9
35 a 45	11	25,12	36,1	58,3	67,5	77,7	89,2
> 45	6	10,05	21,8	56,3	53,6	88,8	90,6

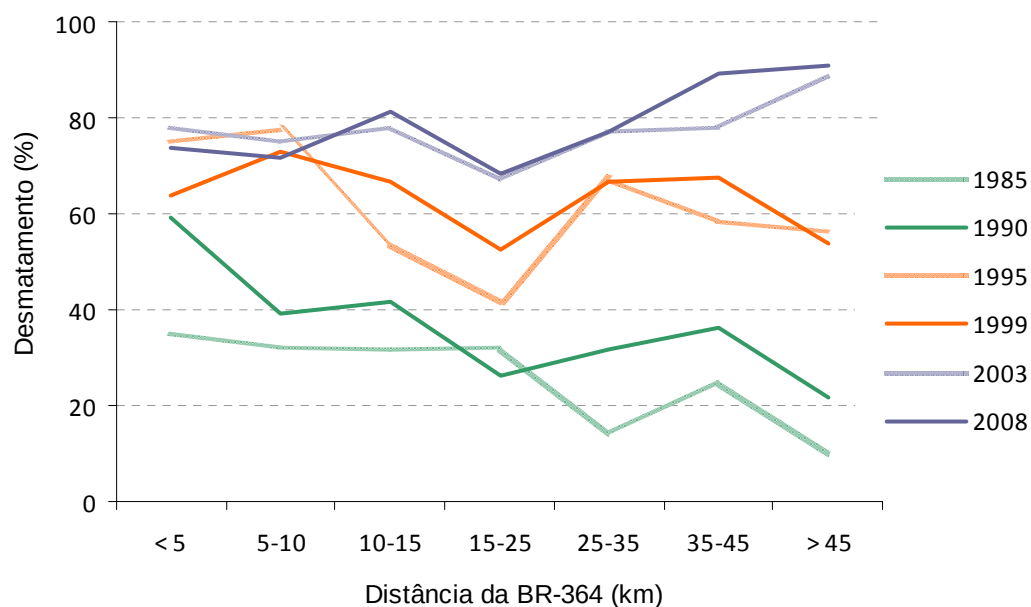


Figura 5.19 - Evolução da fração desmatada nas APPs a diferentes faixas de distâncias da BR-364 durante o período de 1985 a 2008.

Assim como exposto no subitem 5.3.2, esses resultados podem estar mascarados pela estratificação não uniforme das amostras na área de estudo (Figura 5.6).

5.5.4 Evolução do desmatamento nas APPs em diferentes projetos de assentamento rural

A grande diferença no n-amostral entre os assentamentos impossibilitou que fosse realizada análise estatística (teste de Kruskal-Wallis) para averiguar se há diferença significativa no desmatamento das APPs entre os assentamentos criados em diferentes datas (Figura 5.7). Entretanto, conforme apresentado no subitem 5.3.5, os assentamentos criados nos anos 70 (PIC Ouro Preto) e 74/75 (PAD Burareiro, Burareiro licitação e PIC Padre Adolpho Roll) possuem número de amostras suficiente para averiguar a existência de diferença significativa na cobertura da terra entre eles ao longo do tempo. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para este propósito (Tabela 5.15).

Tabela 5.15 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para a fração desmatada entre os assentamentos criados no ano 70 (n=22) e 74/75 (n=26) no período de 1985 a 2008.

Variável	1985	1990	1995	1999	2003	2008	D critico
D máximo	0,440	0,541	0,632	0,370	0,493	0,255	0,455

Os resultados demonstram existência de diferença estatisticamente significativa na fração desmatada nas APPs entre os assentamentos implantados em 1970 e 1975 para os anos de 1990, 1995 e 2003. Essa informação sugere que a dinâmica no processo de mudança da cobertura da terra nas APPs diferiu, com o passar dos anos, de forma não uniforme dentro dos assentamentos rurais estudados (Figura 5.20).

Diversas variáveis podem estar conjuntamente influenciando a mudança na fração do desmatamento nas APPs ao longo do tempo. A complexidade e a heterogeneidade dos ambientes em escalas regionais e locais devem ser consideradas (PEREIRA et al., 2007). E fatores como a acessibilidade aos mercados locais, as características biofísicas, as variáveis socioeconômicas, a

conexão ao mercado nacional e o histórico de ocupação da área analisada, não foram no presente estudo explorados e são considerados determinantes da mudança do uso e cobertura da terra na Amazônia (AGUIAR et al., 2007; SOLER et al., 2009).

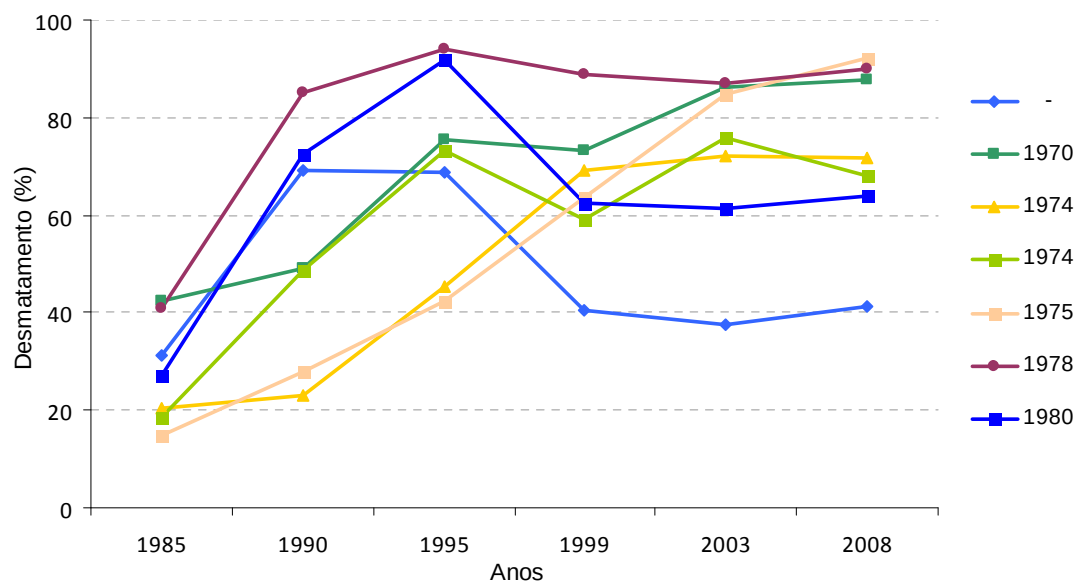


Figura 5.20 - Evolução da fração desmatada nas APPs dos assentamentos rurais estudados durante o período de 1985 a 2008.

6 CONCLUSÕES

6.1 A manutenção das Áreas de Preservação Permanente

A manutenção das Áreas de Preservação Permanente na área de estudo está muito aquém do estabelecido no Código Florestal brasileiro. O não cumprimento do Código Florestal, no que concerne à perda da vegetação ao longo dos rios, é problema frequentemente observado nas mais diversas bacias hidrográficas brasileiras, assim como constatado por este trabalho em Rondônia.

6.2 Fatores que determinam a cobertura da terra nas APPs (videografia)

A cobertura da terra nas APPs não apresentou diferença significativa entre as pequenas e as grandes propriedades rurais, indicando que os pequenos proprietários de terra não preservam as APPs de forma diferente dos grandes proprietários.

As classes de cobertura da terra desmatamento, capoeira e floresta nas APPs não apresentaram diferenças significativas em função da distância à rodovia BR-364.

A fração de capoeira diferiu significativamente nas APPs dos assentamentos PIC Ouro Preto, criado nos anos 70, dos PADs Burareiro e Burareiro licitação, implantados em 1975. A maior proporção de capoeira presente nas APPs dos assentamentos criados em 1975 (16%) em relação aos de 1970 (4%), sugere que mesmo havendo ocorrido o processo de regeneração, essa classe de cobertura deve ter sido novamente derrubada. A fração das demais classes de cobertura da terra não apresentou diferença significativa com relação à idade de criação dos assentamentos. A quantidade de amostras nos demais assentamentos não era suficiente para a aplicação dos testes estatísticos deste trabalho.

6.3 A evolução do desmatamento nas APPs com dados do sensor TM

O desmatamento nas Áreas de Preservação Permanente apresentou aumento significativo entre 1985 a 2008.

Não foram observadas diferenças significativas na fração desmatada nas APPS entre os pequenos e grandes produtores de terra durante o período analisado.

Em nenhum ano, foram observadas diferenças significativas na distribuição da fração desmatada das APPS para diferentes faixas de distância à BR-364.

Não foram observadas diferenças significativas nas frações desmatadas das APPs entre os assentamentos rurais criados até 1970 e até 1975.

6.4 Considerações de ordem metodológica

A técnica de videografia aerotransportada pode ser considerada adequada na delimitação de canais de drenagem de quaisquer larguras e na caracterização e análise da cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água.

O uso da videografia aerotransportada não é apropriado para grandes áreas de estudo devido ao pré-processamento e processamento trabalhosos. Nestes casos, os dados podem ser utilizados para simples conferência por meio da visualização do vídeo.

A classificação da imagem TM/Landsat através do fatiamento na imagem-fração solo pode ser considerada adequada para a discriminação das classes de cobertura desmatamento e vegetação nas APPs.

6.5 Recomendações

Com base nos resultados e conclusões desta tese, aqui serão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) Relacionar a análise das APPs ao longo dos cursos d'água com a conectividade de fragmentos florestais, considerando sua funcionalidade como corredores biológicos na paisagem;

- b) Incluir informações de campo na avaliação da cobertura da terra em APPs, para melhor compreender as causas que levam à supressão da vegetação natural nessas áreas;
- c) Explorar o uso dos dados de videografia aerotransportada no âmbito de outros estudos;
- d) Usar de estratégias amostrais considerando eventuais particularidades nos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, A. G. **Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens Landsat 7 ETM+**. 2004. 120p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2004.

AFFONSO, A. G.; VALERIANO, D. M.; BATISTA, G. T. Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectral do sensor ETM+ do Landsat 7. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 1399-1406.

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

AHRENS, S. O “novo” código florestal brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais. . In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo, Brasil. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Brasília: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003, p. 1-15.

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G.; LAMEIRA, W. J. M. Avaliação dos usos da terra e de áreas degradadas utilizando Imagem de satélite e videografia no leste do estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2007, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003, p. 1243-1245.

ALMEIDA, C. A. **Estimativa da área e tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia legal Brasileira com imagens Landsat/TM**. 2008. 129p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2008.

ALMEIDA, L. **Garimpo ilegal**: fiscalização do Ibama de Rondônia evita crime ambiental. In: PORTAL ECODEBATE. Disponível em:

<<http://www.ecodebate.com.br/2009/01/22/garimpo-ilegal-fiscalizacao-do-ibama-de-rondonia-evita-crime-ambiental/>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

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

ALVES, D. S.; PEREIRA, J. L.G.; DE SOUSA, C. L.; SOARES, J. V.; YAMAGUCHI, F. Classification of the deforested area In Central Rondônia using TM imagery. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998, p. 1421-1432.

ALVES, D. S.; PEREIRA, J. L. G.; DE 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. Space–time dynamics of deforestation in Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2903–2908, 2002.

ALVES, D. S. An analysis of the geographical patterns of deforestation in the Brazilian Amazon in the period 1991-1996. In: WOOD, C.H.; PORRO, R. (Ed.). **Deforestation and land use in the Amazon**. Florida: University Press of Florida, 2002. Part I, p. 94-106.

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

ANDERSEN, L. E.; REIS, E. J. **Deforestation, development, and government policy in the Brazilian Amazon**, n. 513, Rio de Janeiro. 1997. Texto para discussão.

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

BENTOUTOU, Y.; TALEB, N.; KPALME, K.; RONSIN, J. An Automatic Image Registration for Applications in Remote Sensing. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 43, n. 9, 2005.

BLEY Jr, C.; BASTOS de, E. F.; SIMONI, F.; BRUN, M. R.; LOCH, C. Código Florestal Brasileiro: Considerações sobre o Artigo segundo e dezesseis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO. 2004, Florianópolis, Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2004, p. 1-6.

BONNER, K. G. Riparian vegetation mapping in northeastern Califórnia using hight altitude color infrared aerial photography. In: Color Aerial Photography: 8th Biennial – Workshop, **Proceedings...** p. 29-37, 1981.

BRAINWOOD, M. A.; BURGIN, S.; MAHESHWARI, B. Temporal variations in water quality of farm dams: impacts of land use and water sources. **Agricultural Water Management**, v. 70, p. 151–175, 2004.

BRANDÃO A., SOUZA C. **Desmatamento nos assentamentos de reforma agrária na Amazônia**. O Estado da Amazônia, n. 7, 2006. Disponível em: <www.imazon.org.br>. Acesso em: 23 abr. 2008.

BRASIL. Decreto N° 23.793 de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm>. Acesso em: 23 mar. 2006.

BRASIL. Lei Nº 4.771 de 15 de setembro 1965. Institui o novo Código Florestal. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 23 mar. 2006.

BRASIL. Decreto-Lei Nº 1.106 de 16 de junho 1970. Cria o Programa de Integração Nacional, altera a legislação do imposto de renda das pessoas jurídicas na parte referente a incentivos fiscais e dá outras providências. **JusBrasil Legislação**. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/125994/decreto-lei-1106-70>>. Acesso em: 17 set. 2007.

BRASIL. Lei Nº 7.511 de 07 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. **Direito Ambiental**. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/7511-86.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2006.

BRASIL. Artigo Nº 186º da Constituição Federal, de 1988. Dispõe sobre a política agrícola e fundiária e da reforma agrária. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constitui%C3%A7ao_Compilado.htm>. Acesso em: 17 abr. 2009.

BRASIL. Lei 7.803 de 15 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. **Direito Ambiental**. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/7803-89.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2006.

BRASIL. Medida provisória 2.166-67 de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 10, 40, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal. **Direito Ambiental**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/med_provisori/a/2001_Med_Prov_2166_67.pdf>. Acesso em: mar. 2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA N°303, de 20 de março de 2002** . Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: < <http://mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30203.html> >. Acesso em: 02 ago. 2006.

SECRETARIA DO ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM/RO). **Programa vai recuperar mata ripícola de Rondônia**. Disponível em: <<http://portalamazonia.globo.com/noticias.php?idN=80787&idLingua=1>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

BROWDER, J. O.; PEDLOWSKI, M. A.; WALKER, R. Revisiting theories of frontier expansion in the Brazilian Amazon: a survey of the colonist framing population in Rondônia's post-frontier, 1992-2002. **World Development**, v. 36, n. 8, p. 1469-1492, 2008.

BURLEY, J. B. International greenways: a Red River Valley case study. **Landscape and Urban Planning** , v. 33, p. 195-210, 1995.

BURSZTYN, M. A. A.; BURSZTYN, M.; ASSUNÇÃO, F. N. A. Aspectos legais e institucionais da gestão ambiental na Amazônia. In: Sayago, D.; Tourrand, J-F.; Burszty, M. (orgs) **Amazônia: cenas e cenários**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004. parte 4, p. 263-293.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: INPE, 2006, 23p.

CAMPARI, J. S. **Challenging the turnover hypothesis of Amazon deforestation**: evidence from colonization projects in Brazil. 359p. Tese (Doutorado em Filosofia) - Faculty of the Graduate School of The University of Texas, Austin, 2002.

CARVALHO, J. C. **Meio ambiente e uso da terra**. São Paulo, 2006. Palestra apresentada no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP), em 05 abr. 2006.

CARVER, A. D.; THURAU, R. G.; WHITE, E. M.; LAZDINIS, M. Applying spatial analysis to forest policy evaluation: case study of the Illinois Forestry Development Act. **Environmental Science & Policy**, v. 9, p. 253-260, 2006.

CASTELLARI, S. P.; MAURANO, L. E.; ESCADA, M. I. S. Biblioteca Digital de Videografia Aérea da Amazônia na Web. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 6647-6652.

CHEN, S. E. QuickTime VR – An image-based approach to virtual environment navigation. In: COMPUTER GRAPHICS ANNUAL CONFERENCE SERIES, 1995, Los Angeles, USA. **Proceedings...** New York: SIGGRAPH, 1995, p. 29-38.

CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. **Geographic patterns of land use and land intensity in the Brazilian Amazon**. Washington, D.C.: World Bank, Development Research Group, Draft Paper, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. In: Christololetti, A. (org.) **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. cap. 3, p. 65-101.

CHRISTOVÃO, D. Mata ripícola gera crédito de carbono. **Jornal Valor Econômico**, São Paulo, 29 dez. 2003. Caderno Legislação & Tributos.

FEARNSIDE, P. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. **Ambio**, v. 22, n. 8, 1993.

COLWELL, R. N. Procurement of arerial photography. In: **Manual of Photographic Interpretation**. Washington: American Society of Photogrammetry, 1960. cap. 2, p. 19-98.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. London: Lewis Publishers, 1999, 137p.

CONGALTON, R. G.; BIRCH, K.; JONES, R.; SCHRIEVER, J. Evaluating remotely sensed techniques for mapping riparian vegetation. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 37, p. 113-126, 2002.

COOPS, N. C.; CATLING, P. C. Predicting the complexity of habitat in forest from airborne videography for wildlife management. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 12, p. 2677-2682, 1997.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI).

Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. Disponível em:

<<http://dsmm.cati.sp.gov.br/Cati/projetos/pemh/pemh.php>>. Acesso em: 13 set. 2007.

COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1996, Salvador, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 121-127.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992, 170p.

D'ALMEIDA, C.; VÖRÖSMARTY, C. J.; HURTT, G. C.; MARENGO, J. A.; DINGMAN, S. L.; KEIM, B. D. Review - The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. **International Journal of Climatology**, v. 27, p. 633-647, 2007.

DIAS, C. R. S. **O lugar da natureza na história dos homens**. 178p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro. 2004.

DOSSKEY, M. G.; EISENHAUER, D. E.; HELMERS, M. J. Establishing conservation buffers using precision information. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 60, n. 6, p. 1-6, Nov 2005.

DU, Q.; RAKSUNTORN, N.; ORDUYILMAZ, A.; BRUCE, L. M. Automatic registration and mosaicking for airborne multispectral image sequences. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 74, p. 169-181, 2008.

EGLER, C. A. G. 2001. **Mudanças recentes no uso e cobertura da terra no Brasil**. Texto apresentado no Seminário; “Dimensões Humanas de Mudanças Ambientais Globais: perspectivas brasileiras”, Campinas, UNICAMP, junho de 2001. 31p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **Working with ArcView spatial analyst**. California: Environmental Systems Research Institute, 1998. p. 2-3.

ESCADA, M. I. S. **Evolução de padrões da terra na região centro-norte de Rondônia**. 166p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2003.

ESCOBAR, D. E.; EVERITT, J. H.; NORIEGA, J. R.; CAVAZOS, I.; DAVIS, M. R. A Twelve-Band Airborne Digital Vídeo Imaging System (ADVIS). **Remote Sensing of Environmental**, v. 66, n.2, p. 122-128, 1998.

EVERITT, J. H.; YANG, C.; ESCOBAR, D. E.; LONARD, R. I.; DAVIS, M. R. Reflectance characteristics and remote sensing of a riparian zone in south Texas. **The Southwestern Naturalist**, v. 47, n. 3, p. 433-439, 2002.

FEARNSIDE, P. M. **A ocupação humana de Rondônia: impactos, limites e planejamentos**. Relatório de Pesquisa 5. Brasília: Assessoria Editorial e Divulgação Científica. 1989, 76p.

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

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 6, p. 395-400, 2006.

FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A.; THEOBALD, D. M.; BALLESTER, M. V. R. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. **Forest Ecology and Management**, v. 204, p. 67-83, 2005.

FERREIRA, M. T.; AGUIAR, F. C.; NOGUEIRA, C. Changes in riparian woods over space and time: influence of environment and land use. **Forest Ecology and Management**, v. 212, p. 145-159, 2005.

FIORIO, P. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; SPAROVEK, G. Cronologia e impacto ambiental do uso da terra na microbacia hidrográfica do Ceveiro, Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 671-679, 2000.

FUTEMMA, C.; BRONDIZIO, E. S. Land Reform and Land-Use Changes in the Lower Amazon: Implications for Agricultural Intensification. **Human Ecology**, v. 31, n. 3, p. 369-402, 2003.

GOODLAND, R. J. A. Environmental Ranking of Amazonian Development Projects in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 7, n. 1, p. 9-26, 1980.

GOZA, F. Brazilian frontier settlement: The case of Rondônia. **Population Environment**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 1994.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (orgs). 7ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 472p.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K. W. An ecosystem perspective of riparian zones. **BioScience**, v. 41, n. 8, p. 540 – 554, Sept 1991.

HARVEY, K. R.; HILL, G. J. E. Vegetation mapping of a tropical freshwater swamp in the Northern Territory, Australia: a comparison of aerial photography, Landsat TM and SPOT satellite imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 15, p. 2911-2925, 2001.

HESS, L. L.; NOVO, E. M. L. M.; SLAYMAKER, D. M.; HOLT, J.; STEFFEN, C.; VALERIANO, D. M.; MERTES, L. A. K.; KRUG, T.; MELACK, J. M.; GASTIL, M.; HOLMES, C.; HAYWARD, C. Geocoded digital videography for validation of land cover mapping in the Amazon basin. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.7, p. 1527-1556, 2002.

HOLANDA, S. B. 1995. **Raízes do Brasil**. São Paulo: Companhia das Letras. 220p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Roteiro de uma viagem**. Guerra, A. T.; Carvalho, E. (orgs). Rio de Janeiro: IBGE, 1960, 270p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997, 207p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Perfil dos Municípios Brasileiros - meio ambiente 2002**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 382p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas das rodovias do Estado de Rondônia**. 2005. 1 Mapa. Escala: 1:250.000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/bases_cartograficas_cartas.php>. Acesso em: 16 nov. 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite 2000 - 2001**. Separata. São José dos Campos: INPE, 2002, 21p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Programa de cálculo do desmatamento da Amazônia (PRODES)**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital.php>>. Acesso em: 23 nov. 2008.

JENNINGS, R. **Consumer and professional digital video recording and data formats**. 1999. Disponível em: <http://www.oakmusic.com/parkplace/Video/DVDPapers/dv_format.html>. Acesso em: 15 jun. 2006.

JENSEN, T; APANB, A.; YOUNG, F.; ZELLER, L. Detecting the attributes of a wheat crop using digital imagery acquired from a low-altitude platform. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 59, p. 66-77, 2007.

JOHANSEN, K.; PHINN, S. Mapping structural parameters and species composition of riparian vegetation using IKONOS and Landsat ETM+ data in Australian tropical savannahs. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, p. 71-80, 2006.

JORGE, F. N.; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A., M. S.; BRITO, S. N. A. (eds.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, cap. 7, 1998. 587p.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A.; CARPANEZZI, A. A. Implantação de matas ripícolas: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA RIPÍCOLA. 1989. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill. 1989. p.130-143.

KAUFFMAN, J. B.; KRUEGER, W. C. Livestock impacts on riparian ecosystems and streamside management implications. A review. **Journal of Range Management**, v. 37, n. 5, p. 430-438, 1984.

LATTIN, P. D.; WIGINGTON, P. J.; MOSER, T. J.; PENISTON, B. E.; LINDEMAN, D. R. OETTER, D. R. Influence of remote sensing imagery source on quantification of riparian land cover/land use. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 40, n. 1, p. 215-227, 2004.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001, 240p.

LEYTON, K. **Dinâmica de florestas nativas em áreas de expansão de eucalipto no Estado de São Paulo**. 2008. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 2008.

LIMA, W. P; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ripícolas. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/mataripicola.asp>> Acesso em: 02 ago. 2006.

LINHARES, C. A. **Influência do Desmatamento na Dinâmica da Resposta Hidrológica na Bacia do Rio Ji-Paraná / RO**. 2006. 217p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2005.

LONARD, R. I.; JUDD, F. W.; EVERITT, J. H.; ESCOBAR, D. E.; ALANIZ, M. A.; CAVAZOS III, I.; DAVIS, M. R. Vegetative change on South Padre Island, Texas, over twenty years and evaluation of multispectral videography in determining vegetative cover and species identity. **The Southwestern Naturalist**, v. 44, n. 3, p. 261-271, 1999.

LONARD, R. I.; JUDD, F. W.; EVERITT, J. H.; ESCOBAR, D. E.; DAVIS, M. R.; CRAWFORD, M. M.; DESAI, M. D. Evaluation of color-infrared photography for

distinguishing annual changes in riparian forest vegetation of the lower Rio Grande in Texas. **Forest Ecology and Management**, v. 128, p. 75-81, 2000.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 7. ed. São Paulo: Malheiros, 1999. 894 p.

MACHADO, L. A fronteira agrícola na Amazônia brasileira. In: CHRISTOFOLETTI, A.; BECKER, B. K.; DAVIDOVICH, F. R.; GEIGER, P. P. (orgs) **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Hicitec, p. 181-217, 2002.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A.; XAVIER, A. C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. **Revista Brasileira de Ciências dos Solos**, v. 27, p. 727-733, 2003.

MACHADO, J. O fantasma da escassez. **Revista Exame**, v. 848, n. 15, ano 39. Informe publicitário, p.106-109. 2005.

MACHADO, N. R. **Meio ambiente e uso da terra**. São Paulo, 2006. Palestra apresentada no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (USP), em 05 abr. 2006.

MAGALHÃES, J. M. REFLORESTAMENTO: **Alternativa para o suprimento futuro da indústria madeireira rondoniense**. Disponível em: <http://74.125.47.132/search?q=cache:zAD1VJbwPpEJ:www.confaeab.org.br/noticias/posicionamento_comunidade_cientifica_rondonia.doc+REFLORESTAMENTO+%E2%80%93+Alternativa+para+o+suprimento+futuro+da+ind%C3%BAstria+madeireira+rondoniense.&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-a>. Acesso em: 18 abr. 2009.

MAIA, J. S.; VALERIANO, D. M. Transgressão do Código Florestal do Município de Piquete–SP. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

SENSORIAMENTO REMOTO, 2001, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001, p. 611-616.

MAIA, J. S. M. **Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira**. 2002. 174p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2002.

MAILLARD, P.; SANTOS, N. A. P. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed – Brazil. **Journal of Environmental Management**, n. 86 , p. 158-170, 2008.

MARSH, S. E. WALSH, J. L.; LEE, C. T.; GRAHAN, L. A. Multispectral analysis of hazardous waste sites through the use of a new bi-spectral video remote sensing system and standard color IR photography. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, n. 9, p. 1221-1226, 1991.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**. USA: World Bank working paper, n. 22, 2004, 170p.

MARTINS, S. S. **Recomposição de matas ripícolas no estado do Paraná**. Maringá: Clichetec, 2005. 32p.

MARTINS, P. S. Dinâmica evolutiva em roças de caboclos amazônicos. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 209 -220, jan/abr 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142005000100013&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 09 set. 2008.

MATIAS, F. O. **Ocupação, políticas públicas e gestão ambiental de unidade de conservação do Estado de Rondônia: o estudo do caso do parque nacional de Guajará Mirim**. 255p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

MATHER, A. S.; NEEDLE, C. L. The forest transition: a theoretical basis. **Area**, v. 30.2, p. 117-124, 1998.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester, England: John Wiley & Sons, 1999. 292p.

MATLAB. **Tutorial**. The MathWorks, Inc. Disponível em:

<<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/index.html?/access/helpdesk/help/techdoc/ref/f16-6011.html>&<http://www.mathworks.com/support/product/product.html?product=ML>> Acesso em: 17 ago. 2009.

MAUSEL, P. W.; EVERITT, J. H.; ESCOBAR, D. E.; KING, D. J. Airborne videography: current status and future perspectives. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n. 8, p. 1189-1195, 1992.

MAYAUX, P.; DE GRANDI, G.; MALINGREAU, J-P. Central African Forest Cover Revisited: A Multisatellite Analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 71, n. 2, p. 183-196, Feb. 2000.

MCCRACKEN, S. D.; BRONDIZIO, E. S.; NELSON, D.; MORAN, E. F.; SIQUEIRA, A. D.; RODRIGUEZ-PEDRAZA, C. Remote sensing and GIS at farm property level: demography and deforestation in the Brazilian Amazon. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 11, p. 1311-1320, 1999.

MEISNER, D. E. Fundamentals of airborne video remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 19, p. 63-79, 1986.

MELO, I. D. F.; PAIXÃO, S. K. S.; LIMA, A. L.; CARNEIRO, A. F. T. Aplicação do código florestal brasileiro em zonas urbanas: Análise espacial de áreas de preservação ao longo de cursos d'água. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3805-3812.

MELLO, N. A. **Políticas públicas territoriais na Amazônia brasileira: Conflitos entre conservação ambiental e desenvolvimento 1970 – 2000.** 2002. 322p. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2002.

MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; DOS SANTOS, J. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V.; SOUZA, I. M.; BARBOSA, C. C.; SOUZA, R. C. M.; PAIVA, J. A. C. Técnicas de modelo de mistura espectral, segmentação e classificação de imagens TM Landsat para o mapeamento do desmatamento da Amazônia. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003, p. 2807-2814.

MELLO, A. J. H.; ALVES, D. S. Padrões de desmatamento no regime fundiário de fronteira da Amazônia brasileira. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 3053-3060.

MENDES, J. C. T. **Caracterização fitogeográfica como subsídio para a recuperação e a conservação da vegetação na bacia do rio Corumbataí, SP.** 60p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 2004.

MENDES, M. **Aspectos históricos e gerais do Estado de Rondônia.** 2008. 12 p. Disponível em: <<http://www.ale.ro.gov.br/estudos/artigos/>>. Acesso em: 27 nov. 2008.

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

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E. S.; TUCKER, J. M. SILVA-FORSBERG, M. C.; McCracken, S.; FALESI, I. Effects of soil fertility and land-use on forest

succession in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 139, p. 93-108, 2000.

MOTTA, R. S. **Desafios ambientais da economia brasileira**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA, nº 509, 1997. Texto para Discussão

MULLER, E. Mapping riparian vegetation along rivers: old concepts and new methods. **Aquatic Botany**, n. 58, p. 411-437, 1997.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: Riparian zones. **Annual Reviews in Ecological Systems**, v. 28, p. 621-658, 1997.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiania, Brail. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2289-2296.

NEPSTAD D.C.; STICKLER C. M.; ALMEIDA O. T. Globalization of the Amazon soy and beef industries: Opportunities for conservation. **Conservation Biology**, v. 20, n. 6, p. 1595-1603, 2006.

NETER, J; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. **Applied Linear Statistical Models**. 4. ed. New York: WCB McGraw-Hill. 2004. 1400 p.

NEUMANN, P. S.; LOCH, C. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 243-249, 2002.

Arco de Fogo conclui trabalhos em Machadinho D'Oeste, Rondônia, com 15 milhões em multas. **Notícias da Amazônia** Disponível em <
<http://www.noticiasdaamazonia.com.br/2041-arco-de-fogo-conclui-trabalhos-em-machadinho-d%E2%80%99oeste-rondonia-com-15-milhoes-em-multas/>>. Acesso em: 17 abr. 2009.

NOVO, E. M. L. M. **Metodologia de interpretação visual de imagens MSS/Landsat para a caracterização da rede de drenagem**. Publicação Interna, São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1985. (INPE - 3618 - MD/028).

PANCHER, A. M., FREITAS, M. I. C. O auxílio das imagens de videografia para mapeamento de alvos urbanos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 621-628.

PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia. **Ambiente & Sociedade**, v.2, n. 5, p. 93-107, 1999.

PEREIRA, L. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Análise da evolução do desmatamento em áreas de pequenas, médias e grandes propriedades na região centro-norte de Rondônia, entre 1985 e 2000. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 6905-6912.

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

PERZ, S. G.; WALKER, R. T. Household life cycles and secondary forest cover among small farm colonist in the Amazon. **World Development**, v. 30, n. 6, p. 1009-1027, 2002.

PINCINATO, F. L. Sensoriamento remoto e SIG na análise da viabilidade de recuperação de áreas de preservação permanente irregulares em São Sebastião – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 2323-2330.

PISSARA, T. C. T.; AMARAL NETO, J.; FERRAUDO, A. S.; POLITANO, W. Utilização de sistemas de informação geográfica para avaliação de áreas de preservação permanente em microbacias hidrográficas: um estudo de caso para o município de Jaboticabal, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003, p.1915 - 1920.

PRIMO, D. C.; VAZ, L. M. S. Degradação e Perturbação Ambiental em Matas Ripícolas: Estudo de Caso do Rio Itapicuru-Açu em Ponto Novo e Filadélfia Bahia. **Diálogos & Ciência** (Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências), n. 7, p. 1-11, 2006. Disponível em: <<http://www.ftc.br/revistafsa>>. Acesso em: 02 ago. 2006.

RADAMBRASIL. **Folha SC.20 –Porto Velho** – levantamento de recursos naturais, v. 16, Rio de Janeiro: v. 16, 1978. 663 p.

REDE TEMÁTICA DE PESQUISA EM MODELAGEM AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (GEOMA). **Sobrevôo para coleta de dados na Amazônia**. Relatório técnico. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geoma/videografia/relatorio.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2008.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, n. 142, p. 1141-1153, 2009.

RINGROSE, S. Characterisation of riparian woodlands and their potential water loss in the distal Okavango Delta, Botswana. **Applied Geography**, n. 23, p. 281-302, 2003.

ROBERTS, D. A.; NUMATA, I.; HOLMES, K.; BATISTA, G.; KRUG, T.; MONTEIRO, A.; POWELL, B.; CHADWIK, O. A. Large area mapping of land-cover change in Rondônia using multitemporal spectral mixture analysis and decision tree classifiers. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, 8073, 2002.

RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Heterogeneidade florística das matas ripícolas. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds) **Matas ripícolas: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: Fapesp, 2001. cap. 4, p. 45-71.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. **Matas ripícolas: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (eds.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp, 2001. 320p.

SAMPAIO, H. S. Histórico da previsão legal da área de preservação permanente. **Diálogo Jurídico**, ano IV, n. 3, 2004.

SANTOS, L. G. dos. 1994. A encruzilhada da política ambiental brasileira. In: D'INCAO, M. A.; SILVEIRA, I. M. (orgs). **Amazônia e a crise da modernização**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p. 135-165.

SANTOS, J. S.; VALERIANO, D. M. Análise da paisagem de um corredor ecológico na Serra da Mantiqueira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5 a 10 abr, 2003. Belo Horizonte, Brasil. **Anais...** Belo Horizonte, v. 31, n. 1, p. 707-715, 2003.

SCHNEIDER, R. An Analysis of Environmental Problems in the Amazon. **World Bank**, Washington, D.C. Report n. 9104-BR, 1991.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA).

Programa Mata Ripícola. Disponível em:

<<http://www3.pr.gov.br/mataripicola/>>. Acesso em: 05 ago. 2006.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA). **Programa de restauração de mata ripícola**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/mataripicola.htm>>. Acesso em: 05 ago. 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). **Zoneamento Sócio-Ecológico-Econômico do Estado de Rondônia**. Segunda aproximação. 2000. CD-ROM.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL (SEDAM). **Programa de recuperação de mata ripícola em Rondônia**. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/web/guest/MataRipicola>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SHIMABUKURO, Y. E.; BATISTA, G. T.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C. E.; DUARTE, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper images of the Amazon Region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 535-541, 1998.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica** (para ciências do comportamento). São Paulo: McGraw-Hill, 1975, 348p.

SIQUEIRA, A. D.; VALERIANO, D. M. Metodologia de análise de dados cartográficos e de sensoriamento remoto para o diagnóstico do estado de preservação da cobertura vegetal em áreas montanhosas. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 6., 2000, Puerto Iguazú, Argentina. **Anais...** Misiones: SELPER, 2000, p. 837-847.

SKOLE, D. S.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v. 260, p. 1905-1910, 1993.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; McDonald, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, p. 520-523, Mar. 23, 2006.

SOARES-SILVA, L. H.; KITA, K. K.; SILVA, F. C. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no parque estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 3, p. 46-62, 1998.

SOCIOAMBIENTAL. **Projeto no rio das Pacas pretende ligar matas ripícolas e Reservas Legais em Querência (MT)**. Reportagem apresentada em 2005. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/nsa/detalhe?id2070>>. Acesso em: 05 ago. 2006.

SOLER, L. S.; ESCADA, M. I. S.; VERBURG, P. H. Quantifying deforestation and secondary forest determinants for different spatial extents in an Amazonian colonization frontier (Rondonia). **Applied Geography**, n. 29, p. 182-193, 2009.

STOUFFER, P. C.; BIERREGAARD, R. O.; STRONG, C.; LOVEJOY, T. E. Long-term landscape change and bird abundance in Amazonian rainforest fragments. **Conservation Biology**, v. 20, n. 4, p. 1212-1223, Aug 2006. Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/118564238/abstract>>. Acesso em: 09 set. 2008.

STURM, U.; ANTUNES, A. F.; LINGNAU, C.; BÄHR, H-P. Análise da ocupação em áreas de preservação permanente (APP) na área urbana do município de Matinhos utilizando a imagem IKONOS II. In: COLÓQUIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, 6., 2003, Curitiba, Paraná. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2003, p. 1-15.

TEIXEIRA, M. A. D.; FONSECA, D. R. da. **História regional (Rondônia)**. Porto Velho: Rondoniana, 2000, 231 p.

THENKABAIL, P. S.; HALL, J.; LIN, T.; ASHTON, M. S.; HARRIS, D.; ENCLONA, E. A. Detecting floristic structure and pattern across topographic and moisture gradients in a mixed species Central African forest using IKONOS and Landsat-7 ETM+ images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, p. 255-270, 2003.

THOMSON, S. J.; ZIMBA, P. V.; BRYSON, C. T.; ALARCON-CALDERON, V. J.; Potential for remote sensing from agricultural aircraft using digital video. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 21, n. 3, p. 531-537, 2005.

TINKER, D. B.; RESOR, C. A. C.; BEAUVAIS, G. P.; KIPFMUELLER, K. F.; FERNANDES, C. I.; BAKER, W. L. Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest. **Landscape Ecology**, v.13, p. 149-165, 1998.

TREVISAN, G. V.; ALVES, D. S. Desflorestamento em Áreas de Preservação Permanente em Rondônia: Avaliação com Base em Videografia e Imagens do Sensor TM. In: Conferência Científica Internacional - Amazônia em Perspectiva, 2008, Manaus, Brasil. **Anais...** Disponível em: <http://www.lbaconferencia.org/cgi-bin/lbaconf_2008/conf08_ab_search.pl?action=3&ab_id=454&eng_flag=0>. Acesso em: 11 ago. 2009.

TREVISAN, G. V.; ADAMI, M. Avaliação do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente com dados sensores remotos. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009, p. 6337-6344.

VENTURIERI, A.; FIQUEIREDO, R. O./ WATRIN, O. S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e

cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005, p. 1127-1134.

VESTENA, L. R.; THOMAZ, E. L. Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanente associadas aos cursos fluviais e uso da terra na bacia do rio das Pedras, Guarapuava – PR. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 73-85, 2006.

WALKER, R. T.; HOMMA, A. K. O.; SCATENA, F. N.; CONTO, A., J. D.; PEDRAZZA, C. D. R.; FERREIRA, C. A., P., OLIVEIRA, P. M.; CARVALHO, R. de A. Land cover evolution of small properties: The Transamazon highway; **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 35, n. 2, p.115-126, 1997.

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

WATRIN, O. S.; MACIEL, M. N. M. ; THALES, M. C. Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 7019-7026.

WEIGEL, P. O papel da ciência no futuro da Amazônia: uma questão de estratégia. **Parcerias Estratégias**, n. 12, p. 62-83, 2001.

WULDER, M .A.; WHITE, J. C.; MAGNUSSEN, S.; McDONALD, S. Validation of a large area land cover product using purpose-acquired airborne video. **Remote Sensing of Environment**, v.106, p. 480-491, 2007.

ZHU, Z.; RISEMAN, E. M.; HANSON, A. R. Parallel-perspective stereo mosaics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 2001, Vancouver, Canada. **Proceedings...** New York: IEEE, 2001, p. 1-8.

ZUANON, J. Esgoto e desmatamento ameaçam igarapés na Amazônia. **Globo Amazônia**, São Paulo, 11 mai. 2009. Entrevistada concedida a Iberê Thenório. Disponível em: < <http://www.globoamazonia.com/Amazonia/0,,MUL1116281-16052,00-ESGOTO+E+DESMATAMENTO+AMEACAM+IGARAPES+DA+AMAZONIA.html>>. Acesso em: 12 mai. 2009.