



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15651-TDI/1429

**ESTIMATIVA DA ÁREA E DO TEMPO DE
PERMANÊNCIA DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA NA
AMAZÔNIA LEGAL POR MEIO DE IMAGENS
LANDSAT/TM**

Cláudio Aparecido de Almeida

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Dalton de Morisson Valeriano e Maria Isabel Sobral Escada,
aprovada em 17 de novembro de 2008.

Registro do documento original:

<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/11.04.18.45>

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-15651-TDI/1429

**ESTIMATIVA DA ÁREA E DO TEMPO DE
PERMANÊNCIA DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA NA
AMAZÔNIA LEGAL POR MEIO DE IMAGENS
LANDSAT/TM**

Cláudio Aparecido de Almeida

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelos Drs. Dalton de Morisson Valeriano e Maria Isabel Sobral Escada,
aprovada em 17 de novembro de 2008.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/11.04.18.45>>

INPE
São José dos Campos
2009

A64e Almeida, Cláudio Aparecido.

Estimativa da área e do tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia legal por meio de imagens Landsat/TM / Cláudio Aparecido de Almeida. – São José dos Campos: INPE, 2009.

130p. ; (INPE-15651-TDI/1429)

Dissertação (Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

1. Sensoriamento remoto. 2. Amazônia. 3. Vegetação secundária. 4. Uso da terra. 5. Modelos estatísticos. I.Título.

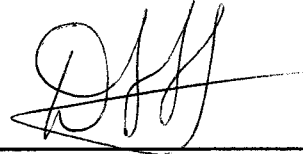
CDU 528.811(811)

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, microfílmico, reprográfico 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, microfilming, recording 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 Mestre em
Sensoriamento Remoto

Dr. Diógenes Salas Alves



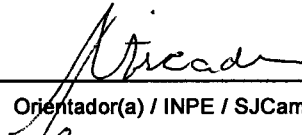
Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Dalton de Morisson Valeriano



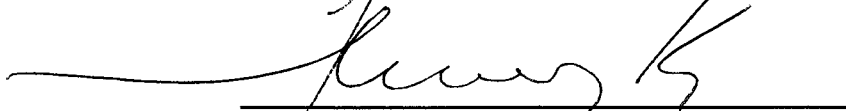
Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Maria Isabel Sobral Escada



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Thelma Krug



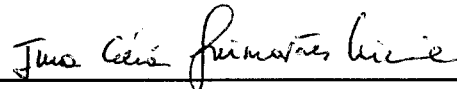
Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Camilo Daleles Rennó



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Ima Célia Guimarães Vieira



Convidado(a) / MPEG / Belém - PA

Aluno (a): Cláudio Aparecido de Almeida

São José dos Campos, 12 de novembro de 2008

"Nós devemos ser a revolução que queremos ver no mundo"

Mahatma Gandhi

À Nancy, flor da minha vida, aquela a quem dedico não apenas esta, mas todas as realizações de nossas vidas.

A meus filhos Camila, Cássio e Nicolas, para que possam entender e perdoar minhas ausências.

A meus pais Vitor e Arminda, por uma vida de dedicação, e a meus irmãos Clevio e Cleusa pela alegria de nossa convivência .

Em memória do grande amigo Romário Delbons.

AGRADECIMENTOS

“Nenhum homem é uma ilha, completo em si próprio, cada ser humano é uma parte do continente, uma parte do todo.” (John Donne).

Ao agradecer a alguns, que minha fraca memória traz a tona, quero agradecer a todos aqueles que consciente e/ou inconscientemente colaboraram comigo nesta caminhada.

Primeiramente ao Dr. Dalton Valeriano, não somente ao orientador e pesquisador dotado de uma inteligência ímpar, mas também bom amigo que acreditou em meu potencial e me permitiu chegar aqui. À Dra. Maria Isabel, orientadora atenta e exigente que levou ao crescimento intelectual e com suas idéias fez-me enxergar os atores amazônicos.

Aos muitos amigos que o INPE me trouxe, a galera da DPI com sua alegria e irreverência, aos velhos conhecidos da DSR com toda a experiência acumulada e a paciência em transmiti-lá. Aos amigos da turma de mestrado, em especial à “Diretoria” que esteve unida na ADC do pós-prova, e também no incentivo de todos os dias.

Agradeço também ao Dr. Camilo Rennó, amigo de longa data, pela paciência em ouvir minhas lamúrias estatísticas e pela ajuda na construção do modelo e incerteza, sem sua ajuda meu caminho certamente seria muito penoso.

Ao Dr. João Viane pelo apoio do programa Amazônia na realização da verificação de campo. Agradeço também à Rede de Modelagem GEOMA e ao PIME, pelo apoio financeiro para coleta de dados de campo.

Por meio do Dr. José Domingos Gonzalez Miguez, Coordenador Geral de Mudanças Globais de Clima do Ministério da Ciência e Tecnologia quero agradecer a toda a equipe do MCT que apoiou a execução deste estudo. Agradeço à Dra. Thelma Krug pelo constante incentivo e esforço junto ao MCT.

Ao amigo Sergio (Gargamel) pela ajuda operacional.

Às dedicadas Cris, Ethel, Terezinha, Helen, Tamara, Márcia, Luciana, a ajuda de vocês esteve presente em todos os meus dias no INPE.

Pela pessoa do Dr. Gilberto Câmara, diretor geral do INPE, agradeço a toda família inpeana que mantém este excelente curso de pós-graduação.

E principalmente agradeço a DEUS, por este e todos os outros dias de minha vida.

RESUMO

A vegetação secundária, formada pela regeneração natural de áreas desmatadas e posteriormente abandonadas, tem diversas funções relevantes à ecologia da paisagem em que está contida, tais como a fixação de carbono atmosférico, a manutenção da biodiversidade e da conectividade entre remanescentes florestais e a recuperação da fertilidade do solo. Esta última função é aproveitada em sistemas agrícolas de baixa tecnologia para a reutilização da terra que apresenta redução na capacidade de suporte após alguns anos de uso agrícola. Na região amazônica há evidências de que a biomassa, a taxa do desenvolvimento e a permanência da vegetação secundária podem estar associadas ao tipo de uso da terra e também aos estágios de consolidação da fronteira agrícola. O objetivo desta dissertação é, através da análise destas associações por uma abordagem amostral, estimar a área ocupada por vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira (AML) em 2006, caracterizar a sua distribuição espacial e determinar o seu tempo de permanência. O esquema amostral baseia-se em uma abordagem estratificada segundo o grau de desflorestamento observado nas 229 cenas LANDSAT-TM que recobrem a AML e foi desenhado para manter o erro da estimativa de área de vegetação secundária abaixo de 5%. Deste modo foram selecionadas 26 cenas em quatro datas (1997, 2000, 2003 e 2006), distribuídas em sete estratos conforme o percentual de desflorestamento (0-1%, 1-5%, 5-10%, 10-20%, 20-30%, 30-55% e mais de 55%) nas quais foram mapeadas as áreas de vegetação secundária. Foi desenvolvido um modelo de regressão para estimar a área de vegetação secundária nas demais imagens utilizando como variáveis independentes a área de desflorestamento e a área representada como hidrografia (corpos d'água e áreas de inundação) no mapa do PRODES, dados de estrutura agrária produzidos pelo IBGE indicando o grau e tipo de uso da terra nas cenas e áreas das unidades de conservação disponibilizados pelo IBAMA, indicando o grau de áreas preservadas dentro das imagens. A análise de regressão encontrou um R^2 ajustado de 0,84, e coeficientes positivos para a proporção de hidrografia na imagem (2,055) e para a estrutura agrária (0,197), e coeficientes negativos para o grau de desflorestamento na imagem (-0,232) e para a proporção de Unidades de Conservação na imagem (-0,262). Usando o modelo de regressão multivariado de regressão foi estimada uma área de 131.873 km² de vegetação secundária para o ano de 2006. Aplicando uma simulação de Monte Carlo estimou-se uma incerteza de aproximadamente ± 12.445 km² para a estimativa da área, que variou entre 121.722 e 145.608 km². A permanência da vegetação secundária foi representada pela meia-vida da linha de tendência exponencial ajustada à curva de decaimento da proporção de floresta secundária observada em 1997 nas datas subsequentes em cada um dos extratos, ponderada pela área de vegetação secundária estimada dos extratos. Obteve-se uma estimativa de meia-vida de 4,9 anos para a vegetação secundária.

**ESTIMATE OF AREA AND PERMANENCE TIME OF SECONDARY
VEGETATION IN BRAZILIAN LEGAL AMAZON WITH TM-LANDSAT
IMAGES**

ABSTRACT

Secondary vegetation, formed by natural regeneration of areas that are deforested and later abandoned, has many functions relevant to the ecology of the landscape in which it is embedded such as fixation of atmospheric carbon, maintenance of the biodiversity and the connection among forest remnants and restoration of soil fertility. The latter function is used in low technology agricultural systems for the reutilization of the land that presents reduction in the carrying capacity after a few years of agricultural use. There are evidences that the biomass, the development rate and the permanence of the secondary vegetation may be associated to the type of land use and also the stage of consolidation of the agricultural frontier. The objective of this dissertation is, through the analysis of these associations by a sampling approach, to estimate the area occupied by secondary vegetation in the Brazilian Legal Amazon (BLA) in 2006, to characterize its spatial distribution and to estimate its permanence time. The sampling scheme is based on a stratified approach according to the level of deforestation observed in the 229 TM-Landsat scenes that cover the BLA and it was designed in order to keep the secondary vegetation area estimative error below 5%. In this manner 26 scenes were selected for four dates (1997, 2000, 2003 and 2006), distributed into seven strata according to the level of deforestation (0-1%, 1-5%, 5-10%, 10-20%, 20-30%, 30-55%, more than 55%) in which the areas of secondary vegetation were mapped. A regression model was developed to estimate the area of secondary vegetation in the remaining images using as independent variables the deforestation area and area represented as hydrography (water bodies and floodplains) in the PRODES map, data of agrarian structure provided by IBGE, indicating the level and type of land use in the scenes and the area of the conservation unities provided by IBAMA, indicating the level of preserved areas within the images. The regression analysis found an adjusted R^2 of 0.84 e positive coefficients for the proportion of hydrography in the image (2.055) and for the agrarian structure (0.197), and negative coefficients for the level of deforestation in the image (-0.232) and for the proportion of Conservation Unities in the image (-0.262). The regression model provided an estimated area of secondary vegetation for 2006 of 131,873 km². Applying a Monte Carlo simulation, it was estimated an uncertainty of approximately 12,445 km² for the area estimate, which varied between 121,722 and 145,608 km². The permanence of the secondary vegetation was represented by the half-life of the exponential trend line adjusted to the decay curve of the proportion secondary forest observed in 1997 in the following dates for each of the stratum, weighted by the area of secondary vegetation estimated for the strata. A half-life of 4.9 years was estimated for the secondary vegetation.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 Dinâmica do desmatamento, uso da terra e vegetação secundária na Amazônia...25	
1.2 Contribuição da dissertação.....	28
1.3 Hipóteses e objetivos da dissertação	29
1.4 Estrutura da dissertação	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 Conceito de vegetação secundária.....	33
2.1.1 Mapeamentos de vegetação secundária.....	33
2.2 Ecorregiões – Conceito e aplicação na região amazônica.....	38
2.3 A influência da estrutura agrária, fatores sócio-econômicos, fatores físicos e unidades de conservação sobre o desenvolvimento da vegetação secundária.....	39
3 MATERIAIS	43
3.1 Dados de desflorestamento do PRODES	43
3.2 Imagens LANDSAT-TM.....	43
3.3 Mapa de ecorregiões	45
3.4 Dados de hidrografia e área de Não-Floresta do PRODES	47
3.5 Mapa de estrutura agrária da Amazônia Legal Brasileira	47
3.6 Dados de Unidades de conservação.....	49
4 MÉTODOS.....	51
4.1 Seleção das cenas LANDSAT-TM.....	53
4.1.1 Unidade amostral.....	53
4.1.2 Estratificação das cenas por grau de desflorestamento.....	53
4.1.3 Amostragem das cenas a serem utilizadas.....	54
4.2 Construção dos bancos de dados	55

4.2.1 Criação dos bancos de dados e importação dos dados temáticos e das imagens	
LANDSAT-TM5	55
4.2.2 Georeferenciamento das imagens LANDSAT-TM5.....	56
4.3 Mapeamento da vegetação secundária	56
4.3.1 Geração dos modelos de mistura espectral.	56
4.3.2 Recorte das áreas de trabalho	57
4.3.3 Classificação das imagens e cálculo do Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM).....	57
4.3.4 Análise para mapeamento das cronossequências da vegetação secundária	59
4.3.5 Trabalho de campo para avaliação do mapeamento de vegetação secundária.....	60
4.4 Construção dos indicadores.....	61
4.4.1 Cálculo do Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM).....	61
4.4.2 Cálculo do Índice de Desflorestamento (ID) e do Logaritmo do ID.	62
4.4.3 Cálculo do Índice de Hidrografia da cena (IH), do Índice de Não-Floresta (INF) e da Relação Área Perímetro (RAP)	62
4.4.4 Cálculo do Índice Unidade de Conservação da cena (IUC).....	63
4.4.5 Cálculo do Índice de Ecorregião Florestada (IEF).....	64
4.4.6 Cálculo do Índice de Baixa Concentração Agrária (IBCA)	64
4.5 Análise dos dados	65
4.5.1 Construção do modelo de regressão linear múltipla.	65
4.5.2 Teste da estabilidade do modelo.	66
4.5.3 Estimativa da área de vegetação secundária.	66
4.5.4 Cálculo da incerteza da estimativa.	67
4.5.5 Cálculo da meia-vida da vegetação secundária	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
5.1 Definição da amostragem	71
5.2 Mapeamento da vegetação secundária	73
5.3 Validação de campo do mapeamento da vegetação secundária	76
5.4 Estimativa da área de vegetação secundária.....	81
5.5 Cálculo da incerteza da estimativa da vegetação secundária	90
5.6 Estimativa da meia-vida da vegetação secundária.	91

6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
	APÊNDICE A.....	109
	APÊNDICE B.....	117
	APÊNDICE C.....	127

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Mosaico do mapeamento PRODES até 2007.....	26
3.1 - Índice de Desflorestamento das cenas da AML, e indicação das cenas amostradas neste estudo	44
3.2 - Ecorregiões amazônicas	45
3.3 - Dados de hidrografia e Não Floresta do PRODES, e indicação das cenas	47
3.4 - Mapa de estrutura agrária da Amazônia Legal.....	48
3.5 - Distribuição das unidades de conservação na Amazônia legal brasileira, e indicação das cenas amostradas neste estudo	49
4.1 - Fluxograma das principais atividades realizadas neste estudo.....	52
4.2 - Roteiro do trabalho de campo, destacadas em azul as cenas visitadas	61
4.3 - Gráfico da permanência percentual da vegetação secundária nas cenas com ID entre 5 e 10%	69
5.1 - Gráfico do comportamento do IVSM das amostras em relação ao Índice de Desflorestamento (ID)	76
5.2 - Resultado da classificação em recorte da cena 228/63 e fotografia de campo mostrando a vegetação secundária.	78
5.3 - Resultado da classificação em recorte da cena 230/68 e fotografia de campo mostrando confusão entre citrus e vegetação secundária	79
5.4 - Gráfico de dispersão dos resíduos	83
5.5 - Distribuição na AML da estimativa do IVSM	85
5.6 - Distribuição na AML da estimativa de vegetação secundária em km ²	87
5.7 - Limite entre propriedades grande (esquerda) e pequenas (direita)	89
5.8 - Curvas de decaimento exponencial da permanência da vegetação secundária.....	92

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Número de imagens LANDSAT/TM selecionadas por grau de desflorestamento	44
3.2 - Ecorregiões amazônicas	46
4.1 - Variáveis testadas para criação do modelo de regressão linear múltipla.	66
5.1 - Número de amostras e imagens selecionadas por grau de desflorestamento	71
5.2 - Imagens (órbita/ponto) selecionadas por data e grau de desflorestamento	72
5.3 - Resultado do ID e do VSM por cena por data em km ²	73
5.4 - Resultado do índice de vegetação secundária mapeada	74
5.5 - Erros da base do PRODES	80
5.6 - Valores das variáveis estudadas, para cada uma das cenas	81
5.7 - Valores de correlação entre as variáveis do estudo	82
5.8 - Parâmetros do modelo de regressão linear construído	83
5.9 - Distribuição da estimativa de vegetação secundária por estrato	84
5.10 - Resultados das simulações para a estimativa de incerteza no cálculo de vegetação secundária	90
5.11 - Percentual de permanência da vegetação secundária mapeada em 1997	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AML	Amazônia Legal Brasileira
APE	Área Protegida Estadual
APF	Área Protegida Federal
FLONA	Floresta Nacional
	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBAMA	Renováveis
IBCA	Índice de Baixa Concentração Agrária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Índice de Desflorestamento da Cena
IEF	Índice de Ecorregião Florestada da Cena
IH	Índice de Hidrografia da Cena
INF	Índice de Não Floresta da Cena
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUC	Índice de Unidade de Conservação da Cena
IVSM	Índice de Vegetação Secundária Mapeada
LID	Logaritmo do Índice de Desflorestamento
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
PRODES	Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
RAP	Relação Área Perímetro da Cena
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
TI	Terra Índigena
UC's	Unidades de Conservação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Dinâmica do desmatamento, uso da terra e vegetação secundária na Amazônia

Estima-se que em 1990 as florestas tropicais cobriam entre 11,5 e 12,4 milhões de km² em todo mundo, conforme encontrado na literatura (ACHARD et al., 2002; BARTHOLOME e BELWARD, 2005; MAYAUX et al., 2006). A Amazônia Legal Brasileira (AML), com pouco mais de 5 milhões de km², contém próximo de 30% da floresta tropical global.

Dos cerca de 5 milhões de km² da AML, aproximadamente 4,23 milhões de km² eram originalmente cobertos por florestas. Para avaliar a perda desta floresta por corte raso, anualmente, desde 1988, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem estimado as taxas de desflorestamento bruto na Amazônia Legal Brasileira com o Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, conhecido por PRODES (CÂMARA et al., 2006). Este monitoramento considera exclusivamente a perda de floresta por corte raso, desconsiderando a recomposição da cobertura florestal pela formação de vegetação secundária em áreas abandonadas após o corte. Desde de que começaram a ser produzidas, as taxas de desflorestamento bruto variaram entre 11.030 (1991) e 29.059 (1995) km²/ano e apresentaram uma média de 17.859 km²/ano. O ano do calendário de divulgação da taxa do PRODES, refere-se ao período compreendido entre agosto do ano anterior à divulgação até julho do ano divulgado. No caso da divulgação da taxa de 29.059 km², esta refere-se ao período compreendido entre 01 de agosto de 1994 e 31 de julho de 1995. Em 2007, a extensão do desflorestamento acumulado atingiu mais de 690.000 km² (INPE, 2008), o que representa 16% da cobertura florestal original da AML. A Figura 1.1 mostra a extensão do desflorestamento no ano de 2007.

Diversos estudos analisaram os efeitos do desmatamento na Amazônia (NOBRE et al., 1991; LAURANCE, 1999; LAURANCE et al., 2004; FEARNSIDE, 2005) como a

redução de fertilidade do solo, erosão, alterações nos regimes hidrológico local e global e emissão de aerossóis e gases de efeito estufa para a atmosfera.

Parte desses efeitos é reduzida pela vegetação secundária que se desenvolve em áreas desflorestadas que, após a utilização na agropecuária, perde sua produtividade e é abandonada. No estudo desenvolvido por Castro (2004), observando áreas utilizadas na pecuária extensiva de baixa tecnologia no Mato Grosso e Pará, notou que parte destas áreas eram abandonadas devido a exaustão do solo e entram em processo de regeneração da vegetação por sucessão secundária.

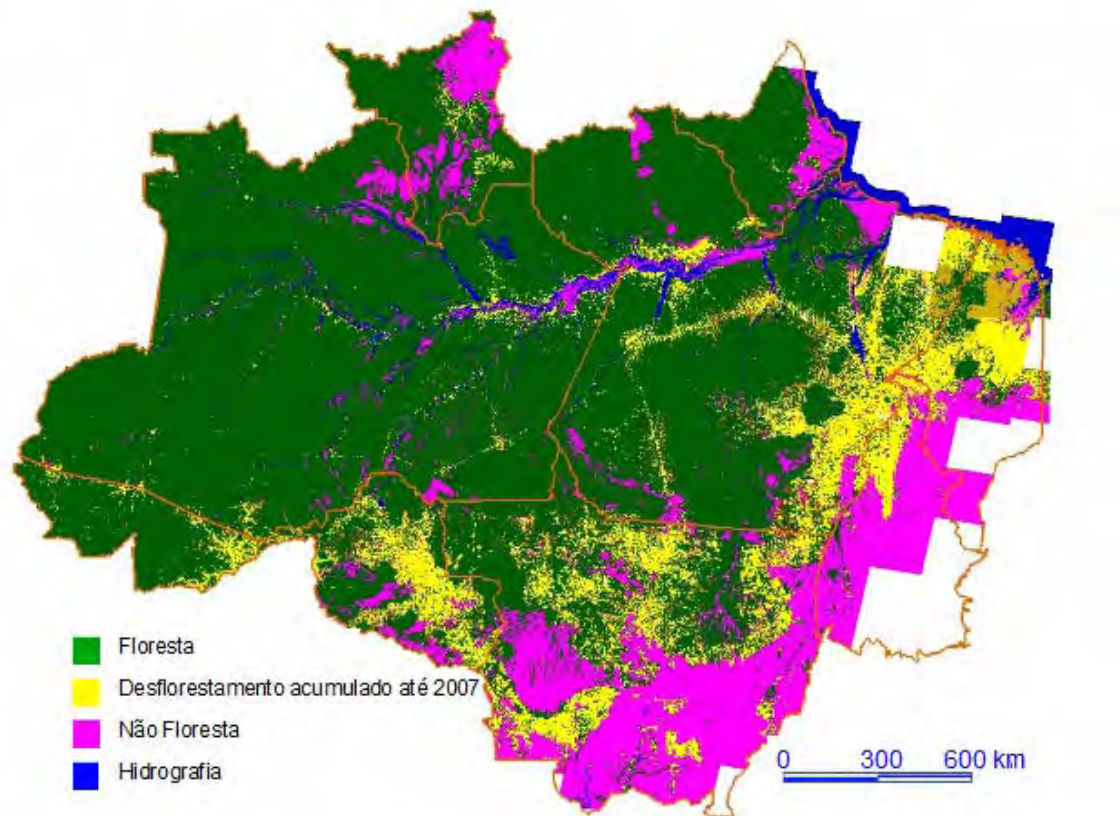


Figura 1.1 - Mosaico do mapeamento PRODES até 2007

Fonte: Adaptada de INPE (2008)

Na ecologia da região amazônica, a vegetação secundária tem grande importância na manutenção da sustentabilidade da região através de serviços como a remoção de carbono atmosférico, que contribui para atenuar a crescente emissão de carbono para a atmosfera (NOBRE e NOBRE, 2002). A taxa de fixação de carbono e acumulação de biomassa sofre influência de muitos fatores, como por exemplo, o tipo e o tempo de uso prévio da área. Fearnside (1996) demonstrou que áreas de pastagens abandonadas dão origem a uma vegetação secundária com uma regeneração mais lenta e com acúmulo menor de biomassa, quando comparadas à vegetação secundária oriunda de atividades da agricultura itinerante. Sombroek (2001) avaliando as relações entre a biomassa florestal e a distribuição espacial e temporal de chuvas na Amazônia encontrou correlação positiva entre a floresta com maior biomassa acima do solo e áreas com pluviosidade anual maior que 2000 mm/ano e com ocorrência de um período seco (menos de 50 mm/mês) de 2 a 3 meses. Nelson et al. (2000) encontraram em estudos anteriores, taxas de acumulação de biomassa que variam de 0,6 e 18,75 t/ha/ano. Alves et al. (1997), trabalhando na região oeste de Rondônia, encontram valores para o acúmulo de biomassa entre o terceiro e o oitavo ano após o abandono que variaram entre 6,6 a 8,7 t/ha/ano.

Moran et al.(1994) também encontraram variabilidade espacial em taxas de crescimento secundário na Amazônia, atribuindo tais variações à ocorrência ou não de queima completa na área convertida, viabilidade do banco de sementes, fertilidade subsuperficial dos solos e grau de inclinação do terreno. Todas estas diferenças vão impactar na quantidade de carbono atmosférico retirado pelo processo de fotossíntese da vegetação secundária.

Outra importante função da vegetação secundária é a manutenção da conectividade dos remanescentes florestais e da biodiversidade. Stouffer et al. (2006) observaram que a ocorrência de vegetação secundária circunvizinha ao fragmento florestal é tão importante quanto o tamanho deste para explicar a abundância de pássaros insetívoros. Dunn (2004) relata que a conservação de florestas secundárias pode permitir uma rápida recuperação da variedade de táxons de formigas e de aves.

A vegetação secundária também contribui com a recuperação da fertilidade do solo em agricultura itinerante. Segundo Martins (2005) o sistema de agricultura de derrubada e queima, também chamado de “roças de caboclo”, é uma forma de agricultura onde se abre uma clareira na floresta e ateia-se fogo à biomassa morta para incorporar nutrientes ao solo. Esta área é utilizada somente por alguns ciclos devido ao declínio da fertilidade do solo. Após o abandono da atividade agrícola a área é deixada em pousio para a recuperação da fertilidade do solo. Durante o pousio, a vegetação secundária reincorpora matéria orgânica ao solo e realiza a fixação e ciclagem de nutrientes, o que permite a reutilização da área em um novo ciclo agrícola. Szott et al. (1999) e Juo e Manu (1996) também destacam a importância da vegetação secundária para a ciclagem de nutrientes no processo de agricultura itinerante, permitindo uma estabilidade do rendimento agrícola.

A contribuição para a manutenção do regime hidrológico também é um dos serviços ecológicos da vegetação secundária. Ferreira et al.(2005b) demonstraram que alterações na cobertura florestal têm efeito na evapotranspiração devido a parcela da chuva que é retida pelo dossel florestal e diretamente transformada em vapor de água. Desta maneira, áreas com vegetação secundária, ao permitirem a retenção de água das chuvas e aumentarem a evapotranspiração, podem atuar significativamente sobre o regime hídrico local e regional.

1.2 Contribuição da dissertação.

Para que se possa entender o papel da vegetação secundária é preciso primeiramente quantificar e conhecer a dinâmica espacial e temporal desta vegetação. O mapeamento da vegetação secundária em uma única data não permite, estimar a quantidade de carbono estocado, devido as diferenças nas biomassas estocadas em vegetações secundárias recentes e em outras mais antigas. Tampouco a análise temporal da vegetação secundária em pequenas porções da AML permite conhecer a variabilidade espacial e a dinâmica da regeneração florestal em escala regional.

Estudos de casos contribuem com o entendimento e fornecem informações relevantes em escala local (BERNARDES, 1998; ALVES et al., 1999; NELSON et al., 2000; STEININGER, 2000; LU et al., 2003a; ESPIRITO-SANTO et al., 2005; GEHRING et al., 2005), mas não permitem generalizar resultados para a toda a AML.

Este estudo foi realizado para que se possa conhecer a extensão e a dinâmica da vegetação secundária na macro-escala da AML. Assim, os resultados desse trabalho podem fornecer subsídios para análise de balanço de carbono em escala regional e global. Também podem contribuir na definição de corredores ecológicos e complementação de habitats.

Outra contribuição é a de desenvolver um método para estimar a área coberta por vegetação secundária na macro-escala da AML.

1.3 Hipóteses e objetivos da dissertação

O presente trabalho foi construído sobre duas hipóteses. A primeira de que é possível estimar a área e a variabilidade espacial da vegetação secundária a partir de dados ambientais e sócio-econômicos, utilizando regressão linear multivariada. Esta hipótese foi formulada a partir das premissas de que a área de vegetação secundária é influenciada pelo grau de desflorestamento da região (ALVES e SKOLE, 1996; ALVES et al., 2003; ALVES, 2007), por fatores associados ao ambiente físico local (BAILEY, 2005; HARGROVE e HOFFMAN, 2004; ODUM, 1969) e pela influência associada aos agentes econômicos e às diferentes formas de uso da terra (D'ANTONA et al., 2006; PERZ e SKOLE, 2003). Como agente econômico entende-se o tipo de produtor rural presente na área, e sua forma de produção na propriedade rural. A segunda hipótese admite que é possível estimar o tempo médio de persistência da vegetação secundária a partir da análise de dados multi-temporais de cobertura da terra.

Para representar o grau de desflorestamento utilizou-se os dados de desflorestamento do ano de 2006, publicados pelo INPE (2008). Como representação dos principais agentes econômicos e formas de uso da terra foram utilizados dados de estrutura agrária produzidos pelo IBGE (2007). O ambiente físico foi representado pelas ecorregiões

propostas para a AML (Olson, 2001). Também foi criado um índice que mostrou a parcela da área estudada ocupada por corpos d'água, aqui chamado de Índice de hidrografia da cena. Este índice mostra indiretamente a presença das várzeas ao longo dos rios, que quando ocupadas pela população ribeirinha, contribuem para a formação de vegetação secundária através das “roças de caboclo”.

Baseado nestas hipóteses e premissas delineou-se como principal objetivo deste trabalho estimar a área de ocorrência em 2006 e o tempo de permanência da vegetação secundária nas áreas desflorestadas da AML para o período compreendido entre 1997 e 2006 com intervalos de três anos entre cada observação.

Os objetivos específicos definidos foram:

1. Definir um desenho amostral estratificado para a quantificação da floresta secundária na AML, a partir da análise de uma série temporal de imagens LANDSAT-TM5, adotando o grau de desflorestamento das imagens como critério para a estratificação das amostras;
2. Mapear as áreas de floresta secundária ao longo de uma série temporal (1997 – 2006) nas cenas amostradas;
3. Estimar a área de vegetação secundária para a Amazônia Legal no ano de 2006, a partir de um modelo preditivo de regressão linear múltipla;
4. Determinar a meia-vida da vegetação secundária para cada estrato do desenho amostral e para todas as amostras. Neste estudo, utilizou-se o termo meia-vida, como o tempo que deve decorrer para que, em certo momento, metade da vegetação secundária mapeada desapareça.

1.4 Estrutura da dissertação

Este documento está organizado em seis seções. Na primeira seção foi apresentada uma breve introdução ao tema onde são discutidas a dinâmica da vegetação na AML, a

importância e o papel da vegetação secundária, as justificativas, as hipóteses e objetivos desse estudo.

Na segunda seção deste estudo, é apresentada uma revisão da literatura com os conceitos e a importância da vegetação secundária, ecorregiões e estrutura agrária na AML, mostrando como estes temas se relacionam. Também são apresentados estudos realizados para mapeamentos de vegetação secundária e outros estudos mostrando fatores que influenciam na ocorrência e permanência da vegetação secundária.

Na seção 3 são apresentados os dados que foram utilizados para desenvolver o estudo, mapas de ecorregiões, de unidades de conservação, de estrutura agrária e os dados do PRODES. São detalhadas suas características e origens.

A metodologia utilizada, descrevendo as etapas de processamento, a lógica das operações utilizando sistema de informação geográfica, bem como os produtos que foram gerados, com suas características estão presentes na seção 4.

Na seção 5 estão apresentados os resultados encontrados e são tecidas discussões mostrando como estes resultados se relacionam com a hipótese original do estudo, as interações elucidadas pelo modelo multilinear. Finalizando, na seção 6 são apresentadas as conclusões, algumas recomendações e sugestões para futuros estudos.

Fechando o documento estão apresentadas as referências bibliográficas utilizadas, e os apêndices, onde estão as tabelas completas com parâmetros e variáveis das amostras utilizadas e também as estimadas para a AML.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção estão as bases científicas que sustentam este estudo. Uma revisão da literatura permitiu desenvolver a fundamentação teórica das relações da vegetação secundária com o ambiente onde a mesma se insere.

2.1 Conceito de vegetação secundária

Brown e Lugo (1990) definem vegetação secundária como aquela formada a partir de distúrbios antrópicos na vegetação original. Corlett (1994) prefere usar o termo floresta primária acrescida dos termos que vão designar o grau e tipo de alteração sofrida pela mesma, como por exemplo, degradada para aquelas que sofreram algum tipo de degradação ou “explorada” para aquelas que passaram por extração seletiva de madeira.

Chokkalingam e Jong (2001) apresentaram uma definição bastante completa que descreve vegetação secundária como “florestas secundárias em grande parte regeneradas de processos naturais, após significativo processo de perturbação antrópico e/ou natural da vegetação florestal original em um único ponto no tempo ou durante um período prolongado, e mostrando uma grande diferença na estrutura florestal e/ou copa e na composição de espécies com relação a florestas primárias próximas e em locais semelhantes”.

2.1.1 Mapeamentos de vegetação secundária

O mapeamento de vegetação secundária a partir de imagens orbitais e através de levantamento de campo já foi realizado por vários autores que utilizaram diversas metodologias para detecção e quantificação desta vegetação. São descritos a seguir alguns trabalhos recentes, em que foram utilizadas técnicas de mapeamento da vegetação secundária, examinadas suas relações com parâmetros sócio-econômicos da região e/ou quantificada a biomassa da vegetação secundária.

Interessado em avaliar o acúmulo de biomassa ao longo do tempo Gehring et al.(2005), analisaram 22 áreas de estudo localizadas no município de Presidente Figueiredo – AM, todas sob regime de agricultura itinerante, com tempo de abandono variando de 2 a 25 anos, e concluíram que a biomassa acumulada após 25 anos representava 75% da biomassa de uma área intacta. Os autores estimaram que a biomassa total deve ser atingida somente após 175 anos sem intervenção, apesar do rápido acúmulo de biomassa nos primeiros anos. Avaliando a distribuição de tamanho das plantas e o número das hastes por planta, a floresta secundária diferiu fortemente da floresta primária, indicando uma elevada degradação e vulnerabilidade e levantando dúvidas quanto à sustentabilidade do sistema de agricultura itinerante. O tempo de recuperação da biomassa original também foi avaliado por Saldarriaga et al. (1988) que estudando áreas de vegetação secundária próximas a confluência do canal de Casiquiare e o Rio Negro entre Colômbia e Venezuela chegaram a uma estimativa de 190 anos para recuperação da área basal e da biomassa de uma floresta madura.

Moran et al. (2000), mapearam vegetação secundária a partir de imagem LANDSAT-TM para cinco regiões da Amazônia e através de levantamentos de campo, obtiveram dados de inventário florestal, levantamento de solos e histórico de uso e ocupação da terra destas regiões. Ao compararem o mapeamento por satélite com os dados coletados em campo, encontraram resultados que demonstram a influência do tipo de solo, do tempo e tipo de uso na formação de floresta secundária e no acúmulo de biomassa em florestas secundárias. Em solos mais férteis as florestas secundárias apresentaram taxas maiores de acúmulo de biomassa. Também observaram que quanto maior o tempo de uso menor a taxa de acumulação de biomassa. As áreas utilizadas para pastagens, quando regeneradas apresentaram incremento de biomassa menor que as utilizadas como área agrícola convencional não itinerante. Estas taxas, por sua vez, foram menores que as encontradas em locais onde foi praticada a agricultura itinerante.

Estudando áreas de pastagens abandonadas próximas à Paragominas – PA, Uhl et al. (1988), também encontraram significativa diferença no acúmulo de biomassa em área com uso leve (10 toneladas por ano por hectare) e área com uso intenso (0,6 toneladas por ano por hectare).

Nelson et al. (2000) mapearam o uso da terra na região de Ariquemes – RO em uma série temporal de imagens LANDSAT-TM5 para examinar a possibilidade de quantificação da biomassa e acúmulo de carbono em vegetação secundária. Concluíram que imagens LANDSAT-TM5 de uma única data são adequadas ao mapeamento de florestas secundárias. Contudo, não permite determinar com precisão suas idades, nem o número de cortes que tenham sofrido anteriormente. Análises multitemporais permitiram inferir a idade da floresta secundária, o tempo e o de uso que a área teve antes de começar a regenerar.

Vieira et al. (2003) trabalhando na região da Bragantina utilizando classificação supervisionada de imagem LANDSAT-TM7 e trabalho de campo conseguiu separar a vegetação secundária em 4 grupos. Um inicial de 3 a 6 anos, um intermediário de 10 a 20 anos, um avançado de 40 a 70 anos e um grupo de vegetação secundária madura. E para separar as diversas coberturas da terra, nesse mesmo estudo, os melhores resultados foram alcançados usando o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) plotado contra a banda 5 do LANDSAT-TM.

Interessado na relação entre dados orbitais e biomassa florestal, Steininger (2000), testou a capacidade de estimar biomassa de floresta tropical secundária a partir de reflectância do dossel, usando dados do LANDSAT-TM5. Comparando medidas de biomassa em campo, usando dados do Brasil (próximo a Manaus) e da Bolívia (Santa Cruz de la Sierra) encontrou significativas correlações entre reflectância do dossel na banda do infravermelho médio (banda 5 do LANDSAT-TM5) área basal, biomassa da floresta secundária e idade das áreas estudadas. Os modelos espectrais dos dosséis sugerem que as mudanças na altura do dossel, densidade e geometria de folhas, que ocorrem ao longo do processo de regeneração são responsáveis pelas diferenças nas respostas na banda 5 do LANDSAT-TM5. Entretanto, a correlação atingiu o limite de separação próximo das 15 kg m^{-2} não conseguindo separar valores acima desta medida, e não conseguiu bons resultados nas áreas de estudo localizadas na Bolívia, segundo o autor, provavelmente devido ao ângulo de inclinação solar.

Já Roberts et al. (2002) visando conhecer a variação espaço-temporal da cobertura da terra nas regiões de Ariquemes, Ji-Paraná e Luiza (RO), realizaram um estudo multitemporal com três cenas contíguas de dados de sensores da série LANDSAT. Para o período compreendido entre 1975 e 1999 foram utilizadas trinta e três cenas. Os resultados demonstraram que pastagens em Rondônia persistem por muitos anos e, em geral, não são abandonadas, porém quando abandonadas, a vegetação secundária não persiste por mais de oito anos. Neste estudo foi observada uma grande diferença nos padrões espacial e temporal das taxas de desflorestamento, crescimento das pastagens e desenvolvimento de vegetação secundária entre as três regiões. Segundo os autores, embora fosse possível prever o desflorestamento baseado na implantação de infraestrutura e políticas governamentais, o estudo em questão não obteve sucesso em prever a estabilidade temporal das pastagens e da vegetação secundária.

Também interessados em estudar padrões espaço-temporais da vegetação secundária Alves et al. (2003), realizaram classificações de imagens de 1985 e 1995 na região nordeste de Rondônia e observaram a ocorrência de vegetação secundária em aproximadamente 28% da área desflorestada nas duas datas. Os resultados mostram que apenas um terço da vegetação secundária mapeada em 1985 ainda existia em 1995. Este estudo também revelou que nas regiões onde havia maior área desflorestada houve incremento do desflorestamento no período estudado e menores taxas de formação de vegetação secundária, sugerindo um cenário de intensificação de uso da terra. Tais resultados estão de acordo com Alves e Skole (1996) que trabalhando com série multitemporal de imagens SPOT HRV na região de Ariquemes e BR-364 também identificaram uma diminuição na vegetação secundária ao longo do tempo, para a região estudada.

Interessados em quantificar a área e a distribuição por classes de idade da vegetação secundária, Neeff et al. (2006), criaram um modelo estatístico a partir de relações empíricas verificadas entre a ocorrência de vegetação secundária e a fração de floresta remanescente para as mesmas áreas de estudo. O estudo foi feito a partir de mapas detalhados de sete locais na Amazônia localizados no AM, PA, MT e RO, previamente realizados por outros autores, e inferiu para a AML em 2002 uma área total de floresta

secundária de 161.000 Km² com uma idade média de 4,8 anos, com uma incerteza de 8% para a estimativa de área e de 2,4 anos para a média de idade. O estudo ressalta também que a importância relativa da vegetação secundária é maior logo após o desflorestamento, alcançando um pico máximo, e declinando com o aumento do desflorestamento. Tal conclusão está em acordo com os resultados de Alves et al. (2003).

Utilizando índices espectrais obtidos a partir da razão simples entre as bandas na região do vermelho e infra-vermelho próximo, dos satélites LANDSAT-TM7 E IKONOS e também o NDVI Arroyo-Mora et al. (2005) testaram a separabilidade dos estágios de regeneração em estudo no Parque Nacional Palo Verde na Costa Rica, e conseguiram separar em três estágios de sucessão secundária (inicial, intermediário e tardio). Índices utilizando a banda da região do infra-vermelho médio não forneceram bons resultados. Os resultados encontrados com o infra-vermelho médio não foram os esperados, embora na literatura (STEININGER, 2000; VIEIRA et al.,2003) sejam encontrados bons resultados com esta banda. O fato de não ter separado as idades das classes identificadas pode levar a informações dúbias quanto ao tempo de regeneração.

Conforme Shimabukuro e Smith (1991) a resposta de cada pixel é uma combinação da resposta espectral dos componentes existentes na mistura. Através do modelo linear de mistura espectral é possível estimar a proporção dos componentes para cada pixel, produzindo imagens de cada um dos componentes puros. Visando aproveitar a capacidade de separação do modelo linear de mistura espectral Espírito-Santo et al. (2005) utilizaram classificação semi-automática de imagens LANDSAT-TM e ETM+, através da segmentação das imagens fração solo, sombra e vegetação, e propuseram uma metodologia capaz de discriminar três diferentes estágios de sucessão secundária: 1) estágio inicial (de 0 a 4 anos); 2) estágio intermediário (de 4 a 13 anos) e, 3) estágio avançado (mais de 13 anos). O método adotado aplicou técnicas de análise de imagens multitemporais em um conjunto de imagens referentes a 1988, 1997, 1999 e 2001, da região da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós. Também trabalhando na região da FLONA do Tapajós, Bernardes (1998) considerou que o uso das frações dos componentes de cena Solo, Sombra e Vegetação derivadas do Modelo Linear de

Mistura Espectral foram adequadas para modelar a variação espectral da ocorrência de vegetação secundária. Lu et al. (2003b) utilizaram classificadores por pixel em imagens de fração de sombra e de fração vegetação e combinações entre essas imagens para o mapeamento de vegetação secundária. A razão entre as imagens sombra e vegetação propiciou a melhor discriminação dos estágios sucessionais.

2.2 Ecorregiões – Conceito e aplicação na região amazônica

Segundo Loveland e Merchant (2004), ecorregiões são “áreas que exibem relativa homogeneidade dos ecossistemas”. Assim permitem a sua utilização como unidade permitindo a avaliação da formação de vegetação secundária nestas áreas homogêneas. Outros estudos também mostraram a potencialidade do uso de ecorregiões na identificação de áreas ecologicamente homogêneas (HARGROVE e HOFFMAN, 2004; ZHOU et al., 2003). Olson et al. (2001) realizaram o mapeamento das ecorregiões de todo globo em escala regional utilizando um sistema de classificação para a linha de base das ecorregiões e complementando com dados e consultas a especialistas locais. Neste mapeamento, aceito pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2006) das ecorregiões da Amazônia Brasileira houve grande influência do programa de áreas protegidas da Amazônia (ARPA) na identificação dos limites das ecorregiões (XIMENES, 2008).

Para Bailey (2005) existem vinte princípios e três limitações que devem ser considerados para a identificação dos limites das ecorregiões, como por exemplo, o de que os limites das ecorregiões coincidem com certos parâmetros climáticos, ou que o contexto é muitas vezes tão importante quanto o conteúdo no mapeamento ecológico das regiões, ou ainda, que os fatores utilizados para reconhecer as ecorregiões devem ser estáveis.

Assim, considerando as ecorregiões como um mapeamento de ecossistemas homogêneos, foi utilizado o mapeamento realizado por Olson et al. (2001) como uma variável para tentar explicar o padrão espacial de ocorrência da vegetação secundária na AML.

2.3 A influência da estrutura agrária, fatores sócio-econômicos, fatores físicos e unidades de conservação sobre o desenvolvimento da vegetação secundária

O tamanho da área abrangida pela AML, faz com que esta seja um mosaico de muitos ambientes, não somente físicos, mas também histórico-culturais e sócio-econômicos completamente distintos (HURTIENNE, 2005). Esta heterogeneidade de ambientes pode influenciar, de maneira bastante distinta, a ocorrência da vegetação secundária. Diante deste quadro, Perz e Skole (2003) criaram modelos estatísticos para entender a influência de indicadores sociais na formação de vegetação secundária utilizando dados municipais dos censos demográficos e agropecuários de 1980 e 1991, combinados com dados orbitais. O estudo mostrou que o menor tempo de uso da terra e a forma tradicional de usá-la com agricultura itinerante tendem a aumentar a área de vegetação secundária. Ondas migratórias e usos não tradicionais como pastagens exercem influência na dinâmica da vegetação secundária, diminuindo a sua área de ocorrência.

Já Costa (2006), aborda a vegetação secundária sob a ótica da economia, classificando-a em; 1)“Capoeira-Capital”, referindo-se àquela formada em áreas utilizadas na agricultura itinerante e que se encontram em pousio para a recomposição da fertilidade do solo; 2)“Capoeira-Reserva”, resultante do abandono da área devido a uma intensificação de exploração da atividade agropecuária e conseqüente diminuição de área utilizada para uma mesma produção, e; 3)“Capoeira-Sucata”, originada pela exaustão do solo, explorado ao seu limite, tornando a área imprópria para novos cultivos por um tempo muito longo. A avaliação da rentabilidade financeira dos sistemas de produção levou o autor a considerar que apesar do modelo formador de “Capoeira-Sucata” ser extremamente prejudicial ao ambiente, é o que apresenta melhor retorno financeiro, devido à grande disponibilidade de terras e o baixo custo das mesmas.

Quanto a influência na formação de vegetação secundária, pelo tamanho da propriedade, D'antona et al. (2006), em estudo conduzido em cento e vinte e seis propriedades familiares no entorno de Santarém-PA, compostas por produtores de culturas anuais, culturas perenes e produtores de gado, encontraram forte influência do tamanho da propriedade sobre o processo de conversão da cobertura da terra, e

conseqüente formação de vegetação secundária. O estudo mostrou que propriedades menores tendem a apresentar florestas secundárias com ciclos mais curtos devido à escassez de terra, quando comparadas a propriedades maiores. Ciclos de menor duração impedem a formação de vegetação secundária intermediária ou avançada, mantendo a área em constante utilização agrícola.

Vanwey et al. (2007) e Vanwey et al. (2004) ao analisarem a relação entre o ciclo de vida da família, (casamento, nascimento e crescimento dos filhos e finalmente o casamento dos filhos) e as taxas de desflorestamento dos lotes, em dois assentamentos localizados em Altamira e Santarém – PA e não encontraram evidências de ligações entre o desflorestamento e o ciclo de vida da família. Os autores ressaltam ainda que o crescimento populacional tem efeito sobre às mudanças ambientais. Contudo, esta interação é bastante complexa, envolvendo outros fatores, e não permite a afirmação de que aumento da população implica aumento do desflorestamento.

Outros fatores podem atuar na decisão do agricultor de deixar uma região influenciando no processo de abertura de novas áreas. Segundo Sartre et al. (2005) as migrações dos pequenos proprietários podem estar ligadas não somente a degradação do meio biofísico (queda da fertilidade), mas também podem estar associadas a fatores como pressão exercida pelo meio social. Ameaças físicas ou sobrevalorização da terra impedem que o pequeno agricultor expanda a área cultivada, que, com o crescimento dos filhos vê ameaçado o sustento da família, o que pode levar a venda da área já aberta para aquisição de nova área maior em uma nova frente em expansão. Este abandono de áreas em uso pode levar a formação de vegetação secundária.

Além da estrutura agrária e fatores sócio-econômicos existe também a influência da presença de hidrografia, pois conforme descrito por Miguez et al. (2007), a agricultura de várzea é uma das principais atividades econômicas e forma de subsistência das famílias ribeirinhas da Amazônia, dentro de um sistema fortemente apoiado na agricultura itinerante, que durante o período de pousio recupera a fertilidade do solo e favorece a formação de vegetação secundária. Desta forma, a presença de hidrografia favorece a ocupação ribeirinha pela possibilidade de acesso fluvial e pela possibilidade

de agricultura de várzea e pesca, e com isso, aumenta a agricultura itinerante ao longo das várzeas dos rios.

Outro fator de influência na formação de vegetação secundária é a presença de unidades de conservação. A literatura mostra a importância do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na conservação de recursos naturais e da biodiversidade (FERREIRA et al., 2005a; TEIXEIRA, 2005). Estas unidades de conservação, ao disciplinar o uso da terra nas áreas onde são implantadas, também podem influenciar no processo de formação de vegetação secundária. Esta ação pode trazer um impacto imediato no entorno das unidades de conservação, diminuindo o estoque de terras disponíveis para as atividades agropecuárias, que desta maneira passam a estar sobre maior pressão de uso que tende a se intensificar, e pode levar a uma diminuição na formação de vegetação secundária. A queda na formação de vegetação secundária nas Unidades de Conservação (UC's) e seus entornos pode ser explicada pela queda do desmatamento nestas áreas, visto que Alves et al. (2007) encontraram queda no desmatamento local com a implantação de UC's.

Além dos itens já listados, fatores ambientais locais também influenciam a formação de vegetação secundária (MORAN et al., 2000; NEEFF et al., 2006; NELSON et al., 2000; ODUM, 1969; ROBERTS et al., 2002). Vieira e Proctor (2007) destacaram a importância da regeneração vegetativa na estrutura básica da vegetação secundária e na presença de certas espécies ao longo da cronosequência.

Soares-Filho et al (2001) listam a inclinação do terreno e a distância da sede da propriedade como fatores físicos importantes para o desenvolvimento da vegetação secundária. Já Kozlowski (2002) destaca que a regeneração da floresta é frequentemente muito lenta e imprevisível devido às complexas interações entre os propágulos e o ambiente local, sendo necessária uma fonte abundante e viável de sementes e condições ambientais favoráveis.

3 MATERIAIS

Nesta seção estão descritos os materiais utilizados neste estudo, suas características e fontes.

3.1 Dados de desflorestamento do PRODES

A série histórica disponibilizada pelo INPE contém o mapeamento da taxa de desflorestamento bruto classificado pelo ano de ocorrência do mesmo. Contudo, os desflorestamentos ocorridos até o ano de 1997 estão agregados em uma única classe, chamada d1997, os desflorestamentos do intervalo 1997 a 2000 estão agrupadas na classe d2000, e os desflorestamentos posteriores a 2000 são classificados com a letra “d” acrescida do ano de ocorrência dos mesmos. Além dos polígonos de desflorestamento, os dados do PRODES trazem também dados de hidrografia (corpos d’água e áreas alagadas) e áreas classificadas como não florestas (áreas de contato com savanas, afloramentos rochosos). Estes dados estão disponíveis no site do PRODES (INPE, 2008) em arquivos digitais, organizados pelas órbita/ponto do sistema LANDSAT.

3.2 Imagens LANDSAT-TM

Para a identificação e mapeamento da vegetação secundária foram utilizadas as imagens LANDSAT-TM5 dos anos 1997, 2000, 2003 e 2006. As imagens foram estratificadas conforme o grau de desflorestamento em cada cena. A seção 4.1 da metodologia traz uma explanação completa desta amostragem. Nesta seção, apenas identifica-se as cenas amostradas em cada estrato, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Na Figura 3.1 são representadas as 229 cenas LANDSAT-TM que recobrem a AML, e seus respectivos graus de desflorestamento, sendo que as imagens utilizadas para este estudo estão marcadas com um círculo verde.

Tabela 3.1 - Número de imagens LANDSAT/TM selecionadas por grau de desflorestamento

Grau de desflorestamento da cena	Número de cenas no estrato	Número de Amostras
0 a 1 %	71	3
1 a 5%	47	4
5 a 10%	17	3
10 a 20%	22	4
20 a 30%	16	4
30 a 55%	23	3
> 55%	33	5
Total de Amostras		26

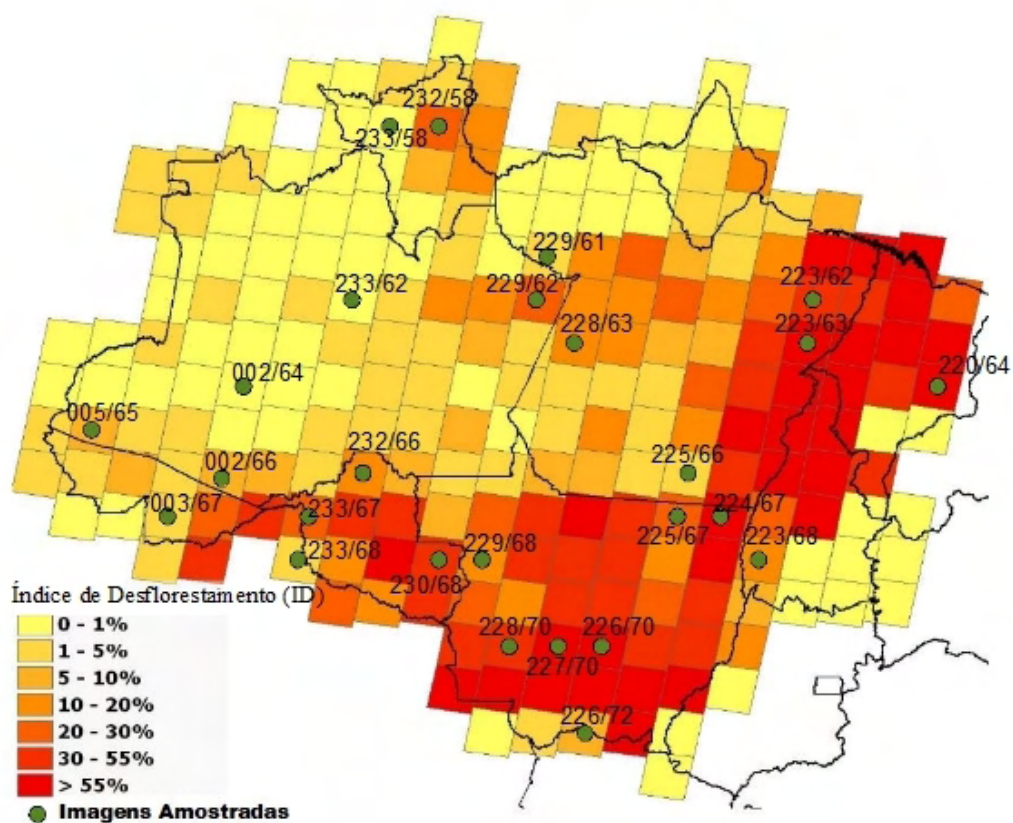


Figura 3.1 - Índice de Desflorestamento das cenas da AML, e indicação das cenas amostradas neste estudo

3.3 Mapa de ecorregiões

Foi utilizado o mapeamento dos biomas brasileiros e das suas 48 ecorregiões, construído por Olson et al. (2001) e disponível no site do IBAMA (2006), como um representante das condições físicas dos locais estudados. A Figura 3.2 mostra a distribuição das 31 ecorregiões encontradas na AML, e na Tabela 3.2 estão listadas as classes correspondentes.

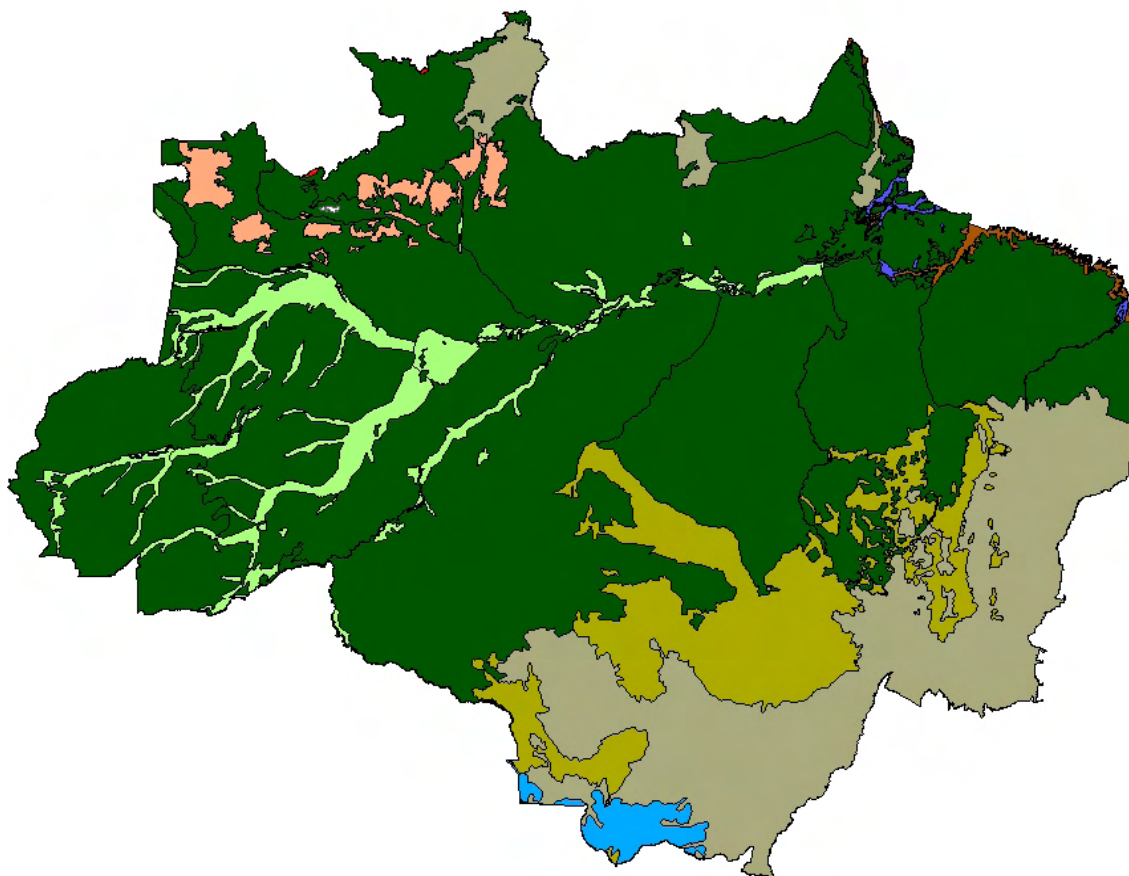


Figura 3.2 - Ecorregiões amazônicas

Fonte: Adaptada de IBAMA (2006)

Tabela 3.2 - Ecorregiões amazônicas

1	Florestas Secas de Chiquitano	19	Savanas da Guiana
2	Florestas Úmidas de Altitude das Guianas	20	Varzea de Iquitos
3	Florestas Úmidas Japura/Solimões-Negro	21	Varzea de Monte Alegre
4	Florestas Úmidas Jurua/Purus	22	Pantanal
5	Florestas Úmidas Madeira/Tapajós	23	Varzea do Purus
6	Florestas de Babaçu do Maranhão	24	Tepuis
7	Florestas Secas do Mato Grosso	25	Manguezais do Amapa
8	Florestas Úmidas Negro/Branco	26	Varzea do Gurupa
9	Florestas Úmidas Purus/Madeira	27	Manguezais do Maranhão
10	Florestas Úmidas do Sudoeste da Amazônia	28	Restingas do Nordeste
11	Florestas Úmidas Tapajós/Xingu	29	Manguezais do Para
12	Florestas Úmidas Tocantins-Araguaia/Maranhão	30	Campinarana do Rio Negro
13	Florestas Úmidas Uatumã-Trombetas	31	Cerrado
14	Florestas Úmidas Xingu/Tocantins-Araguaia		
15	Florestas Úmidas da Guiana		
16	Florestas Úmidas de Caqueta		
17	Floresta de Varzea do Marajó		
18	Florestas Úmidas Solimões/Japurá		

As ecorregiões com numeração entre 1 e 18 são do tipo florestadas e as ecorregiões numeradas entre 19 e 31 foram consideradas não florestadas. Na Figura 3.2 em verde escuro estão as ecorregiões florestadas.

3.4 Dados de hidrografia e área de Não-Floresta do PRODES

Os dados de hidrografia, que representam os corpos d'água e as áreas alagadas foram extraídos dos dados do PRODES (CÂMARA et al., 2006), publicados pelo INPE. Além das áreas de hidrografia existentes nas cenas, também foi utilizado como variável os dados de áreas de não floresta do PRODES, que define não-floresta como áreas previamente identificadas nas imagens, com base no Mapa de Vegetação do IBGE, como constituída de vegetação com fisionomia diversa da florestal (Figura 3.3).

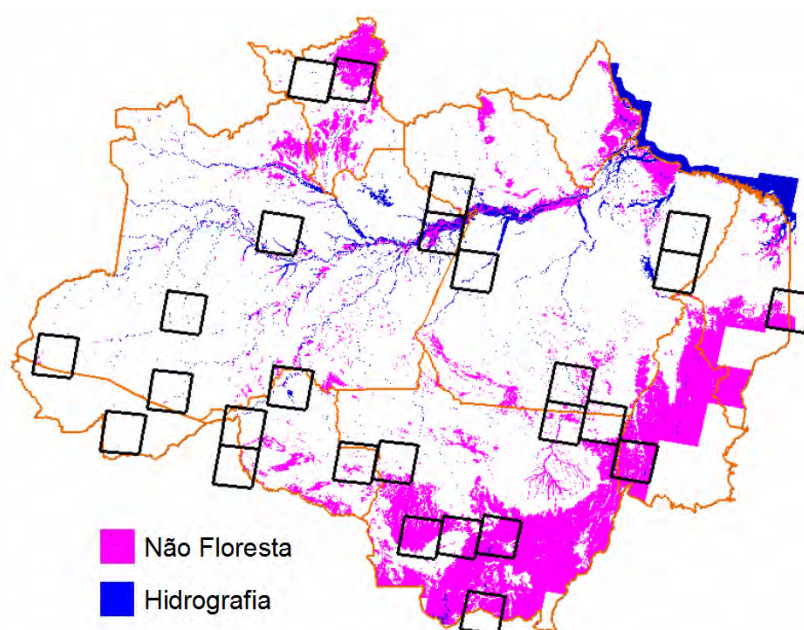
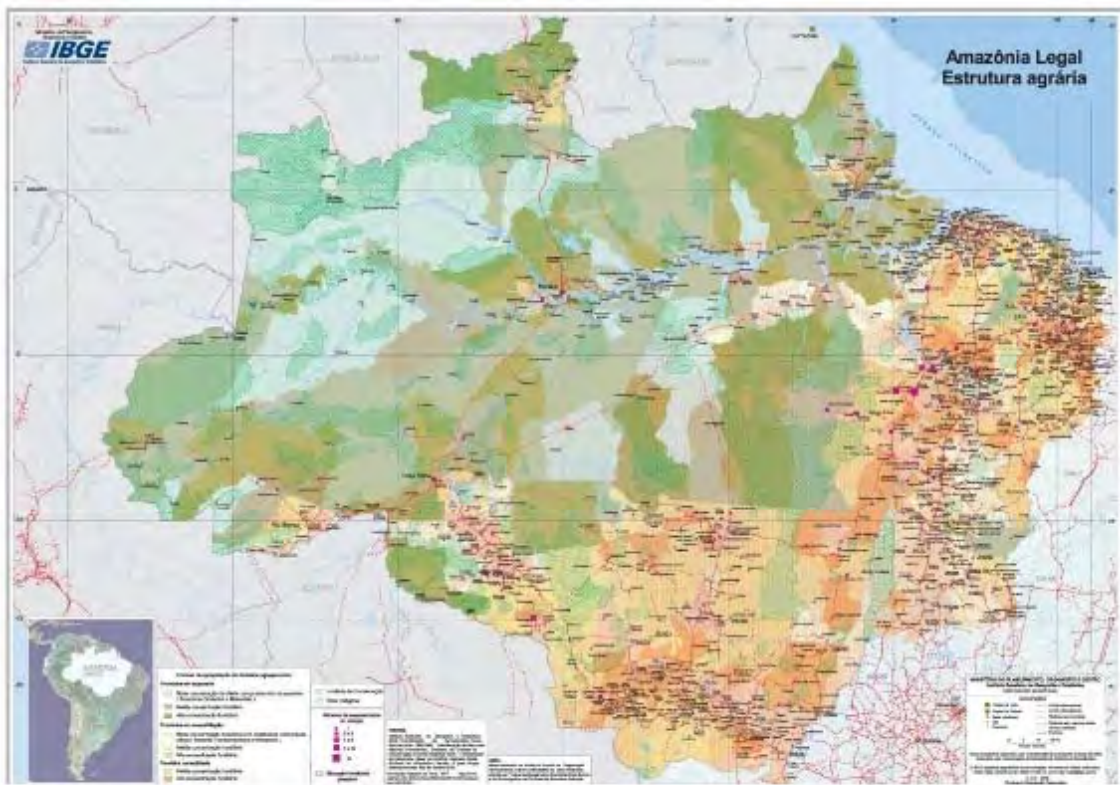


Figura 3.3 - Dados de hidrografia e Não Floresta do PRODES, e indicação das cenas amostradas neste estudo

3.5 Mapa de estrutura agrária da Amazônia Legal Brasileira

O IBGE organizou os dados fundiários do censo agropecuário de 1995/1996, adquiridos por municípios e os publicou em um mapa de estrutura agrária da Amazônia Legal (IBGE, 2007), apresentado na Figura 3.4. Os dados foram estratificados em três tipos de fronteira em função do nível de consolidação fundiária; fronteira em expansão, fronteira em consolidação e fronteira consolidada. Cada tipo de fronteira foi classificada em até três níveis de concentração fundiária: baixa, média e alta. (IBGE, 2007).



Fronteira em expansão	Baixa concentração fundiária com predomínio de posseiros (Amazônia Ocidental e Maranhão)
	Média concentração fundiária
	Alta concentração fundiária
Fronteira em consolidação	Baixa concentração fundiária com projetos de colonização oficial (Rod. Transamazônica e Rondônia)
	Média concentração fundiária
	Alta concentração fundiária
Fronteira consolidada	Média concentração fundiária
	Alta concentração fundiária

Figura 3.4 - Mapa de estrutura agrária da Amazônia Legal

Fonte: Adaptada de IBGE (2007)

3.6 Dados de Unidades de conservação

Na AML existem centenas de unidades de conservação distribuídas em mais de 1 milhão de km² de Terras Indígenas (TI) e outro milhão de km² em Áreas Protegidas Estaduais (APE) e Áreas Protegidas Federais (APF). Contudo, existe alguma sobreposição entre estas unidades de conservação. Ainda assim estas unidades de conservação (UC's) representam mais de 2 milhões de km². Para avaliar a influência destas UC's na ocorrência de vegetação secundária foram utilizados os dados de Unidade de Conservação fornecidos pelo Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA (IBAMA, 2008).

A Figura 3.5 mostra a distribuição das UC's na AML e nas cenas amostradas.

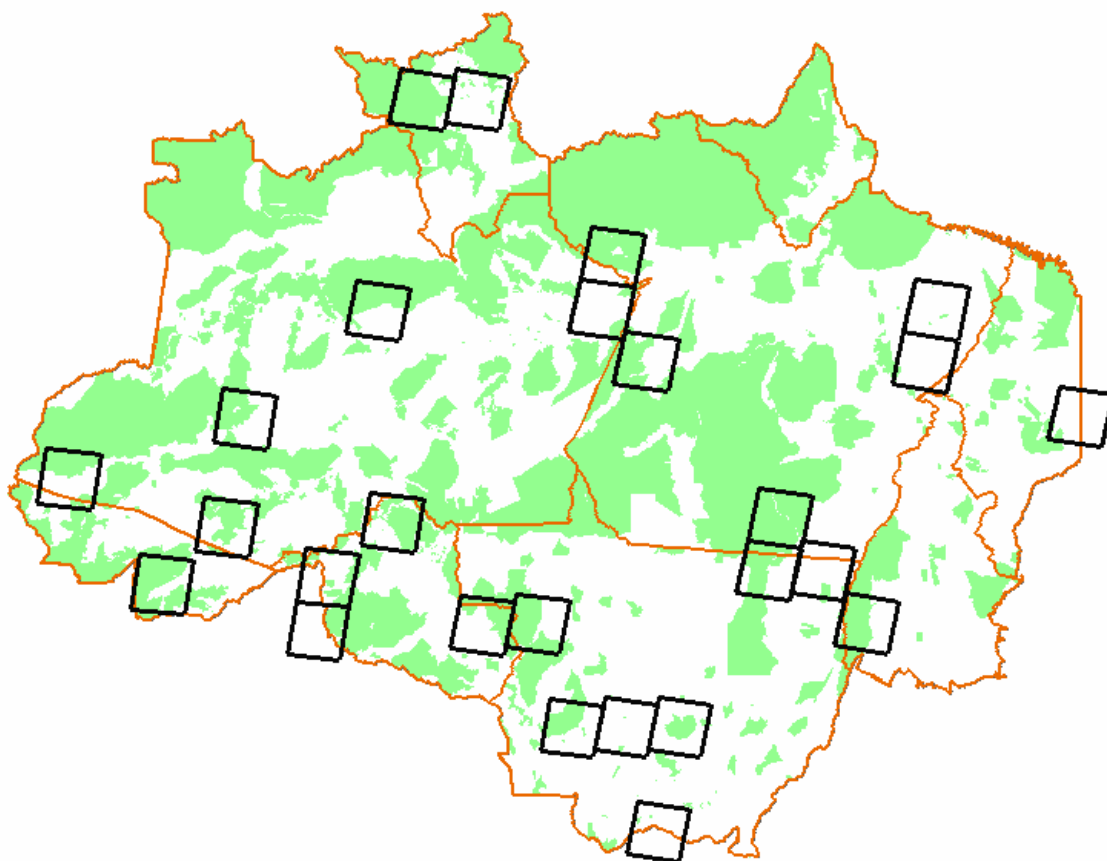


Figura 3.5 - Distribuição das unidades de conservação na Amazônia legal brasileira, e indicação das cenas amostradas neste estudo

4 MÉTODOS

Este estudo pode ser dividido em cinco etapas bem definidas realizadas para alcançar os objetivos geral e específicos deste estudo. Para a execução das atividades ligadas a cada uma dessas etapas, aplicaram-se diversas ferramentas e métodos, os quais passam a ser apresentados a seguir;

1) Seleção das cenas LANDSAT-TM

Nesta parte estão descritas as operações realizadas para selecionar, dentro da coleção de imagens que recobrem a AML, um conjunto representativo, a partir do qual fosse possível analisar o comportamento das variáveis estudadas.

2) Preparação dos bancos de dados

A construção de bancos de dados geográficos envolve várias etapas, como a definição das janelas do projeto, a importação e o georeferenciamento de dados. Nesta seção, estão descritas as operações executadas durante a preparação dos bancos de dados.

3) Mapeamento da vegetação secundária

Para se conseguir o mapa temático da vegetação secundária das cenas amostradas foram aplicadas técnicas como geração de modelo de mistura, recorte, fatiamento e edição temática matricial. Após a classificação, realizou-se trabalho de verificação de campo. Todas estas atividades estão detalhadas nesta seção.

4) Construção dos indicadores

Para a construção dos indicadores utilizados como variáveis no modelo de regressão linear múltipla, foram necessárias operações de cruzamento de dados e processamento algébrico. Esta seção descreve estas atividades realizadas para criar o conjunto de variáveis utilizadas no modelo de regressão.

5) Análises estatísticas

Utilizando-se os indicadores construídos, foram realizadas análises a fim de elaborar a equação do modelo de regressão e teste da consistência deste, além do cálculo de incerteza deste modelo. Também foram avaliadas as linhas de tendência das cronosequências. Esta seção descreve estas análises.

A Figura 4.1, apresenta o fluxograma das etapas deste estudo e os produtos dessas.

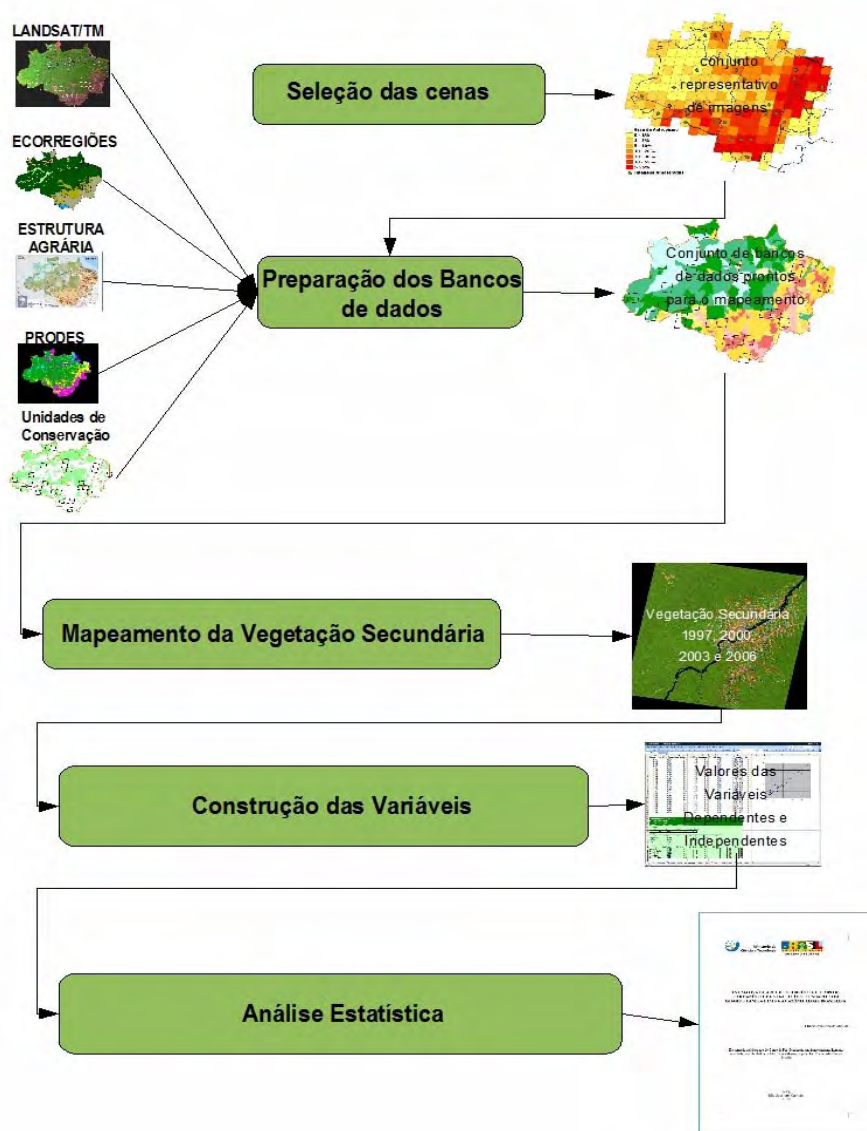


Figura 4.1 - Fluxograma das principais atividades realizadas neste estudo.

4.1 Seleção das cenas LANDSAT-TM

4.1.1 Unidade amostral

Os dados anuais sobre o desflorestamento bruto na AML produzidos pelo INPE, são organizados e distribuídos tendo como recorte os limites das órbita/ponto do satélite LANDSAT. Assim, para recobrir toda a AML, são necessárias 229 órbitas/ponto. Como os dados de desflorestamento são distribuídos pelo INPE, respeitando estes limites das órbita/ponto, adotou-se neste estudo a órbita/ponto como unidade amostral. Para cada unidade amostrada, foi criado um banco de dados geográfico utilizando os limites da respectiva órbita/ponto, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING (CAMARA et al., 1996), como Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) utilizado foi o Access.

Todas as operações descritas a seguir, foram realizadas para todos os bancos de dados que formam a amostragem deste estudo.

A seguir, são apresentadas as duas etapas realizadas de forma a se obter uma amostragem representativa do total de área com floresta secundária, dentre as 229 cenas LANDSAT-TM utilizadas para o mapeamento de desflorestamento da AML.

4.1.2 Estratificação das cenas por grau de desflorestamento.

Dada a existência de um número muito grande de cenas, o levantamento das áreas de florestas secundárias foi realizado de modo amostral dentro do conjunto de cenas Landsat-TM5 que cobrem a AML. As 229 cenas em questão foram divididas em sete estratos, seguindo o mesmo critério adotado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em seu estudo do balanço de carbono no primeiro inventário de emissões de gases de efeito estufa do Brasil (MCT, 2004). Este estudo estratificou as cenas de acordo com a proporção de desflorestamento bruto, denominado de Índice de Desflorestamento (ID) e considerou as seguintes classes; de 0 a 1%, de 1 a 5%, de 5 a 10%, de 10 a 20%, de 20 a 30%, de 30 a 55% e acima de 55% de desflorestamento na cena. Como áreas

desflorestadas, são consideradas as regiões que eram originalmente cobertas por floresta e que foram suprimidas em algum momento, sendo apontadas como desflorestamento pelo PRODES. Não são consideradas áreas originariamente cobertas por outras formações vegetais como, por exemplo, áreas de savanas.

Para se chegar ao Índice de Desflorestamento, foram analisados os dados publicados pelo projeto PRODES (INPE, 2008), para o ano de 2006, calculando a razão entre a área desflorestada pela área de floresta original de cada cena, conforme a Equação (4.1) a seguir:

$$ID = AD / AFO \quad (4.1)$$

Onde ID é o Índice de desflorestamento, AD é a área desflorestada e AFO é a área de floresta original da cena, todos os dados segundo o levantamento do PRODES de 2006.

4.1.3 Amostragem das cenas a serem utilizadas

O tamanho de amostra (n_0) em cada um dos estratos foi calculado conforme a Equação (4.2), com base em Cochran (1977):

$$n_0 = (t_{x2})^2 (CV\%)^2 / (D\%)^2 \quad (4.2)$$

Onde D% é a semi-amplitude do intervalo de confiança, ou seja, a margem aceitável de incerteza da estimativa que neste estudo foi definida em 5%. t_{x2} é o valor da tabela t de Student para determinar o nível de confiança da inferência o qual será de 95% e CV% é o coeficiente de variação calculado conforme a Equação (4.3):

$$CV\% = 100 \sqrt{S^2} / \quad (4.3)$$

Onde \bar{x} e S^2 são respectivamente a média e a variância da área desflorestada em cada estrato.

O resultado final de n_0 é calculado em km^2 a serem mapeados. Como foram utilizadas cenas LANDSAT-TM como unidade amostral, como a AML tem pouco mais de 5 milhões km^2 distribuídos em 229 cenas, tem-se uma área média de pouco mais de 21.000 km^2 por cena. Considerando este valor médio assumiu-se que cada 21.000 km^2

seriam considerados como uma nova cena a ser mapeada. Não foram trabalhadas frações de imagens. Logo qualquer fração foi imediatamente arredondada para o próximo valor inteiro. Por exemplo, no estrato de 10 a 20% desflorestado pela Equação 4.2 o n_0 foi igual a 3,07598 e para esse estrato foram amostradas 4 cenas.

Antes de efetuar o sorteio aleatório das 26 cenas utilizadas no presente estudo, foram excluídas as cenas que tinham menos de 2000 km² de floresta original, e também as cenas com menos de 100 km² desflorestados em 2006, segundo os dados do PRODES. Este procedimento teve por objetivo evitar que fossem analisadas cenas com pouca área de floresta e/ou muito pouco desflorestadas. As Tabelas A.1 a A.9, presentes no Apêndice A, relacionam todas as cenas que cobrem a AML e mostram as cenas selecionadas e excluídas para este estudo.

4.2 Construção dos bancos de dados

Para cada uma das 26 cenas mapeadas montou-se um banco de dados utilizando o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas SPRING (CAMARA et al., 1996). Compõem esta fase a criação dos bancos de dados, o georeferenciamento das imagens LANDSAT-TM e a importação dos dados temáticos utilizados no estudo (dados do PRODES, mapa de ecorregiões do IBAMA, mapa de estrutura agrária do IBGE e os mapas de Unidades de Conservação fornecidos pelo IBAMA).

4.2.1 Criação dos bancos de dados e importação dos dados temáticos e das imagens LANDSAT-TM5

Seguindo a base metodológica do PRODES as cenas amostradas foram organizadas em bancos de dados e projetos de acordo com a órbita/ponto da imagem LANDSAT-TM5 utilizando o SPRING. Estes bancos de dados receberam como base para referência geográfica os mosaicos de imagens LANDSAT-TM ortoretificadas - Geocover (NASA, 2004) e os dados temáticos que foram utilizados para caracterização de cada uma das cenas amostradas.

4.2.2 Georeferenciamento das imagens LANDSAT-TM5

Depois de selecionadas as cenas, as mesmas foram georeferenciadas para que todos os dados tivessem um posicionamento que permitisse a justaposição entre imagens de diferentes datas e também em relação aos dados temáticos, permitindo assim o cruzamento entre os mapeamentos dos anos subseqüentes e o posterior cruzamento com dados temáticos. A base de referência utilizada no PRODES é o mosaico Geocover (NASA, 2004), de imagens LANDSAT TM-5 com resolução espacial de 28.5m. Este mosaico foi avaliado por Albuquerque e Medeiros (2004) que encontraram uma qualidade planimétrica compatível com as especificações para a escala de 1:100.000, portanto, acima das especificações necessárias a este estudo, que por utilizar os dados do PRODES que são produzidos na escala 1:250.000, também realizou o mapeamento da vegetação secundária nesta escala.

4.3 Mapeamento da vegetação secundária

Neste trabalho o termo vegetação secundária foi utilizado para designar as áreas onde a vegetação florestal original foi suprimida, e as áreas desflorestadas foram posteriormente abandonadas, entrando em processo de regeneração da vegetação nativa. Para mapear esta vegetação secundária foram realizados os procedimentos de classificação de imagens, mapeamento para dados temáticos e criação das cronosseqüências que irão mostrar o histórico da vegetação secundária no período estudado. Estes procedimentos estão detalhados nesta seção.

4.3.1 Geração dos modelos de mistura espectral.

Para a geração das imagens fração, foi utilizada a ferramenta de modelo de mistura do SPRING, que gera imagens sintéticas que representam a proporção de cada componente da mistura dentro do pixel. Foram selecionados pixels puros de vegetação, solo e sombra, e conseqüentemente foram geradas as imagens fração, vegetação, solo e sombra.

4.3.2 Recorte das áreas de trabalho

Neste trabalho, somente foram avaliadas as áreas de vegetação secundária que ocorreram em locais onde houve corte raso detectado pelo PRODES. Logo, áreas consideradas como florestas pelo PRODES foram excluídas deste estudo, ainda que nestas áreas também possa existir vegetação secundária, fruto de processos de extração seletiva de madeira, queimadas ou outras fontes de degradação da floresta.

Visando minimizar o tempo de processamento das imagens e aumentar a eficácia no mapeamento da vegetação secundária, as imagens fração foram recortadas de acordo com o mapeamento do PRODES. Nestes recortes foram utilizadas como máscaras de exclusão, os agregados de desflorestamento do PRODES até o ano da imagem em trabalho. Por exemplo, ao recortar uma determinada cena para o ano de 2000 restava na imagem produto¹ apenas a área mapeada como desflorestada pelo PRODES no ano de 1997 e também o que havia sido mapeado no intervalo 1997 - 2000. Como resultado foram obtidas imagens fração apenas nas áreas onde já exista desflorestamento no período de estudo, tornando o mapeamento mais eficaz.

4.3.3 Classificação das imagens e cálculo do Índice de Vegetação Secundária

Mapeada (IVSM)

Utilizando as imagens fração solo e fração vegetação já recortadas pela máscara do agregado do desflorestamento, foram identificados os intervalos de valores de nível de cinza para as áreas identificadas como vegetação secundária. Isto foi realizado através de interpretação visual, em composição colorida com as bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT-TM5, visualizadas respectivamente nos canais B, G e R do sistema de cores do monitor.

¹ Imagem produto é aquela resultante de operação lógica entre duas ou mais imagens. No caso em questão foi subtraída da imagem original todas as áreas que não estivessem mapeadas como desflorestamento 1997 ou desflorestamento 2000.

A identificação visual da vegetação secundária foi apoiada na observação dos valores de nível de cinza das imagens fração solo e fração vegetação, pois conforme fartamente descrito na literatura (BERNARDES, 1998; CÂMARA et al., 2006; ESPÍRITO-SANTO et al. 2005; HALL et al., 1995; LU et al., 2004a; LU et al., 2004b; LU et al., 2003b; ROBERTS et al., 2002; SHIMABUKURO e SMITH, 1991) as áreas ocupadas por formações florestadas (ainda que em regeneração inicial) apresentam valores de nível de cinza expressivamente maiores do que em áreas desflorestadas na fração vegetação e o contrário para a fração solo.

Para locais com presença de agricultura, a fração sombra ajudava a dirimir as dúvidas, visto que nestas áreas o valor do nível de cinza é maior para os locais com vegetação do tipo florestal do que para as áreas de agricultura, devido a uma maior heterogeneidade na altura do topo do dossel florestal, o que causa um maior sombreamento.

Locais onde havia uma dominância de poucas espécies na área em regeneração apresentaram maior dificuldade para serem separados de áreas de agricultura, devido à grande homogeneidade na altura dos indivíduos, o que se traduz em baixos níveis de cinza na fração sombra e valores altos na fração vegetação, similares ao de áreas com presença de agricultura. Nestes casos, a experiência do intérprete em considerar outros atributos como, por exemplo, forma e proximidade a estradas, foram importantes para aumentar a taxa de acerto na identificação das áreas com vegetação secundária.

Uma vez identificados os intervalos de nível de cinza de ocorrência da vegetação secundária, foram realizados procedimentos de fatiamento de imagem que identificaram e separaram o conjunto de pixels onde havia vegetação secundária, criando uma imagem do tipo classificada, que em seguida era mapeada para uma imagem do tipo temática.

Esta imagem temática contendo as áreas identificadas como vegetação secundária foi em seguida auditada tendo por base a composição colorida R5 G4 B3, e, quando necessário, editada através da edição matricial, de maneira que o resultado final do mapeamento é uma imagem temática contendo as áreas identificadas como sendo vegetação secundária.

4.3.4 Análise para mapeamento das cronoseqüências da vegetação secundária

Para a criação de uma cronoseqüência (seqüência de dados de uma mesma região e tema, observada por um período de tempo, com intervalo pré-definido) que permitisse estudar a permanência desta vegetação secundária, foi definido um intervalo objetivando diminuir o número de imagens estudadas e permitir identificar a formação de vegetação secundária mesmo em sua fase inicial. Com os dados de desflorestamento foi identificado o período em que a floresta original foi suprimida e através do mapeamento da vegetação secundária realizado nas imagens subseqüentes identificou-se o período de ocorrência e permanência da vegetação secundária mapeada.

Usando algoritmo criado em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) do SPRING, foi realizado um processamento onde foi identificada a ocorrência ou não de vegetação secundária em cada uma das quatro datas mapeadas para cada pixel das imagens temáticas dos respectivos anos. Para fins de criação de classes da imagem temática resultante deste processamento algébrico, considerou-se o valor 1 para um pixel que apresentava vegetação secundária e valor 0, para um pixel que não apresentava vegetação secundária. Deste modo foi criado um índice binário de quatro dígitos representando com esta notação a presença ou ausência de vegetação secundária ao longo da cronoseqüência analisada.

Assim, um pixel onde foi mapeada vegetação secundária em 1997, e nos anos de 2000, 2003 e 2006 não foi mapeada a ocorrência de vegetação secundária, foi classificado com a classe 1000. O mapa temático resultante do processamento é a distribuição espacial da cronoseqüência de ocorrência da vegetação secundária, que permite localizar espaço/temporalmente a ocorrência e permanência de vegetação secundária para cada pixel da imagem.

4.3.5 Trabalho de campo para avaliação do mapeamento de vegetação secundária

O trabalho de campo é importante para a avaliação do processo de classificação. Através de uma visita ao campo em pontos previamente mapeados como vegetação secundária nas imagens de 2006, foi possível verificar “in loco” a informação para estimar a exatidão do mapeamento realizado.

A seleção dos locais a serem visitados buscou cobrir a maior abrangência espacial possível para aferir a exatidão do mapeamento sob diversas condições.

Todo o trabalho de campo foi realizado por via terrestre utilizando-se um veículo do tipo camionete com tração nas 4 rodas, o que permitiu chegar, mesmo a lugares de difícil acesso. Para que fosse possível adquirir o maior número de amostras, foi planejado um roteiro de campo que cobrisse todas as áreas acessíveis por via terrestre, sem que fosse preciso alternar trechos terrestres com trechos aéreos ou fluviais.

Sendo assim, o trabalho de campo iniciou-se em Cuiabá-MT, partiu em direção à região leste de MT, e em seguida em direção ao sudoeste do PA até atingir a rodovia BR-230 na cidade de Novo Repartimento-PA. Seguindo-se por esta rodovia até a cidade de Humaitá-AM, onde pela BR-319 partiu-se em direção à Porto Velho-RO. Em seguida, partiu-se em direção a Rio Branco-AC, voltando a Porto Velho-RO e partindo em seguida na direção de Vilhena no sul de Rondônia, e depois em direção ao sudoeste do MT, finalmente retornando à Cuiabá-MT.

A Figura 4.1 mostra o roteiro realizado durante a execução do trabalho de campo, no qual foram percorridos mais de 15.000 km durante, 46 dias, e amostrados 355 pontos mapeados como vegetação secundária.

Nos pontos visitados verificou-se a ocorrência de vegetação secundária sua estrutura e contexto, as coordenadas geográficas foram obtidas com um GPS de navegação e fez-se o registro fotográfico do local.

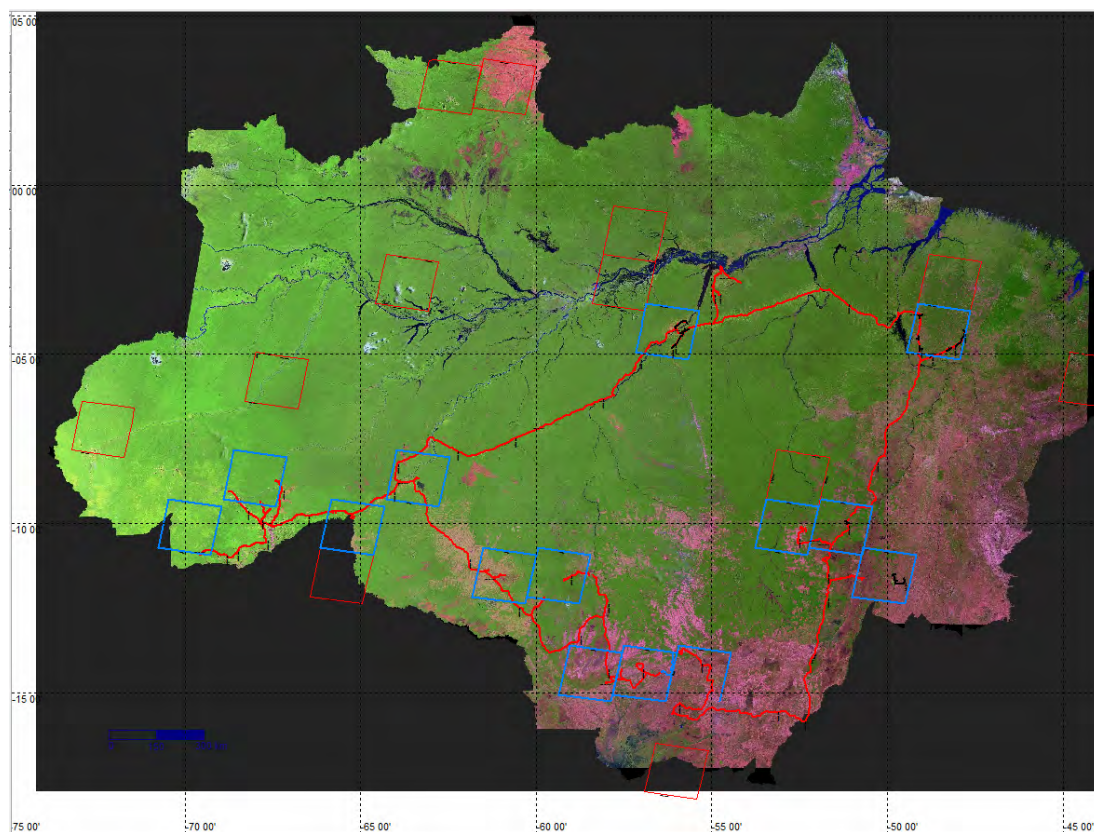


Figura 4.2 - Roteiro do trabalho de campo, destacadas em azul as cenas visitadas

4.4 Construção dos indicadores

Aqui estão descritas as operações executadas para a construção do conjunto de indicadores que foram usados como variáveis no modelo de regressão linear múltipla.

4.4.1 Cálculo do Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM)

Ao término do mapeamento da vegetação secundária, foi calculado o Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM) de cada cena. Para chegar ao IVSM foi dividido o valor da área mapeada como vegetação secundária no ano de 2006, pela área desflorestada acumulada até 2006 da mesma cena, obtendo-se assim um índice que mostra qual porcentagem da área desflorestada esta coberta por vegetação secundária.

4.4.2 Cálculo do Índice de Desflorestamento (ID) e do Logaritmo do ID.

Conforme descrito na Equação 4.1 do item 4.1.1, foi calculado o Índice de Desflorestamento de cada uma das cenas da AML, a partir da razão entre a área desflorestada em cada cena e a área total da mesma.

Ao avaliar a correlação deste índice com o valor da vegetação secundária mapeada observou-se que a correlação entre estas variáveis poderia ser melhorada com a aplicação de uma transformada na variável ID. Aplicou-se uma conversão para a escala logarítmica de maneira a obter-se uma nova variável, o Logaritmo do Índice de Desflorestamento (LID), que apresentou uma correlação muito mais significativa com o Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM).

4.4.3 Cálculo do Índice de Hidrografia da cena (IH), do Índice de Não-Floresta (INF) e da Relação Área Perímetro (RAP)

Dentro dos dados do projeto PRODES, além das áreas apontadas como desflorestadas nos respectivos anos, existem também dados de hidrografia e dados de Não Floresta extraídos das cenas LANDSAT-TM5. Assim, todos os corpos d'água são mapeados e seus limites fazem parte dos dados temáticos, classificados como hidrografia e as formações vegetais do tipo "Não Floresta" foram interpretadas com base nos dados de vegetação do projeto RADAM Brasil, fazendo parte dos dados temáticos do PRODES

Para que fosse possível avaliar a influência da presença de hidrografia na cena, foi criado um índice que mostra quanto da área das cenas amostradas para o estudo, são ocupadas por corpos d'água. Este índice, criado a partir da razão entre a área classificada como hidrografia em cada cena no mapeamento do PRODES e a área total da mesma, sendo denominado de Índice de Hidrografia da Cena (IH).

Para avaliar a influência dos dados de Não Floresta, foi criado o Índice de Não-Floresta da cena (INF). Tal índice mostra o quanto de Não Floresta existe dentro de cada cena, e

o mesmo foi obtido pela divisão da área total ocupada por não-floresta de cada cena pela área total da cena.

Ainda utilizando os dados de desflorestamento do PRODES, também foi avaliado o tamanho dos polígonos desflorestados. D'Antona et al (2006) e Perz e Skole (2003) mostraram a influência do tamanho da propriedade na formação de vegetação secundária. Considerando essa influência, decidiu-se testar se a relação entre a área e perímetro dos polígonos desflorestados apresentava alguma relação com a formação de vegetação secundária. Esta hipótese foi norteadada pela avaliação de que pequenas propriedades fazem pequenos polígonos de desflorestamento, e os pequenos polígonos de desflorestamento apresentam uma relação área / perímetro muito menor que os grandes polígonos de desflorestamento.

Usando os polígonos de desflorestamento das cenas amostradas, calculou-se uma relação entre a área total dos polígonos desflorestados até o ano de 2006 e o perímetro total desses polígonos. Esta relação foi chamada de Relação Área Perímetro (RAP) e a mesma foi testada dentro da construção do modelo de regressão linear múltipla.

4.4.4 Cálculo do Índice Unidade de Conservação da cena (IUC)

Decidiu-se por criar um índice que mostrasse quanto da área total da cena é ocupada por Unidade de Conservação, nos níveis estadual e federal, além das terras indígenas. Este índice é formado pela razão entre a área total ocupada por Unidades de Conservação (UC), descontadas as áreas com duplicidade, ou seja, que são demarcadas como mais de uma UC, dividido pela área total da cena. Este índice que aqui foi chamado de Índice de Unidade de Conservação (IUC), também participou das análises estatísticas no desenvolvimento de um modelo estatístico para estimar a vegetação secundária. Para criar o IUC foram utilizados os dados contidos no mapa de unidades de conservação fornecido pelo IBAMA (2008).

4.4.5 Cálculo do Índice de Ecorregião Florestada (IEF)

Alguns estudos mostraram a influência de variáveis ambientais na formação de vegetação secundária (ANDERSON et al., 2006; LU et al., 2002; MORAN et al., 2000; ODUM, 1969; STEININGER, 2000). Assim, decidiu-se inserir no modelo em construção um parâmetro que sintetizasse as condições físicas das áreas estudadas, e segundo Loveland e Merchant (2004) as ecorregiões tem a capacidade de sintetizar as principais características bióticas e abióticas locais.

Através de uma operação de tabulação cruzada, foram sobrepostos os mapas temáticos de áreas desflorestadas apontadas pelo PRODES e o mapa das ecorregiões. Os resultados foram agrupados em áreas desflorestadas com ecorregiões do tipo florestada e áreas desflorestadas e com ecorregiões do tipo não florestada. Em seguida o valor das áreas desflorestadas com ecorregiões do tipo florestada foi dividido pela área desflorestada total da cena, compondo um índice que mostra qual parcela da área desflorestada de cada cena estava sobre ecorregiões florestadas. Este índice foi denominado de Índice de Ecorregião Florestada (IEF) e foi usado como variável independente na análise de regressão linear múltipla.

Cabe esclarecer que o PRODES mapeia a perda de floresta primária localizada dentro da AML, e que mesmo em ecorregiões do tipo não florestadas também há ocorrência de formações florestais (como por exemplo, as formações pioneiras, savanas florestadas e campinaranas), logo é natural que existam áreas desflorestadas em ecorregiões florestadas e também em ecorregiões não florestadas.

4.4.6 Cálculo do Índice de Baixa Concentração Agrária (IBCA)

Neste estudo, levou-se em consideração apenas o grau de concentração fundiária preparado pelo IBGE, o qual mostra o grau de concentração das terras. Assim, uma área classificada como alta concentração agrária indica a predominância de grandes propriedades.

A criação do IBCA foi realizada através de uma operação onde o somatório das áreas desflorestadas e classificadas como de baixa concentração da cena foi dividido pela área total desflorestada da mesma cena. A obtenção destes valores foi conseguida através de uma operação de tabulação cruzada, onde foram sobrepostos os mapas temáticos das áreas desflorestadas apontadas pelo PRODES e os dados de concentração agrária mapeados pelo IBGE.

4.5 Análise dos dados

4.5.1 Construção do modelo de regressão linear múltipla.

O método clássico para avaliação da dependência de uma variável em relação a outras variáveis é conhecida por regressão linear múltipla (SPIEGEL, 1977), ou seja é o estudo das mudanças de uma variável dependente em função de outras variáveis independentes. Estas mudanças são expressas em uma equação conhecida como modelo linear de regressão múltipla, construído a partir de um conjunto de amostras onde se pode analisar a relação entre a variável dependente com as variáveis independentes.

Usando os valores das variáveis descritas na seção de materiais e sumarizadas na Tabela 4.1, e utilizando uma planilha eletrônica, construiu-se um modelo de regressão que além de evidenciar a influência de cada um dos índices na formação de vegetação secundária, criou uma equação preditiva capaz de estimar qual o percentual de ocorrência de vegetação secundária na área desflorestada de cada cena. Para a escolha das variáveis que participariam do modelo de regressão linear múltipla foram utilizados os métodos de Forward Stepwise e Backward Stepwise, utilizando nível de significância de 0.05, e em ambos testes chegou-se ao mesmo conjunto de variáveis selecionadas.

Tabela 4.1 - Variáveis testadas para criação do modelo de regressão linear múltipla.

Tipo de Fator	Código	Nome
Físico	IVSM	Índice de Vegetação Secundária Mapeada
	IH	Índice de Hidrografia na Cena
	IEF	Índice de Ecorregião Florestada
	LID	Logarítmo do Índice de Desflorestamento
	RAP	Relação Área / Perímetro
	INF	Índice de Não Floresta
Sócio-econômico	IUC	Índice de Unidade de Conservação
	IBCA	Índice de Baixa Concentração Agrária

4.5.2 Teste da estabilidade do modelo.

Para testar a estabilidade do modelo, foi realizado um teste de validação cruzada, que consistiu em retirar individualmente cada uma das cenas e com os valores dos índices das cenas restantes construir novos modelos. Ao final, comparou-se os valores encontrados para os coeficientes da equação de regressão linear múltipla para verificar se algumas das cenas apresentava influência muito forte na construção do modelo.

4.5.3 Estimativa da área de vegetação secundária.

O modelo geral de construção da equação de regressão linear múltipla está disposto na Equação (4.4) adaptada de Neter e Wasserman (1974) a seguir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_{ip} + E_i \quad (i = 1, \dots, n). \quad (4.4)$$

Onde:

Y_i – são as observações da variável dependente;

β_0 – é o coeficiente de interceptação do modelo de regressão;

β_i – são os parâmetros da população;

X_{ik} – são as variáveis independentes ($k = 1, 2, \dots, p$);

E_i – são os erros do modelo, minimizados pelo método de mínimos quadrados.

A partir da Equação do modelo construído, e utilizando os valores identificados para as variáveis conhecidas (independentes), foi estimada a área de vegetação secundária para todas as cenas da AML, exceto as cenas que apresentavam valor de desflorestamento igual a zero, onde não existe vegetação secundária.

4.5.4 Cálculo da incerteza da estimativa.

A incerteza do modelo foi avaliada a partir da variância das predições de vegetação secundária, obtidas pela aplicação do modelo de regressão construído. A estimativa da variância das predições foi realizada a partir da Equação (4.5), para as 26 cenas que foram amostradas:

$$s^2(\hat{Y}_h) = \text{MSE} (\mathbf{X}'_h (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}_h) \quad (4.5)$$

Para as outras cenas que não entraram na amostragem, a estimativa da variância do valor estimado - $s^2(\hat{Y}_h)$ – foi obtida pela Equação (4.6):

$$s^2(\hat{Y}_h) = \text{MSE} (1 + \mathbf{X}'_h (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}_h) \quad (4.6)$$

As Equações (4.5) e (4.6), estão apresentadas em forma de notação de matriz.

Desta maneira, depois de efetuado o cálculo da estimativa de vegetação secundária para cada uma das cenas da AML e calculadas as suas respectivas variâncias, foi possível identificar o desvio padrão de cada uma das cenas. Supondo a completa independência das observações, a estimativa da incerteza total foi obtida pelo somatório do desvio padrão de cada uma das estimativas.

Outra maneira de se obter uma medida de incerteza é através do uso da ferramenta de simulação Monte Carlo, que consiste em conduzir experimentos múltiplas vezes para, com base na teoria das grandes amostras, simular o comportamento da incerteza do modelo e das predições. Assim através da condução destes experimentos pode-se encontrar valores simulados para grandeza estudada, e com a repetição do experimento em uma quantidade suficiente para se encontrar o ponto de equilíbrio da curva de respostas. Com essa curva de respostas é possível estimar um intervalo de credibilidade,

composto do intervalo entre o menor e o maior valor estimado, para o somatório dos desvios padrões.

4.5.5 Cálculo da meia-vida² da vegetação secundária

A partir das cronosequências mapeadas anteriormente, foi possível identificar em que período as áreas de vegetação secundária surgem e quando elas desaparecem. De posse desta informação, foram analisados todos os “pixels” mapeados como vegetação secundária em 1997 e verificada a classificação dos mesmo nas datas seguintes.

Isso permitiu identificar quanto da vegetação secundária mapeada em 1997 ainda persistia em 2000, em 2003 e em 2006. Os resultados obtidos estão dispostos, por cena, de maneira absoluta (km²/cena/ano) e em percentual (quanto do mapeado em 1997 permaneceu em 2000, 2003 e 2006 /cena/ano) no Apêndice C nas Tabelas C.1 e C.2 respectivamente.

Depois de quantificada a permanência da vegetação secundária, os resultados foram agrupados por cada um dos sete estratos de desflorestamento da cena, e para cada estrato foi possível construir o gráfico com a perda de vegetação secundária (exclusivamente os pixels mapeados em 1997) nos anos subseqüentes, e nestes gráficos criar linhas de tendências.

As equações que melhor se ajustaram à distribuição do dados foram as do tipo exponencial. A Figura 4.2 mostra o gráfico obtido para o estrato de 5 a 10% da cena desflorestada, onde do total de vegetação secundária mapeada em 1997, havia 70,63% em 2000, 43,61% em 2003 e 29,25% em 2006, e no eixo X está o tempo em anos decorridos desde 1997.

² Por meia-vida da vegetação secundária, considerou o tempo necessário para que metade da área de vegetação secundária mapeada para o ano de 1997 desaparecesse.

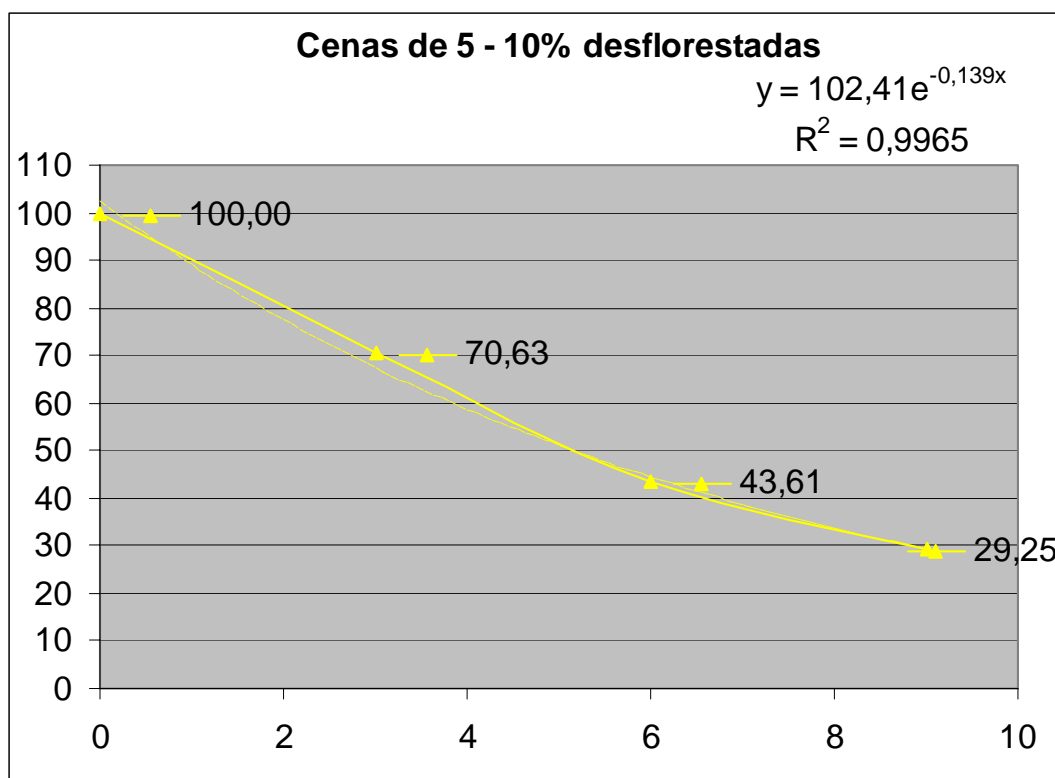


Figura 4.3 - Gráfico da permanência percentual da vegetação secundária nas cenas com ID entre 5 e 10%.

Na Figura 4.3 observa-se a linha dos valores apresentada em formato de linha contínua e a linha de ajuste em formato de linha pontilhada. A equação deste estrato está mostrada na Equação (4.7):

$$Y = 102,41e^{-0,139x} \quad (4.7)$$

Onde Y é o percentual de vegetação secundária existente, e X é o número de anos decorridos desde o mapeamento de 1997. Assim substituindo Y por 50, ou seja restando 50% da vegetação mapeada em 1997, podemos calcular o X expresso em anos e desta maneira encontrar a meia-vida de cada um dos estratos propostos para o mapeamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados e como eles se relacionam com a literatura consultada.

5.1 Definição da amostragem

Conforme descrito na seção metodológica foi calculado um Índice de Desflorestamento (ID) que mostra o quanto da floresta original de cada cena já foi desflorestada. Baseado no valor do ID e nas equações apresentadas na seção 4 foi calculado o tamanho das amostras necessárias para representar os sete estratos propostos, dentro do intervalo de confiança definido (95 %). A Tabela 5.1 apresenta o número de amostras e de imagens que compõem cada estrato.

Tabela 5.1 - Número de amostras e imagens selecionadas por grau de desflorestamento

Grau de desflorestamento da cena	Número de cenas no estrato	Número de Amostras
0 a 1 %	71	3
1 a 5%	47	4
5 a 10%	17	3
10 a 20%	22	4
20 a 30%	16	4
30 a 55%	23	3
> 55%	33	5
Total de Amostras		26

As Tabelas de A.1 até A.7 do Apêndice A apresentam de forma detalhada os dados de cada estrato e de cada cena, como o ID das cenas, o número de cenas de cada estrato, e a quantidade de amostras necessárias para cada um dos estratos. A escolha das cenas, foi feita aleatoriamente para cada estrato, obedecendo o número de imagens encontrado no cálculo do tamanho da amostra, conforme descrito no item 4.1.1.

Com este procedimento, foi alcançado o primeiro objetivo específico do trabalho que foi conceber um sistema de amostragem, dentro de um intervalo de confiança pré-

estabelecido, capaz de representar o conjunto de cenas que recobrem a AML. A Tabela 5.2 mostra as cenas e datas selecionadas.

Tabela 5.2 - Imagens (órbita/ponto) selecionadas por data e grau de desflorestamento

Cena	ID	Data 1997	Data 2000	Data 2003	Data 2006
23362	0.0044	25-out	15-set	8-set	16-set
23358	0.0045	no data	4/10/2001	9-abr	9-abr
00264	0.0052	20-ago	28-ago	20-jul	14-set
22566	0.0108	1-out	23-set	19-mai	7-ago
00367	0.0192	10-jul	20-set	13-set	4-ago
22961	0.0234	9-jul	29/8/2001	15-nov	22-out
23368	0.0416	5-jul	14-ago	22-jul	31-ago
00565	0.0668	10-set	2-set	25-jul	3-set
00266	0.0735	21-set	29-set	9-nov	14-set
22672	0.0977	8-out	1-nov	10-nov	14-ago
22368	0.1321	16-ago	11-out	14-jun	9-ago
22863	0.1559	2-jul	8-jun	19-jul	12-ago
23266	0.1857	14-jul	23-ago	15-jul	8-ago
22968	0.1909	10-ago	17-jul	11-ago	3-ago
22962	0.2022	25-jul	18-ago	10-jul	4-set
23258	0.2229	2-out	13-fev	22-dez	2-abr
22567	0.2312	13-jul	23-set	15-ago	7-ago
23367	0.2768	9-out	14-ago	22-jul	31-ago
23068	0.4049	4-out	25-ago	18-ago	25-jul
22362	0.4572	28-mai	5-jun	30-jun	9-ago
22870	0.5286	18-jul	14-out	20-ago	12-ago
22467	0.5593	7-ago	12-jun	24-ago	31-jul
22363	0.5976	28-mai	5-jun	16-jul	9-ago
22064	0.6302	10-jul	22-out	27-jul	4-ago
22670	0.6481	8-out	13-ago	21-jul	14-ago
22770	0.6499	13-set	19-jul	13-ago	21-ago

Embora o mapeamento tenha sido planejado para ser realizado com imagens dos anos de 1997, 2000, 2003 e 2006, em algumas datas as imagens apresentaram excessiva cobertura de nuvens. Nesses casos, foi necessário substituir por imagens do ano seguinte sem cobertura de nuvens. Esta situação ficou restrita a três observações, as 229/61 e 233/58 de 2000, que foram substituídas por uma imagens de 2001, para a cena 233/58

de 1997 não foi possível conseguir nenhuma imagem com cobertura de nuvens aceitável entre 1997 e 2000, assim não foi mapeada a vegetação secundária neste período.

5.2 Mapeamento da vegetação secundária

O mapeamento da vegetação secundária foi realizado utilizando a metodologia descrita no item 4.3, a partir das imagens LANDSAT-TM5. A área de vegetação secundária (VSM) obtida a partir do mapeamento realizado para cada imagem e para cada ano estudado é apresentada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Resultado do ID e do VSM por cena por data em km²

Cena	ID	VSM-97	VSM-00	VSM-03	VSM-06
23362	0,0044	72,87	83,47	92,75	95,55
23358	0,0045	No Data	66,40	21,41	73,89
00264	0,0052	76,78	100,07	122,09	120,46
22566	0,0108	7,50	7,28	28,95	55,74
00367	0,0192	145,86	46,74	162,59	221,20
22961	0,0234	356,36	287,66	213,95	235,75
23368	0,0416	77,83	87,04	108,82	106,72
00565	0,0668	378,23	645,52	341,55	758,51
00266	0,0735	279,05	391,92	737,06	539,25
22672	0,0977	24,99	75,18	74,29	66,63
22368	0,1321	82,74	72,19	74,21	49,27
22863	0,1559	1440,70	1706,04	2078,85	2068,09
23266	0,1857	1132,90	752,53	1651,10	1451,36
22968	0,1909	545,42	442,55	432,69	556,92
22962	0,2022	1703,12	1810,06	1862,14	2358,00
23258	0,2229	704,21	563,26	939,26	931,87
22567	0,2312	682,71	679,00	625,33	627,93
23367	0,2768	436,42	525,45	1639,11	1003,41
23068	0,4049	842,95	2693,45	1200,04	1162,09
22362	0,4572	3179,06	3424,47	3864,97	3412,26
22870	0,5286	668,18	385,09	982,80	514,37
22467	0,5593	1478,50	1363,03	2042,06	1910,09
22363	0,5976	3295,23	3136,98	3401,38	3454,68
22064	0,6302	816,57	1140,34	1690,18	882,56
22670	0,6481	445,79	224,15	298,54	269,78
22770	0,6499	270,53	476,72	1023,57	1194,09
Total		19144,48	21186,60	25709,70	24120,48

É importante observar que as cenas apresentaram grandes diferenças entre si com relação a área total desflorestada e, conseqüentemente, com relação a área total de vegetação secundária. Como exemplo, pode-se citar a cena 229/62 da Tabela 5.3 que em 2006 apresentou cerca 2.358 km² de floresta secundária, enquanto a cena 223/68 do mesmo ano, apresentou cerca 49 km² de floresta secundária. Grande parte dessa

variação é explicada pelo fato de que a vegetação secundária só ocorre em área desflorestada, portanto, quanto maior a área desflorestada de uma cena a área de vegetação secundária tende a ser maior.

Para normalizar essa medida e eliminar esse efeito, foi criado um índice que mostra a proporção de área de vegetação secundária em uma determinada data em relação a área desflorestada da cena. Este índice foi denominado índice de vegetação secundária mapeada (IVSM), conforme descrito no item 4.3.3. A Tabela 5.4 mostra os valores de IVSM encontrada para cada ano em cada cena.

Com o IVSM calculado tornou-se possível comparar os valores das cenas estudadas. O valor desse índice variou entre 0 e 1 para todas as cenas, onde 0 representa ausência de vegetação secundária na área desflorestada da cena, e 1 representa a regeneração de toda a área desflorestada.

Os dados da Tabela 5.4 mostram que a premissa inicial do estudo é consistente, visto que a medida que o Índice de Desflorestamento (ID) aumenta, há uma queda no Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM). Isso também pode ser verificado na Figura 5.1 que mostra um gráfico com as médias dos IVSM de cada um dos estratos em cada ano estudado.

Esta observação está de acordo com as conclusões de Alves et al. (2003), e sugere que a intensificação do desflorestamento e do uso da terra levam a uma redução da formação de vegetação secundária.

Tabela 5.4 - Resultado do índice de vegetação secundária mapeada

Cena	ID	IVSM-97	IVSM-00	IVSM-03	IVSM-06
23362	0,0044	0,7796	0,7975	0,8107	0,8134
23358	0,0045	No Data	0,6421	0,1855	0,5479
00264	0,0052	0,8095	0,8178	0,8771	0,8391
22566	0,0108	0,1544	0,1399	0,2151	0,2129
00367	0,0192	0,4491	0,1289	0,3441	0,3962
22961	0,0234	0,6796	0,5486	0,3605	0,3723
continua					

Tabela 5.4 - conclusão					
23368	0,0416	0,5604	0,5118	0,5764	0,4444
00565	0,0668	0,3081	0,4357	0,2106	0,3895
00266	0,0735	0,2370	0,2918	0,4069	0,2622
22672	0,0977	0,1326	0,3938	0,3695	0,2763
22368	0,1321	0,2669	0,1959	0,1851	0,1084
22863	0,1559	0,4968	0,4998	0,5350	0,4782
23266	0,1857	0,3726	0,2137	0,4078	0,2952
22968	0,1909	0,1705	0,1180	0,1035	0,1217
22962	0,2022	0,6078	0,6142	0,5960	0,7258
23258	0,2229	0,3579	0,2499	0,3325	0,2878
22567	0,2312	0,1585	0,1494	0,1260	0,1138
23367	0,2768	0,1870	0,1787	0,4226	0,1959
23068	0,4049	0,1102	0,2996	0,1256	0,1128
22362	0,4572	0,3920	0,3420	0,3340	0,2660
22870	0,5286	0,1763	0,0911	0,2158	0,1097
22467	0,5593	0,1794	0,1442	0,1681	0,1382
22363	0,5976	0,2654	0,2304	0,2242	0,2087
22064	0,6302	0,2367	0,2992	0,3799	0,1728
22670	0,6481	0,1913	0,0862	0,1039	0,0878
22770	0,6499	0,0336	0,0569	0,1143	0,1275

As curvas apresentadas na Figura 5.1, mostram uma tendência de queda do valor do IVSM a medida em aumenta o ID. Entretanto, esta tendência aparece dividida em três grupos dentro do gráfico. O primeiro grupo composto de cenas com ID entre 0 e 0,01 apresentam um IVSM muito acima dos demais grupos. O segundo grupo com as cenas com ID entre 0,01 e 0,30 apresentou uma tendência de queda bastante suave, contudo com oscilações dentro do grupo e o terceiro grupo com ID maior que 0,30 voltou a apresentar uma queda um pouco mais forte no IVSM. Tais oscilações podem ser explicadas por fatores como a presença ou ausência de unidades de conservação, presença e extensão dos corpos d água e tamanho das propriedades. O efeito de cada um destas fatores na ocorrência de vegetação secundária será apresentado no item 5.4 que trata dos resultados do modelo preditivo.

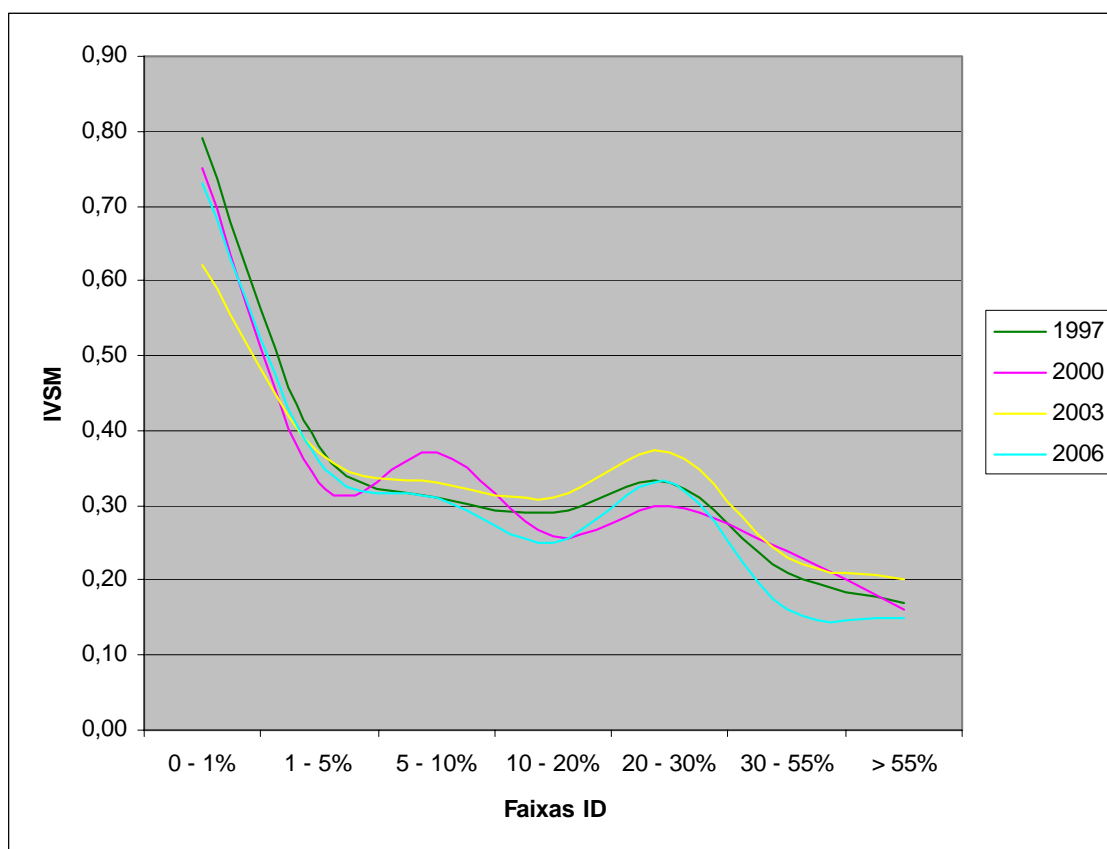


Figura 5.1 - Gráfico do comportamento do IVSM das amostras em relação ao Índice de Desflorestamento (ID)

5.3 Validação de campo do mapeamento da vegetação secundária

A validação de campo consistiu na verificação de um conjunto de pontos pré-selecionados e classificados como vegetação secundária. Durante a vistoria de campo foi observada a ocorrência ou não de vegetação secundária. Os pontos mapeados como vegetação secundária e confirmados em campo foram contabilizados como acerto, os pontos mapeados como vegetação secundária onde foi observada alguma outra cobertura da terra foram contabilizados como erro.

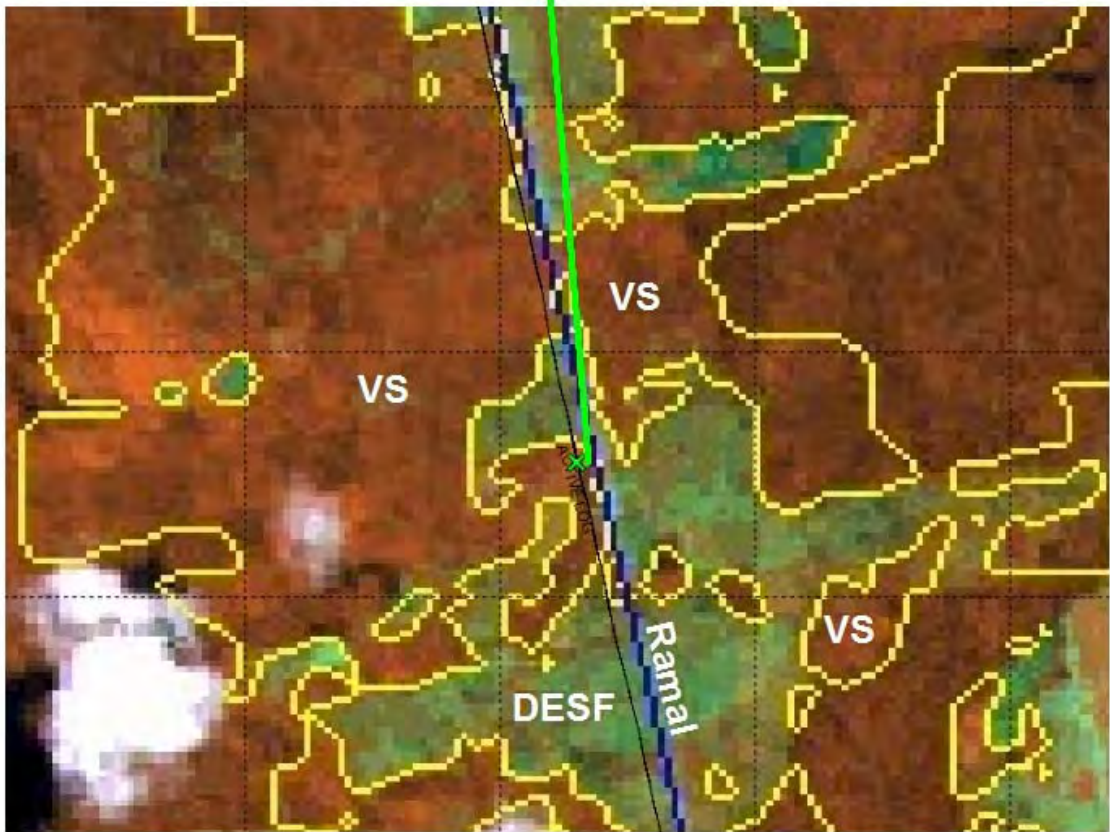
Na análise dos pontos em campo foi avaliada a cobertura da terra, a forma e o tamanho do polígono no campo. Procurou-se observar a maior extensão possível do perímetro de cada polígono, permitindo assim um julgamento quanto ao acerto da classificação.

Os resultados da campanha de campo mostraram um alto grau de acerto (92,11%) dos resultados do mapeamento da vegetação secundária. No total foram visitados 355 pontos, sendo que, 28 (7,89%) não foram classificados corretamente. Dos 28 pontos não confirmados, 4 corresponderam a áreas de reflorestamento, 4 a pastagem, 4 a agricultura e 16 áreas³ apresentaram diferenças visíveis na forma e tamanho com relação à área mapeada, em relação ao mapeamento. Os 327 pontos restantes (92,11%) foram considerados como acertos do mapeamento.

A Figura 5.2 mostra uma área classificada da cena 228/63, com a imagem LANDSAT/TM5 em composição colorida (R4-G5-B3) na qual a vegetação aparece em tons avermelhados e com os polígonos de vegetação secundária traçados em amarelo, e a foto de campo do ponto localizado nas coordenadas S 04° 17' 13" e O 55° 44' 50" próximo à Trairão-PA. Esta área foi classificada corretamente como vegetação secundária.

A Figura 5.3 mostra a classificação de parte da cena 230/68, com a imagem LANDSAT/TM5 em composição colorida (R4-G5-B3) na qual a vegetação aparece em tons avermelhados e com os polígonos de vegetação secundária traçados em amarelo, e a foto de campo do ponto localizado nas coordenadas S 11° 22' 46" e O 61° 20' 30" próximo à Espigão D'Oeste – RO. Esta área foi classificada erroneamente como vegetação secundária

³ Estas diferenças foram avaliadas visualmente no campo. Quando a forma ou a área mapeada era muito diferente da encontrada no campo foi considerado um erro no mapeamento da vegetação secundária



VS – Vegetação Secundária

DESF - Desflorestamento

Figura 5.2 - Resultado da classificação em recorte da cena 228/63 e fotografia de campo mostrando a vegetação secundária.

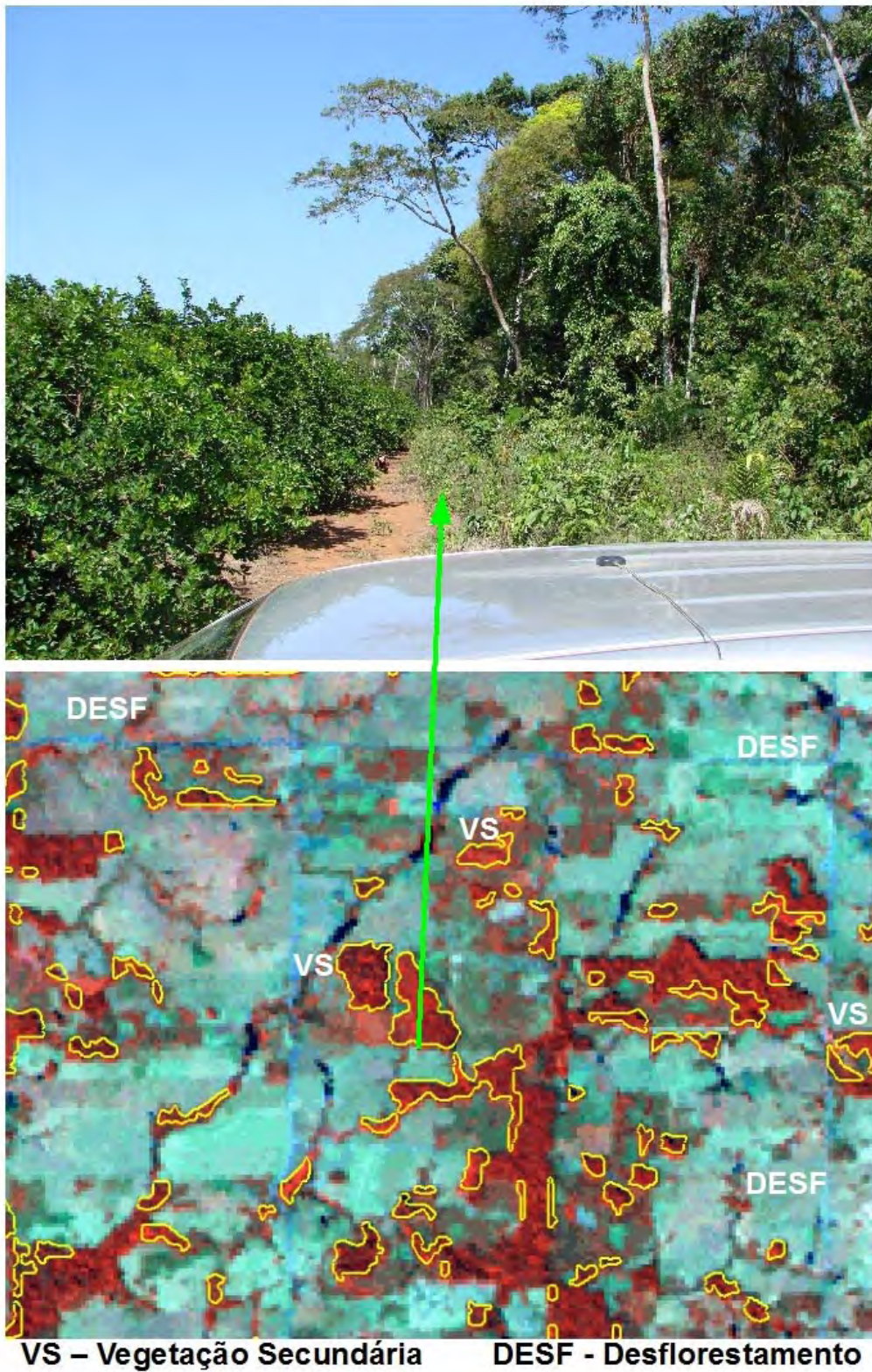


Figura 5.3 - Resultado da classificação em recorte da cena 230/68 e fotografia de campo mostrando confusão entre citrus e vegetação secundária

Não foi planejada a avaliação de erros de omissão, contudo durante todo o trajeto foram encontrados apenas 2 pontos em que a vegetação secundária não estava mapeada. Nos 2 pontos foi encontrada uma formação bastante fechada e dominada exclusivamente por embaúbas (*Cecropia spp*), que, quando vistas na imagem LANDSAT/TM5, apresentavam alta resposta na fração vegetação e baixa resposta na fração solo e na fração sombra.

Durante a verificação de campo foram encontradas algumas áreas classificadas como vegetação secundária, mas que apresentavam características de degradação florestal, sem ocorrência de corte raso. Estes casos foram considerados como acerto, pois o PRODES mapeou como desflorestamento e a vegetação encontrada foi do tipo florestal.

Dos 355 pontos visitados foram encontrados 74 pontos com algum tipo de confusão na classificação do PRODES. A mais comum (49%) foram áreas que sofreram um processo intenso de degradação, mas que pelas características dos indivíduos que restaram na área, não se trata de corte raso e sim de um processo de degradação florestal. Os erros devidos a polígonos menores que a área mínima mapeável não devem ser considerados erros do PRODES, visto que estes polígonos em uma avaliação meramente visual, aparentavam ser menores que 6,25 hectares, que é a área mínima mapeável pelo PRODES. Este casos normalmente encontravam-se em estreitas faixas de mata ciliar.

A título de uma avaliação expedita dos erros do PRODES encontrados durante o trabalho de campo estes foram quantificados e estão apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Erros da base do PRODES

Quantidade de pontos	Porcentagem	Problemas do PRODES
4	5%	Borda do polígono deslocada
16	22%	Sem sinal de corte
36	49%	Floresta Degradada
5	7%	Não Floresta
13	18%	Polígono menor que área mínima

Ainda que o total de pontos com problemas na base do PRODES seja da ordem de 20%, cabe considerar que estes problemas são cumulativos ao longo de toda a história do

PRODES. Como os dados levados ao campo eram de 2006, e o PRODES começou gerar estimativas de forma sistemática em 1988, os erros presentes foram acumulados durante 18 anos, o que dá um erro médio de 1,11% ao ano. Contudo, esta quantificação foi realizada apenas para uma rápida discussão dos problemas encontrados na base do PRODES. Para resultados mais efetivos, uma avaliação mais detalhada deve ser conduzida em estudo específico.

5.4 Estimativa da área de vegetação secundária.

Para estimar a área coberta por vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira foi construído um modelo preditivo, a partir da análise de regressão linear múltipla, onde foram testadas as relações entre o Índice de Vegetação Secundária Mapeada –IVSM (variável dependente) e outras sete variáveis independentes.

A Tabela 5.6 mostra os valores encontrados para cada uma das variáveis em cada uma das 26 cenas analisadas neste estudo.

Tabela 5.6 - Valores das variáveis estudadas, para cada uma das cenas

Cena	ID	LID	IH	IUC	IEF	IBCA	IVSM	RAP	INF
00264	0,0052	-2,2820	0,0124	0,4470	0,8204	0,7272	0,6291	0,00011	0,0128
00266	0,0735	-1,1340	0,0055	0,4500	0,7014	0,0430	0,2622	0,00003	0,0078
00367	0,0192	-1,7175	0,0002	0,7700	0,9804	0,1186	0,3962	0,00003	0,0003
00565	0,0668	-1,1755	0,0008	0,4671	0,4189	0,0000	0,3895	0,00005	0,0110
22064	0,6302	-0,2005	0,0041	0,0600	0,7270	0,0000	0,1728	0,00005	0,5400
22362	0,4572	-0,3399	0,0028	0,0100	1,0000	0,0617	0,2660	0,00004	0,0063
22363	0,5976	-0,2236	0,0054	0,0300	0,9999	0,0000	0,2087	0,00021	0,0054
22368	0,1321	-0,8792	0,0133	0,4900	0,0000	0,0000	0,1084	0,00010	0,8743
22467	0,5593	-0,2523	0,0002	0,0700	0,8841	0,0000	0,1382	0,00019	0,1031
22566	0,0108	-1,9649	0,0113	0,9600	1,0000	0,0000	0,2129	0,00053	0,1200
22567	0,2312	-0,6360	0,0106	0,5000	1,0000	0,0000	0,1138	0,00024	0,1299
22670	0,6481	-0,1883	0,0085	0,2100	0,0000	0,0000	0,0878	0,00017	0,8239
22672	0,0977	-1,0103	0,0056	0,0200	0,0000	0,0000	0,2763	0,00012	0,8303
22770	0,6499	-0,1871	0,0003	0,0100	0,8030	0,0000	0,1275	0,00025	0,4625
22863	0,1559	-0,8072	0,0255	0,5000	1,0000	1,0000	0,4782	0,00003	0,0260
22870	0,5286	-0,2769	0,0001	0,3200	0,8820	0,0000	0,1097	0,00036	0,6699
22961	0,0234	-1,6305	0,0332	0,6700	0,8175	0,2693	0,3723	0,00007	0,0397
22962	0,2022	-0,6941	0,2232	0,1400	0,8980	0,2411	0,7258	0,00002	0,4253
Continua									

Tabela 5.6 - Conclusão									
22968	0,1909	-0,7191	0,0002	0,6500	0,9330	0,0000	0,1217	0,00023	0,1197
23068	0,4049	-0,3926	0,0005	0,3600	0,9938	0,0000	0,1128	0,00013	0,0659
23258	0,2229	-0,6518	0,0089	0,1800	0,3527	0,4453	0,2878	0,00002	0,5096
23266	0,1857	-0,7313	0,0380	0,5000	0,8146	0,1594	0,2952	0,00003	0,0639
23358	0,0045	-2,3474	0,0047	0,8518	0,5954	0,2171	0,5479	0,00018	0,0058
23362	0,0044	-2,3534	0,0448	0,5106	0,6013	0,3600	0,8134	0,00022	0,0528
23367	0,2768	-0,5578	0,0104	0,3800	1,0000	0,3990	0,1959	0,00004	0,0440
23368	0,0416	-1,3814	0,0203	0,8600	0,8858	0,0000	0,4444	0,00015	0,1832

Com os valores de todos os índices prontos realizou-se uma análise dos coeficientes de correlação entre as variáveis. Os resultados desta análise estão dispostos na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Valores de correlação entre as variáveis do estudo

Correlação de Pearson							
	IVSM	IBCA	IEF	LID	RAP	INF	IH
IBCA	0,567						
IEF	0,064	0,148					
LID	-0,693	-0,332	0,029				
RAP	-0,271	-0,359	0,152	-0,101			
INF	-0,342	-0,282	-0,707	0,384	0,092		
IH	0,555	0,191	0,095	-0,044	-0,229	0,073	
IUC	0,262	0,117	0,190	-0,716	0,232	-0,406	-0,089

Esta análise de correlação mostrou que a hipótese inicial do estudo estava correta, haja vista haver uma boa correlação entre o Logaritmo do Índice de Desflorestamento e o Índice de Vegetação Secundária Mapeada. As correlações encontradas entre as variáveis independentes mostrou-se fraca, exceto a correlação entre o Índice de Unidades de Conservação e o Logaritmo do Índice de Desflorestamento (-0,716) e entre o Índice de Não Floresta o Índice de Ecorregiões Florestadas, mas mesmo neste dois casos as correlações podem ser consideradas moderadas, o que não invalida o uso destas variáveis no modelo de regressão.

Depois de avaliadas as correlações foram feitas duas construções do modelo, a primeira usando o método de Forward Stepwise e a segunda usando Backward Stepwise, e, nos dois casos, as variáveis selecionadas foram as mesmas. Os resultados da análise de regressão estão apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Parâmetros do modelo de regressão linear construído

Sumário					
R²	R	R² Ajustado	Erro Padrão		
0,869	0,932	0,844	0,079		
ANOVA					
Fonte	Soma dos Quadrados	G. L.	Quadrado Médio	F	Valor P.
Regressão	0,879	4	0,220	34,806	0,000
Resíduo	0,133	21	0,006		
Total	1,011	25			
Coefficientes da Regressão					
Fonte	Coefficiente	Erro Padrão	t	Valor P.	
Intercepto	0,102	0,030	3,433	0,002	
IBCA	0,197	0,068	2,877	0,009	
LID	-0,232	0,035	-6,676	0,000	
IH	2,055	0,377	5,454	0,000	
IUC	-0,219	0,082	-2,663	0,015	

Na Figura 5.4 é mostrado o gráfico dos resíduos do modelo de regressão que apresentam uma distribuição normal, o que permite concluir que os resíduos estão bem distribuídos.

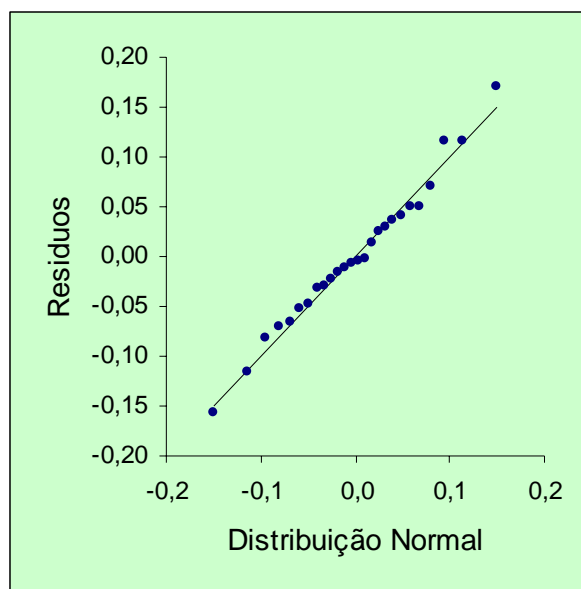


Figura 5.4 - Gráfico de dispersão dos resíduos

De posse dos valores dos coeficientes de regressão, foi estimado o IVSM para todas as cenas que recobrem a AML, e os resultados individualizados por cena estão apresentados na Tabela B.2 do Apêndice B, mostrando a distribuição desta estimativa para todas as cenas da AML.

O IVSM mostra o grau de formação de vegetação secundária nas áreas desflorestadas das cenas. Para traduzir este índice em valores estimados de área de vegetação secundária, por cena, foi preciso transformar este número relativo em número absoluto. Esta transformação foi feita através de uma inversão da proporção estimada, a partir dos dados de desflorestamento das cenas. Assim, multiplicando o IVSM pela área total desflorestada de uma cena específica, obteve-se o valor absoluto de vegetação secundária para a cena em questão, e replicando esta operação para todas as cenas da AML chegou-se a estimativa de ocorrência de vegetação secundária para a AML.

Como resultado da estimativa de ocorrência de vegetação secundária chegou-se a um valor total estimado de 131.873 Km² de vegetação secundária na AML para o ano de 2006, sendo que das 229 cenas que recobrem a AML, em 16 cenas não foi possível estimar a vegetação secundária ou por não terem área de desflorestamento na cena, ou por não terem floresta original na cena. No Apêndice B a Tabela B.1 relaciona o valor de todas as variáveis utilizadas no modelo e o valor encontrado para a vegetação secundária estimada. A Tabela 5.9 mostra o valor estimado de vegetação secundária totalizado pelos estratos da amostragem.

Tabela 5.9 - Distribuição da estimativa de vegetação secundária por estrato

Estrato	Nº Cenas	Estimativa Estrato (km ²)	% Veg. Sec. Estimada
0 - 1%	71	2448,14	1,86%
1 - 5%	47	10535,02	7,99%
5 - 10%	17	8313,77	6,30%
10 - 20%	22	19529,49	14,81%
20 - 30%	16	21735,16	16,48%
30 - 55%	23	29058,46	22,04%
> 55%	33	40253,24	30,52%
Total	213	131873,29	100,00%

As Figuras 5.5 e 5.6 mostram respectivamente a distribuição da estimativa do IVSM e a distribuição da estimativa de vegetação secundária em todas as cenas da AML. Essas

representações foram obtidas através da criação de uma superfície com modelo numérico de terreno do SPRING, e a imagem visualizada é uma representação desta grade regular, tendo como valor z (o valor z representa o valor da grandeza em cada um dos pontos da grade) a estimativa do Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM) e a estimativa de ocorrência de vegetação secundária em km^2 , respectivamente. Nestas imagens o nível de cinza 0 foi associado ao menor valor de z e o nível de cinza 255 foi associado ao maior valor de z. Assim, na Figura 5.5 valores mais claros significam maiores IVSM e na Figura 5.6 valores mais claros significam maiores estimativa em km^2 de vegetação secundária

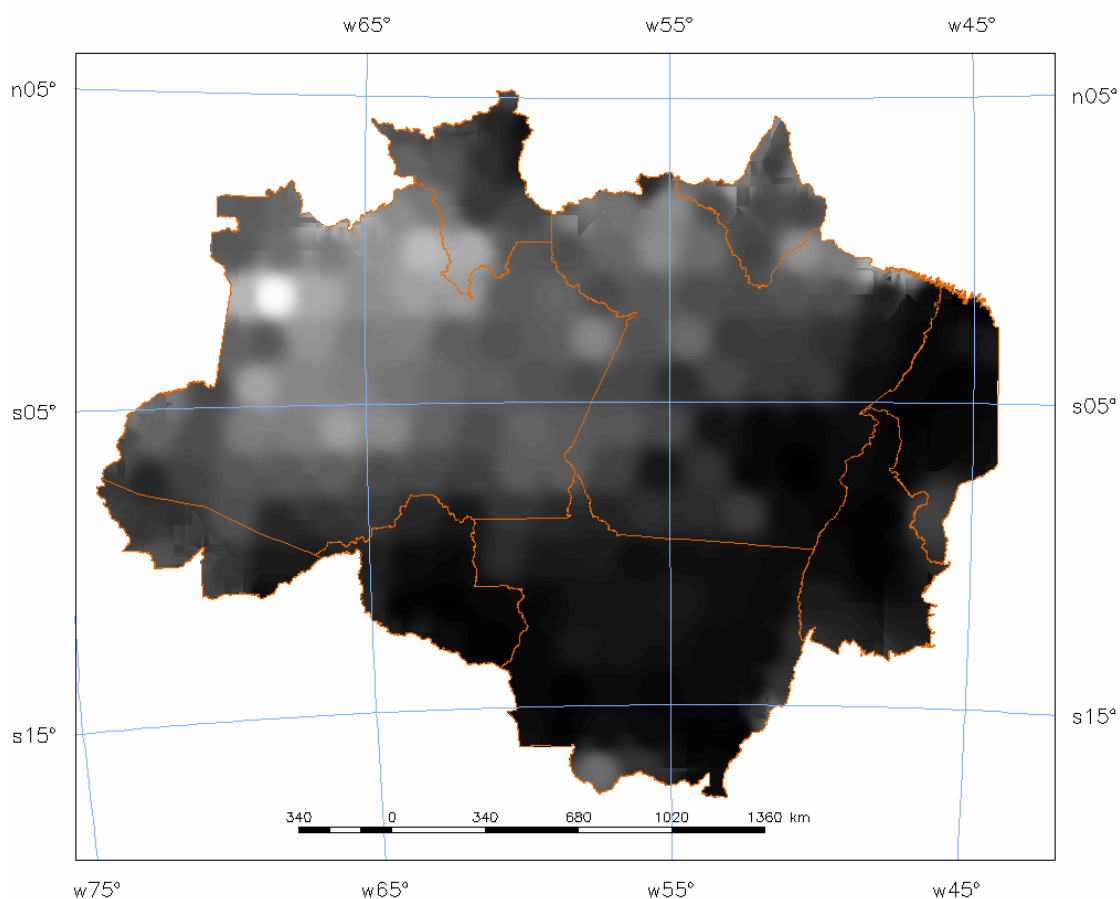


Figura 5.5 - Distribuição na AML da estimativa do IVSM

A Figura 5.5 mostra a distribuição do IVSM estimado, que é maior nas regiões pouco desflorestadas, como o noroeste do Amazonas. As áreas com maior desflorestamento

como a região conhecida como “arco do desflorestamento”, que abrange o Maranhão, leste do Para, norte do Mato Grosso, Rondônia nas proximidades de Rio Branco no Acre, apresentou valores baixos de IVSM. Esse resultado é consistente com os resultados encontrados na literatura (ALVES, 2002; ALVES, 2007; ALVES e SKOLE, 1996; ALVES et al., 2003) em escala local, evidenciando que a medida que a ocupação de uma região se consolida e que o desmatamento e o uso da terra se intensifica, o abandono e o processo de formação de vegetação secundária diminui. As regiões que apresentam menor proporção de vegetação secundária são aquelas que apresentam cadeias produtivas como as da pecuária (AMÉRICO et al., 2008; ESCADA et al., 2005; PIKETTY et al., 2005) e de grãos (MUELLER e BUSTAMANTE, 2002), melhor estruturadas que as demais.

A Figura 5.6 apresenta a distribuição espacial da vegetação secundária em termos de sua área (em km²) na AML. Nesta figura é possível observar que uma grande área de ocorrência da vegetação secundária se dá na região do “arco do desflorestamento”, embora a proporção de vegetação secundária em relação a área desflorestada seja menor como observado na figura 5.5. Isso se dá devido à maior extensão de área desflorestadas nessa região. Outra região que apresenta grande ocorrência de vegetação secundária é a calha do médio e baixo Amazonas. Esse padrão pode ser explicado devido ao tipo de ocupação da região por uma população ribeirinha, praticante de uma agricultura de subsistência e itinerante, que tem influência positiva na ocorrência de vegetação secundária (MARTINS, 2005; PERZ e SKOLE, 2003).

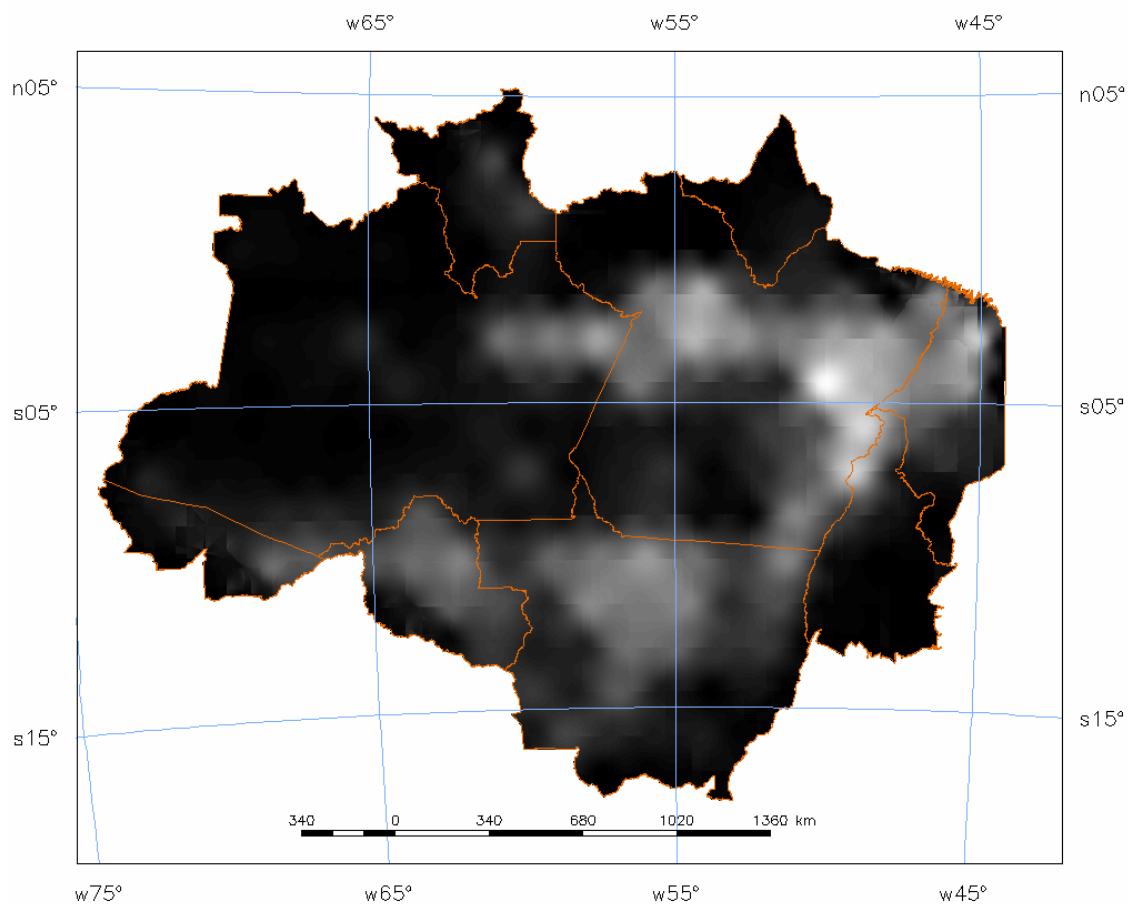


Figura 5.6 - Distribuição na AML da estimativa de vegetação secundária em km²

O modelo final mostrou haver relações significativas com a variável dependente e as variáveis Índice de Baixa Concentração Agrária (IBCA), Logaritmo do Índice de Desflorestamento (LID), Índice de Hidrografia da Cena (IH) e com o Índice de Unidade de Conservação (IUC). Não foram encontradas relações significativas entre a variável dependente e as variáveis Índice de Ecorregiões Florestadas (IEF), Relação Área Perímetro (RAP) e Índice de Não Floresta (INF).

O Índice de Hidrografia da Cena, apresentou a maior relação com o IVSM. Esta forte relação positiva está em acordo com o esperado, devido à influência indireta da hidrografia na ocupação da região pela população ribeirinha (MARTINS, 2005).

O Índice de Unidade de Conservação, apresentou uma relação negativa com o IVSM, também em acordo com a expectativa inicial, haja vista a queda no desflorestamento nas

áreas e entorno de onde foram implantadas Unidade de Conservação (ALVES et al., 2007).

O Índice de Baixa Concentração Agrária (IBCA), mostra a proporção de área ocupada por pequenos produtores rurais. Esta variável apresentou uma relação positiva indicando que nas áreas com maior presença de pequenos produtores rurais ocorre uma maior formação de vegetação secundária.

Esta observação contradizem os resultados encontrados por D'Antona et al. (2006), que trabalhando com dados de entrevistas de campo de 2003 e imagens LANDSAT/TM de 1986 e 2001 concluíram que pequenos proprietários mantinham parcelas maiores de suas propriedades em uso, com menores ciclos de recuperação da fertilidade do solo através da vegetação secundária devido à escassez de terra. Porém, os autores deste estudo alertam para a impossibilidade de extrapolar estes dados para regiões onde a pecuária é mais comum.

O resultado da relação do IBCA com a vegetação secundária está de acordo com os resultados encontrados por Perz e Skole (2003), evidenciando que a agricultura tradicional desenvolvida pelos pequenos proprietários influi positivamente na formação de vegetação secundária.

Durante o trabalho de campo, foi possível observar que em áreas com maior densidade de propriedades e/ou posses era mais freqüente a ocorrência de vegetação secundária. A Figura 5.7 mostra uma fotografia tirada no dia 05 de julho de 2007 próximo das coordenadas S 03° 57' 37" e O 49° 04' 43" com visada na direção nordeste. Nesta fotografia, observa-se no lado esquerdo da imagem uma grande propriedade ocupada majoritariamente com pastagens, onde não há sinais de formação de vegetação secundária. No lado direito da imagem, há um assentamento com lotes pequenos, onde é possível visualizar uma área totalmente desflorestada e em fase muito inicial do processo de regeneração. Em entrevistas com proprietários e trabalhadores desta região, o abandono das áreas foi associado à falta de recursos para uma adequada ocupação das terras.



Figura 5.7 - Limite entre propriedades grande (esquerda) e pequenas (direita)

O Logaritmo do Índice de Desflorestamento apresentou relação negativa com o Índice de Vegetação Secundária Mapeada (IVSM), confirmando resultados anteriores descritos no item 5.2 e na Figura 5.1, e também em acordo com o comportamento esperado desta variável (ALVES, 2002; ALVES, 2007; ALVES e SKOLE, 1996).

A falta de correlação da variável Índice de Ecorregiões Florestadas com o IVSM, pode ser devido a problemas com o nível de detalhamento do mapa das Ecorregiões que era muito abrangente e carente de uma representação da heterogeneidade regional (XIMENES, 2008). Outro ponto pode ser a forma de agregação utilizada neste estudo que não levou a bons resultados. Outras representações mais detalhadas da meio físico precisam ser testadas para um futuro diagnóstico.

A Relação Área Perímetro construída a partir dos dados de desmatamento do PRODES, carregou consigo o problema de o dado de 1997 do PRODES considerar todo o desmatamento até aquele ano como sendo uma só classe. Assim, polígonos de vários anos estão agregados, o que pode estar prejudicando este dado.

O Índice de Não Floresta foi testado porque durante a avaliação das cenas percebeu a presença de Não Floresta em várias cenas da amostra, assim decidiu-se testar se a presença desta classe teria alguma influência na ocorrência de vegetação secundária, o que não foi identificado no modelo construído.

5.5 Cálculo da incerteza da estimativa da vegetação secundária

Conforme discutido no item 4.5.4, há uma incerteza nessa estimativa devido à sua variância. Usando a soma dos desvios padrões, chegou-se a uma incerteza de 0,84% para as 26 cenas que compõem a amostra e de 18,10% para as cenas em que o modelo preditivo foi aplicado, o que dá uma incerteza total de 18,94%. Traduzida em números absolutos tem-se uma incerteza de 24.977 km², ou seja a estimativa de vegetação secundária estaria entre 106.896 e 156.850 km².

Outra maneira de estimar a incerteza foi realizada utilizando a simulação de Monte Carlo. Foram feitos 4 exercícios de simulação, sendo o primeiro com 1.000 simulações, o segundo com 5.000 simulações, o terceiro com 10.000 simulações e o quarto com 100.000 simulações. Os valores encontrados nas simulações estão na Tabela 5.10

Tabela 5.10 - Resultados das simulações para a estimativa de incerteza no cálculo de vegetação secundária

Nº de simulações	Valor médio (km ²)	Menor Valor (km ²)	Maior Valor (km ²)
1000	133521,62	120635,16	146552,29
5000	133127,29	120863,51	145702,01
10000	133037,32	120629,07	145795,09
100000	133045,52	120722,49	145607,95

Nas quatro simulações o valor médio encontrado foi muito próximo do valor estimado pelo modelo de regressão linear múltipla (131.873 km²), apresentando diferenças da ordem de 1%. Já os valores dos limites da incerteza da estimativa apresentaram-se mais próximos da média, conforme se esperava. Este resultado reforça a consistência do modelo preditivo, e conseqüentemente a confiança na sua exatidão e robustez.

Considerando a incerteza do quarto exercício de simulação (100.000 simulações) temos uma incerteza média de 12.443 km². Como a área total desflorestada em 2006 era de 680.312 Km² (INPE, 2008), e considerando o valor encontrado pelo modelo de regressão linear de 131.873 km², e a incerteza média de 12.443 km², encontra-se uma relação onde cerca de 19,38 ±1,83% da área desflorestada apresentava ocorrência de vegetação secundária, para o referido ano.

O valor encontrado neste estudo difere dos valores apresentados por Neeff et al. (2006) que encontrou cerca de 161.000 Km² para o ano de 2002, Lucas et al. (2000) que identificou 157.953 km² em 1992 e aproximou-se dos cerca de 140.000 Km² encontrados por Carreiras et al. (2006) em 2000.

As diferenças encontradas podem ser explicadas pelos diferentes tipos de dados, datas e metodologias utilizadas. Nos três trabalhos citados, o mapeamento foi realizado para toda a AML, incluindo áreas de formações do tipo Não Floresta (Savanas e Campinaranas, por exemplo), e nos trabalhos de (CARREIRAS et al., 2006; LUCAS et al., 2000) foram utilizadas imagens de baixa resolução espacial, respectivamente imagens do SPOT-Vegetation e do AVHRR-NOAA, ambas com 1 Km de resolução.

Outra diferença bastante significativa está no método de amostragem desenvolvido neste estudo, que considera o Índice de Desflorestamento das cenas (ID), o que permitiu medir a formação de vegetação secundária sob condições muito diferentes de intensidade de uso da terra. Além disso, esse trabalho incluiu um maior número de variáveis para a construção do modelo explicativo da formação de vegetação secundária.

5.6 Estimativa da meia-vida da vegetação secundária.

O quarto e último objetivo específico dessa dissertação foi estimar o tempo de permanência da vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira representado neste estudo, pela métrica de meia-vida de uma função de decaimento exponencial. Para esse objetivo foi medida a permanência da vegetação secundária mapeada ao longo do período estudado, 1997, 2000, 2003 e 2006.

Conforme descrito no item 4.5.5, a meia-vida da vegetação secundária foi calculada a partir das equações de decaimento exponencial obtidas por ajuste aos dados de permanência da vegetação secundária, resolvidas para a percentagem de 50%. O resultado encontrado para cada um dos estratos está disposto na Tabela 5.11 e na Figura 5.8, que mostram os valores da vegetação secundária mapeada, em valores percentuais,

para cada um dos estratos em cada um dos anos estudados e a respectiva meia-vida calculada.

Tabela 5.11 - Percentual de permanência da vegetação secundária mapeada em 1997

Estrato	Mapeado 97	Mapeado 97-00	Mapeado 97-00-03	Mapeado 97-00-03-06	Meia-vida (em anos)	R ² da equação
0 - 1%	100	90,26	85,07	73,00	20,93	0,967
1 - 5%	100	61,60	50,82	41,07	6,39	0,946
5 - 10%	100	70,63	43,61	29,25	5,16	0,996
10 - 20%	100	54,94	40,24	30,75	4,66	0,961
20 - 30%	100	62,81	50,48	40,79	6,37	0,957
30 - 55%	100	53,43	32,75	22,97	3,82	0,985
> 55%	100	45,14	32,33	23,70	3,55	0,941
Global	100,00	57,32	42,40	32,37	5,39	0,970

Na Tabela 5.11 os dados estão apresentados da seguinte maneira; a área de vegetação secundária mapeada em 1997 foi considerada 100% da área analisada e está disposta na segunda coluna da esquerda para a direita. Na coluna seguinte está a área que foi observada nas imagens de 1997 e nas imagens de 2000. O valor significa, em termos percentuais, quanto da vegetação secundária mapeada em 1997 também foi observada na imagem de 2000. O mesmo regra vale para a terceira e quarta colunas. Já a quinta coluna traz o valor estimado para a meia-vida das amostras do referido estrato. A sexta e última coluna apresenta o valor do R² da função de decaimento exponencial.

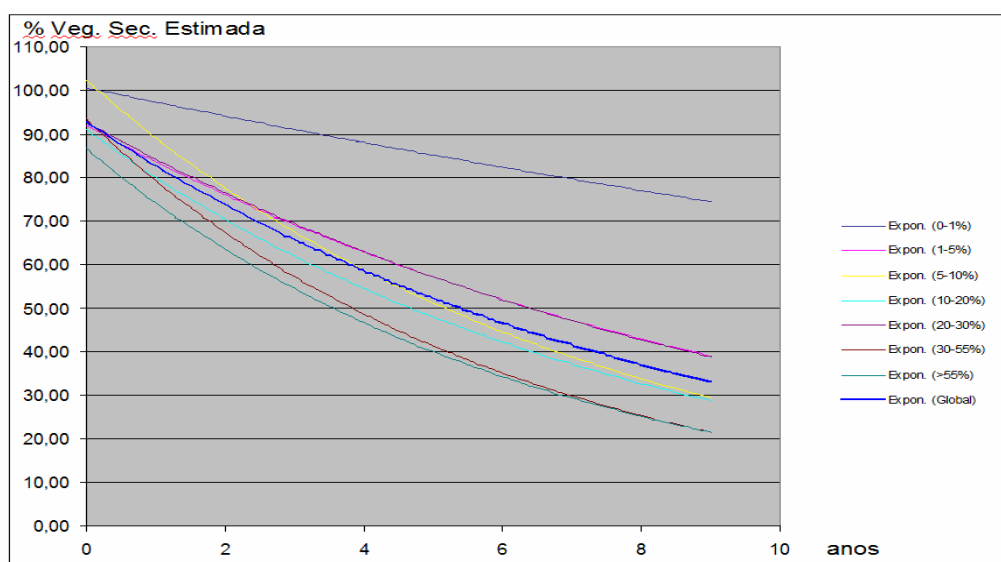


Figura 5.8 - Curvas de decaimento exponencial da permanência da vegetação secundária

O valor da meia-vida global apresentada na Tabela 5.11 não considera a contribuição de cada um dos estratos para a estimativa total de vegetação secundária, visto que os estratos com baixos Índice de Desflorestamento (ID) têm baixa contribuição na formação de vegetação secundária em termos absolutos. Sendo assim, aplicou-se uma ponderação baseada na contribuição de cada estrato na estimativa total da vegetação secundária, para que encontrássemos uma meia-vida global corrigida. O valor da meia-vida global foi estimada através da soma das meia-vida de cada estrato, multiplicada pela contribuição do mesmo estrato na formação de vegetação secundária. O valor final da meia-vida global encontrado foi de 4,89 anos.

A Figura 5.8 mostra como se comportam as curvas de decaimentos exponencial de permanência da vegetação secundária, segundo os estratos de origem. Este gráfico que tem no eixo X o tempo em anos e no eixo Y o percentual de vegetação secundária restante, do original mapeado em 1997, mostra que o comportamento dos estratos está dividido em 3 grupos. No primeiro grupo, está somente a curva exponencial do estrato de 0-1% desflorestada que tem uma meia-vida estimada de 20,93 anos. No grupo intermediário encontram-se as curvas para os estratos com desflorestamento entre 1 e 30% que apresentaram meia-vida variando entre 6,39 e 4,66 anos, com tendência de queda, oscilando apenas no estrato 20-30% que apresentou estimativa de 6,37 anos. E o último grupo com os estratos 30-55 e maior que 55% desflorestados onde a meia-vida foi de 3,82 anos e de 3,55, respectivamente.

Este comportamento assemelha-se ao da Figura 5.1 que mostrou a relação entre IVSM e o LID (Logaritmo do Índice de Desflorestamento) reforçando a idéia que o Índice de Desflorestamento está dividido em três grupos distintos (0-1%; 1-30% e >30%), com uma tendência de queda da estimativa de meia-vida da vegetação. Este resultado reforça a premissa inicial do trabalho mostrando que a medida que aumenta o Índice de Desflorestamento (ID) da cena, diminui o tempo de permanência da vegetação secundária, o que sugere que quanto mais desflorestada uma região, além de menor a extensão de áreas abandonadas, mais curtos são os ciclos de abandono.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados encontrados neste estudo, baseados no uso de imagens LANDSAT-TM5 para o mapeamento de vegetação secundária na AML, pode-se afirmar que:

- 1) O método de amostragem das cenas que cobrem a AML, com base no Índice de Desflorestamento (ID), para fins de mapeamento da vegetação secundária mostrou-se eficaz. Entretanto, os intervalos dos estratos utilizados carecem de maiores estudos, recomenda-se a condução de estudos mais detalhados, como por exemplo, um teste com a utilização de células espaciais de tamanho fixo no lugar das órbita/ponto do satélite LANDSAT.
- 2) A técnica de mapeamento da vegetação secundária através da geração de modelo linear de mistura espectral seguida de recorte das áreas apontadas como desflorestadas pelo PRODES e fatiamento pelo valor do nível de cinza das imagens fração foi adequado para o mapeamento da vegetação secundária, apresentando um grau de acerto muito bom (92,11%).
- 3) O extenso trabalho de verificação de campo possibilitou uma compreensão mais próxima da diversidade de ambientes ecológicos e sócio-econômicos muito díspares entre si e colaborou muito para o entendimento da formação de vegetação secundária.
- 4) Durante o trabalho de verificação de campo foram encontradas diversas áreas classificadas pelo PRODES como desflorestadas. Contudo, a fisionomia dessas áreas observadas em campo era de desmatamento por degradação florestal progressiva e não de corte raso. Para um adequado diagnóstico, sugerimos a realização de um trabalho de verificação das áreas desflorestadas para que se possa quantificar mais exatamente esse erro.
- 5) O modelo de regressão linear múltipla desenvolvido apresentou valores de R^2 ajustado (0,844) e F (34,806) altamente significativos. O modelo apresentou

resultados consistentes. Na análise de estabilidade do modelo com validação cruzada, a distribuição dos erros se manteve estável e não houve grandes alterações nos coeficientes de regressão.

- 6) A variável Índice de Hidrografia da cena (IH) apresentou grande importância na formação de vegetação secundária. Entretanto, sugere-se explorar a utilização de uma variável que considere a porção de várzea da amostra, uma vez que o índice de Hidrografia foi utilizado como um indicador de ocupação ribeirinha, sendo que a área de várzea pode ser um indicador mais apropriado.
- 7) As variáveis Logaritmo do Índice de Desflorestamento (LID), e Índice de Unidade de Conservação da cena (IUC) apresentaram correlação negativa com a vegetação secundária.
- 8) A variável Índice de Baixa Concentração Agrária (IBCA) apresentou relação positiva com a formação de vegetação secundária. Contudo, este índice foi construído a partir de um dado de entrada – o mapa de estrutura agrária da Amazônia (IBGE, 2007) - em uma escala pouco detalhada. Recomenda-se o uso de mapas e dados mais detalhados para a construção de modelo de regressão mais exatos.
- 9) A variável Índice de Ecorregião Florestada (IEF) não apresentou relação significativa com a formação vegetação secundária. Entretanto, a escala de mapeamento das ecorregiões também apresenta um nível de detalhamento muito baixo, o que pode ter causado este resultado. Também, a forma de agregação utilizada neste estudo pode ter colaborado para o baixo desempenho desta variável. Neste caso, sugere-se a realização de um estudo futuro com uma amostragem baseada exclusivamente no mapa de ecorregiões, para que seja possível avaliar, com maior grau de certeza, a influência desta variável. Sugere-se também a análise de outras variáveis ambientais como solo e vegetação.

- 10) A variável Relação Área/Perímetro também não apresentou significância na formação de vegetação secundária, porém como o dado do PRODES concentra todos os polígonos anteriores a 1997 em um único agregado esta limitação pode ter influenciado no desempenho pouco satisfatório da variável. Assim recomenda-se o uso de outras métricas que possam captar melhor a relação área / perímetro.
- 11) O intervalo de três anos para o mapeamento de permanência da vegetação secundária (cronosequência) foi adequado, permitindo a classificação de áreas em início do processo de regeneração.
- 12) A meia-vida global da vegetação secundária foi estimada em 4,89 anos, o que sugere ciclos curtos da vegetação secundária, com conseqüente curta fixação de carbono pela vegetação secundária.
- 13) A observação de quatro datas, permitiu estimar a meia-vida da vegetação secundária. Todavia, a observação durante um período maior pode garantir mais certeza na identificação do ponto de estabilidade da curva de perda de vegetação secundária.
- 14) Recomenda-se um estudo com séries mais longas de maneira a permitir comparar várias curvas com a mesma duração, distribuídas ao longo do tempo, além da observação de uma mesma curva por um tempo maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H.-J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T.; MALINGREAU, J.-P. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests **Science** v. 297, n. 5583, p. 999 - 1002, 9 August 2002. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/297/5583/999>. Acesso em: 09 set 2008.

ALBUQUERQUE, P. C. G.; SANTOS, C. C.; MEDEIROS, J. S. **Avaliação de mosaico com imagens landsat TM para utilização em documentos cartográficos em escalas menores que 1/50.000**. São José dos Campos: INPE, 2005. 23 p. (INPE-13038-RPQ/798). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.28.16.52>>. Acesso em: 02 jan. 2009.

ALVES, D. S. Space-time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 14, p. 2903-2908, Jul 2002. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tres/2002/00000023/00000014/art00012>. Acesso em: 01 set 2008.

_____. Cenários de cobertura e uso da terra e dimensões humanas no LBA. In COSTA, W. M.: **Dimensões Humanas da Biosfera-Atmosfera na Amazônia**. 1.ed. . São Paulo: EDUSP, 2007 p. 39 - 64.

ALVES, D. S.; ESCADA, M. I. S.; PEREIRA, J. L. G.; LINHARES, C. A. Land use intensification and abandonment in Rondônia, Brazilian Amazônia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 4, p. 899 - 903. 2003. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tres/2003/00000024/00000004/art00026>. Acesso em: 10 set 2008.

ALVES, D. S.; PEREIRA, J. L. G.; DE SOUSA, C. L.; SOARES, J. V.; YAMAGUCHI, F. Characterizing landscape changes in central Rondonia using Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 14, p. 2877-2882, Sep 1999. Disponível em: <http://www.informaworld.com/smpp/407816451-21029918/content~db=all~content=a713859875~tab=content>. Acesso em: 01 set 2008.

ALVES, D. S.; SKOLE, D. L. Characterizing land cover dynamics using multi-temporal imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 4, p. 835-839, Mar 1996.

ALVES, D. S.; SOARES, J. V. A.; S. MELLO, E. M. K.; ALMEIDA, S. A. S.; DASILVA, O. F.; SILVEIRA, A. M. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondonia, Western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 3, n. 5, p. 451-461, Oct 1997. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119162942/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>. Acesso em: 08 set 2008.

ALVES, M. S.; CARNEIRO, C. L.; SILVA, D. A.; FERNANDES, M. M.; SILVA, J. I. Análises do Desmatamento nas Unidades de Conservação da Categoria de Proteção Integral da Amazônia Legal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6581-6583. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.14.27>>. Acesso em: 02 jan. 2009.

AMÉRICO, M. C. S.; VIEIRA, I. C.G.; SANTOS JUNIOR, R.A.; VEIGA, J.B.. A pecuária como elemento central na reestruturação do território na Amazônia: o caso da rodovia PA-272 e da Terra do Meio no Pará. In: ARAÚJO, Roberto & LENÀ, Philippe (Org.) **Desenvolvimento sustentável e sociedades na Amazônia**. Belém, 2008 (No Prelo).

ANDERSON, K. J.; ALLEN, A. P.; GILLOOLY, J. F.; BROWN, J. H. Temperature-dependence of biomass accumulation rates during secondary succession. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 673-682, Jun 2006. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/118634103/abstract>. Acesso em: 05 set 2008.

ARROYO-MORA, J. P.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; KALACSKA, M. E. R.; RIVARD, B.; CALVO-ALVARADO, J. C.; JANZEN, D. H. Secondary forest detection in a neotropical dry forest landscape using Landsat 7 ETM+ and IKONOS imagery. **Biotropica**, v. 37, n. 4, p. 497-507, Dec 2005. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/118642452/abstract>. Acesso em: 08 set 2008.

BAILEY, R. G. Identifying ecoregion boundaries. **Environmental Management**, v. 34, p. S14-S26 2005. Disponível em: http://www.fs.fed.us/rm/analytics/publications/identifying_ecoregion_boundaries.pdf. Acesso em: 08 set 2008. Suppl. 1.

BARTHOLOME, E.; BELWARD, A. S. GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 9, p. 1959-1977, May 2005. Disponível em: <http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a714033206~db=all>. Acesso em: 09 set 2008.

BERNARDES, S. **Índices de vegetação e valores de proporção na caracterização de floresta tropical primária e estádios sucessionais na área de influência da Floresta Nacional do Tapajós-Estado do Pará**. 1996. 117 p. (INPE-6890-TDI/651). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos. 1996. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.08.50>>. Acesso em: 02 jan. 2009.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical Secondary Forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, n. 1, p. 1 - 32, Feb 1990. Disponível em:

<http://www.winrock.org/ecosystems/files/TropicalSecondaryForests1990.pdf>. Acesso em: 06 set 2008.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun 1996. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser303/spring_paper.pdf. Acesso em: 08 set 2008.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V.; MOTTA, M. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>.

CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, n. 3, p. 283-298, Apr 2006. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V6V-4JF8HHH-1&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=06053da21560576839bca865eae919b2. Acesso em: 08 set 2008.

CASTRO, C. P. Plantio de grãos em áreas de fronteira, ação antrópica e desmatamento. Estudo do processo de incorporação ao mercado nacional de novas terras na Amazônia. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2., 2004, Campinas. p. 1 - 20. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT05/carlos_potiara.pdf. Acesso em: 06 set 2008.

CHOKKALINGAM, U.; JONG, W. D. Secondary forest: a working definition and typology. **International Forestry Review**, v. 3, n. 1, p. 19-26 2001. Disponível em: http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/secondaryforests.pdf. Acesso em: 20 set 2008.

CORLETT, R. T. What Is Secondary Forest? **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, p. 445-447, Aug 1994. Disponível em: <http://www.jstor.org/pss/2560329>. Acesso em: 08 set 2008. Part 3.

COSTA, F. D. A. Capoeiras, inovações e tecnologias rurais concorrentes na Amazônia. In: COSTA, F. A., HURTIENNE, T., KAWHAGE, C., Inovação e Difusão Tecnológica para Sustentabilidade da Agricultura Familiar na Amazônia: Resultados e Implicações do Projeto SHIFT Socioeconomia. Belém: UFPA/NAEA, 2006. p. 21 - 58

D'ANTONA, A. O.; VANWEY, L. K.; HAYASHI, C. M. Property size and land cover change in the Brazilian amazon. **Population and Environment**, v. 27, n. 5-6, p. 373-

396, May-Jul 2006. Disponível em:
<http://www.springerlink.com/content/km827wx72311gp61/>. Acesso em: 08 set 2008.

DUNN, R. R. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. **Conservation Biology**, v. 18, n. 2, p. 302-309, Apr 2004. Disponível em:
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/118784184/abstract>. Acesso em: 08 set 2008.

ESCADA, M. I. S.; VIEIRA, I. C. G.; KAMPEL, S. A.; ARAÚJO, R.; VEIGA, J. B. D.; AGUIAR, A. P. D.; VEIGA, I.; OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. L. G.; CARNEIRO FILHO, A.; FEARNSSIDE, P. M.; VENTURIERI, A.; CARRIELLO, F.; THALES, M.; CARNEIRO, T. S. G.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. Processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia: o interflúvio do Xingu/ Iriiri. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 9-23 2005. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000200002&nrm=iso Acesso em: 29 out 2008.

ESPIRITO-SANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Mapping forest successional stages following deforestation in Brazilian Amazonia using multi-temporal Landsat images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 3, p. 635-642, Feb 2005. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2006/03.03.11.36/doc/88.pdf>. Acesso em: 08 set 2008.

FEARNSSIDE, P. M. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 80, n. 1-3, p. 21-34, Jan 1996. Disponível em:
<http://www.citeulike.org/group/344/article/1370591>. Acesso em: 08 set 2008.

_____. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, Jun 2005. Disponível em:
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/118701161/abstract>. Acesso em: 08 set 2008.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 157-166 2005a. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000100010&nrm=iso Acesso em: 16 set 2008.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 1, p. 55 - 62 2005b. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n1/v35n1a08.pdf>. Acesso em: 06 set 2008.

GEHRING, C.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 519-527, Sep 2005. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FTRO%2FTRO21_05%2FS0266467405002543a.pdf&code=b7f0b0e042bf57938a9e7b504bdd5319. Acesso em: 08 set 2008. Part 5.

HALL, F. G.; SHIMABUKURO, Y. E.; HUENNRICH, K. F. Remote-Sensing of Forest Biophysical Structure Using Mixture Decomposition and Geometric Reflectance Models. **Ecological Applications**, v. 5, n. 4, p. 993-1013, Nov 1995. Disponível em: <http://mdl.csa.com/partners/viewrecord.php?requester=gs&collection=ENV&recid=3830160&q=author%3A%22Hall%22+intitle%3A%22Remote+sensing+of+forest+biophysical+structure+using+...%22+&uid=793111653&setcookie=yes>. Acesso em: 08 set 2008.

HARGROVE, W. W.; HOFFMAN, F. M. Potential of multivariate quantitative methods for delineation and visualization of ecoregions. **Environmental Management**, v. 34, p. S39-S60 2004. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/m765723h073n3228/>. Acesso em: 08 set 2008. Suppl. 1.

HURTIENNE, T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 1, p. 019-071, jun 2005. Disponível em: <http://www.naea-ufpa.org/revistaNCN/ojs/viewarticle.php?id=5>. Acesso em: 01 set 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapas ZEE Amazônia Legal**. 2007. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/integrado_zeamazonia_legal/Amazonia_Estrutura_Agraria.pdf. Acesso em: 22 fev 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Ecorregiões brasileiras**. 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/ecoregioes.htm>. Acesso em: 09 set 2008.

_____. **Mapa das Unidades de Conservação**. 2008. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>. Acesso em: 20 set 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. 2008. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>. Acesso em: 08 Sep 2008.

JUO, A. S. R.; MANU, A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 58, n. 1, p. 49-60, Jun 1996. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T3Y-

3W494NM-

[P& user=972035& rdoc=1& fmt=& orig=search& sort=d&view=c& acct=C000049643& version=1& urlVersion=0& userid=972035&md5=bfac4d749b34c5cb62828a4527cb889f](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-459W130-K&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000049643&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=bfac4d749b34c5cb62828a4527cb889f). Acesso em: 08 set 2008.

KOZLOWSKI, T. T. Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 158, n. 1-3, p. 195-221, Mar 2002. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-459W130-K&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000049643&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=ef59eb32f56d75830f2c91a06c378ca8. Acesso em: 08 set 2008.

LAURANCE, W. F. Reflections on the tropical deforestation crisis. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2-3, p. 109-117 1999. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V5X-3XNK44Y-3&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_acct=C000049643&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=6195991084b904044d28883ce5e9ea5e. Acesso em: 08 set 2008.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSTIDE, P. M.; VASCONCELOS, H. L.; FERREIRA, L. V. Deforestation in Amazonia. **Science**, v. 304, n. 5674, p. 1109-1109, May 2004. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/304/5674/1109b.pdf>. Acesso em: 09 set 2008.

LOVELAND, T. R.; MERCHANT, J. M. Ecoregions and ecoregionalization: Geographical and ecological perspectives. **Environmental Management**, v. 34, p. S1-S13 2004. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/dpd2mwk236ledn6g/>. Acesso em: 08 set 2008. Suppl. 1.

LU, D.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.; MAUSEL, P. Application of spectral mixture analysis to Amazonian land-use and land-cover classification. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 23, p. 5345-5358, Dec 2004a. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16292909>. Acesso em: 09 set 2008.

LU, D.; MORAN, E.; MAUSEL, P. Linking amazonian secondary succession forest growth to soil properties. **Land Degradation & Development**, v. 13, n. 4, p. 331-343, Jul-Aug 2002. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/journal/97515614/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>. Acesso em: 09 set 2008.

LU, D. S.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. Multitemporal spectral mixture analysis for Amazonian land-cover change detection. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 30, n. 1, p. 87-100, Feb 2004b. Disponível em: http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=U2JANbhg7K9Ahhm8kb9&page=1&doc=1. Acesso em: 09 set 2008.

LU, D. S.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Classification of successional forest stages in the Brazilian Amazon basin. **Forest Ecology and Management**, v. 181, n. 3, p. 301-312, Aug 2003a. Disponível em:

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-47VS69N-5&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=9cacc54f2f886efb158da1c343f17d84. Acesso em: 09 set 2008.

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

http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=4&SID=U2JANbhg7K9Ahhm8kb9&page=1&doc=1. Acesso em: 09 set 2008.

LUCAS, R. M.; HONZAK, M.; CURRAN, P. J.; FOODY, G. M.; MILNE, R.; BROWN, T.; AMARAL, S. Mapping the regional extent of tropical forest regeneration stages in the Brazilian Legal Amazon using NOAA AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 15, p. 2855-2881, Oct 2000. Disponível em:

<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a713860425~db=all~tab=content~order=page>. Acesso em: 09 set 2008.

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.

MAYAUX, P.; EVA, H.; GALLEGU, J.; STRAHLER, A. H.; HEROLD, M.; AGRAWAL, S.; NAUMOV, S.; DE MIRANDA, E. E.; DI BELLA, C. M.; ORDOYNE, C.; KOPIN, Y.; ROY, P. S. Validation of the global land cover 2000 map. **Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, n. 7, p. 1728-1739, Jul 2006. Acesso em: 09 set 2008. Part 1.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. 2004. 88 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24593.pdf. Acesso em: 19 set 2008.

MIGUEZ, S. F.; FRAXE, T. D. J. P.; WITKOSKI, A. C. O tradicional e o moderno na agricultura familiar amazonense: A introdução de tecnologias em comunidades de várzea no rio Solimões, Amazonas. In: VII Congresso Brasileiro de Sistemas de Produção, 2007, Fortaleza - CE. Disponível em:

http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/96.pdf. Acesso em: 16 set 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, May 1994.

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E. S.; TUCKER, J. M.; DA 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, n. 1-3, p. 93-108, Dec 2000. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6X-41G1T8M-7&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&md5=d3aa27bef4c141b871e8d263b8f02cd8. Acesso em: 09 set 2008.

MUELLER, C. C.; BUSTAMANTE, M., 2002, **ANÁLISE DA EXPANSÃO DA SOJA NO BRASIL**, In: BANK, W., ed., Debates.

NASA. **Orthorectified Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Compressed Mosaics**. Washington, DC, 2004. Disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acesso em: 13 mar 2006.

NEEFF, T.; LUCAS, R. M.; DOS SANTOS, J. R.; BRONDIZIO, E. S.; FREITAS, C. C. Area and age of secondary forests in Brazilian Amazonia 1978-2002: An empirical estimate. **Ecosystems**, v. 9, n. 4, p. 609-623, Jun 2006. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/18473j520u66508k/>. Acesso em: 09 set 2008.

NELSON, R. F.; KIMES, D. S.; SALAS, W. A.; ROUTHIER, M. Secondary forest age and tropical forest biomass estimation using thematic mapper imagery. **Bioscience**, v. 50, n. 5, p. 419-431, May 2000. Disponível em: [http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1641%2F0006-3568\(2000\)050\[0419%3ASFAATF\]2.0.CO%3B2](http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1641%2F0006-3568(2000)050[0419%3ASFAATF]2.0.CO%3B2). Acesso em: 09 set 2008.

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied Linear Statistical Models Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs**. Georgetown, Ontario: Richard D. Irwin, INC, 1974. 842 p.

NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, p. 81-90 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142002000200006&nrm=iso Acesso em: 22 out 2008.

NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA, J. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. **Journal of Climate**, v. 4, n. 10, p. 957-988, Oct 1991. Disponível em: <http://apps.isiknowledge.com/InboundService.do?product=WOS&action=retrieve&SrcApp=EndNote&UT=A1991GU11200001&SID=U2JANbhg7K9Ahhm8kb9&SrcAuth=ResearchSoft&mode=FullRecord&customersID=ResearchSoft&DestFail=http%3A%2F%2Fwww.isinet.com%2Ffisi%2Fproducts%2Fesource%2Fservice.html>. Acesso em: 09 set 2008.

NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, p. 81-90 2002. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142002000200006&nrm=iso Acesso em: 22 out 2008.

ODUM, E. P. The Strategy of Ecosystem Development. **Science**, v. 164, p. 262 - 270 1969. Disponível em:
http://www.sciencemag.org/cgi/search?volume=164&firstpage=262&journal_search_volume_go.x=7&journal_search_volume_go.y=4&journal_search_volume_go=go&andor_exactfulltext=and&andorexacttitleabs=and. Acesso em: 10 set 2008.

OLSON, D. M.; DINERSTAIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T.H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. **BioScience**, v. 51, n. 11, p. 933 - 938 Nov 2001. Disponível em: <http://www.bioone.org/archive/0006-3568/51/11/pdf/i0006-3568-51-11-933.pdf>. Acesso em 23 out 2008.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, v. 32, n. 1, p. 25-60, Mar 2003. Disponível em:
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WX8-47HS77Y-1&_user=972035&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&_view=c&_version=1&_urlVersion=0&_userid=972035&_md5=85367a9b0883eefb07161a03909d7d45. Acesso em: 09 set 2008.

PIKETTY, M.-G.; VEIGA, J. B. D.; TOURRAND, J. F.; ALVES, A. M. N.; POCCARD-CHAPUIS, R.; THALES, M. Determinantes da expansão da pecuária na Amazônia Oriental: Conseqüências para as políticas públicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 221-234, jan/abr 2005. Disponível em:
<http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v22/v22n1p221.pdf>. Acesso em: 29 out 2008.

ROBERTS, D. A.; NUMATA, I.; HOLMES, K.; BATISTA, G.; KRUG, T.; MONTEIRO, A.; POWELL, B.; CHADWICK, O. A. Large area mapping of land-cover change in Rondonia using multitemporal spectral mixture analysis and decision tree classifiers. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v. 107, n. D20, Sep-Oct 2002. Disponível em:
<http://apps.isiknowledge.com/InboundService.do?product=WOS&action=retrieve&SrcApp=EndNote&UT=000180466200001&SID=U2JANbhg7K9Ahhm8kb9&SrcAuth=ResearchSoft&mode=FullRecord&customersID=ResearchSoft&DestFail=http%3A%2F%2Fwww.isinet.com%2Fisi%2Fproducts%2Fsource%2Fservice.html>. Acesso em: 09 set 2008. 8073.

SALDARRIAGA, J. G.; WEST, D. C.; THARP, M. L.; UHL, C. Long-Term Chronosequence of Forest Succession in the Upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 76, n. 4, p. 938-958, Dec 1988. Disponível em:
http://apps.isiknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=S2jMeLiLaLbFKM1CAc7&page=1&doc=1. Acesso em: 10 set 2009.

SARTRE, X. A. D.; ALBALADEJO, C.; MARTINS, P.; VEIGA, I.; GRIMALDI, M. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DIVERSIDADE DOS TIPOS DE EXPLORAÇÃO DO AMBIENTE NA AMAZÔNIA ORIENTAL. **CADERNOS DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, v. 22, n. 1, p. 207 - 220 2005. Disponível em: <http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v22/v22n1p207.pdf>. Acesso em: 06 Sep 2008.

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, Jan 1991. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=103288. Acesso em: 09 set 2008.

SOARES-FILHO, B. S.; ASSUNÇÃO, R. M.; PANTUZZO, A. Modeling the Spatial Transition Probabilities of Landscape Dynamics in an Amazonian Colonization Frontier. **BioScience**, v. 51, n. 12, p. 1059-1067, December 01, 2001 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1641%2F0006-3568%282001%29051%5B1059%3AMTSTPO%5D2.0.CO%3B2> Acesso em: 05 set 2008.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall - Consequences for the planning of agricultural occupation and the protection of primary forests. **Ambio**, v. 30, n. 7, p. 388-396, Nov 2001. Disponível em: [http://ambio.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1639%2F0044-7447\(2001\)030\[0388%3ASATPOA\]2.0.CO%3B2&ct=1](http://ambio.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1639%2F0044-7447(2001)030[0388%3ASATPOA]2.0.CO%3B2&ct=1). Acesso em: 09 set 2008.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580 p.
STEININGER, M. K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1139-1157, Apr 2000. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tres/2000/00000021/F0020006/art00005>. Acesso em: 09 set 2008.

STEININGER, M. K. Satellite estimation of tropical secondary forest above-ground biomass: data from Brazil and Bolivia. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 6-7, p. 1139-1157, Apr 2000. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/tres/2000/00000021/F0020006/art00005>. Acesso em: 09 set 2008.

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.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 47, n. 1-3, p. 163-196, Dec

1999. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/w425440124821611/>. Acesso em: 09 set 2008.

TEIXEIRA, C. O desenvolvimento sustentável em unidade de conservação: a "naturalização" do social. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 20, n. 59, p. 51 - 66, out 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v20n59/a04v2059.pdf>. Acesso em: 16 set 2008.

VANWEY, L. K.; D'ANTONA, A. O.; BRONDIZIO, E. S. Household demographic change and land use/land cover change in the Brazilian Amazon. **Population and Environment**, v. 28, n. 3, p. 163-185, Jan 2007. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/t931375122243j82/>. Acesso em: 09 set 2008.

VANWEY, L. K.; D'ANTONA, Á. D. O.; BRONDÍZIO, E. S.; MORÁN, E. F. Uso da terra, ciclo de vida da unidade doméstica e ciclo de vida do lote na Amazônia Brasileira. In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2004, Caxambú - MG. ABEP, Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_751.pdf. Acesso em: 10 set 2008.

VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, A. S. D.; DAVIDSON, E. A.; STONE, T. A.; CARVALHO, C. J. R.; GUERRERO, J. B. Classifying successional forest using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 470 - 481 15 nov 2003. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V6V-49VCB6V-1-W&_cdi=5824&_user=972035&_orig=browse&_coverDate=11%2F15%2F2003&_sk=999129995&view=c&wchp=dGLbVzb-zSkWz&md5=f798eaff85f920ecc373930d77b8e344&ie=/sdarticle.pdf. Acesso em: 10 set 2008.

VIEIRA, I.; PROCTOR, J. Mechanisms of plant regeneration during succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. **Plant Ecology**, v. 192, n. 2, p. 303-315 2007. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/x8h8011130231814/fulltext.pdf>. Acesso em: 28 out 2008.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R.; SERRAO, E. A. S. Abandoned Pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of Plant Succession. *The Journal of Ecology*, v. 76, n. 3, p. 663-681, September 1988. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2260566.pdf>. Acesso em: 18 set 2008.

XIMENES, A. **MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ECORREGIÕES NO INTERFLÚVIO MADEIRA-PURUS: UMA ABORDAGEM DA BIOGEOGRAFIA ECOLÓGICA**. 152 p. Dissertação de Mestrado (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008). Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/08.18.14.02/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 27 out 2008.

ZHOU, Y. C.; NARUMALANI, S.; WALTMAN, W. J.; WALTMAN, S. W.;
PALECKI, M. A. A GIS-based Spatial Pattern Analysis Model for eco-region mapping
and characterization. **International Journal of Geographical Information Science**, v.
17, n. 5, p. 445-462, Jul-Aug 2003. Disponível em:
<http://www.informaworld.com/smpp/content~content=a713811795~db=all>. Acesso em:
09 set 2008.

APÊNDICE - A

TABELA A.1 - Relação de cenas do estrato entre 0 e 1% Desflorestadas

0 - 1 %					
AD	AFO	ID	Cena		
141.144	27018.662	0.005	264	Cenas do estrato 16	Z² 3.84
122.190	27193.968	0.004	23358		
115.280	26012.059	0.004	23362		
219.198	25567.395	0.009	262	AD estrato 2579.621	L² 0.0025
106.646	26911.811	0.004	165		
165.240	21889.339	0.008	22658	media AD/cena 161.226	N km² 42129.601
142.254	24720.703	0.006	22965		
151.216	27129.748	0.006	163	DsvPad AD/cena 44.221	n0 2,106
132.429	27126.781	0.005	265		
236.486	27018.616	0.009	263	Coef. Var. extrato 27.428	n0 3
237.074	26734.730	0.009	360		
221.240	26616.974	0.008	23064		
125.665	26848.613	0.005	260		
173.827	24520.838	0.007	160		
163.196	26809.607	0.006	23061		
126.533	27332.917	0.005	464		

Onde:

AD é área desflorestada na cena, AFO é a área de floresta original na cena, ID é o desflorestamento da cena.

Destacadas em verdes estão as cenas que foram sorteadas para realização do estudo.

TABELA A.2 - Relação de cenas do estrato entre 1 e 5% Desflorestadas

1 - 5 %					
AD	AFO	ID	Cena		
259.289	23917.378	0.011	22566	Nº Cenas	Z²
617.843	26385.638	0.023	22961	42	3.84
508.402	26527.208	0.019	367	dsf extrato	L²
224.696	5406.919	0.042	23368	21744.08098	0.0025
222.743	17513.377	0.013	459	media dsf/cena	N km²
368.783	23413.244	0.016	23263	517.7162137	72255.6516
1157.383	24128.384	0.048	22561	DsvPad dsf/cena	N cenas
342.557	26238.784	0.013	362	243.5411613	3.61278258
614.393	26892.244	0.023	22864	CV extrato	N 5%
259.407	25469.028	0.010	23264	47.04143984	4
901.268	26186.263	0.034	22966		
582.506	27225.425	0.021	22764		
462.643	24806.725	0.019	22666		
613.340	26533.498	0.023	23066		
811.436	24706.012	0.033	162		
1077.228	25793.888	0.042	23366		
716.372	24730.186	0.029	23363		
773.825	27071.402	0.029	366		
465.292	23664.251	0.020	566		
366.322	27096.134	0.014	22659		
259.824	11071.724	0.023	665		
660.898	14437.141	0.046	22664		
317.587	27013.280	0.012	365		
497.572	25725.445	0.019	23165		
120.654	8511.883	0.014	23357		
724.154	27014.879	0.027	23160		
584.758	24495.941	0.024	23265		
676.637	24547.475	0.028	23161		
727.004	26373.384	0.028	22963		
335.909	19047.892	0.018	463		
549.995	25602.091	0.021	23163		
361.701	26217.371	0.014	23262		
394.504	24216.944	0.016	460		
801.265	25543.332	0.031	23164		
366.478	26925.638	0.014	465		
391.818	26224.956	0.015	23365		
371.372	25740.626	0.014	22660		
325.542	26703.752	0.012	22665		
287.228	26882.791	0.011	22964		
188.341	18682.542	0.010	359		
572.099	13451.533	0.043	22560		
883.015	25420.756	0.035	22865		

Onde:

AD é área desflorestada na cena, AFO é a área de floresta original na cena, ID é o desflorestamento da cena.

Destacadas em verdes estão as cenas que foram sorteadas para realização do estudo.

TABELA A.3 - Relação de cenas do estrato entre 5 e 10% Desflorestadas

5 - 10 %					
AD	AFO	ID	Cena		
214.217	2193.430	0.098	22672	Nº Cenas 15	Z² 3.84
1980.121	26956.645	0.073	266		
1802.856	27003.550	0.067	565		
1724.820	27136.368	0.064	166	dsf extrato 24112.43347	L² 0.0025
1858.574	22825.602	0.081	23166		
1364.435	25046.078	0.054	23063	media dsf/cena 1607.495565	N km² 46354.24923
1472.702	24649.380	0.060	22866		
1218.243	18838.890	0.065	23259	DsvPad dsf/cena 485.1188154	N cenas 2.317712461
1580.136	26689.468	0.059	22663		
2246.658	26973.072	0.083	23067	CV extrato 30,17854767	N 5% 3
1398.539	27313.582	0.051	22563		
2077.299	23911,189	0.087	22766		
1430.390	26966.696	0.053	23065		
1757,044	17753.256	0.099	22661		
1986.400	27105.484	0.073	466		

TABELA A.4 - Relação de cenas do estrato entre 10 e 20% Desflorestadas

10 - 20 %					
AD	AFO	ID	Cena		
446.239	3378.827	0.132	22368	Nº Cenas 20	Z² 3.84
4714.868	25393.486	0.186	23266		
4148.634	26610.811	0.156	22863		
4523.909	23692.172	0.191	22968		
2840.732	21725.438	0.131	23268	dsf extrato 62169.9407	L² 0.0025
2064.175	17710.952	0.117	23159		
3408.574	22038.818	0.155	23162	media dsf/cena 3108.497035	N km² 64595.58049
3236.613	23865.714	0.136	22862		
4093.045	23164.016	0.177	22568	DsvPad dsf/cena 1307.260224	N cenas 3.229779024
4508.451	26384.537	0.171	22562		
780.189	5759.737	0.135	22559	CV extrato 42,05441438	N 5% 4
2298.804	11598.314	0.198	22869		
4295.044	25497.191	0.168	22565		
816.269	7271.953	0.112	23169		
2134.121	17255.747	0.124	22461		
3200.144	27226.660	0.118	22763		
4321.494	22200.696	0.195	22762		
3372.439	22186.580	0.152	23062		
3478.290	19824.091	0.175	22861		
3487.908	27090.025	0.129	22765		

Onde:

AD é área desflorestada na cena. AFO é a área de floresta original na cena. ID é o índice desflorestamento da cena.

Destacadas em verdes estão as cenas que foram sorteadas para realização do estudo.

TABELA A.5 - Relação de cenas do estrato entre 20 e 30% Desflorestadas

20 - 30 %					
AD	AFO	ID	Cena		
3185.764	15752.923	0.202	22962	Nº Cenas 14	Z² 3.84
2994.156	13429.912	0.223	23258		
4939.765	17845.776	0.277	23367		
5445.753	23556.020	0.231	22567		
7261.124	25638.268	0.283	267	dsf extrato 67661.80036	L² 0.0025
7408.924	25324.715	0.293	22462		
3432.046	12421.739	0.276	22969	media dsf/cena 4832.98574	N km² 69143.88984
5486.569	21052.372	0.261	22761		
867.442	4003.294	0.217	22062	DsvPad dsf/cena 2175.595271	N cenas 3.457194492
6752.717	26877.845	0.251	22564		
6000.110	26677.357	0.225	22662		
7327.654	26399.106	0.278	22967		
5318.083	19770.224	0.269	22569		
1241.693	4671.079	0.266	22367		
				CV extrato 45.01555328	N 5% 4

TABELA A.6 - Relação de cenas do estrato entre 30 e 55% Desflorestadas

30 - 55 %					
AD	AFO	ID	Cena		
12363.082	27043.254	0.457	22362	Nº Cenas 23	Z² 3.84
10146.758	25056.943	0.405	23068		
4635.963	8769.899	0.529	22870		
9617.563	26471.434	0.363	22668	dsf extrato 202856.2187	L² 0.0025
9439.050	26998.780	0.350	22464		
14023.854	25591.435	0.548	22466	media dsf/cena 8819.835597	N km² 58975.84303
8855.730	19045.156	0.465	22669		
9073.481	17917.031	0.506	23069	DsvPad dsf/cena 3386.440363	N cenas 2.948792151
2290.833	4263.631	0.537	22470		
10054.173	24735.377	0.406	22463		
10159.853	24783.689	0.410	22667		
6393.880	11717.827	0.546	22469		
5437.399	12619.084	0.431	22164		
11325.577	26396.075	0.429	22868	CV extrato 38.39573114	N 5% 3
6831.899	13100.339	0.522	22970		
9075.960	20018.581	0.453	22769		
14659.499	26764.963	0.548	23167		
12856.433	27463.903	0.468	22262		
5669.179	12665.246	0.448	167		
8058.335	25561.228	0.315	22867		
1474.685	2733.617	0.539	268		
10066.178	22966.657	0.438	22768		
10346.854	24829.438	0.417	23267		

Onde:

AD é área desflorestada na cena. AFO é a área de floresta original na cena. ID é o índice desflorestamento da cena.

Destacadas em verdes estão as cenas que foram sorteadas para realização do estudo.

TABELA A.7 - Relação de cenas do estrato com mais de 55% Desflorestadas

> 55 %					
AD	AFO	ID	Cena		
2999,353	4627,674	0,648	22670	Nº Cenas	Z²
9243,175	14221,379	0,650	22770	25	3,84
16195,565	27100,613	0,598	22363	dsf_extrato	L²
4973,441	7891,560	0,630	22064	271392,7537	0,0025
13538,995	24206,263	0,559	22467	media_dsf/cena	N km²
3008,203	3433,968	0,876	22266	10855,71015	93687,03547
15482,570	21174,304	0,731	22261	DsvPad_dsf/cena	N cenas
8216,445	11586,604	0,709	22366	6621,349621	4,684351774
4125,037	6688,912	0,617	22771	CV extrato	N 5%
23989,963	25802,950	0,930	22163	60,99416372	5
15569,369	24381,209	0,639	23168		
2325,084	3321,040	0,700	22971		
14834,740	25097,594	0,591	22767		
14843,242	25505,071	0,582	22465		
8200,924	14465,074	0,567	22468		
15961,620	18685,300	0,854	22162		
17297,771	27368,755	0,632	22263		
4113,501	4527,547	0,909	22571		
21422,464	24954,602	0,858	22365		
2866,154	4844,354	0,592	22671		
20520,321	24862,849	0,825	22364		
6520,331	8571,341	0,761	22161		
2616,205	3158,744	0,828	22265		
13147,976	16618,943	0,791	22264		
9380,304	11121,739	0,843	22871		

Onde:

AD é área desflorestada na cena, AFO é a área de floresta original na cena, ID é o índice de

desflorestamento da cena.

Destacadas em verdes estão as cenas que foram sorteadas para realização do estudo.

TABELA A.8 - Relação de cenas excluídas por apresentarem menos de 2000 Km2 de floresta original na cena

AD	AFO	ID	Cena
0,421	635,796	0,001	257
0,000	6,480	0,000	358
10,994	1081,228	0,010	559
10,616	748,260	0,014	560
9,140	1279,958	0,007	567
0,713	171,356	0,004	663
11,853	1234,325	0,010	666
21,859	66,139	0,331	22166
108,583	117,918	0,921	22267
70,042	1322,305	0,053	22360
89,175	1571,371	0,057	22369
85,572	817,045	0,105	22370
0,443	46,897	0,009	22371
809,703	1018,069	0,795	22471
1,487	663,394	0,002	22558
211,504	432,382	0,489	22570
643,498	1058,569	0,608	22572
20,333	729,925	0,028	22772
26,543	1444,072	0,018	22958
18,158	306,976	0,059	23157
158,241	904,003	0,175	23158
5,242	1260,587	0,004	23256
460,071	1936,796	0,238	23269

Onde:

AD é área desflorestada na cena, AFO é a área de floresta original na cena,

ID é o índice de desflorestamento da cena.

TABELA A.9 - Relação de cenas excluídas por apresentarem menos de 100 Km² de desflorestamento na cena

AD	AFO	ID	Cena
18,278	6277,612	0,003	157
6,948	13647,251	0,001	158
17,806	16993,296	0,001	159
30,234	26572,950	0,001	161
21,892	27288,187	0,001	164
0,452	2945,524	0,000	259
20,729	26328,143	0,001	261
0,180	26914,450	0,000	361
18,074	27194,447	0,001	363
60,664	27195,268	0,002	364
84,843	2034,274	0,042	368
9,194	12612,607	0,001	461
82,886	10732,018	0,008	462
72,929	9009,857	0,008	467
14,000	9015,700	0,002	563
38,864	27277,369	0,001	564
20,196	4801,914	0,004	664
61,766	2534,159	0,024	22460
0,183	2690,483	0,000	22758
2,437	27337,136	0,000	22759
20,869	27358,949	0,001	22760
0,000	3927,575	0,000	22858
3,420	25820,341	0,000	22859
3,492	25557,178	0,000	22860
10,948	19633,165	0,001	22959
28,958	27354,683	0,001	22960
3,528	15908,731	0,000	23059
79,232	27372,085	0,003	23060
70,020	3004,999	0,023	23257
26,172	18526,565	0,001	23260
85,374	23372,435	0,004	23261
40,262	25801,034	0,002	23359
24,732	12905,935	0,002	23360
66,708	24438,208	0,003	23361
55,742	25550,644	0,002	23364

Onde:

AD é área desflorestada na cena, AFO é a área de floresta original na cena,

ID é o índice de desflorestamento da cena.

APÊNDICE - B	
Tabela B.1	Significado das colunas da Tabela B.2
Coluna	Significado
Área_Cena	Valor em Km ² da área mapeável pelo PRODES da cena em questão
IUC	Índice de Unidade de Conservação da Cena
AFO	Valor em Km ² da área de Floresta Original da cena em questão
ID	Índice de Desflorestamento da Cena
Log_ID	Logaritmo do ID
IH	Índice de Hidrografia da Cena
Desf_BCA	Valor em Km ² da área desflorestamento em área de baixa concentração agrária da cena em questão
AD	Valor em Km ² da área desflorestamento da cena em questão
IBCA	Índice de Baixa Concentração Agrária
Estimativa%	Estimativa de ocorrência de Vegetação Secundária em % da área desflorestada da cena (IVSM)
EstimativaKm2	Estimativa de ocorrência de Vegetação Secundária em Km ² na cena em questão

Tabela B.2 - Valores dos índices do modelo e da estimativa de vegetação secundária

Cena	Área Cena	IUC	AFO	ID	Log ID	IH	Desf BCA	AD	IBCA	Estimativa%	EstimativaKm2
001/57	6432,406	0,999	0,963	0,003	-2,503	0,004	0,000	19,455	0,000	0,472	9,189
001/58	14087,015	0,973	0,979	0,001	-2,906	0,000	0,389	17,107	0,023	0,568	9,724
001/59	17345,094	0,881	0,992	0,001	-2,865	0,000	23,501	23,501	1,000	0,771	18,120
001/60	27974,978	0,236	0,892	0,007	-2,145	0,031	178,229	178,848	0,997	0,808	144,421
001/61	27993,583	0,328	0,966	0,001	-2,922	0,015	6,984	32,371	0,216	0,781	25,285
001/62	27994,071	0,512	0,899	0,035	-1,461	0,085	793,930	870,795	0,912	0,682	594,296
001/63	27976,316	0,328	0,988	0,006	-2,235	0,003	126,504	160,790	0,787	0,711	114,271
001/64	27940,206	0,001	0,995	0,001	-3,076	0,005	4,003	23,357	0,171	0,859	20,054
001/65	27885,630	0,584	0,985	0,004	-2,361	0,011	0,000	119,506	0,000	0,545	65,183
001/66	27812,541	0,185	0,997	0,072	-1,145	0,000	0,000	1986,756	0,000	0,328	651,485
001/67	12973,954	0,165	0,998	0,459	-0,338	0,000	2405,246	5949,135	0,404	0,224	1332,049
002/57	674,010	0,993	0,894	0,001	-2,914	0,000	0,000	0,734	0,000	0,561	0,412
002/59	2997,574	0,985	0,975	0,000	-3,763	0,000	0,504	0,504	1,000	0,956	0,482
002/60	28114,780	0,901	0,974	0,005	-2,330	0,021	128,088	128,030	1,000	0,685	87,758
002/61	28145,527	0,433	0,957	0,002	-2,717	0,041	51,062	51,710	0,987	0,916	47,381
002/62	28149,554	0,402	0,931	0,009	-2,058	0,062	225,778	229,191	0,985	0,812	186,186
002/63	28135,016	0,311	0,985	0,009	-2,056	0,014	243,288	243,317	1,000	0,737	179,443
002/64	28101,788	0,447	0,987	0,005	-2,272	0,013	107,136	148,276	0,723	0,700	103,755
002/65	28049,744	0,580	0,994	0,005	-2,291	0,005	0,000	142,633	0,000	0,518	73,824
002/66	27978,841	0,454	0,992	0,076	-1,117	0,006	89,698	2120,386	0,042	0,282	597,694
002/67	26441,329	0,208	1,000	0,293	-0,534	0,000	1143,331	7734,378	0,148	0,209	1620,113
002/68	2834,378	0,071	0,994	0,554	-0,256	0,000	0,000	1562,447	0,000	0,146	228,455
003/59	19501,822	0,870	0,976	0,010	-1,992	0,012	193,910	194,025	0,999	0,595	115,542
003/60	28291,282	0,846	0,972	0,008	-2,072	0,017	232,618	232,848	0,999	0,630	146,715
003/61	28317,564	0,440	0,979	0,000	-4,807	0,021	0,346	0,432	0,800	1,321	0,571
003/62	28325,084	0,378	0,955	0,013	-1,879	0,030	0,749	357,350	0,002	0,516	184,525
003/63	28313,681	0,302	0,992	0,001	-3,153	0,008	9,662	19,757	0,489	0,880	17,380
003/64	28283,181	0,824	0,994	0,002	-2,643	0,006	48,643	64,051	0,759	0,695	44,546
003/65	28233,519	0,276	0,990	0,012	-1,911	0,009	2,520	343,152	0,007	0,505	173,429

continua

Tabela B.2 - continuação

003/66	28164,533	0,179	0,997	0,030	-1,521	0,003	252,461	846,662	0,298	0,481	406,915
003/67	27555,156	0,767	0,999	0,021	-1,680	0,000	68,242	574,517	0,119	0,348	199,703
003/68	2120,696	0,936	0,984	0,042	-1,376	0,000	84,686	87,855	0,964	0,406	35,675
004/59	18012,173	0,999	0,990	0,012	-1,903	0,006	222,710	222,782	1,000	0,533	118,786
004/60	25337,219	1,000	0,988	0,016	-1,792	0,008	404,050	404,251	1,000	0,513	207,455
004/61	13279,413	0,370	0,980	0,001	-3,123	0,017	9,691	9,806	0,988	0,976	9,572
004/62	11432,836	0,284	0,972	0,008	-2,104	0,020	0,000	87,495	0,000	0,569	49,749
004/63	20458,644	0,589	0,965	0,019	-1,716	0,030	0,000	379,810	0,000	0,432	164,027
004/64	28484,416	0,987	0,998	0,005	-2,339	0,002	22,507	130,291	0,173	0,466	60,744
004/65	28436,908	0,584	0,986	0,014	-1,852	0,005	0,000	394,617	0,000	0,414	163,552
004/66	28291,522	0,259	0,999	0,076	-1,119	0,001	79,142	2148,414	0,037	0,314	674,102
004/67	9431,005	0,918	0,995	0,008	-2,083	0,000	31,522	77,631	0,406	0,464	36,031
005/59	1163,493	0,993	0,957	0,010	-2,014	0,002	10,742	10,786	0,996	0,551	5,944
005/60	796,377	0,986	0,961	0,014	-1,845	0,001	10,958	10,953	1,001	0,513	5,617
005/63	9548,727	0,531	0,981	0,001	-2,831	0,012	0,000	13,824	0,000	0,668	9,237
005/64	28680,523	0,895	0,995	0,001	-2,837	0,005	0,000	41,501	0,000	0,574	23,809
005/65	28659,915	0,467	0,989	0,071	-1,150	0,001	0,000	2004,406	0,000	0,268	538,101
005/66	24764,178	0,676	0,998	0,022	-1,654	0,000	15,163	548,956	0,028	0,343	188,327
005/67	1427,655	0,926	0,925	0,007	-2,171	0,000	4,176	8,914	0,468	0,496	4,419
006/63	184,610	0,000	0,935	0,005	-2,279	0,017	0,000	0,907	0,000	0,666	0,604
006/64	5110,785	0,904	0,981	0,004	-2,362	0,004	0,000	21,772	0,000	0,461	10,040
006/65	11935,274	0,594	0,976	0,024	-1,623	0,000	0,000	277,485	0,000	0,348	96,701
006/66	1309,216	0,727	0,978	0,010	-2,009	0,000	0,000	12,543	0,000	0,409	5,129
220/62	2011,283	0,334	0,788	0,383	-0,416	0,040	0,000	607,296	0,000	0,209	126,634
220/63	7734,791	0,000	0,002	0,856	-0,068	0,000	0,000	12,888	0,000	0,118	1,517
220/64	13567,061	0,083	0,416	0,710	-0,149	0,005	0,000	4011,949	0,000	0,129	519,112
221/61	8755,716	0,873	0,933	0,800	-0,097	0,058	677,981	6528,984	0,104	0,073	477,527
221/62	27429,680	0,595	0,690	0,880	-0,056	0,096	26,179	16643,563	0,002	0,182	3036,255
221/63	27728,721	0,131	0,944	0,931	-0,031	0,008	0,000	24368,314	0,000	0,096	2342,697

continua

Tabela B.2 - continuação

221/64	27642,800	0,316	0,464	0,452	-0,345	0,000	0,000	5795,007	0,000	0,113	653,865
221/66	23822,712	0,005	0,003	0,324	-0,489	0,000	22,046	22,032	1,001	0,411	9,064
222/61	21916,892	0,163	0,957	0,754	-0,123	0,018	179,899	15809,476	0,011	0,135	2127,641
222/62	27692,090	0,365	1,000	0,471	-0,327	0,000	1364,933	13038,205	0,105	0,118	1544,792
222/63	27628,045	0,161	1,000	0,644	-0,191	0,000	0,000	17781,890	0,000	0,111	1976,138
222/64	27546,776	0,161	0,617	0,804	-0,095	0,006	0,000	13669,816	0,000	0,101	1381,475
222/65	27448,362	0,077	0,117	0,836	-0,078	0,006	0,000	2679,391	0,000	0,115	308,603
222/66	27332,965	0,117	0,126	0,877	-0,057	0,004	9,763	3016,083	0,003	0,098	296,489
222/67	27200,706	0,136	0,004	0,905	-0,043	0,004	0,000	110,707	0,000	0,090	9,974
223/60	2050,492	0,378	0,629	0,070	-1,154	0,322	0,000	90,436	0,000	0,948	85,764
223/61	27646,485	0,047	0,001	0,492	-0,308	0,000	2,606	6,869	0,379	0,238	1,638
223/62	27606,978	0,009	0,993	0,472	-0,326	0,003	792,461	12946,892	0,061	0,193	2502,855
223/63	27547,340	0,026	0,994	0,610	-0,215	0,006	0,000	16702,713	0,000	0,157	2629,300
223/64	27470,570	0,051	0,915	0,830	-0,081	0,022	0,000	20872,448	0,000	0,156	3247,773
223/65	27376,759	0,005	0,918	0,863	-0,064	0,014	0,000	21693,998	0,000	0,144	3117,009
223/66	27266,020	0,240	0,429	0,719	-0,144	0,013	0,000	8399,066	0,000	0,109	912,031
223/67	27138,515	0,562	0,173	0,261	-0,584	0,013	0,000	1228,308	0,000	0,141	173,161
223/68	26994,312	0,487	0,126	0,135	-0,870	0,013	0,000	458,971	0,000	0,225	103,170
223/69	16469,903	0,418	0,096	0,060	-1,223	0,009	0,000	94,981	0,000	0,313	29,692
223/70	8268,533	0,004	0,098	0,110	-0,960	0,005	0,000	88,488	0,000	0,335	29,644
223/71	102,721	0,000	0,410	0,010	-2,019	0,035	0,000	0,403	0,000	0,642	0,259
224/60	13199,316	1,000	0,183	0,025	-1,608	0,139	42,682	59,357	0,719	0,684	40,604
224/61	27580,140	0,680	0,629	0,126	-0,900	0,141	308,275	2181,977	0,141	0,479	1044,252
224/62	27541,911	0,060	0,923	0,298	-0,525	0,022	2556,706	7578,449	0,337	0,322	2442,606
224/63	27486,563	0,286	0,904	0,434	-0,362	0,095	1762,992	10793,443	0,163	0,351	3793,030
224/64	27414,162	0,396	0,992	0,374	-0,427	0,001	0,000	10167,294	0,000	0,116	1181,376
224/65	27324,784	0,317	0,939	0,588	-0,231	0,000	0,000	15083,946	0,000	0,086	1299,569
224/66	27218,524	0,097	0,937	0,570	-0,244	0,000	0,000	14525,083	0,000	0,137	1995,334
224/67	27095,492	0,068	0,898	0,574	-0,241	0,000	0,000	13953,695	0,000	0,143	2002,000

continua

Tabela B.2 - continuação

224/68	26955,778	0,079	0,541	0,576	-0,239	0,000	0,000	8405,319	0,000	0,141	1182,153
224/69	26799,503	0,144	0,441	0,553	-0,257	0,000	0,000	6537,577	0,000	0,131	854,428
224/70	26625,377	0,112	0,161	0,546	-0,263	0,002	0,000	2336,818	0,000	0,143	333,805
224/71	20176,718	0,122	0,051	0,794	-0,100	0,001	0,000	809,536	0,000	0,101	82,000
225/58	756,582	0,001	0,851	0,005	-2,331	0,019	0,000	3,010	0,000	0,682	2,052
225/59	19908,192	0,255	0,283	0,147	-0,832	0,089	0,000	829,552	0,000	0,421	349,438
225/60	26649,593	0,630	0,506	0,045	-1,350	0,245	49,234	602,340	0,082	0,796	479,493
225/61	27531,017	0,485	0,878	0,049	-1,309	0,096	0,000	1188,202	0,000	0,497	590,696
225/62	27496,923	0,038	0,961	0,184	-0,736	0,035	1085,760	4856,295	0,224	0,380	1847,686
225/63	27445,749	0,684	0,997	0,057	-1,247	0,003	851,054	1550,059	0,549	0,355	550,261
225/64	27377,585	0,569	0,986	0,268	-0,572	0,007	0,000	7220,924	0,000	0,125	899,850
225/65	27292,455	0,824	0,937	0,180	-0,746	0,013	0,000	4592,264	0,000	0,120	552,549
225/66	27190,471	0,958	0,880	0,011	-1,966	0,011	0,000	258,753	0,000	0,371	96,125
225/67	27071,660	0,503	0,870	0,235	-0,629	0,011	0,000	5539,367	0,000	0,159	883,043
225/68	26936,155	0,588	0,860	0,181	-0,742	0,006	0,000	4198,362	0,000	0,159	665,463
225/69	26784,002	0,421	0,742	0,277	-0,557	0,000	0,000	5508,052	0,000	0,139	765,765
225/70	26615,330	0,136	0,017	0,499	-0,302	0,000	0,000	219,427	0,000	0,142	31,208
225/71	26430,234	0,044	0,172	0,911	-0,041	0,000	0,000	4128,712	0,000	0,102	422,985
225/72	17075,659	0,008	0,063	0,613	-0,212	0,000	0,000	660,430	0,000	0,149	98,691
226/58	24338,714	0,910	0,900	0,009	-2,068	0,004	0,000	187,114	0,000	0,390	72,950
226/59	27510,735	0,917	0,984	0,014	-1,857	0,002	185,515	376,157	0,493	0,434	163,330
226/60	27514,902	0,600	0,936	0,016	-1,809	0,006	29,923	399,442	0,075	0,417	166,668
226/61	27501,967	0,284	0,646	0,106	-0,973	0,094	0,000	1889,754	0,000	0,458	866,116
226/62	27471,944	0,274	0,973	0,229	-0,641	0,023	3987,403	6109,096	0,653	0,367	2242,491
226/63	27424,882	0,788	0,972	0,062	-1,210	0,027	1403,395	1645,673	0,853	0,433	713,043
226/64	27360,823	0,951	0,961	0,065	-1,187	0,007	0,000	1711,448	0,000	0,184	315,533
226/65	27279,795	1,000	0,977	0,013	-1,898	0,004	0,000	336,961	0,000	0,332	111,752
226/66	27181,831	0,933	0,910	0,021	-1,678	0,002	0,000	518,587	0,000	0,290	150,621
226/67	27067,043	0,127	0,921	0,425	-0,371	0,000	0,000	10592,745	0,000	0,160	1698,647

continua

Tabela B.2 - continuação

226/68	26935,441	0,004	0,992	0,375	-0,426	0,000	0,000	10024,456	0,000	0,201	2011,480
226/69	26787,126	0,041	0,715	0,476	-0,322	0,000	0,000	9121,010	0,000	0,168	1531,258
226/70	26622,160	0,213	0,176	0,655	-0,183	0,008	0,000	3075,468	0,000	0,115	354,868
226/71	26440,645	0,108	0,183	0,606	-0,218	0,003	0,000	2938,069	0,000	0,135	396,425
226/72	13031,574	0,024	0,168	0,110	-0,958	0,005	0,000	240,539	0,000	0,330	79,364
227/58	2721,546	0,996	0,950	0,000	-4,175	0,000	0,000	0,173	0,000	0,852	0,147
227/59	27426,662	1,000	0,996	0,004	-2,413	0,002	7,834	105,394	0,074	0,462	48,688
227/60	27501,968	0,999	0,993	0,001	-3,072	0,005	0,389	23,155	0,017	0,609	14,098
227/61	27493,033	0,321	0,767	0,270	-0,568	0,070	4511,578	5704,645	0,791	0,464	2647,381
227/62	27467,048	0,088	0,805	0,206	-0,686	0,164	538,805	4561,622	0,118	0,602	2744,078
227/63	27423,989	0,629	0,993	0,125	-0,904	0,007	1883,520	3397,519	0,554	0,298	1012,963
227/64	27363,865	0,909	0,994	0,024	-1,627	0,005	470,218	642,355	0,732	0,435	279,644
227/65	27286,746	0,553	0,994	0,140	-0,854	0,004	78,523	3799,592	0,021	0,191	725,601
227/66	27192,653	0,155	0,880	0,093	-1,030	0,001	2,678	2232,631	0,001	0,309	689,470
227/67	27081,596	0,059	0,941	0,602	-0,220	0,005	0,000	15346,219	0,000	0,151	2313,558
227/68	26953,636	0,045	0,856	0,447	-0,350	0,002	0,000	10314,505	0,000	0,178	1833,090
227/69	26808,843	0,007	0,752	0,460	-0,338	0,001	0,000	9260,292	0,000	0,181	1675,221
227/70	26647,253	0,012	0,538	0,657	-0,183	0,000	0,000	9411,202	0,000	0,142	1339,800
227/71	26468,942	0,011	0,240	0,559	-0,253	0,002	0,000	3544,981	0,000	0,162	575,751
227/72	18158,348	0,146	0,041	0,028	-1,552	0,085	0,000	21,044	0,000	0,605	12,740
228/59	27496,986	1,000	0,937	0,000	-3,792	0,000	0,000	4,162	0,000	0,763	3,174
228/60	27509,138	1,000	0,929	0,000	-3,751	0,003	0,144	4,536	0,032	0,765	3,469
228/61	27504,220	0,301	0,724	0,185	-0,733	0,148	110,563	3681,301	0,030	0,515	1897,230
228/62	27482,190	0,293	0,869	0,137	-0,862	0,105	524,376	3276,814	0,160	0,485	1588,404
228/63	27443,021	0,506	0,974	0,162	-0,790	0,026	4334,875	4337,005	1,000	0,424	1838,548
228/64	27386,759	0,857	0,985	0,024	-1,623	0,015	601,891	641,848	0,938	0,507	325,222
228/65	27313,381	0,917	0,933	0,036	-1,440	0,000	789,307	925,386	0,853	0,403	373,137
228/66	27222,893	0,669	0,908	0,062	-1,209	0,009	12,269	1527,685	0,008	0,256	391,748
228/67	27115,344	0,041	0,945	0,336	-0,474	0,003	0,000	8609,401	0,000	0,209	1796,517

continua

Tabela B.2 - continuação

228/68	26990,760	0,113	0,984	0,437	-0,360	0,007	0,000	11606,313	0,000	0,176	2042,349
228/69	26849,173	0,274	0,439	0,214	-0,670	0,000	0,000	2524,903	0,000	0,197	497,954
228/70	26690,608	0,316	0,330	0,535	-0,271	0,000	0,000	4707,568	0,000	0,096	452,337
228/71	21832,420	0,062	0,520	0,851	-0,070	0,000	0,000	9674,072	0,000	0,106	1020,985
229/58	1969,428	0,997	0,726	0,018	-1,743	0,000	0,000	25,846	0,000	0,288	7,443
229/59	23173,891	1,000	0,848	0,001	-3,255	0,003	0,000	10,930	0,000	0,644	7,040
229/60	27536,480	0,998	0,995	0,001	-2,970	0,005	0,000	29,376	0,000	0,582	17,103
229/61	27535,516	0,673	0,960	0,024	-1,620	0,033	166,003	633,627	0,262	0,451	285,521
229/62	27517,379	0,139	0,574	0,209	-0,680	0,224	811,800	3297,381	0,246	0,738	2432,944
229/63	27482,026	0,642	0,962	0,028	-1,551	0,033	170,021	743,816	0,229	0,433	322,012
229/64	27429,447	0,336	0,983	0,012	-1,937	0,015	26,899	311,731	0,086	0,525	163,654
229/65	27359,635	0,837	0,907	0,006	-2,198	0,017	55,786	157,205	0,355	0,533	83,841
229/66	27272,587	0,778	0,962	0,038	-1,417	0,009	4,162	1003,738	0,004	0,280	280,692
229/67	27168,300	0,182	0,976	0,286	-0,544	0,008	0,000	7583,876	0,000	0,204	1546,716
229/68	27046,802	0,647	0,880	0,194	-0,713	0,000	0,000	4608,891	0,000	0,126	582,146
229/69	26908,083	0,510	0,467	0,287	-0,542	0,000	0,000	3600,707	0,000	0,116	418,038
229/70	20582,403	0,205	0,640	0,527	-0,278	0,000	0,000	6946,841	0,000	0,122	846,348
229/71	9483,991	0,016	0,353	0,711	-0,148	0,007	0,000	2375,631	0,000	0,148	351,754
230/59	15990,266	0,979	0,996	0,000	-3,653	0,000	0,029	3,542	0,008	0,737	2,610
230/60	27583,922	0,997	0,995	0,003	-2,529	0,002	0,072	81,144	0,001	0,476	38,586
230/61	27586,915	0,487	0,975	0,006	-2,207	0,024	18,475	166,767	0,111	0,579	96,596
230/62	27572,616	0,155	0,809	0,156	-0,808	0,127	402,638	3469,766	0,116	0,539	1869,036
230/63	27540,978	0,416	0,912	0,057	-1,244	0,070	277,531	1430,798	0,194	0,482	689,096
230/64	27491,959	0,197	0,971	0,009	-2,047	0,019	2,693	239,516	0,011	0,574	137,552
230/65	27425,555	0,207	0,987	0,057	-1,247	0,005	1377,806	1532,361	0,899	0,534	817,842
230/66	27341,713	0,626	0,975	0,027	-1,571	0,004	3,398	715,451	0,005	0,338	241,950
230/67	27240,449	0,290	0,996	0,086	-1,065	0,002	0,000	2338,895	0,000	0,290	677,555
230/68	27121,745	0,360	0,934	0,412	-0,385	0,000	0,000	10429,645	0,000	0,114	1184,910
230/69	23396,628	0,373	0,780	0,508	-0,294	0,001	0,000	9276,413	0,000	0,091	843,030
231/57	1967,885	0,881	0,151	0,074	-1,132	0,000	0,000	21,919	0,000	0,172	3,764

continua

Tabela B.2 - continuação

231/58	3774,015	0,221	0,236	0,195	-0,709	0,002	0,000	173,616	0,000	0,221	38,450
231/59	20439,524	0,319	0,872	0,124	-0,905	0,003	1949,054	2216,509	0,879	0,422	935,614
231/60	27651,496	0,693	0,980	0,028	-1,552	0,004	715,982	760,133	0,942	0,503	382,627
231/61	27658,401	0,726	0,892	0,028	-1,549	0,107	0,446	696,441	0,001	0,522	363,853
231/62	27647,919	0,505	0,802	0,158	-0,800	0,149	0,000	3508,903	0,000	0,483	1693,726
231/63	27619,881	0,200	0,932	0,022	-1,653	0,049	0,000	573,236	0,000	0,543	311,109
231/64	27574,300	0,227	0,933	0,032	-1,492	0,034	0,000	827,940	0,000	0,469	388,507
231/65	27511,113	0,450	0,943	0,022	-1,656	0,006	0,000	572,860	0,000	0,399	228,578
231/66	27430,276	0,692	0,840	0,093	-1,030	0,003	0,662	2150,986	0,000	0,196	421,462
231/67	27331,762	0,218	0,991	0,557	-0,255	0,002	849,254	15068,895	0,056	0,128	1930,976
231/68	27215,587	0,275	0,909	0,647	-0,189	0,001	111,960	16003,270	0,007	0,089	1419,965
231/69	12190,566	0,837	0,604	0,123	-0,911	0,005	0,000	904,735	0,000	0,140	126,903
232/56	1290,118	0,997	0,974	0,004	-2,351	0,000	0,000	5,601	0,000	0,429	2,403
232/57	21773,373	0,895	0,136	0,029	-1,533	0,002	0,000	86,587	0,000	0,265	22,967
232/58	27664,987	0,178	0,491	0,243	-0,615	0,009	1450,858	3293,999	0,440	0,311	1024,169
232/59	27710,817	0,439	0,686	0,069	-1,162	0,011	396,763	1307,923	0,303	0,357	467,164
232/60	27739,173	0,112	0,674	0,001	-2,832	0,012	23,602	27,490	0,859	0,929	25,542
232/61	27750,043	0,550	0,850	0,004	-2,425	0,104	39,773	88,603	0,449	0,847	75,044
232/62	27743,240	0,295	0,955	0,014	-1,855	0,035	0,504	370,065	0,001	0,541	200,043
232/63	27718,730	0,328	0,854	0,017	-1,777	0,071	0,000	395,929	0,000	0,588	232,875
232/64	27676,442	0,265	0,932	0,010	-1,987	0,030	0,000	265,623	0,000	0,567	150,532
232/65	27616,306	0,342	0,899	0,024	-1,612	0,019	0,000	607,031	0,000	0,441	267,656
232/66	27538,262	0,497	0,936	0,195	-0,709	0,039	803,376	5037,383	0,159	0,268	1351,601
232/67	27442,290	0,380	0,935	0,440	-0,356	0,001	2374,502	11300,603	0,210	0,145	1632,953
232/68	27080,374	0,885	0,819	0,147	-0,832	0,000	1,670	3262,904	0,001	0,102	331,590
232/69	2217,932	0,112	0,880	0,256	-0,591	0,011	0,000	500,197	0,000	0,236	118,194
233/57	9491,867	0,444	0,894	0,015	-1,827	0,000	0,000	126,432	0,000	0,429	54,250
233/58	27620,434	0,856	0,994	0,005	-2,302	0,005	29,866	136,959	0,218	0,501	68,671
233/59	27814,530	0,886	0,939	0,002	-2,806	0,003	22,622	40,838	0,554	0,673	27,490

continua

Tabela B.2 - conclusão

233/60	27847,022	0,004	0,470	0,002	-2,721	0,037	24,494	24,869	0,985	1,003	24,931
233/61	27861,763	0,488	0,890	0,003	-2,567	0,035	67,104	67,118	1,000	0,861	57,758
233/62	27858,632	0,511	0,947	0,004	-2,351	0,045	42,869	117,591	0,365	0,701	82,404
233/63	27837,543	0,085	0,902	0,029	-1,535	0,070	229,853	733,066	0,314	0,644	472,219
233/64	27798,401	0,034	0,932	0,002	-2,632	0,025	0,000	60,466	0,000	0,757	45,758
233/65	27741,155	0,440	0,961	0,016	-1,805	0,015	0,000	417,500	0,000	0,456	190,288
233/66	27665,692	0,279	0,949	0,049	-1,311	0,006	0,000	1281,312	0,000	0,358	458,317
233/67	18991,505	0,376	0,956	0,288	-0,541	0,010	2078,813	5227,274	0,398	0,245	1278,659
233/68	6768,213	0,861	0,815	0,044	-1,354	0,019	0,000	244,227	0,000	0,268	65,349

APÊNDICE - C

Tabela C.2 - Valores mapeados em percentuais de vegetação secundária

Absoluto - Km2	Grupo	Cena	ID	Mapeado 97	Mapeado 97-00	Mapeado 97-00-03	Mapeado 97-00-03-06
	0-1	23362	0,0044	72,84	65,35	60,05	52,15
		00264	0,0052	76,78	69,71	67,33	57,12
	1-5	22566	0,0108	7,50	5,50	5,14	4,38
		00367	0,0192	145,82	34,86	30,49	26,73
		22961	0,0234	356,25	255,54	150,14	109,30
		23368	0,0416	77,79	60,22	55,77	44,26
	5-10	00565	0,0668	378,16	279,81	89,68	72,82
		00266	0,0735	279,04	180,92	154,14	120,27
		22672	0,0977	24,99	18,26	12,96	6,35
10-20	22368	0,1321	82,74	44,90	27,81	17,19	
	22863	0,1559	1440,67	1004,34	806,17	620,21	
	23266	0,1857	1132,76	567,46	483,38	405,64	
	22968	0,1909	545,38	249,18	156,56	127,42	
20-30	22962	0,2022	1702,67	1374,51	1140,84	1063,24	
	23258	0,2229	704,17	286,38	175,23	126,80	
	22567	0,2312	682,57	501,34	405,78	349,53	
	23367	0,2768	436,36	246,04	220,70	137,41	
30-55	23068	0,4049	842,55	685,65	380,32	286,16	
	22362	0,4572	3178,32	1377,97	692,06	376,86	
	22870	0,5286	667,83	237,47	209,27	154,23	
>55	22467	0,5593	1478,41	696,21	461,38	374,92	
	22363	0,5976	3294,78	1041,42	355,85	155,67	
	22064	0,6302	816,31	442,52	329,33	134,73	
	22670	0,6481	445,74	121,25	83,34	66,42	
	22770	0,6499	270,50	177,38	163,90	154,19	

Tabela C.2 - Valores mapeados em percentuais de vegetação secundária

Percentual	Grupo	Cena	ID	Mapeado 97	Mapeado 97-00	Mapeado 97-00-03	Mapeado 97-00-03-06
	0-1	23362	0,0044	100	90	82	72
		00264	0,0052	100	91	88	74
	1-5	22566	0,0108	100	73	69	58
		00367	0,0192	100	24	21	18
		22961	0,0234	100	72	42	31
		23368	0,0416	100	77	72	57
	5-10	00565	0,0668	100	74	24	19
		00266	0,0735	100	65	55	43
		22672	0,0977	100	73	52	25
10-20	22368	0,1321	100	54	34	21	
	22863	0,1559	100	70	56	43	
	23266	0,1857	100	50	43	36	
	22968	0,1909	100	46	29	23	
20-30	22962	0,2022	100	81	67	62	
	23258	0,2229	100	41	25	18	
	22567	0,2312	100	73	59	51	
	23367	0,2768	100	56	51	31	
30-55	23068	0,4049	100	81	45	34	
	22362	0,4572	100	43	22	12	
	22870	0,5286	100	36	31	23	
>55	22467	0,5593	100	47	31	25	
	22363	0,5976	100	32	11	5	
	22064	0,6302	100	54	40	17	
	22670	0,6481	100	27	19	15	
	22770	0,6499	100	66	61	57	

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.