



**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO DO
PLANTIO DE SOJA NA DINÂMICA DO USO DA TERRA
NO ESTADO DE RONDÔNIA - RO**

OLÍVIA BUENO DA COSTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - EFL**

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO DO
PLANTIO DE SOJA NA DINÂMICA DO USO DA TERRA
NO ESTADO DE RONDÔNIA - RO**

OLÍVIA BUENO DA COSTA

**ORIENTADOR: ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI
DISSERTAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM191/2013

BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO - 2013

Brasília, 27 de fevereiro de 2013.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - EFL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO DO
PLANTIO DE SOJA NA DINÂMICA DO USO DA TERRA
NO ESTADO DE RONDÔNIA - RO**

OLÍVIA BUENO DA COSTA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA
A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

APROVADA POR:

**Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi (Departamento de
Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)**

**Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão (Departamento de Engenharia
Florestal, UnB);
(Examinador Interno)**

**Prof. Dr. Marcos Antônio Pedlowski (Universidade Estadual Norte
Fluminense - UENF);
(Examinador Externo)**

**Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira (Departamento de Engenharia
Florestal, UnB);
(Examinador Suplente)**

Brasília, 27 de fevereiro de 2013.

FICHA CATALOGRÁFICA

Costa, Olívia Bueno da.
C837a Avaliação espaço-temporal da expansão do plantio de soja na dinâmica do uso da terra no estado de Rondônia - RO / Olívia Bueno da Costa. -- 2013.
130 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2013.

Inclui bibliografia.

Orientação: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.

1. Soja - Cultivo - Condições sociais - Sensoriamento remoto. 2. Rondônia - Plantio (Cultivo de plantas) - Soja. I. Matricardi, Eraldo A. T.. II. Título.

CDU 633.34

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, O. B. (2013). Avaliação espaço-temporal da expansão do plantio de soja na dinâmica do uso da terra no estado de Rondônia - RO. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Publicação **PPGEFL.DM191/2013**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília - UnB, Brasília/DF.2013.130p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Olívia Bueno da Costa

TÍTULO: Avaliação espaço-temporal da expansão do plantio de soja na dinâmica do uso da terra no estado de Rondônia - RO

GRAU: MESTRE ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Olívia Bueno da Costa
costa.ob@gmail.com

Agradecimentos

Agradeço a todos que me ajudaram na execução deste trabalho.

Em especial ao professor Eraldo Matricardi, excelente orientador, responsável, dedicado e presente. Foi extremamente sensato e me auxiliou em todas as fases do mestrado. Foi atencioso em todos os momentos e considerou todas as minhas questões. Planejou a viagem de campo em Rondônia que foi muito importante para a dissertação.

Ao professor Reuber Brandão por ter aceitado contribuir com seu conhecimento para minha dissertação.

Ao Marco Pedlowski pelo auxílio com a dissertação e por ter aceitado participar da minha banca.

Ao professor Reginaldo, atual coordenador da pós-graduação, por ser tão gentil e justo com os alunos da pós, sempre fornecendo informações importantes e ajudando nas demais situações.

Ao Luis Cláudio, funcionário da SEDAM de Rondônia pelo auxílio na viagem de campo, nas entrevistas, no acesso a dados fundamentais da minha dissertação.

A todos que me ajudaram na SEDAM de Rondônia e na Embrapa de Vilhena.

Aos meus colegas do mestrado que me ajudaram e presenciaram tudo: Eduarda Maria, Marcela Regina, Loureine, Fabrícia, Fabrício, Fabiano, Alexandre, Yuri Salmona e Glória.

À madrinha da minha filha, Lívia Helena e a Júlia Dantas, que me deram imenso suporte emocional durante a dissertação.

À minha família por todo o apoio e pelas palavras sensatas.

Ao meu marido, Luiz Eduardo, grande companheiro, muito presente, prestativo e carinhoso.

Agradeço a minha amada filha, Luísa, por todos os seus "chutinhos e soluços" na minha barriga que davam mais força pra conseguir fazer tudo o que fiz no ano de 2012.

Por fim, agradeço a CAPES, pelo apoio financeiro.

Resumo

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EXPANSÃO DO PLANTIO DE SOJA NA DINÂMICA DO USO DA TERRA NO ESTADO DE RONDÔNIA - RO

Autor: Olívia Bueno da Costa

Orientador: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais

Brasília, 27 de fevereiro de 2013.

A expansão da soja no estado de Rondônia se deu de forma acelerada na última década devido a incentivos fiscais e a alta demanda do mercado externo para alimentação humana e ração animal. Existem controvérsias científicas a respeito de qual uso e cobertura da terra a soja vem ocupando e se esse cultivo contribui com a destruição de áreas de mata nativa da Amazônia. O presente estudo buscou entender melhor o processo de expansão dos plantios de soja no estado de Rondônia, identificando os usos pretéritos da terra ocupada por tais plantios, seus efeitos na dinâmica da paisagem natural e impactos socioeconômicos. Para tanto, foram mapeadas as áreas ocupadas por soja no período de 2000 a 2011 de modo a caracterizar a dinâmica espacial e temporal da expansão da soja no estado de Rondônia. A fim de tecer um estudo de caso, foram dedicados maiores esforços aos municípios de Corumbiara e Buritis, que atualmente representam a velha e a nova fronteira de ocupação no estado, respectivamente. Complementarmente, foram realizadas análises dos processos migratórios e socioeconômicos que ocorreram no estado no período de estudo, o que permitiu entender a interação socioeconômica ocorrida entre áreas antigas de colonização e as frentes de desmatamento, especialmente no interior de Unidades de Conservação (RESEX Jaci Paraná, APA Rio Pardo e FERS Cujubim). Para isso foram utilizadas cenas do satélite Landsat5 TM dos anos de 2000, 2005 e 2011. A avaliação da acurácia da técnica de mapeamento da soja utilizada nesta pesquisa indicou uma acurácia global de 94%, com 50% de acurácia do produtor e 100% de acurácia do usuário. Os resultados do mapeamento da soja indicam que 31% dos plantios do ano de 2011 correspondem a áreas já desmatadas até 1990, 62% até 1995 e 94% até 2000. A avaliação da acurácia para a classificação supervisionada do estudo de fragmentação indicou acurácia global de 91%, com 72.73% de acurácia do produtor e 100% de acurácia do usuário. Os resultados do estudo da fragmentação indicam um aumento do retalhamento da paisagem ao longo da última década nos municípios do estudo de caso, com aumento do efeito de borda, diminuição significativa da área da classe floresta e diminuição da conectividade das manchas de vegetação. Finalmente, com base nesta pesquisa, foi possível observar que embora a expansão da soja se concentre sobre terras previamente desmatadas em áreas antigas de colonização em Rondônia, existe um processo contínuo de aumento da fragmentação da vegetação nativa nestas regiões. Este processo parece comprometer ainda mais a integridade e os serviços ecossistêmicos oferecidos por tais remanescentes de floresta nativa. Além disso, o processo de expansão da soja causa impactos socioeconômicos diretos sobre a população local, alterando costumes, estratégias de produção e a economia local. Tal fato é comprovado com a evidência de processos de “expulsão” de grande parte das populações locais, especialmente os produtores descapitalizados e pessoas menos favorecidas, para regiões de novas fronteiras, como é o caso do intenso processo migratório observado para a região do município de Buritis, no estado de Rondônia. E, de forma mais sistemática e organizada, estes novos processos de migração frequentemente trazem consigo exploração ilegal de madeiras e a invasão de áreas protegidas, onde negociatas e especulação imobiliária são comumente observadas.

Abstract

SPACE-TIME EVALUATION OF SOYBEAN EXPANSION IN DYNAMICS LAND USE IN RONDÔNIA - RO

Author: Olívia Bueno da Costa

Advisor: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais

Brasília, 27 de fevereiro de 2013.

The expansion of soybean plantations in Rondonia was accelerated in the last decade. This change in land-use can be explained by two main factors: fiscal incentives and higher external market demand for animal and human feeding. There are scientific controversies due to which land uses and land covers soybean is occupying and whether this cultivation contributes to destroy native Amazonian forest. This thesis intended to understand the soybean expanding process in Rondonia, identifying preterit land uses occupied by soybean, the effects of soybean in natural landscape and its socioeconomic impacts. For this purpose, soybean areas were mapped in the 2000-2011 period, in an effort to characterize the spatial and temporal dynamics of soybean expansion in the area of study. This work focused in two municipalities: Corumbiara and Buritis, which currently represent very good examples of older and new frontiers of occupation, respectively. In complement, migratory and socioeconomic process were analyzed for the study time span, allowing to understand socioeconomic interaction that occurred among old colonization areas and degradation border areas, especially inside Conservation Units (RESEX Jaci Paraná, APA Rio Pardo and FERs Cujubim). To this end, Landsat 5 TM satellite images (2000, 2005 and 2011) were used. Accuracy evaluation for soybean mapping technique used in this research indicate overall accuracy of 94%, with 50% of producers accuracy and 100% of users accuracy. The soybean mapping results indicate that 31% of cultivated areas in 2011 correspond to areas deforested until 1990, 62% until 1995 and 94% until 2000. Supervised classification of the fragmentation study reported an overall accuracy of 91%, with 72.73% of producer accuracy and 100% of users accuracy. The fragmentation study results indicate that an increase in the number of patches in the last decade took place in the area of study, followed by an increase in edge effects, significant reduction of forest class area and decrease in patches connectivity. Finally, based on this research, it is possible to observe that, although soybean expansion concentrates in previous deforested lands of old colonization areas in Rondonia, there is a continuous increase in native forest fragmentation in these regions. This process seems to compromise even more the integrity and ecosystem services offered by such native forest remains. Furthermore, the soybean expansion process causes direct socioeconomic impacts in local rural population, changing costumes, production strategies and local economy. Such fact is proved by an evidence of great local population "expulsion" processes, especially the undercapitalized producers and low income population, to new frontiers regions, like the case of intense migratory process observed to Buritis municipality region, in Rondonia. And, in a more organized and systematic way, this new migration processes frequently come associated with illegal wood exploitation and protected areas invasions, where iniquitous business and land speculation are generally observed.

Sumário

Capítulo 1.....	14
1 Introdução	14
1.1 Problema.....	15
1.2 Questões de pesquisa.....	16
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivos gerais	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
2 Revisão de Literatura.....	17
2.1 Soja - contexto mundial.....	17
2.2 Soja - Brasil.....	19
2.3 Soja - Exigências no plantio.....	22
2.3.1 Hídrica	22
2.3.2 Exigências térmicas e fotoperiódicas.....	22
2.3.3 Declividade	22
2.3.4 Ecofisiologia da Soja.....	23
2.4 Rondônia - ocupação do estado	24
2.5 Desmatamento.....	28
2.6 Efeitos ambientais dos plantios de soja.....	32
2.7 Pasto.....	33
2.8 Fragmentação da paisagem	35
2.9 Sensoriamento Remoto	37
2.9.1 Imagens.....	37
2.9.1.1 Landsat 5 TM	37
2.9.1.2 SPOT 5	40
2.9.2 Pré-processamento das imagens Landsat TM5.....	41
2.9.2.1 Correção Radiométrica- Conversão de números digitais para valores físicos.....	41
2.9.2.2 Correção Geométrica	42
2.9.3 Filtro de textura	43
2.9.4 Linear Spectral Unmixing	43
2.9.4.1 Seleção do <i>endmember</i>	45
2.9.5 Separação dos componentes presentes na imagem classificada - Árvore de decisão	46
2.9.6 Pós-classificação	47
2.9.6.1 Acurácia - Matriz de confusão	47

Capítulo 2 Espacialização dos plantios de soja do estado de Rondônia 49

1 Introdução	49
1.1 Objetivos	50
2 Metodologia.....	50
2.1 Área de estudo	50
2.1.1 Clima	51
2.1.2 Vegetação e solos	52
2.2 Base de Dados	53
2.2.1 Imagens de satélite.....	54
2.3 Correção de Imagens	55
2.3.1 Calibração.....	55
2.3.2 Correção Geométrica.....	55
2.4 Textura - <i>Occurrence Measures</i>	55
2.5 Mapeamento - <i>Linear Spectral Unmixing (SMA)</i>	55
2.6 Classificação - Árvore de decisão	56
2.7 Pós-processamento	57
2.7.1 Clump e Eliminate, checagem e correção visual	57
2.7.2 Acurácia - Matriz de confusão	57
2.8 Organização da metodologia	58
3 Resultados e Discussão.....	58
3.1 Técnica de mapeamento semiautomático	58
3.2 Desmatamento e área plantada de soja.....	62
3.3 Área plantada de soja por município.....	64
3.4 Solos e área plantada de soja.....	65
3.5 Aptidão agrícola e plantios de soja.....	66
3.6 Declividade e plantios de soja.....	67
3.7 Validação.....	69
4 Conclusões.....	70

Capítulo 3 Estudo de Fragmentação nos municípios de Corumbiara e

Buritis 71

1 Introdução	71
1.1 Objetivo geral.....	73
1.2 Objetivos específicos	73
2 Metodologia.....	74
2.1 Área de estudo	74
2.2 Imagens e dados utilizados.....	75

2.3 Correção radiométrica e geométrica.....	77
2.4 Classificação supervisionada - <i>Maximum Likelihood</i>	77
2.5 Acurácia da classificação.....	78
2.6 Métricas de paisagem.....	78
3 Resultados e Discussão.....	80
3.1 Acurácia da classificação.....	80
3.2 Estudo da paisagem no município Corumbiara	81
3.3 Estudo da paisagem - município Buritis.....	91
4 Conclusões.....	97
Capítulo 4 Influência da expansão da soja nas migrações dos municípios de Corumbiara e Buritis	99
1 Introdução	99
1.1 Histórico da ocupação e processos migratórios em Rondônia	99
1.2 Processos migratórios.....	102
1.3 Objetivos.....	103
2 Metodologia.....	103
2.1 Área de Estudo	103
2.2 Obtenção e tratamento de dados	104
2.3 Métodos.....	106
3 Resultados e Discussão.....	106
3.1 Ciclo da Soja	106
3.2 Consequências da expansão da soja na população e economia.....	107
3.3 Migrações.....	111
4 Conclusões.....	117
Capítulo 5 Principais conclusões	119
1 Contextualização da pesquisa no cenário global	119
2 Revisitando as questões de pesquisa.....	119
3 Oportunidades para estudos futuros	121
Referências Bibliográficas.....	122

Índice de Tabelas

Tabela 1-1 - Fases de desenvolvimento da soja. Fonte: (FARIAS et al., 2007).....	2
Tabela 1-2 - Características espectrais e radiométricas do sensor HRG do satélite SPOT 5(NOVO, 2008):.....	4
Tabela 1-3 - Exemplo de Matriz de confusão. Fonte:(RICHARDS e JIA, 2006).	4
Tabela 2-1 - Fonte de dados, tipo, nome do dado e data.	5
Tabela 2-2 - Cenas Landsat 5 TM utilizadas no trabalho (órbita/ponto e data).....	5
Tabela 2-3 - Parâmetros utilizados nas imagens dos anos de 2000 e 2005.	5
Tabela 2-4 - Área plantada de soja no estado de Rondônia.....	6
Tabela 2-5 - Plantios de soja (2011) e áreas de plantios de soja correspondentes à áreas de desmatamento.	6
Tabela 2-6 - Plantios de soja (2011) e áreas de plantios de soja correspondentes às áreas de desmatamento nos anos de 1990, 1995 e 2000.....	6
Tabela 2-7 - Área plantada de soja por município, ano 2011.	6
Tabela 2-8 - Solos e área plantada de soja.	6
Tabela 2-9 - Aptidão agrícola e área ocupada pela soja.	6
Tabela 2-10 - Matriz de confusão, acurácia produtor e usuário, erros de omissão e comissão, Kappa e acurácia geral.	6
Tabela 3-1 - Path/row e data das imagens utilizadas no estudo.....	7
Tabela 3-2 - Dados, fonte, resolução utilizados no estudo.	7
Tabela 3-3 -Métricas utilizadas e sua respectiva função.	7
Tabela 3-4 - Acurácia da classificação.....	8
Tabela 3-5- Métricas de análise de classe e paisagem para o município de Corumbiara - RO, anos 2000, 2005 e 2011.....	8
Tabela 3-6 - Métricas calculadas para o município de Buritis, nos anos 2000, 2005 e 2011.....	9

Índice de Figuras

Figura 1-1 - Estados brasileiros líderes em produção de soja, 2011. Dados: IBGE, 2012a.	15
Figura 1-2- Área plantada de Soja (ha) em Rondônia no período de 2002/9. Dados: CONAB, 2011.	16
Figura 1-3 - Principais países produtores de Soja nos anos 2010/11; Dados: USDA, 2012b.	19
Figura 1-4 - Área plantada de Soja (ha) no Brasil no período de 1997/2010. Dados: IBGE, 2012.	21
Figura 1-5 - Soja, plantio próximo de Porto Velho, estado de Rondônia, Fev. 2012. Foto Olívia Costa.	24
Figura 1-6 - Desmatamento do estado de Rondônia. Dados: INPE, 2011.	30
Figura 1-7- Municípios de Rondônia e sua participação na produção de soja; Dados:(IBGE, 2012).	31
Figura 1-8 - Exportações dos municípios de Rondônia; Dados: ALICEWEB, 2012.	31
Figura 1-9 - Porcentagem das principais exportações de soja por Rondônia no período de 2005 a 2010; Dados: ALICEWEB, 2012.	32
Figura 1-10 - Produção pecuária (cabeças) Rondônia. Fonte de dados: IBGE.....	35
Figura 1-11 - Landsat 5 TM; Fonte: (NASA, 1879).	38
Figura 1-12 - Satélite SPOT 5; Fonte EMBRAPA, (2013).	40
Figura 2-1 - Estado de Rondônia e seus municípios; Dados: SEDAM, 2012.	51
Figura 2-2 - Temperatura média de Rondônia. Dados: SEDAM (2011); Mapa: Eraldo T. Matricardi.	52
Figura 2-3 - Solos de Rondônia. Dados: SEDAM (2011).	53
Figura 2-4 - Cenas Landsat utilizadas do estado de Rondônia.	54
Figura 2-5 - Coleta dos membros finais no gráfico de dispersão, bandas 3 e 4.	56
Figura 2-6 - Árvore de decisão, imagem textural (banda 4), perfil x do espectro de reflectância da imagem e zoom da imagem textural.	57
Figura 2-7 - Organograma da metodologia apresentada.	58
Figura 2-8 - Árvore de decisão utilizada na imagem 2011.	59
Figura 2-9 - <i>Unmixing</i> , Textura e Árvore de decisão imagem 2011, processo utilizado para mapeamento.	60
Figura 2-10 - Área plantada de soja ao sul do estado de Rondônia.	61
Figura 2-11 - Área plantada de soja ao norte de Rondônia.	61
Figura 2-12 - Área de cultivos de soja correspondentes à áreas de desmatamento.	62
Figura 2-13 - Plantios de soja de 2011 e imagens do ano de 1995.	63
Figura 2-14 - Plantios de soja de 2011 e imagens do ano de 2000.	64
Figura 2-15 - Plantios de soja espacializados por municípios, ano 2011. Dados: SEDAM.	65
Figura 2-16- Solos de Rondônia com sobreposição de plantios de soja. Dados: SEDAM.	66
Figura 2-17 - Aptidão agrícola de Rondônia com sobreposição de plantios de soja. Dados: SEDAM.	67
Figura 2-18 - Declividade Rondônia com sobreposição de plantios de soja.	68
Figura 2-19 - Plantios de soja sobrepostos a topografia de Rondônia. Dados: USGS, 2011.	68
Figura 3-1- Municípios de Buritis e Corumbiara.	75
Figura 3-2 - imagens Landsat 5 TM utilizadas no estudo.	76
Figura 3-3- Imagem SPOT 5 utilizada na validação.	76
Figura 3-4 - Esquema da metodologia utilizada nos cálculos de métricas.	79
Figura 3-5 - Classificação das áreas de floresta e não floresta do município de Corumbiara - RO nos anos 2000, 2005 e 2011.	82
Figura 3-6 - Métricas número de fragmentos (NumP, colunas) e tamanho médio da mancha (MPS, linhas) por ano (2000, 2005 e 2011).	84
Figura 3-7 - Número de fragmentos por classe de remanescentes (colunas) e área total de cada classe de remanescentes (linhas) nos anos 2000, 2005 e 2011.	85

Figura 3-8 - Área da classe (CA) e porcentagem da paisagem (ZLAND) por ano 2000, 2005 e 2011.	86
Figura 3-9 - Densidade de bordas (ED) e total de bordas (TE) por ano 2000, 2005 e 2011.	87
Figura 3-10 - Total de áreas-núcleos (TCA) e Índice total de áreas-núcleo (TCAI).	88
Figura 3-11 - Menor distância do vizinho (MNN).	89
Figura 3-12 - Índice médio de proximidade (MPI).	90
Figura 3-13 - Classificação em floresta e não floresta para o município de Buritis (RO), nos anos 2000, 2005 e 2011.	91
Figura 3-14 - Número de fragmentos para os anos de 2000, 2005 e 2011.	92
Figura 3-15- Área da classe (CA) e proporção da classe na paisagem (ZLAND).	92
Figura 3-16 - Número de fragmentos por classe de remanescentes (colunas) e área total de cada classe de remanescentes (linhas).	93
Figura 3-17 - Total de bordas (TE) e Densidade de bordas (ED).	94
Figura 3-18 - Índice médio de proximidade (MPI) e Menor distância do vizinho (MNN).	96
Figura 3-19 - Perda de floresta nativa nos municípios de Corumbiara e Buritis nos anos de 2000, 2005 e 2011.	97
Figura 4-1 - Progressão da população de Rondônia do ano de 1960 a 2010. Fonte: IBGE, 2012b.	101
Figura 4-2- Área de estudo, destacando os municípios Corumbiara e Buritis.	104
Figura 4-3- Trajetória e áreas visitadas no trabalho de campo desta pesquisa realizado em janeiro/2012.	105
Figura 4-4- Habitantes residentes nos municípios de Corumbiara e Buritis nos anos de 2000 e 2010. Dados: IBGE, 2012b.	108
Figura 4-5- População residente em Buritis e Corumbiara no ano de 2010.	109
Figura 4-6- Produto Interno Bruto dos municípios de Corumbiara e Buritis.	111
Figura 4-7- Representações espaciais de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para FERS Cujubim.	112
Figura 4-8- Atividade atual e anterior dos migrantes segundo municípios de origem para FERS Cujubim.	113
Figura 4-9- Representação espacial de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para RESEX Jaci Paraná.	114
Figura 4-10- Atividade atual e anterior dos migrantes segundo municípios de origem para RESEX Jaci Paraná.	115
Figura 4-11- Representação espacial de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para APA Rio Pardo.	116
Figura 4-12- A mudança das profissões em consequência dos processos migratórios da cidade para o campo.	117

Lista de Siglas

APA	Área de Proteção Ambiental
BASA	Banco da Amazônia
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FERS	Florestas Estaduais de Desenvolvimento Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço
PADE	Projeto de Assentamento Dirigido
PIC	Projeto Integrado de Colonização
POLONOROESTE	Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil
PPCDAm	Plano de Ação para Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia
PROCEDER	Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento Agrícola do Cerrado
RESEX	Reserva Extrativista
RO	Rondônia
SEDAM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental
SMA	<i>Linear Spectral Unmixing</i>
SPVEA	Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
TM	<i>Thematic Mapper</i>
USDA	<i>United State Department of Agriculture</i>
USGS	<i>Unites States Geological Survey</i>

Capítulo 1

1 Introdução

A produção de soja no Brasil cresceu rapidamente na última década. Na década de 80 a produção de soja brasileira se concentrava no Sul do país, atingindo valores de 6,9 milhões de hectares de área plantada. Enquanto isso, o Centro-oeste atingia valores de 1,1 milhões de hectares de área plantada no mesmo período. Na década de 90 os plantios expandiram para o Centro-oeste brasileiro, atingindo 2,9 milhões de hectares de área plantada. Em 2000/01 a área plantada de soja no Brasil era de 13,9 milhões de hectares e a produção chegava a 39,500 milhões de toneladas. As exportações de soja nesse período somavam 15,521 milhões de toneladas. No ano de 2011/2012 a área plantada no Brasil chega a 24,3 milhões de hectares. Ao mesmo tempo, as exportações dobram, atingindo 30,915 milhões de toneladas e a produção atinge 66 milhões de toneladas. O Brasil ocupa, assim, o 2º lugar na produção mundial da soja, logo atrás dos EUA, com produção de 83,172 milhões de toneladas no ano de 2012 (FIGURA 1-1) (USDA, 2012a; CONAB, 2011).

A expansão da soja na década de 70 se deu no Rio Grande do Sul, onde encontrou condições favoráveis ao cultivo. Porém na década de 80 a produção neste estado caiu, devido aos baixos preços do mercado externo e alto custo de produção. Na década de 90 a soja entra no Centro-oeste, local com condições propícias ao plantio (BONATO e BONATO, 1987). O estado de Mato Grosso passa a ser o maior produtor de soja do país, devido principalmente aos incentivos fiscais para a abertura de novas áreas de produção agrícola e para o estabelecimento de agroindústrias, preço baixo das terras e topografia favorável à mecanização (AGNOL e HIRAKURI, 2008).

Os maiores produtores de soja no Brasil são os estados do Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais. Entretanto, outros estados (Rondônia, São Paulo, Maranhão, Santa Catarina, Tocantins, Piauí e Pará) também já se apresentam como produtores, porém, com áreas plantadas inferiores a 500 mil hectares anuais até 2010 (FIGURA 1-1)(CNPSO-EMBRAPA, 2011).

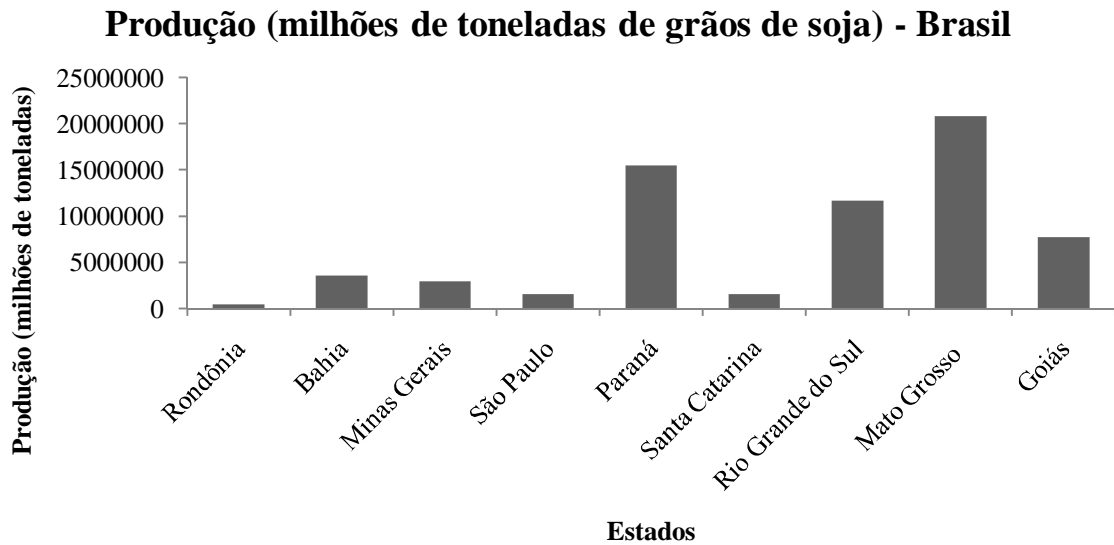


Figura 1-1 - Estados brasileiros líderes em produção de soja, 2011. Dados: IBGE, 2012a.

O aumento dos plantios de soja tem gerado preocupações da comunidade científica em relação à velocidade de conversão de florestas nativas da Amazônia em plantios de soja. Há ideias controversas a respeito disso. De um lado os produtores de soja alegam que os plantios de soja representam uma "*commodity*" viável para a região e que a preocupação ambiental é injustificada, pois a soja só é estabelecida em áreas já desflorestadas ou com algum tipo de modificação (BROWN et al., 2005).

1.1 Problema

A expansão da soja em Rondônia ocorreu de forma rápida. Essa expansão se deu devido à disponibilidade de terras no norte, aos incentivos fiscais para o plantio de soja (que atraíram sulistas), e ainda a demanda do mercado externo. A produção de soja na década de 80 era concentrada no sul e centro-oeste do país (CONAB, 2011). A partir de 2000, a soja passou a ser mais cultivada no estado de Rondônia (FIGURA 1-2), chegando a 11,8 mil hectares. No ano de 2005, a área plantada já era de 106,4 mil hectares, ou seja, em cinco anos a área plantada ocupou dez vezes mais área do que no ano de 2000.

Os dados de área plantada de soja no estado de Rondônia não estão espacializados. Isso abre discussão acerca de quais usos/coberturas do solo a soja vem ocupando nestes últimos 10 anos. Alguns autores (BRANDÃO et al., 2005; BROWN et al., 2005) afirmam, a partir de estudos realizados na Amazônia, que a soja entra em áreas já desmatadas, pois o desmatamento da área para o plantio de soja é oneroso, se tornando inviável. Outros autores (MORTON et al., 2006; FEARNSIDE, 2001) afirmam que a soja está entrando em

áreas de florestas nativas. Se a soja entra em áreas anteriormente desmatadas, como áreas de pasto, para onde vai o pasto ou o uso anterior que estava ali antes da entrada da soja? Argumenta-se que a soja cause um avanço indireto do desmatamento na Amazônia, expulsando os usos anteriores. Esses usos acabam ocupando novas áreas de florestas nativas.

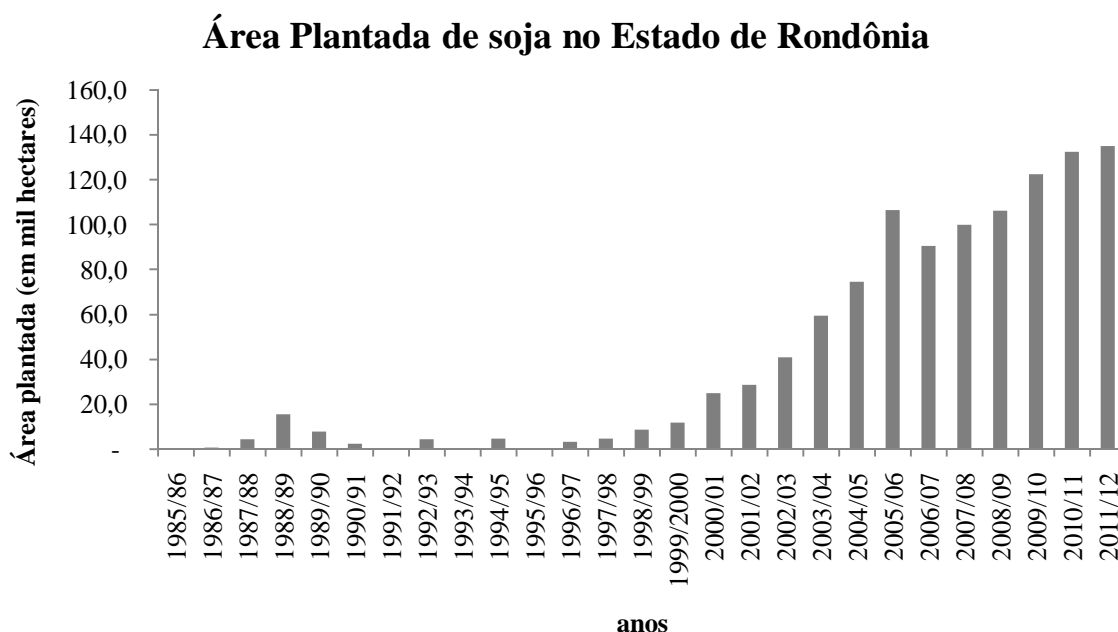


Figura 1-2- Área plantada de Soja (ha) em Rondônia no período de 2002/9. Dados: CONAB, 2011.

1.2 Questões de pesquisa

Que tipo de uso de solo a soja ocupou? Qual a área ocupada pelos plantios de soja em Rondônia? Onde estão localizados os plantios? Quais os efeitos dos plantios de soja na área de floresta nativa? Para onde foram os usos que ocupavam áreas cultivadas antes da soja? Quais os efeitos ambientais na paisagem? Quais os efeitos socioeconômicos da expansão da soja na região?

1.3 Justificativa

A justificativa para execução do trabalho deve-se ao fato de não existirem estudos sobre a área e distribuição espacial dos plantios de soja no estado de Rondônia, assim como não há um consenso a respeito da soja como catalisadora do desmatamento neste

estado. Assim, este estudo propiciará um melhor entendimento dos efeitos da expansão da soja sobre as florestas naturais e/ou sobre outros usos/coberturas. Esse processo de mudanças de uso e cobertura da terra pode ter implicação sobre o aumento do desmatamento de novas áreas de florestas nativas que deve ser apropriadamente analisado e melhor entendido cientificamente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos gerais

Avaliar os efeitos da expansão dos plantios de soja no uso da terra no estado de Rondônia e, especialmente, avaliar os impactos sobre as florestas nativas no estado de Rondônia no período entre 2000 a 2011, a partir de dados de sensoriamento remoto, dados censitários e trabalho de campo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analisar e mapear as áreas de expansão da soja no estado de Rondônia, com objetivo de verificar se houve aumento dos plantios nos anos de 2000, 2005 e 2011;
- Avaliar os efeitos e a influência da expansão da soja sobre a dinâmica na paisagem do estado;
- Estruturar os fluxos migratórios no estado de Rondônia no período de análise enfocando as novas e velhas fronteiras de ocupação;

2 Revisão de Literatura

2.1 Soja - contexto mundial

A soja, *Soja hispida*, *Glycine hispida* ou *Glycine max*, pertence à família das Leguminosas e à subfamília das *Papilionaceae*. A forma de cultivo da soja é a *Glycine max* (l.) Merrill (CALDWELL, 1973). A soja é uma planta herbácea anual que tem de 30 cm até 2 m. Seus frutos são em forma de vagem de 3 a 10 cm, com 1 a 5 grãos de cores diversas dependendo da variedade. Esses grãos são ricos em proteínas (38%) e lipídios (18%). O grande número de variedades de soja permite sua adaptação as mais diversas condições climáticas (BERTRAND et al., 1987).

A soja é uma planta milenar, sendo difícil precisar sua origem e história. O período provável de domesticação data de 1500 a 1027 a.C., na China Central e Ocidental e sua origem secundária na Manchúria (CARUSO, 1996). Inicialmente a soja era uma planta rasteira que se desenvolvia ao longo de rios e lagos. A soja foi "domesticada" na parte oriental da China, chamada Kaoliang, região de cultivo de trigo de inverno. Foi a partir de cruzamentos entre duas espécies selvagens e melhoramentos por cientistas chineses que a soja evoluiu para o que conhecemos hoje.

A soja então se expandiu de maneira lenta para o Sul da China, Coréia, Japão e Sudeste da Ásia. No final do século XV e início do século XVI a soja chega ao Ocidente por navios europeus em direção à Ásia. Porém, foi somente no século XVIII que pesquisadores europeus iniciaram o estudo do feijão da soja como fonte de óleo e nutriente animal (NOGUEIRA, 2007). Na Europa, a soja inicialmente não foi bem sucedida para alimentação humana, porém, para alimentação do gado teve êxito e ainda a utilizavam como forrageira de alta qualidade.

No final do século XIX, o Departamento de Agricultura dos EUA levou variedades da soja, mas apenas em 1930, pesquisadores dos EUA e Canadá desenvolveram variedades melhoradas da soja, diferentes das plantas originais com rendimento de óleo maiores (CARUSO, 1996). A partir da segunda década do século 20, os EUA iniciaram a exploração comercial da soja inicialmente como forrageira e posteriormente como grão. Em meados dos anos 60 o cultivo de soja para forragem desapareceu e a produção de grãos aumentou em escala exponencial nos EUA e em outros países (Brasil e Argentina principalmente) (AGNOL e HIRAKURI, 2008).

Atualmente cinco países são líderes em produção da soja no mundo (Figura 1-3):

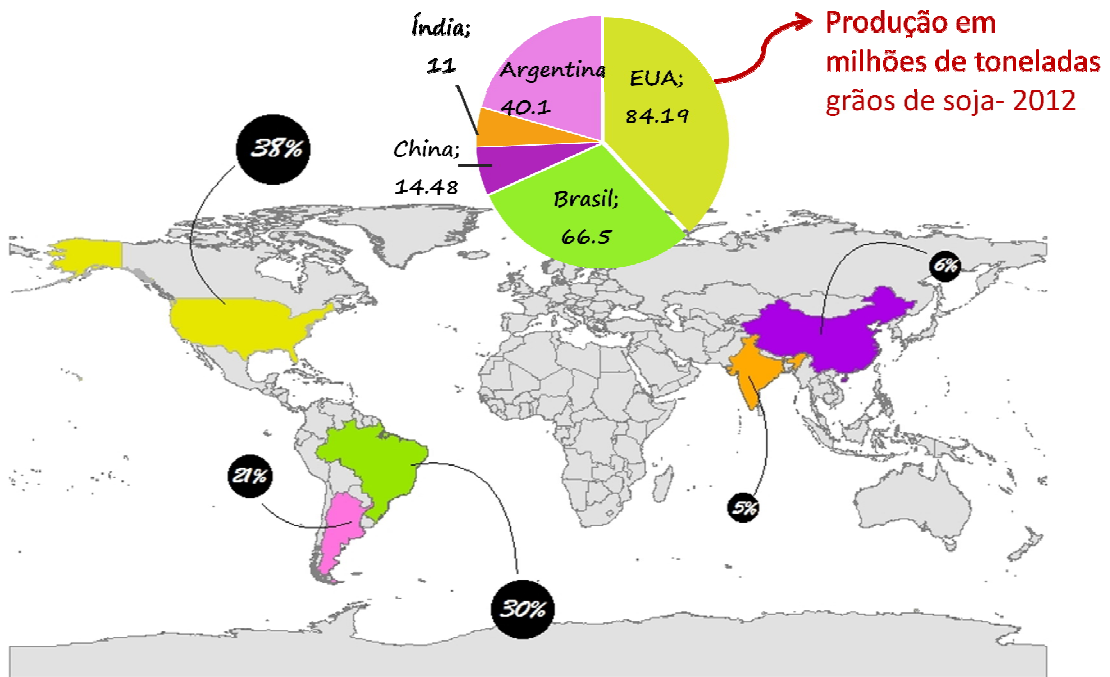


Figura 1-3 - Principais países produtores de Soja nos anos 2010/11; Dados: USDA, 2012b.

2.2 Soja - Brasil

Os primeiros materiais genéticos foram introduzidos no país e testados no estado da Bahia (BA) em 1882 por Gustavo Dutra (CARUSO, 1996). O germoplasma trazido dos EUA não era adaptado às condições de baixa latitude e não teve êxito no plantio. Uma década mais tarde novos materiais foram testados para as condições do estado de São Paulo, onde obteve êxito relativo. Em 1900 foi testada no Rio Grande do Sul, onde as condições climáticas eram similares às do EUA. Durante as décadas de 1920-1940 o plantio era feito com objetivo de produção de forrageiras (AGNOL e HIRAKURI, 2008). Foram os gaúchos que levaram a soja para o Paraná e mais tarde para o Centro-Oeste (SCHLESINGER e NORONHA, 2006). Em 1949 a produção foi de 25 mil toneladas; em 1960, 100 mil toneladas, quando se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil (AGNOL e HIRAKURI, 2008).

A produção de soja brasileira em escala comercial foi iniciada no Rio Grande do Sul, com data de 1941, apesar de existirem registros de venda no ano de 1935. Essa produção começou na região de Missões, no município de Santa Rosa, considerado o berço nacional da soja. No início era utilizada como forrageira e para alimentação de suínos. Até

a década de 70 era um cultivo secundário, não era cultivada na época correta e nem eram realizados os devidos tratos culturais. Na década de 70, com os problemas na produção de trigo, a soja ganhou espaço e observou-se a necessidade de pesquisas sobre novas tecnologias de plantio de soja, além de aquisição de melhor maquinário. Isso fez com que a soja se tornasse, em pouco tempo, o principal produto exportado pelos gaúchos. Na década de 80 a 83 ocorreu redução nas produções sulinas, devido à descapitalização do produtor de soja e à elevação dos custos de produção, que eram maiores que o preço pago pelos grãos e ainda devido ao incentivo de produção do milho, que ocupou as áreas de soja. Em 1985, o Rio Grande do Sul era responsável por 31,25% das exportações brasileiras (BONATO e BONATO, 1987).

Até 1976/77 as lavouras se concentravam na região sul do Brasil, representavam 85% da produção que era de 10 milhões de toneladas. A expansão no país ocorreu pelos sulistas que migraram em busca de terras mais extensas e baratas, para multiplicar a produção (SCHLESINGER e NORONHA, 2006). A expansão da soja no Brasil tem apoio de políticas públicas. Exemplo disso foi a introdução da soja no Cerrado, que correu devido o PROCEDER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento Agrícola do Cerrado), implementado em 1978 em parceria com o Japão e financiado pela Agência de Cooperação Internacional Japonesa (JICA) e de bancos privados no Japão (SCHLESINGER e NORONHA, 2006).

Da década de 90 até hoje, a soja cresceu de forma rápida no Brasil, chegando em 2011 a 24.3 milhões de hectares de área plantada (FIGURA 1-4).

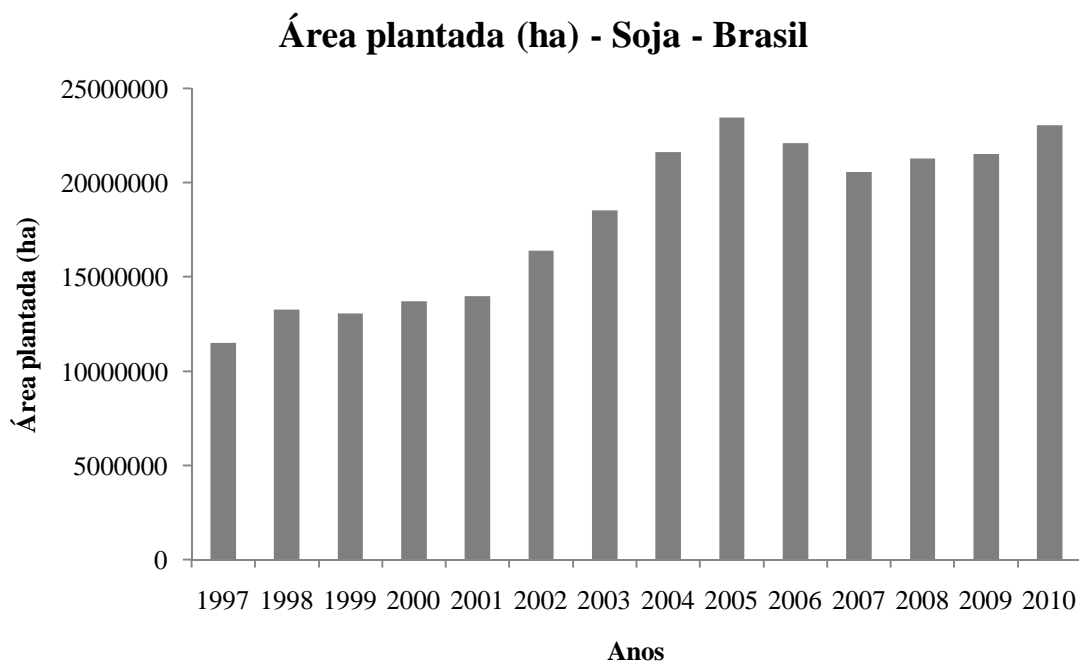


Figura 1-4 - Área plantada de Soja (ha) no Brasil no período de 1997/2010. Dados: IBGE, 2012.

A soja encontrou condições favoráveis para rápida expansão no Brasil. Dentre os diversos fatores que contribuíram para o seu desenvolvimento, estão (BONATO e BONATO, 1987):

- fácil adaptação das variedades e das técnicas de cultivo oriundas do sul dos EUA;
- cultura utilizada em sucessão ao trigo, possibilitando o aproveitamento da mesma área, das máquinas e equipamentos, dos armazéns e da mão de obra;
- política de autossuficiência do trigo, o que possibilitou uma melhor capitalização do produtor;
- possibilidades de mecanização total da cultura;
- condições favoráveis de mercado, especialmente do externo;
- carência de óleos vegetais comestíveis para substituir a gordura animal;
- desenvolvimento rápido do parque de processamento, garantindo a total absorção da matéria-prima;
- geração de tecnologias adaptadas às diferentes condições do país, possibilitando ganhos em produtividade e expansão para novas regiões.

2.3 Soja - Exigências no plantio

2.3.1 Hídrica

A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para assegurar boa germinação. Nessa fase, o conteúdo de água no solo não deve exceder a 85% do total máximo de água disponível e nem ser inferior a 50% (EMBRAPA, 2011).

A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo após esse período. *Déficits* hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo (EMBRAPA, 2011).

2.3.2 Exigências térmicas e fotoperiódicas

A soja se adapta a temperaturas entre 20°C e 30°C sendo que a temperatura ideal para seu desenvolvimento está em torno de 30°C. Para a semeadura, a faixa de temperatura do solo deve estar entre 20°C e 30°C, sendo que 25°C é a temperatura ideal para a emergência rápida e uniforme. Em temperaturas acima de 13°C a floração é induzida. Em altas temperaturas a maturação pode ser acelerada (FARIAS et al., 2007). A soja é considerada uma planta de dia curto.

2.3.3 Declividade

Os equipamentos utilizados para o preparo do solo até a colheita e transporte são predominantemente tratores, colhedores e veículos de transporte que utilizam tecnologia desenvolvida para topografia plana (dominante nos seus países de origem). O peso do próprio implemento interage com a superfície do solo provocando condições que podem comprometer a estabilidade dos veículos fora da estrada. Três fatores podem comprometer a estabilidade de um veículo em terrenos declivosos: tombamento, escorregamento lateral e controle direcional (FERREIRA, 2008). De acordo com o Dr. Vicente da Embrapa de

Rondônia a declividade máxima que pode ser tolerada é 8%, acima disso o terreno não é viável para o plantio da soja.

2.3.4 Ecofisiologia da Soja

Os estágios reprodutivos da soja abrangem quatro fases (TABELA 1-1): o florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8). O quadro a seguir descreve as fases de desenvolvimento (FARIAS et al., 2007).

Tabela 1-1 - Fases de desenvolvimento da soja. Fonte: (FARIAS et al., 2007).

Estágio	Denominação	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal)
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração madura (FIGURA 1-5)



Figura 1-5 - Soja, plantio próximo de Porto Velho, estado de Rondônia, Fev. 2012. Foto Olívia Costa.

2.4 Rondônia - ocupação do estado

Até o início do século XX a borracha era o maior suporte da economia regional, uma das maiores fontes de divisa e máquina propulsora do progresso da Amazônia (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Entre 1905 e 1912 foi construída a Estrada de Ferro Madeira - Mamoré (através dos rios Madeira e Amazonas) e o telégrafo por Cândido Rondon (ALENCAR, 2005). No final do século XIX ocorreu a migração de nordestinos para Rondônia com o objetivo de trabalhar na extração de borracha, atraídos pelas propagandas governamentais, devido à necessidade do governo em aumentar a produção de borracha para atender o mercado externo (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). O recrutamento de imigrantes do Nordeste para a Amazônia foi facilitado por dois fatores econômicos. O primeiro foi o alto preço que a borracha atingia, devido à demanda do mercado externo; o segundo foi a seca que atingiu o Nordeste brasileiro, que pôs fim ao crescimento do comércio de algodão, deixando milhares de desempregados (SCHMINK e WOOD, 1992). Com a crise da borracha em 1910, a falta de recursos para investir no primeiro plano de defesa da borracha (RATTNER e UDRY, 1987) e o sucesso dos plantios de borracha na Ásia, a migração acabou e muitos voltaram para o Nordeste (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Com a entrada dos EUA na Segunda Guerra Mundial e os conflitos no seringais da Ásia (ALENCAR, 2005), a demanda pela borracha cresceu novamente, gerando um segundo surto de crescimento na economia que durou até 1945 (RATTNER e UDRY, 1987). Antes de 1970, Rondônia era pouco ocupada, porque a maior parte do território era inacessível para transporte pelo rio (SCHMINK e WOOD, 1992).

Em 1952, a mineração em busca de diamante avançou em Rondônia, com a descoberta de grandes jazidas entre Pimenta Bueno e Ji-Paraná, atraindo milhares de garimpeiros (ALENCAR, 2005). Muitos desses garimpeiros eram coletores de borracha do próprio estado de Rondônia e dos estados vizinhos do Acre e Amazonas. Os garimpos eram acessados pela água ou ar a partir das cidades de Porto Velho e Ariquemes (SCHMINK e WOOD, 1992). Porém, a grande migração para Rondônia só ocorreria durante o regime de 1964, impulsionada pela Política de Integração Nacional (PIN) (BECKER et al., 1990).

A política de desenvolvimento adotada pelo Brasil era a substituição de importações, objetivo explícito do governo (SCHMINK e WOOD, 1992). A expansão da agropecuária e plantio de grãos ocorreu no Mato Grosso e Goiás em resposta às mudanças na economia nacional (SCHMINK e WOOD, 1992).

O estado de Rondônia inicia o processo de colonização com incentivos fiscais da SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, criada em 1964) e BASA (Banco da Amazônia S/A). A SUDAM foi criada em substituição a SPVEA (Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia, de 1946 a 1967, sem alcance satisfatório de seus objetivos) (RATTNER e UDRY, 1987) e objetivava planejar, promover a execução, controlar a ação federal na Amazônia, e executar o novo Plano de Valorização Econômica da Amazônia (PVEA) (BRASIL, 1968). A partir de 1966 foram elaborados inúmeros mecanismos de incentivos fiscais para atrair capitais do Centro-Sul para a Amazônia, como por exemplo, a isenção do imposto de renda até 1982 para empresas privadas, que isentava os produtos regionais de impostos de exportação e isentava também a importação de máquinas e equipamentos (RATTNER e UDRY, 1987).

A política de fronteiras utilizada pelo governo federal era caracterizada pela ideologia de segurança nacional e do acesso às terras no "eldorado amazônico" (BECKER et al., 1990), que justificava a distribuição de terras e o fluxo migratório (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Como a maior parte das terras de Rondônia pertencia à União Federal, tais terras foram disponibilizadas estrategicamente para a ligação entre região Norte com o Centro-Sul do país. No início, o fluxo migratório foi intenso e desorganizado. As terras eram ocupadas por particulares e companhias colonizadoras privadas. A maioria dos projetos de colonização só foram criados no momento em que o excesso de migrantes acarretou tensões sociais (DIAS, 1980). Essa situação levou à intervenção do Governo Federal objetivando um processo dirigido de ocupação das terras (BECKER et al., 1990). Com o objetivo de "ocupar um vazio demográfico" na Amazônia o Governo Federal

lançou, com apoio do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), projetos de colonização para agricultores migrantes do Centro-Sul e, em seguida, lançou medidas (terras a preços baixos e incentivos fiscais) para atrair pecuaristas e empreendedores para a Amazônia (MATOS et al., 2011). A distribuição das terras foi precedida por uma apropriação de terras pelo Governo Federal por meio de legislações que estabeleciam que as áreas de fronteira pertenciam à União e as situadas ao longo das rodovias pertenciam ao INCRA. Assim, Rondônia perdeu o controle sobre suas terras (BECKER et al., 1990). As ações do INCRA começaram com os PIC (Projetos Integrados de Colonização, em número de cinco) e com os PADE (Projetos de Assentamentos Dirigidos) (MATOS et al., 2011). O primeiro PIC foi o de Ouro Preto em 1970 (MATOS et al., 2011).

Os PIC concediam aos colonos 100 hectares de terra e também assegurava assistência de saúde, técnica e comercial. Os PADE tinham a característica principal da interferência parcial do estado, beneficiando pequenos e médios empresários na plantação de cacau para exportação (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Além disso, os lotes dos PADE tinham menor participação do Governo e os lotes eram maiores (BECKER et al., 1990). Com os PA e PC (projetos de assentamento e colonização), houve fortalecimento dos PIC. E os PAR (Projetos de Assentamento Rápido), auxiliaram na demarcação das parcelas eliminando tensões sociais (MATOS et al., 2011). Diferenciava-se dos PIC, porque eram construídas picadas e não estradas de acesso. O PAR se fez necessário devido às rápidas invasões em terras devolutas e em terras já apropriadas, gerando tensões (BECKER et al., 1990). Isso ocasionou um grande processo de migração com impactos ambientais, sociais e econômicos (EULER et al., 2008). Os programas de colonização de Rondônia ocasionaram um processo de desflorestamento exponencial no estado de Rondônia (SKOLE, et al., 1993). Além do desmatamento, os programas ainda tiveram participação direta na dizimação de vários indígenas (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Os programas de colonização não conseguiram cumprir com seus objetivos, pois, com a alta pressão dos migrantes, muitos foram assentados em áreas inadequadas para a agricultura e de difícil acesso para o colono e para a implantação de infraestrutura necessária (DIAS, 1980).

A população urbana levava uma vida miserável com esperanças de ter acesso a terra, pois as cidades não possuíam infraestrutura adequada para a nova realidade do processo de ocupação. Além disso, a economia era transformada, deixando de ser extrativista para ser comercial (DIAS, 1980).

Na década de 80 o Banco Mundial aprovou um empréstimo para construção da rodovia 364 como parte de um plano de desenvolvimento regional, o chamado Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE). O POLONOROESTE objetivava construir novos assentamentos para realizar uma ocupação menos predatória do estado. Além disso, incluía pequena parcela de recursos para conservação ambiental e proteção de comunidades indígenas que sofreriam com o impacto desta ocupação (PEDLOWSKI, et al., 1996).

A abertura da rodovia Cuiabá - Porto Velho (extensão de 2.708km) era uma das estratégias do Governo Federal para colonizar o interior (EULER et al., 2008). No contexto político, o estado objetivava a modernidade acelerada da sociedade e do território nacional. Assim, a ocupação da Amazônia avançou, pois era a forma de tentar solucionar as grandes tensões sociais provocadas pela expulsão de pequenos produtores do Nordeste e Sudeste pela modernização da agricultura. Além disso, havia a possibilidade do território da Amazônia desenvolver focos revolucionários. Existia uma série de estratégias para ocupação regional. O estado implementava mecanismos fiscais e creditícios que subsidiavam o fluxo de capital do Sudeste e do exterior para a região, além dos projetos de colonização e povoamento (BECKER, 2005).

A BR-364 abriu a porção sul de Rondônia, incentivando os assentamentos (SCHMINK e WOOD, 1992; MALINGREAU e TUCKER, 1988). Além disso, existiam extensas manchas de terras férteis ao longo da BR-364 e a possibilidade de acesso a terras devolutas no então território eram atrativos para a migração. Terminada a construção da BR-364 em 1984, o Programa de Desenvolvimento Integrado de Rondônia criou Núcleos Urbanos de Apoio Rural (NUAR), para assentar até 1000 famílias. O INCRA associou projetos de assentamento aos NUAR. A diferença desse programa para os outros é que o tamanho dos lotes era reduzido a 50 hectares, sendo que 25 hectares deveriam ser mantidos e conservados em forma de vegetação nativa, restando 25 hectares para a conversão em outros usos ou desmatamento (BECKER et al., 1990). Além disso, a retirada de madeira era intensa, acompanhando as áreas de colonização ao longo da BR-364, e as madeireiras não respeitavam os contratos, retirando mais madeira que o estabelecido (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992).

Cerca de 1.7 milhões de hectares de Rondônia foram desmatados em 1984 e que este número aumentou para 2.7 milhões de hectares em 1985 (MALINGREAU e TUCKER, 1988). Houve ainda, desistência de famílias assentadas em projetos de colonização, associados à concentração fundiária e expansão da pecuária como uso

predominante das terras, invasões de áreas indígenas e unidades de conservação e crescimento desordenado em garimpos e áreas urbanas (EULER et al., 2008). Além disso, praticava-se o trabalho escravo em propriedades longe da capital, de difícil acesso. Os escravos trabalhavam na retirada de madeira, desmatando áreas imensas de florestas, com o pretexto de formação de pastos (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). A migração crescia de maneira que o INCRA não era capaz de assentar o excedente. Assim, os pequenos produtores se assentavam em qualquer terra disponível. A migração era caracterizada como um processo de deslocamento de populações de várias regiões do país para áreas de fronteira agrícola e estava relacionada com a intensificação do capitalismo no campo na região Sudeste, principal fluxo de migrantes para o território Federal de Rondônia (DIAS, 1980).

O projeto POLONOROESTE, alvo de várias críticas, não foi capaz de se adequar à realidade humana, institucional e física da selva e da fronteira. As políticas para auxílio das comunidades indígenas e os projetos de conservação ambiental não foram eficazes no tempo e no modo em que foram implementadas (EULER et al., 2008).

Na metade da década de 80 foi iniciado o PLANAFLORO (Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia), implementado pelo Governo Federal e financiado pelo Banco Mundial. O interesse no projeto era a manutenção de recursos vindos do Banco após o encerramento do POLONOROESTE (EULER et al., 2008). O objetivo inicial deste plano era manter serviços de saúde para as comunidades indígenas do estado. Também objetivava conservar a biodiversidade em Rondônia, proteger os limites das áreas protegidas e das reservas indígenas, desenvolver a integração do manejo da floresta e agricultura, investimentos em infraestrutura, socioeconomia e serviços necessários para a implementação de um zoneamento agroecológico em áreas já ocupadas ou desmatadas e melhorar a infraestrutura de instituições do estado (REDWOOD III, 2002). Este projeto teve uma série de problemas em sua execução.

2.5 Desmatamento

O desmatamento em Rondônia iniciou-se com a chegada massiva de migrantes para este estado, facilitada pelo asfaltamento da rodovia BR-364. Os municípios juntos apresentavam 205.8 x10³ ha de desflorestamento em 1977. Esse valor aumentou para 564.9 x 10³ ha em 1985 e para 1210 x 10³ ha em 1995. A mudança de uso da terra ocorrida na década de 85 a 95 foi resultado da intensificação das pastagens (ALVES et al., 1999).

Os principais agentes das mudanças do uso da terra em Rondônia são pequenos produtores (FAMINOW, 1998), pecuaristas, mineradores e os extratores de madeira. Pequenos produtores, no passado, ocupavam as terras e começavam a desmatá-la como forma de ocupação da terra. Isso fez com que o desmatamento começasse a crescer de forma muito rápida no estado. Os produtores desmatavam pequenas manchas de floresta dentro da propriedade. Essas manchas eram irregulares em termos de forma, tamanho e distribuição espacial. A paisagem foi se tornando cada vez mais fragmentada (PEDLOWSKI et al., 1997). Três atividades prevalecem na mudança do uso da terra: técnicas de derrubada e queima para agricultura, utilizada pelos produtores nos primeiros anos, seguida por períodos de abandono; remanescentes de floresta em diferentes estágios de exploração de madeira e manejo de pastos por um grande número de técnicas (FERRAZ et al., 2005).

Os produtores preferem desmatar áreas que estão em estágio secundário de regeneração, pois são áreas mais fáceis de limpar que a floresta e ainda não existem leis que impeçam seu desmatamento. Essa estratégia ainda é reforçada pelo fato dos solos serem pobres, resultando em um declínio rápido da produção anual de grãos. Isso faz com que os pastos sejam estabelecidos em áreas desmatadas e ocorra um avanço sobre as áreas em regeneração secundária para o plantio de grãos. O período de repouso da terra é diminuído e não ocorre a regeneração secundária (PEDLOWSKI et al., 1997).

De acordo com Fearnside (1989), as causas próximas do desmatamento em Rondônia são:

- Especulação de terra (pois a derrubada estabelecia o direito de posse, elevava o valor da venda da terra);

- Incentivos tributários (empresas podiam evitar o pagamento de impostos devidos em outros lugares do Brasil, se o dinheiro fosse investido na Amazônia);

- Maiores impostos (em terras em "desuso");

- Empréstimos de interesse negativo e outros subsídios (financiamentos do governo aprovaram projetos para fazendas com taxas de interesse mais baixas que a inflação);

- Empréstimos especiais para culturas (algumas culturas são financiadas e não seriam atraentes sem os termos favoráveis dos empréstimos);

As causas subjacentes do desmatamento como sendo: inflação, crescimento populacional, mecanização da agricultura no sul do Brasil, concentração da posse da terra na Amazônia (deslocamento da população por demandas de posseiros ou provenientes de pequenas posses que são tomadas por grandes fazendas, os desalojados mudam para

derrubar novas áreas), status pelo gado (status social mais alto para os criadores de gado do que aos agricultores), disponibilidade de investimentos alternativos em outros lugares, distribuição dos custos ambientais do desmatamento pela sociedade em geral, escolha de usos insustentáveis para áreas derrubadas (derrubada de mais áreas para substituir terras não mais produtivas), pouca mão de obra exigida pelo uso predominante da terra (pouca contribuição para os problemas de desemprego, subemprego e falta de terra) e baixa produtividade agrícola (aumento das áreas necessárias para suprir a demanda de subsistência) (FEARNSIDE, 1989).

Até o ano de 2011, Rondônia apresenta 37% do estado desmatados, equivalente a 88.816 km² desmatados segundo dados do INPE de 2011 (FIGURA 1-6).

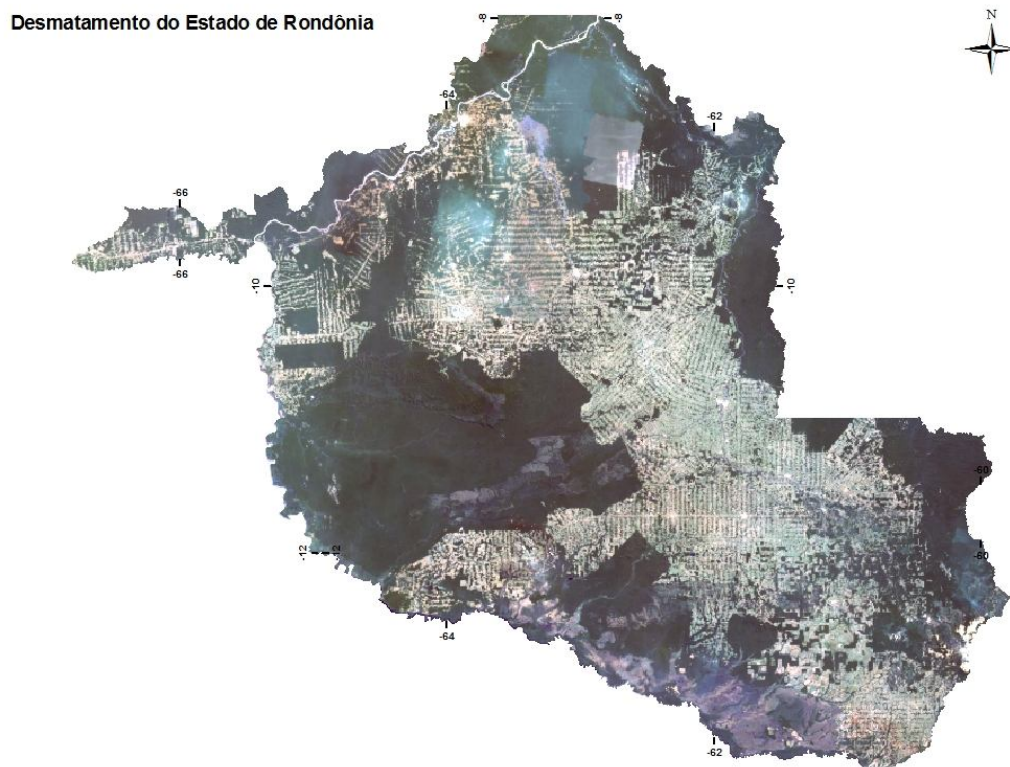


Figura 1-6 - Desmatamento do estado de Rondônia. Dados: INPE, 2011.

As florestas eram então substituídas por pastos e culturas, hoje a concentração da área plantada de soja está localizada nos municípios ao sul de Rondônia (FIGURA 1-7).

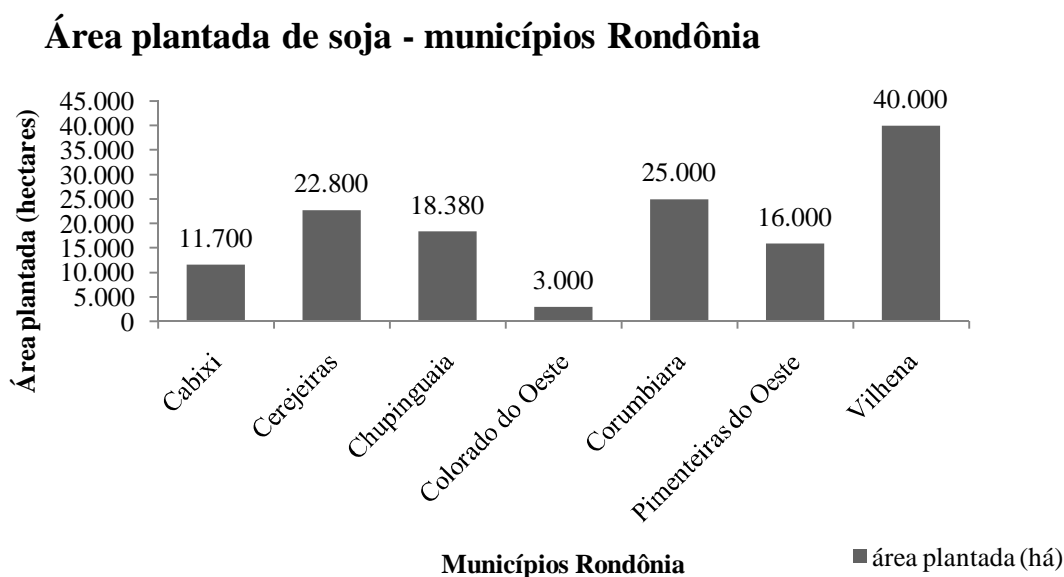


Figura 1-7 - Municípios de Rondônia e sua participação na produção de soja; Dados: IBGE, 2012.

Entre as décadas de 70 e 90 Rondônia passou por um processo intenso de colonização agrícola e pecuarização, resultando em grande perda de áreas de florestas.

O estado de Rondônia é um grande exportador da soja (Figuras 1-8 e 1-9). Vilhena e Porto Velho representam os maiores volumes de exportação, mas esses dados não representam a realidade de cada município, pois os pequenos municípios produtores encaminham a soja, via BR-364, para os principais centros exportadores (Porto Velho, que tem escoamento da produção por meio do rio) e, assim, têm sua produção contabilizada dentro desses centros.

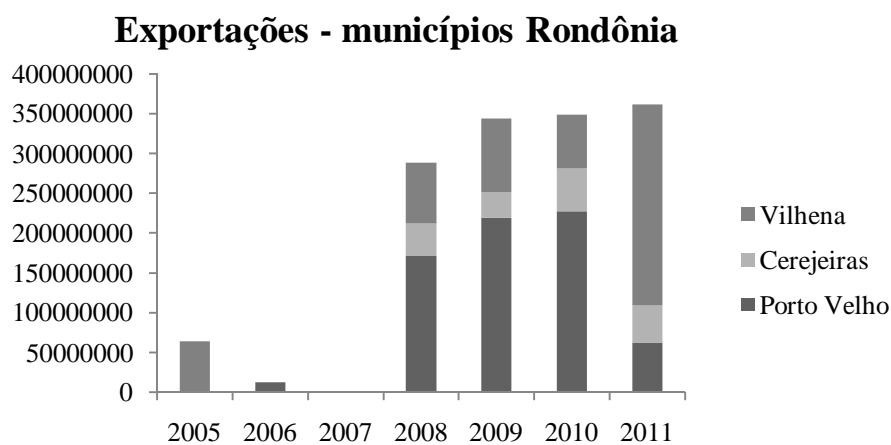


Figura 1-8 - Exportações dos municípios de Rondônia; Dados: ALICEWEB, 2012.

O escoamento da produção é realizado por meio rodoviário e a exportação se dá pelos portos de Manaus, Paranaguá e Santarém. O maior volume de exportação dos últimos anos foi para os Países Baixos, seguido do Reino Unido e Espanha (FIGURA 1-9).

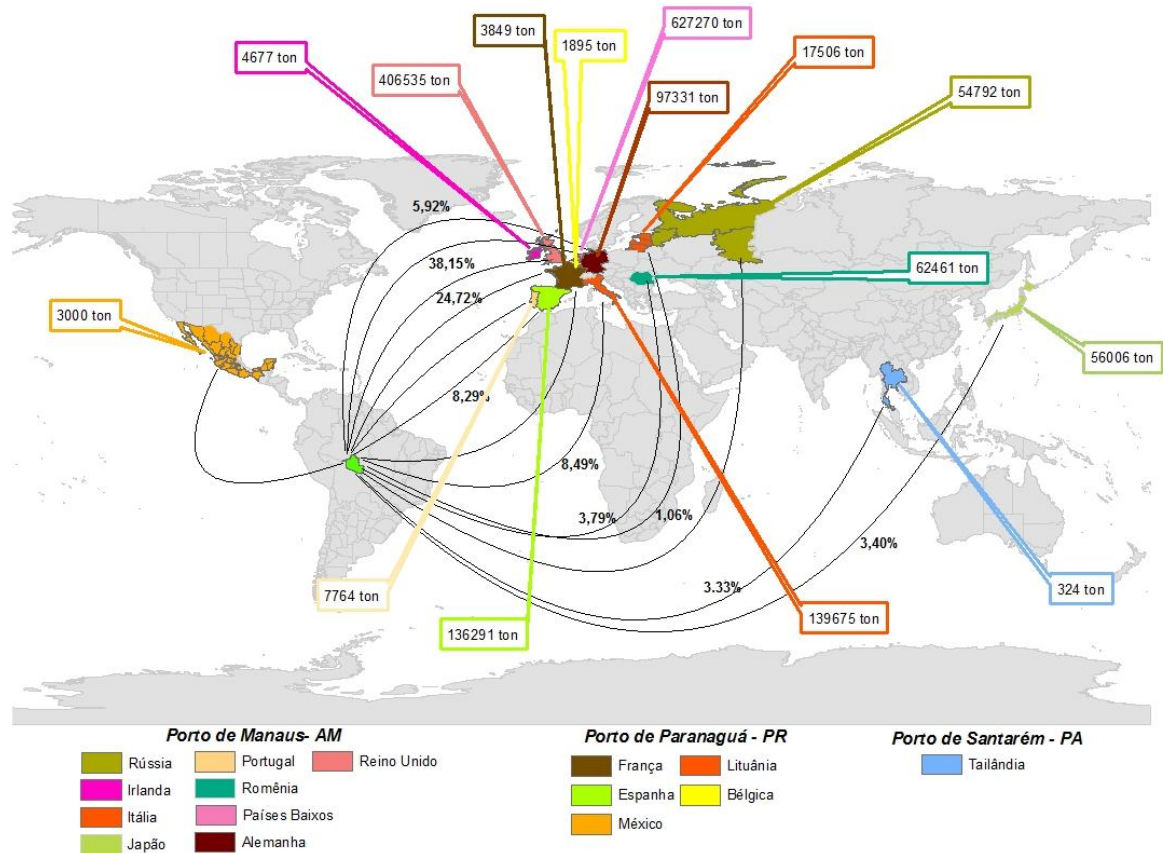


Figura 1-9 - Porcentagem das principais exportações de soja por Rondônia no período de 2005 a 2010; Dados: ALICEWEB, 2012.

2.6 Efeitos ambientais dos plantios de soja

Muitos cientistas discutem as mudanças no uso da terra para o cultivo de soja e se essas áreas são ocupadas por pasto ou são áreas de floresta nativa. A expansão da soja no período de 2001 a 2004 foi marcada pela conversão de pastos degradados para plantios de soja e não de florestas nativas (BRANDÃO et al., 2005; MÜLLER, 2003). A mesma ideia é defendida por Müller (2003), em que concluiu que a expansão da produção de soja não abriu novas áreas de florestas. De acordo com esses estudos, não seria possível a abertura de novas áreas de florestas nativas na Floresta Amazônica em um período tão curto e, ao mesmo tempo, introduzir o plantio de soja. Para receber um plantio de soja a área requer tempo até estar pronta para produção. Além disso, áreas de pasto podem ser convertidas em áreas para produção de soja e essa conversão pode ser feita em apenas um período.

O desmatamento gerado pela expansão de plantios e pasto gera diversos problemas ambientais, como a diminuição da diversidade biológica e extinção de espécies, modificação dos ciclos hidrológicos, mudanças globais e regionais de clima, degradação dos recursos do solo, além de efeitos sociais e econômicos (MILLIKAN, 1992). Os plantios de soja causam severos impactos no sistema de transporte, erosão e compactação do solo, problemas ambientais e de saúde devido ao uso de químicos agrícolas, expulsão dos habitantes, diminuição da produção de alimentos para consumo local, perda de oportunidade de investimento em áreas de educação, saúde, e atividades que gerem mais empregos (FEARNSIDE, 2001). A mecanização da cultura da soja emprega mão de obra mínima (FEARNSIDE, 2001). Também causa o aumento nas emissões de gases de efeito estufa, aumento das ameaças a áreas que estão no caminho da fronteira agrícola, empobrecimento de bacias hidrográficas cujas águas alimentam a soja e a pecuária, ameaças ao sistema de regime de chuvas, sérios riscos de fogo nas florestas, perdas de espécies animais e vegetais e ameaças ao suprimento de água subterrânea devido ao uso de agrotóxicos (NEPSTAD et al., 2006).

No estado de Rondônia, 37% (88.816 km²) da floresta foi derrubada e a cobertura predominante é de pasto e grãos. A entrada da soja na região sul de Rondônia tem causado "expulsão" de pequenos donos de terra e a entrada de grandes produtores de soja sulistas (MILLIKAN, 1992). Sendo assim, além dos efeitos ambientais, a expansão da soja causa ameaças a sociedade, deslocando pequenos produtores e comunidades indígenas. Dentro ainda dos efeitos econômicos, vale ressaltar que esta expansão age deslocando os sistemas diversificados de cultivo, responsáveis por uma larga porção do que se é consumido no Brasil (NEPSTAD et al., 2006). Além disso, acarreta especulação de terras e violência rural (SCHMINK e WOOD, 1992).

2.7 Pasto

Vários fatores levaram o aumento das áreas de pasto na Amazônia, dentre eles, estão: a demanda global pela carne em 1960, incentivos à migração para a Amazônia, secas no nordeste, a flexibilidade do mercado de animais, a inflação do período de 1960 e 1970 (aumentando as concessões de terra e incentivos fiscais para aquisição de terras) (ROEBELING, 2003), a facilidade de implantação do pasto e a possibilidade de encontrar recursos naturais valiosos (ouro, turmalina e diamantes) (HECTH, 1983).

A conversão da floresta tropical para pasto se tornou um grande marco do desenvolvimento da Amazônia, especialmente no Brasil e Colômbia (HECTH, 1983). A transformação de vastas áreas de florestas para pasto resultou em uma grande controvérsia tanto nas ciências biológicas quanto nas sociais. Surgiram questões relativas às mudanças ecológicas em larga escala, como a extinção de espécies (MYERS, 1979), mudanças climáticas e efeitos hidrológicos. Além disso, essa forma de ocupação da terra foi associada a conflitos pela terra, aumento da marginalidade de camponeses, expansão da concentração de terra e migração dramática para áreas urbanas (HECTH, 1983).

No Brasil podem ser encontrados três tipos de produtores de gado: pecuaristas tradicionais (com fazendas médias a grandes, envolvidos na pecuária há muitos anos, localizados em regiões de pecuária estabelecida, interessados nos retornos da produção da carne), pecuaristas investidores (fazendas relativamente grandes, a maioria do ramo dos negócios, oficiais de governo, não tem experiência na produção de carne, são atraídos por incentivos fiscais, vantagens de taxas, etc. (FAMINOW, 1998); não estão interessados na produção de carne e sim na especulação dessas terras) e, por fim, os pequenos pecuaristas (não tem acesso a boas terras, combinam produção de grãos com gado, estão interessados nos retornos dessas duas atividades) (ROEBELING, 2003; FAMINOW, 1998).

A pecuária causa vários impactos negativos à floresta, como o sobre-uso do solo, extração de nutrientes que não são repostos, danos irreversíveis expondo o solo à erosão e compactação e ainda a exaustão da terra. A perda de biodiversidade, de recursos florestais e ainda do sequestro de carbono são outros impactos negativos da conversão de florestas para pecuária. A rápida expansão do pasto na Amazônia é resultado de especulação, subsídios e pouca visão. A maior parte do desmatamento causado pelo pasto ocorre no sudoeste da Amazônia (FAMINOW, 1998).

Alguns pesquisadores afirmam que a pecuária por si só não é rentável (FAMINOW, 1998) e seu crescimento deve-se aos subsídios governamentais e à especulação de compra e venda das terras. Mas só isso não poderia explicar o avanço do pasto. Entre os pequenos pecuaristas a estratégia é implantar o pasto em áreas que já foram abertas para a agricultura, muitos formam pastagem sem ter o animal. Isso ocorre para deixar uma reserva caso venha a ter gado ou ainda para realizar parceria com proprietários que precisem de mais pastagem. Além disso, formar a pastagem é um meio de valorizar a terra para ser vendida. Os médios e grandes produtores podem derrubar a mata e implantar a pastagem, adquirir terras com pastagem já formada ou estabelecer parceria com trabalhadores rurais sem terras (TONI et al., 2007).

A pecuária continua sendo responsável por maior parte do desmatamento na Amazônia, que soma entre 75 a 81% da área desmatada entre 1990 e 2005. Os principais responsáveis são os grandes e médios pecuaristas. A expansão da pecuária se deve a disponibilidade de terras baratas, pelo descumprimento da legislação ambiental e pela fiscalização ineficiente. Além disso, o autor afirma que a pecuária avança para novas áreas devido ao alto investimento para recuperação do solo após anos de perda de nutrientes e compactação do solo, o que torna a terra pouco produtiva (PPCDAM, 2009).

A produção pecuária em Rondônia aumentou entre os anos de 2002 e 2006, com pequena baixa em 2007 e relativo crescimento até 2011 (FIGURA 1-10).

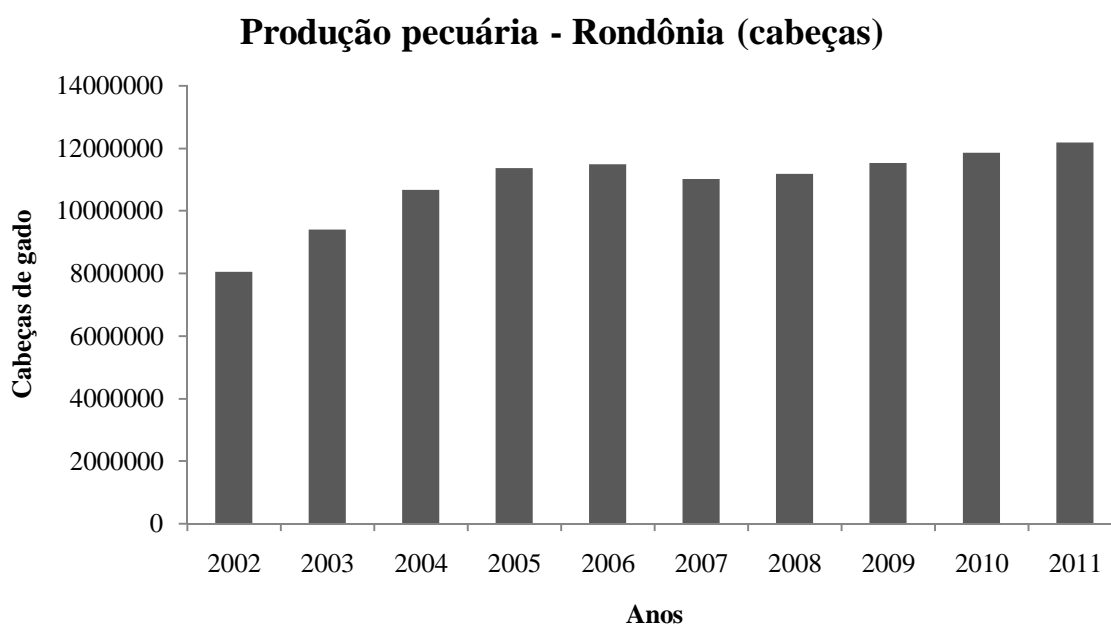


Figura 1-10 - Produção pecuária em Rondônia. Fonte de dados: IBGE.

2.8 Fragmentação da paisagem

Os processos de conversão de florestas em pastagem e a retirada de madeira pelos agricultores e colonizadores em Rondônia causaram um padrão complexo na paisagem, que resultou na composição de fragmentos de floresta em diferentes estágios de degradação (FERRAZ et al., 2005). O processo de colonização com criação de assentamentos na Amazônia, principalmente ao longo de rodovias, não causou apenas perda de floresta, mas também a fragmentação da floresta (SKOLE e TUCKER, 1993). A arquitetura dos assentamentos de Rondônia afetou a fragmentação florestal em Rondônia

(BATISTELLA e SOARES, 1999). Os remanescentes de floresta nativa são impactados pela arquitetura dos assentamentos em Rondônia. Assentamentos ortogonais e de bacias hidrográficas nessas regiões resultaram em corredores de floresta lineares e longos, estendendo os limites das propriedades e criando o conhecido desmatamento "espinha de peixe" (CAVIGLIA-HARRIS e HARRIS, 2011).

A dinâmica da paisagem em Rondônia é composta pela conversão sistemática de floresta em pasto, onde a floresta em estágio secundário ocupa um estágio temporal e espacial intermediário (FERRAZ et al., 2005). Esse processo de fragmentação que ocorreu e ainda ocorre em Rondônia é influenciado pela localização espacial e ainda pela conversão da floresta por pequenos e grandes produtores.

A extensão e magnitude dos impactos causados pela fragmentação são influenciadas pelo tamanho, conectividade, forma, contexto e heterogeneidade dos fragmentos remanescentes na área (COLLINGE, 1996). A conversão de ambientes naturais em manchas remanescentes acaba aumentando o tamanho das bordas dos fragmentos. O efeito de borda é o resultado da interação entre dois ecossistemas quando separados por uma transição abrupta, a borda (MURCIA, 1995). Em áreas de florestas com dominância vertical, a remoção da vegetação pode mudar de forma drástica a estrutura do habitat (MURCIA, 1995). Áreas que antes eram circundadas por vegetação ficam expostas as alterações físicas de ambientes abertos, com aumento de luminosidade, da temperatura, diminuição da umidade e ventos mais fortes.

As diferentes métricas de paisagem permitem entender os processos de fragmentação que ocorrem na área. O **número de fragmentos** da área é relacionado tanto com a riqueza estrutural da área (vários tipos de classes) ou ainda pode significar alto grau de retalhamento, quando a paisagem natural sofreu modificações que resultaram em um ambiente retalhado, com várias classes de diferentes usos. A **área da classe** é relacionada com o tamanho total da área da classe correspondente e pode auxiliar, junto com o número de fragmentos, na avaliação da qualidade das manchas e no grau de degradação ao longo de um período. A **densidade de bordas** informa tanto a riqueza de estrutura, como também pode significar retalhamento, dependendo da qualidade de linhas que é apresentada na imagem. O **índice médio de forma** informa sobre o grau de compactação das manchas em relação a uma circunferência com área igual. O **índice de proximidade** indica a proximidade de uma mancha com outra da mesma classe (LANG e BLASCHKE, 2007).

2.9 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto (SR) é definido como a medida das propriedades dos objetos da superfície da terra utilizando dados adquiridos de satélites e aviões. O SR tem aplicação em diversas áreas como: monitoramento ambiental, detecção de alterações globais e monitoramento (desmatamento, diminuição da camada de ozônio, aquecimento global), agricultura (condição de grãos, previsão de produção e erosão do solo), exploração de recursos não renováveis (minerais, petróleo, gás natural), recursos naturais renováveis (solos, florestas e oceanos), meteorologia (dinâmica da atmosfera, previsão do tempo), mapeamento (topografia, uso da terra, engenharia civil) (SCHOWENGERDT, 1997). Neste trabalho o uso dessa ferramenta será essencial, considerando os objetivos e metas propostos.

2.9.1 Imagens

2.9.1.1 Landsat 5 TM

Em 1967, a NASA, encorajada pelo Ministério do Interior dos EUA, iniciou o programa denominando "*Earth Resource Technology Satellite*" (ERTS). Este programa resultou no lançamento de sete satélites com uma diversidade de sistemas de sensoriamento remoto construídos para adquirir informação dos recursos da Terra. Os sensores marcantes foram os de varredura multiespectral ("*Landsat Multispectral Scanners*") e os mapeadores temáticos ("*Landsat Thematic Mappers*"). Este programa é o mais antigo sistema de satélites de observação da Terra dos EUA e coleta dados desde 1972 (JENSEN, 2009).

O Landsat 5 (FIGURA 1-11) foi lançado em 1º de março de 1984 em órbita polar síncrona com o Sol a uma altitude nominal de 705 km, repetitiva e circular (NOVO, 2008). Além disso, teve uma inclinação orbital de 99°, que o tornou aproximadamente polar, fazendo que com ele cruzasse o equador em um ângulo de aproximadamente 9° da normal à superfície (JENSEN, 2009). Ele cobria a Terra uma vez a cada 98,2 minutos, resultando em 14 órbitas por dia. Durante cada órbita polar, os satélites cruzavam o equador aproximadamente à mesma hora local (9 horas e 30 minutos) no lado iluminado da Terra (JENSEN, 2009). Os sensores a bordo do satélite coletam dados de uma faixa de 185 km (NOVO, 2008).



Figura 1-11 - Landsat 5 TM; Fonte: (NASA, 1989).

O subsistema satélite foi concebido como uma espaçonave modular com funções de adquirir imagens da superfície terrestre através de sensores (TM). Além disso, também deveria fornecer meios de transmissão das imagens diretamente às estações terrestres através de satélites de telecomunicação (*Tracking and Data Relay Satellite System - TDRSS*); proporcionar energia para a operação dos instrumentos sensores, equipamentos sensores e equipamentos de suporte; manter a estabilidade de altura das estações terrestres e interagir com os ônibus espaciais (NOVO, 2008).

O sensor TM apresentou várias inovações, com mais bandas (azul e IV's), bandas mais estreitas e o melhor posicionamento destas com base no conhecimento espectral dos alvos (NOVO, 2008). O TM é um sensor óptico-mecânico que registra a energia nas regiões do visível, infravermelho refletido, infravermelho de ondas curtas e infravermelho termal (JENSEN, 2009). Foi concebido para proporcionar uma resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos da superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica em relação ao sensor MSS (NOVO, 2008). O Landsat TM tem um IFOV projetado no terreno de 30 x 30 metros para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. A banda 6, que corresponde ao infravermelho termal, tem resolução espacial de 120 x 120 metros (JENSEN, 2009).

Os diferentes comprimentos de ondas das bandas são apresentados abaixo (NASA, 2011):

- Banda 1 Azul (0.45 – 0.52 μm) 30 m:
 - maior penetração em corpos d'água;
 - suporte para análises de uso da terra, solos e características da vegetação;

- região de absorção da clorofila de vegetação saudável;
- comprimentos de onda $<0,45 \mu\text{m}$ são substancialmente influenciados por espalhamento e absorção atmosférica.

- Banda 2 Verde ($0.52 - 0.60 \mu\text{m}$) 30 m:
 - cobre a região entre as bandas de absorção pela clorofila no azul e no vermelho;
 - responde à reflectância da vegetação sadia no verde.
- Banda 3 Vermelho ($0.63 - 0.69 \mu\text{m}$) 30 m:
 - banda de absorção por clorofila da vegetação verde sadia;
 - útil para discriminação da vegetação;
 - útil para delinear os limites de classes de solos e tipos de rochas;
 - pode exibir mais contraste do que as bandas 1 e 2 devido ao efeito reduzido da atenuação atmosférica.
- Banda 4 Infravermelho próximo ($0.76 - 0.90 \mu\text{m}$) 30 m:
 - muito sensível à quantidade de biomassa da vegetação e/ou área foliar;
 - útil para identificação de culturas;
 - realce de contraste entre solo/cultura e terra/água.
- Banda 5 Infravermelho médio ($1.55 - 1.75 \mu\text{m}$) 30 m:
 - sensível à turgidez ou quantidade de água nas plantas
 - útil para estudo de estresse de culturas e em investigações de vigor das plantas;
 - discriminação de nuvens, neve e gelo.
- Banda 6 Infravermelho Termal ($10.40 - 12.50 \mu\text{m}$) 120 m:
 - mede a quantidade de energia radiante infravermelha emitida das superfícies;
 - localização de atividades geotermiais;
 - mapeamento de inércia termal para investigações geológicas;
 - classificação e análise de estresse de vegetação;
 - estudos de umidade do solo;
 - captação de informações sobre diferenças em aspecto topográfico em áreas montanhosas.
- Banda 7 Infravermelho de ondas curtas ($2.08 - 2.35 \mu\text{m}$) 30 m:
 - discriminação de formações geológicas de rochas.

As bandas do TM foram escolhidas após análise quanto à sua importância na penetração da água, discriminação de tipos e vigor de vegetação, medidas de umidade de

plantas e solos, diferenciação e nuvens, neve e gelo, e identificação de alteração hidrotermal em certos tipos de rochas.

2.9.1.2 SPOT 5

Este satélite faz parte do programa espacial francês. A *SPOT Image* é um companhia privada com sede na França, formada em 1982 para cuidar da distribuição das imagens SPOT, promover o sistema e processar dados. No Brasil, a comercialização é feita pelo Intersat (NOVO, 2008).



Figura 1-12 - Satélite SPOT 5; Fonte EMBRAPA, (2013).

Este programa teve origem em 1978, na França, sob gerência da Agência Espacial Francesa (CNES) em colaboração com os governos da Suécia e Bélgica. O SPOT 5 (FIGURA 1-12) foi lançado em maio de 2002, com órbita sol-síncrona, passagem pelo Equador às 10 horas e 30 minutos, altura da órbita de 822 km, inclinação da órbita de 98,7°, período orbital de 101,4 minutos, 26 ciclos e peso de 3000 kg. O SPOT representou avanço na área do sensoriamento remoto óptico porque substituiu a tecnologia de varredura mecânica (Sensores MSS, TM e ETM) pela varredura eletrônica (NOVO, 2008). Além disso, foi feita a adição de uma banda de infravermelho de ondas curtas para aplicações em vegetação e umidade do solo e adição de um sensor independente chamado *Vegetation* (estudo de pequena escala com vegetação, mudanças globais e oceanografia) (JENSEN, 2009).

Na tabela 1-2 são apresentadas as características do sensor HRG (SPOT 5).

Tabela 1-2 - Características espectrais e radiométricas do sensor HRG do satélite SPOT 5 (NOVO, 2008):

Banda	Resolução espectral (μm)	Resolução espacial (m)	Faixa imageada(km)	Resolução radiométrica (bits)
Pancromática	0,48 - 0,71	2,5/5	60 a 80	8
B1	0,50 - 0,59	10	60 a 80	8
B2	0,61 - 0,68	10	60 a 80	8
B3	0,78 - 0,89	10	60 a 80	8
B4	1,58 - 1,75	20	60 a 80	8

2.9.2 Pré-processamento das imagens Landsat TM5

2.9.2.1 Correção Radiométrica- Conversão de números digitais para valores físicos

A radiância refletida dos diferentes alvos da superfície da terra é captada pelo sensor do satélite na forma de números digitais, isto é, valores de 0 a 255 bits, a escala de brilho. Porém, para o processamento das imagens, é necessário que esse número digital seja convertido para valores físicos, como radiância e reflectância, processo conhecido como calibração do sensor (MATHER, P M, 2004). Reflectância é a razão entre a irradiância (radiação incidente) e a radiância refletida ou emitida pelo alvo (MATHER, P M, 2004).

A conversão desses valores tem o objetivo de permitir a caracterização espectral de objetos, bem como permitir a elaboração de cálculos que incluem dados de imagens de diferentes bandas espectrais ou de diferentes sensores. Isso se torna muito importante para análises de diferentes bandas, pois os valores de números digitais de uma banda não estão necessariamente na mesma escala dos números digitais de outra banda espectral de um mesmo sensor (PONZONI e SHIMABUKURO, 2009).

A correção é realizada para minimizar/anular os efeitos da atmosfera e ainda calibrar as imagens em função dos instrumentos que foram utilizados na aquisição dos dados. Se esta correção não é realizada, podem surgir dois tipos de erros de acordo com Novo (2008): 1 - a distribuição de níveis digitais dentro de uma imagem não corresponde à distribuição de radiância ou brilho da cena representada; 2 - a variação relativa de nível

digital num dado *pixel* nas diferentes bandas não corresponde ao comportamento espectral dos alvos da cena.

As conversões de número digitais para valores de reflectância são realizadas a partir do conhecimento dos dados dos sensores no momento em que a imagem foi captada. Esses dados incluem a data da imagem, elevação do Sol, local da imagem e dados específicos do satélite e sensor (radiância mínima e máxima que o sensor capta; *gain* e *offset*). Porém estudos indicam que estes fatores de calibração variam com o tempo para o sensor TM do Landsat-5 e essas diferenças substanciais no resultado da calibração dependem dos valores dos fatores de calibração que estão sendo utilizados.

2.9.2.2 Correção Geométrica

As imagens Landsat disponibilizadas no sítio do INPE possuem nível 1 de correção, o que significa que apresentam apenas sistema de coordenadas e datum, não possuindo o grau de correção necessário para ser utilizada. São várias as fontes de distorções das imagens, como a altitude, velocidade da plataforma do sensor, distorções panorâmicas, curvatura da terra e refração atmosférica (LILLESAND et al., 2004). Diante disso, é necessária a retificação geométrica, objetivando compensar as distorções e maximizar sua utilização na extração de informações.

A retificação pode ser realizada através dos pontos de controle, que, para serem selecionados, devem apresentar alto contraste com as imagens de interesse, tamanho reduzido, não podem mudar ao longo do tempo (como o nível da água de alguns rios) e devem ter a mesma elevação. Esses pontos incluem intersecção de ruas, quinas de campos agrícolas, pequenas ilhas e feições da hidrografia. Após a seleção dos pontos, é realizada uma interpolação dos *pixels* da imagem para que seja feita a transformação geométrica. A seleção do modelo mais adequado para a reamostragem é fundamental para se ter precisão na correção das distorções (SCHOWENGERDT, 1997). O modelo do vizinho mais próximo é o mais utilizado, oferece a vantagem da simplicidade no cálculo e evita a alteração dos valores originais dos *pixels* de entrada. O método da convolução cúbica, entretanto, evita o deslocamento causado pelo vizinho mais próximo e possibilita a obtenção de uma imagem mais nítida (LILLESAND et al., 2004). Este método utiliza 16 *pixels* vizinhos.

2.9.3 Filtro de textura

Ao decompor uma imagem de textura, têm-se duas dimensões básicas: a primeira dimensão se refere à descrição das "primitivas tonais" que compõe a imagem de textura; a segunda dimensão refere-se à descrição da dependência espacial ou interação entre as primitivas que compõe a imagem de textura. Primitivas tonais são regiões com propriedades de tons, podem ser descritas em termos do tom médio ou máximo e mínimo dos tons (HARALICK, 1979).

Uma imagem de textura pode ser descrita pelos números e tipos de primitivas e a organização espacial delas. A imagem de textura pode ser qualitativamente avaliada, tendo uma ou mais propriedades de finura, aspereza, suavidade, granulação, aleatoriedade, linearidade ou irregularidade. Cada uma dessas propriedades se traduz em função de alguma propriedade das primitivas tonais e das interações espaciais entre essas primitivas. Quando ocorre alta variação das primitivas tonais em uma imagem, a propriedade predominante é a textura, enquanto que baixa variação nas primitivas predomina o tom na imagem. Assim sendo, a caracterização da textura deve ser feita em função das propriedades das primitivas tonais e da interação espacial delas (HARALICK, 1979).

A textura será uma ferramenta essencial no mapeamento da soja e queimadas neste trabalho, visto que, cada banda resultado da aplicação de textura possui uma característica própria de reflectância, auxiliando, assim na distinção dos diferentes usos/cobertura do solo.

2.9.4 Linear Spectral Unmixing

A imagem Landsat 5 do sensor TM possui resolução espacial de 30m. Por isso, a reflectância do *pixel* não pode ser interpretada em termos da propriedade de apenas um tipo de cobertura (WULDER e FRANKLIN, 2003). Entende-se assim, que dentro de cada *pixel* podem ocorrer mais de um tipo de cobertura e/ou uso da terra, e o perfil espectral daquela região representará a mistura das diferentes respostas espectrais dos diferentes elementos que compõe o *pixel* (WULDER e FRANKLIN, 2003; LILLESAND et al., 2004; SCHOTT, 2007; PONZONI e SHIMABUKURO, 2009). Com o objetivo de estimar a proporção de cada elemento dentro do *pixel*, utiliza-se o Modelo Linear de Mistura Espectral (*Linear Spectral Unmixing*).

Este modelo envolve técnicas em que as assinaturas espectrais misturadas são comparadas com um conjunto de espectros de *pixels* "puros" de referência. Esses *pixels* "puros" representam os membros finais, que são as respostas espectrais individuais de cada

elemento de compõe o *pixel*. Eles representam os casos em que 100% do IFOV do sensor são ocupados por apenas um tipo de cobertura (LILLESAND et al., 2004). São chamados de membros finais porque durante a coleta desses *pixels*, que é feita no gráfico de dispersão (eixo x, banda 3, vermelho; eixo y, banda 4, infravermelhos próximo), os *pixels* selecionados são os últimos da nuvem de *pixels*, isto é, os finais. Normalmente são coletadas quatro nuvens de *pixels* "puros", são eles: vegetação não fotossinteticamente ativa, vegetação, solo exposto e sombra. Esses *pixels* "puros" são utilizados dentro do modelo.

O resultado do modelo linear de mistura espectral é uma estimativa aproximada da proporção de cada *pixel* na imagem das classes de referência. A informação está em nível de sub-*pixel*, já que vários tipos de cobertura podem ser detectados em apenas um *pixel*. Como muitos tipos de coberturas tendem a ocorrer como misturas heterogêneas, esse método permite uma representação mais realista da natureza da superfície que pode ser obtida pela designação de uma classe dominante em cada *pixel* (LILLESAND et al., 2004).

O modelo de mistura linear tem provado ser útil para aplicações em florestas tropicais. Um dos estudos mais significantes envolveu a detecção de padrões de cobertura de uso e desmatamento na Amazônia (ADAMS et al., 1995).

A aplicação do modelo linear de mistura espectral (Equação 1) implica na satisfação de duas condições básicas para cada *pixel* na imagem. A primeira, é que a soma das proporções de todos os potenciais membros finais incluídos no *pixel* deve ser igual a 1 (um). A segunda condição é que para uma dada banda espectral de comprimento de onda determinado, o número digital observado para cada *pixel* representa a soma dos números digitais que devem ser obtidos de um *pixel* que é completamente coberto por um dado peso do membro final (LILLESAND et al., 2004).

O modelo de mistura espectral pode ser descrito como (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009):

$$\begin{aligned}
 r_1 &= a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n + e_1 \\
 r_2 &= a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n + e_2 \\
 &\dots \\
 r_m &= a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n + e_m \\
 r_i &= \text{soma}(a_{ij} x_j) + e_i
 \end{aligned}
 \tag{Equação 1}$$

onde:

r_i = reflectância espectral média para a i -ésima banda espectral

a_{ij} = reflectância espectral da j -ésima componente no *pixel* para a i -ésima banda espectral

x_j = valor de proporção da j -ésima componente do *pixel*

e_i = erro para a i -ésima banda espectral

j = número de componentes assumidos para o problema

i = número de bandas espectrais para o sistema sensor

2.9.4.1 Seleção do *end member*

"*End member*" representa a assinatura espectral pura do elemento, mas ela só existe de forma conceitual, já que o sensor possui ruído e variabilidade nas assinaturas das diferentes classes (SCHOWENGERDT, 1997). A seleção dos *pixels* puros da imagem é um procedimento difícil e que pode gerar erros na aplicação do modelo linear de mistura espectral (SCHOWENGERDT, 1997; WULDER e FRANKLIN, 2003; SCHOTT, 2007). Reconhecendo a dificuldade da seleção destes pontos no gráfico de dispersão, foram desenvolvidos métodos para diminuição do erro e seleção mais apurada desses membros finais.

Wulder e Franklin (2003) descrevem dois métodos utilizados para seleção dos membros finais. O primeiro deles é realizado medindo a reflectância (em campo ou laboratório) das diferentes componentes de interesse que serão utilizadas no modelo. Eles ainda citam que a imagem deve estar devidamente calibrada, o que é difícil no sensoriamento remoto quando levamos em consideração a degradação dos sensores que captam as imagens e ainda o erro dos próprios valores de calibração. Além disso, obter o espectro de reflectância de todos os tipos de cobertura que serão utilizados é complicado, pois, em muitos ambientes, o tamanho das copas das árvores impede as medidas de reflectância em campo. Ainda deve ser levada em consideração a diferença de tempo entre a aquisição da imagem e a medida de reflectância realizada em campo, pois a árvore pode entrar em senescência e os valores de reflectância variam de forma considerável (WULDER e FRANKLIN, 2003).

O segundo método utilizado para a seleção dos membros finais é a extração na imagem dos *pixels* puros (utiliza-se para isso o *scatter plot*, com a banda 3, que é representativa do solo e a banda 4, representativa da vegetação). A imagem deve ser calibrada e deverão ser realizadas as correções atmosféricas necessárias. Além disso, devem ser conhecidos os valores de reflectância dos diferentes alvos de interesse. Porém, a grande dificuldade citada por diferentes autores é justamente a seleção do *pixel* puro, que é quase impossível devido à heterogeneidade da escala de superfície que o sensor capta, que

é muito pequena. Com isso, muitos autores desenvolvem técnicas para derivar os membros finais da imagem construindo um gráfico com todos os pontos e extrapolando as reflectâncias dos membros finais para os vértices.

Os próprios softwares desenvolvidos para o tratamento e classificação de imagens possuem seleção automática dos membros finais com o objetivo de diminuir os erros na escolha, já que a escolha desses *pixels* dependente do operador é arbitrária. Esses métodos incluem o *PPI (Pixel Purity Index)*, que seria o índice de pureza do *pixel*, mais comumente utilizado (SCHOTT, 2007).

Adams et al., (1994) trabalhando com análise temporal na Amazônia utilizaram os membros finais e seus resultados sugeriram que a classificação por esse método pode ser considerada interessante na comparação de imagens multiespectrais no espaço e no tempo.

2.9.5 Separação dos componentes presentes na imagem classificada - Árvore de decisão

A árvore de decisão é uma técnica de classificação em vários estágios e pode ser aplicada a uma imagem ou a um grupo de imagens. É baseada em uma série de decisões binárias que são utilizadas para determinar a categoria correta para cada *pixel*, sendo que cada classe vai sendo separada durante cada passo de acordo com os valores máximos e mínimos da sua resposta espectral. Para isso toma-se o perfil espectral da imagem onde é possível obter os valores máximos e mínimos de cada classe. As decisões podem ser baseadas em qualquer característica dos dados (ENVI, 2012). A árvore de decisão também tem sido utilizada para simplificar a classificação e manter a precisão da classificação (LILLESAND et al., 2004). As árvores são muito úteis, pois os dados de entrada incluem diferentes tipos de dados, diferentes algoritmos em cada estágio, o que diminui o tempo de classificação e aumenta a precisão (RICHARDS e JIA, 2006).

A árvore de decisão é composta de três estágios: encontrar a melhor estrutura para a árvore, a melhor escolha de características do subgrupo em cada nó e a seleção da regra que será usada em cada nó (DATTATREYA e KANAL, 1985; RICHARDS e JIA, 2006). Além desses fatores, outros também são importantes, como a modelagem dos dados, especificação dos métodos para extrair a informação, a validação e a estimativa de desempenho da árvore (DATTATREYA e KANAL, 1985). Uma boa árvore de decisão será aquela que apresentar menor erro, mínimo número de nós ou menor caminho na decisão de como dividir as classes em cada nó. Como existem muitas possibilidades de

estruturar a árvore de decisão, é difícil definir a melhor estrutura (RICHARDS e JIA, 2006; DATTATREYA e KANAL, 1985).

Uma árvore de decisão bem estruturada resulta em um esquema de classificação preciso, flexível e computacionalmente eficiente (DATTATREYA e KANAL, 1985).

A classificação por meio de árvore de decisão tem um potencial significativo para o mapeamento de cobertura e não foi testada com detalhes pela comunidade científica. Além disso, também chegaram à conclusão que as árvores de decisão produzem classificações com alta precisão e apresentam uma série de vantagens para aplicações no sensoriamento remoto por serem simples, explícitas e intuitivas (FRIEDL e BRODLEY, 1997).

As árvores de decisão podem ser de três tipos: univariadas, multivariadas ou híbridas. As univariadas são aquelas que em cada nó apresenta apenas uma característica de entrada. Nas multivariadas cada nó é baseado em mais de uma característica de entrada. As árvores multivariadas são mais compactas e podem ser mais precisas que as univariadas. Na árvore híbrida podem ser utilizados diferentes algoritmos de classificação (FRIEDL e BRODLEY, 1997).

As árvores de decisão produzem alto grau de precisão na classificação de cobertura (PAL e MATHER, 2003).

2.9.6 Pós-classificação

2.9.6.1 Acurácia - Matriz de confusão

A classificação exige um teste de acurácia, com o objetivo de saber o quanto a classificação está correta. A maneira mais comum de expressar a acurácia da classificação é por meio da matriz de confusão ou matriz de erro. Essa matriz compara a relação entre uma imagem corretamente classificada (ou a própria imagem com alta resolução espacial - dado verdadeiro) com os resultados da classificação automática.

A matriz de confusão é uma matriz quadrada com números definidos em linhas e colunas que expressam o número de *pixels* atribuídos a um tipo especial de cobertura em relação à cobertura real verificada. As colunas da matriz representam os dados de referência (assume-se que estão corretos) e as linhas representam a imagem classificada. A matriz de erros é uma forma eficiente para avaliar tanto erros de inclusão (erros de comissão) quanto erros de exclusão (erros de omissão) presentes na classificação da imagem (CONGALTON e MEAD, 1986).

A matriz de confusão mede o quão bem a classificação categorizou um recorte representativo da imagem. Da matriz de confusão, podem ser retirados diversos

parâmetros, como os erros de omissão e de comissão, acurácia global e acurácia de cada categoria. (LILLESAND et al., 2004).

Normalmente fala-se em erros de omissão (quando *pixels* pertencentes da classe de interesse deixam de entrar na classe de interesse) e erros de comissão (*pixels* de outras classes que o classificador colocou na classe de interesse).

Os números em cinza correspondem ao número de *pixels* que o classificador classificou corretamente, isto é, dos 50 *pixels* de A, 35 foram realmente classificados como A, 10 como B e 5 como C. Dividindo o número de acertos pelo total, 35/50, tem-se a porcentagem de acertos para a classe A. O mesmo vale para as outras classes.

Tabela 1-3 - Exemplo de Matriz de confusão. Fonte: RICHARDS e JIA, 2006.

		Verdade de campo/Imagem			TOTAL	
		Classes	A	B	C	
Imagem classificada	A	35	2	2	39	
	B	10	37	3	50	
	C	5	1	41	47	
Número de pixels da verdade de campo		50	40	46	136	

Capítulo 2 Espacialização dos plantios de soja no estado de Rondônia

1 Introdução

A expansão das áreas plantadas com soja no Brasil está relacionada ao aumento da demanda mundial por grãos de soja para produção de alimentos humano, óleo vegetal, ração animal e biocombustíveis (USDA, 2012b).

Este processo contínuo de expansão da soja na Amazônia tem gerado um amplo debate ambiental. Por um lado, alguns autores argumentam que áreas de florestas nativas estão sendo convertidas em campos de produção de soja. Por exemplo, Fearnside (2001) e Morton et al., (2006) apontam que a expansão da soja está associada com o aumento do desmatamento na região Amazônica. Por outro lado, os defensores da expansão dos plantios de soja argumentam que tais plantios ocupam áreas já desmatadas e, portanto, não contribuem para o aumento do desflorestamento (BROWN et al., 2005).

Brown et al, (2005) realizaram um estudo em Vilhena (RO) objetivando estudar a mudança do uso da terra dispondo de duas imagens Landsat 5 TM, 1996 e 2001. Concluíram que neste período não ocorreram significativas transformações de áreas naturais para plantios de soja. Mas observaram que são necessários dados com maior qualidade (menor cobertura de nuvens) e ainda utilização de uma maior série temporal para identificar o que ocorreu no período estudado. Além disso, deve ser levado em conta o aumento do rendimento da produção de grãos nessas áreas, considerando as inovações tecnológicas que surgiram neste período.

Brandão et al. (2005) afirmaram que a produção de soja avançou em áreas de pasto degradado e não em áreas virgens de Cerrado da Amazônia. Isto ocorre porque é impossível a abertura de áreas virgens em um período tão curto de tempo, particularmente na Amazônia, para produzir soja. Uma área virgem, Amazônia ou Cerrado, necessita de tempo antes que possa ser utilizada para produção agrícola. Porém, áreas já utilizadas como pasto podem ser convertidas para produção de soja e essa conversão pode ser feita em apenas um período. A principal razão é que parte do número de operações necessárias para a produção de soja já foram realizadas como, por exemplo, a aplicação de calcário.

Por fim, a conversão de pasto degradado para soja pode permitir, no futuro, um pasto mais produtivo, o que faz crescer a rentabilidade da produção de soja nessas áreas.

O presente estudo buscou classificar digitalmente as áreas de plantios de soja no estado de Rondônia para apoiar análises temporais e melhor entendimento do uso pretérito da terra em áreas de tais plantios. Tais informações serão fundamentais para a definição de políticas públicas que busquem ordenar a expansão da agricultura de *commodities* no estado, considerando seus efeitos sobre as áreas de florestas nativas.

1.1 Objetivos

Este trabalho tem objetivo de analisar e mapear as áreas de expansão da soja no estado de Rondônia, verificando o aumento dos plantios nos anos de 2000, 2005 e 2011.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo envolve todo o estado de Rondônia (FIGURA 2-1), localizado na Amazônia Ocidental entre os paralelos e 7° 58' e 13° 43' de Latitude Sul e meridianos de 59° 50' e 66° 48' de Longitude Oeste, a extremo oeste do Brasil (RONDÔNIA, 2007). Faz fronteira com os estados do Amazonas, Mato Grosso, Acre e com a República da Bolívia. O estado possui aproximadamente 237.517 quilômetros quadrados de área.

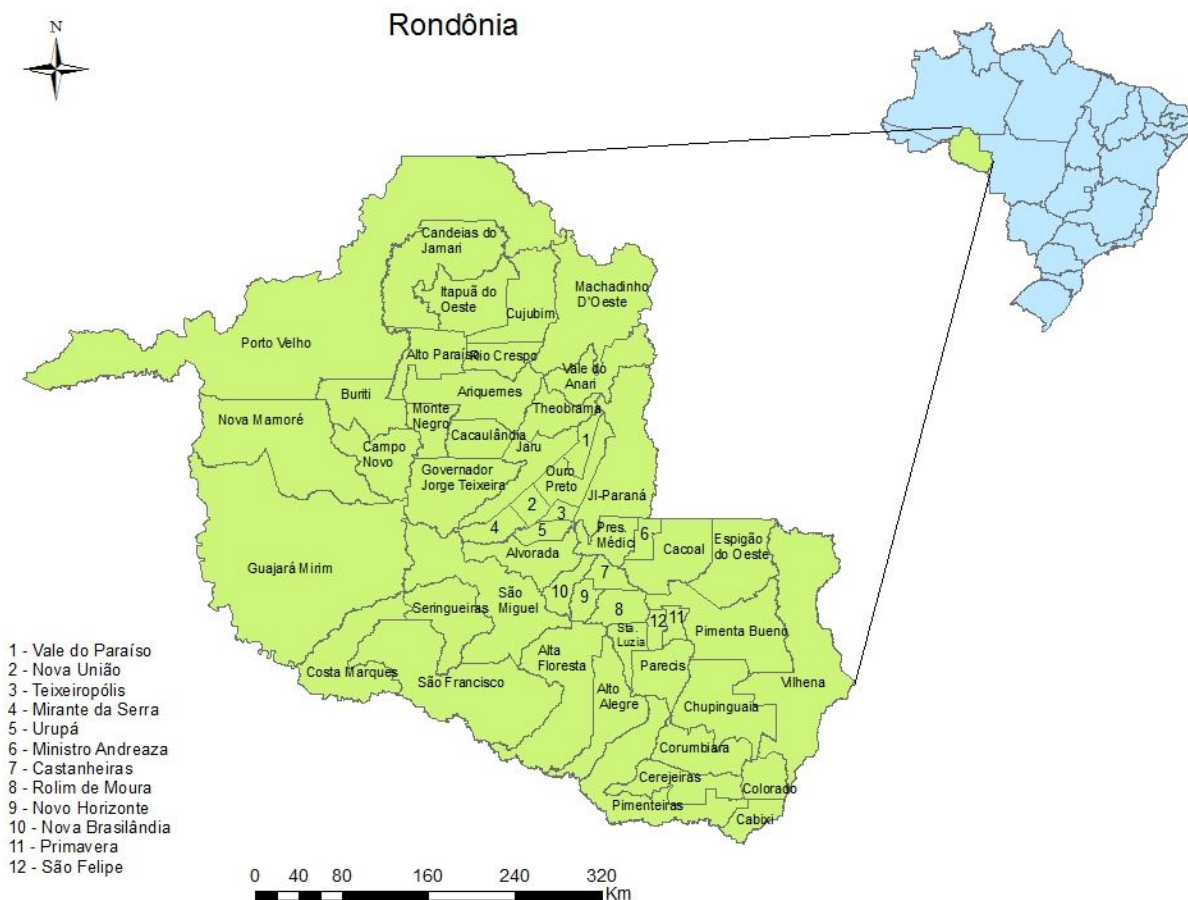


Figura 2-1 - Estado de Rondônia e seus municípios; Dados: SEDAM, 2012.

Todo o território do estado de Rondônia foi examinado do ponto de vista da expansão dos plantios de soja, incluindo observações de campo e imagens de satélite. O processo de classificação digital foi concentrado apenas nas regiões onde havia indicativos efetivos de tal plantio.

2.1.1 Clima

O clima predominante no estado de Rondônia é o tropical úmido e quente (FIGURA 2-2), com insignificante amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diurna, especialmente no inverno. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é Aw - Clima tropical Chuvoso, com média climatológica de temperatura do ar durante o mês mais frio superior a 18°C (megatérmico) e um período seco bem definido durante o inverno, quando ocorre déficit hídrico com índices pluviométricos inferiores a 50mm/mês. A média anual de precipitação varia entre 1.400 a 2.600 mm/ano, com

precipitação inferior a 20mm nos meses de junho, julho e agosto. A média anual de temperatura do ar varia de 24 a 26°C (RONDÔNIA, 2007).

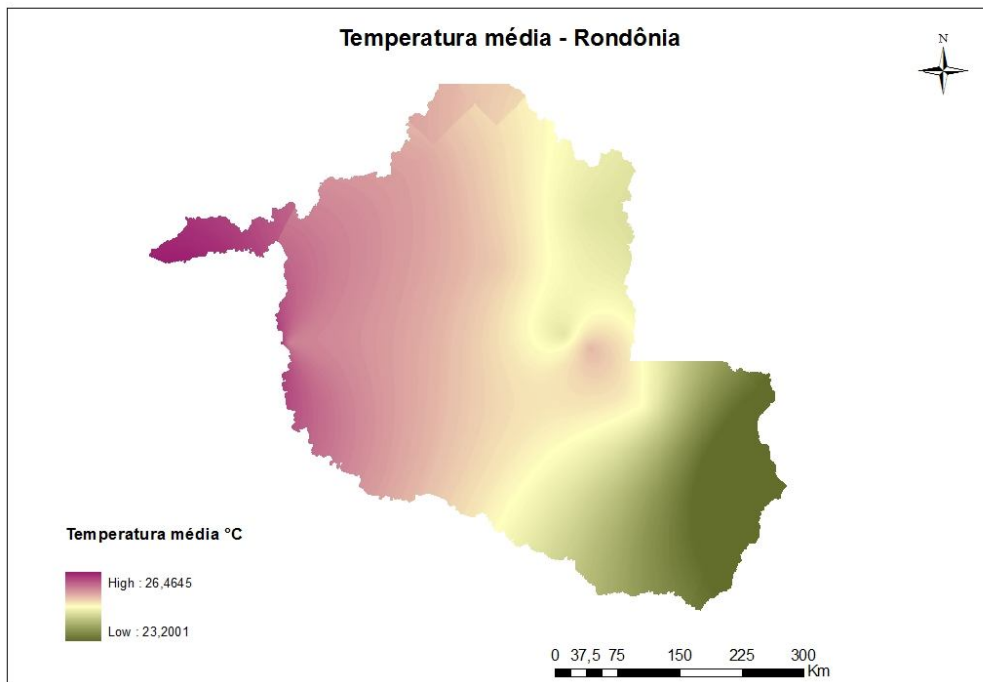


Figura 2-2 - Temperatura média de Rondônia. Dados: SEDAM (2011); Mapa: Eraldo T. Matricardi.

2.1.2 Vegetação e solos

A vegetação natural de Rondônia consiste em Florestas tropicais densas e abertas. Também apresenta manchas de Cerrado. O tipo dominante de solo na região é o Podzólico vermelho-amarelo e Podzólico vermelho-escuro (FIGURA 2-3).

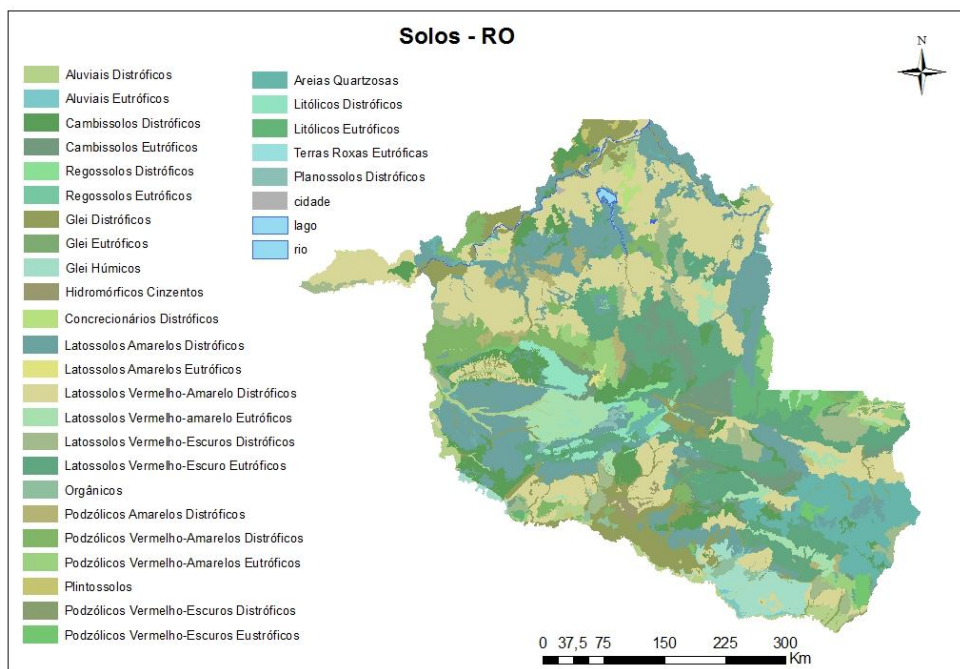


Figura 2-3 - Solos de Rondônia. Dados: SEDAM (2011).

2.2 Base de Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio da SEDAM (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental), Sítio do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), além de dados demográficos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) (TABELA 2-1). Os dados obtidos na SEDAM correspondem ao zoneamento ecológico socioeconômico realizado no ano de 2010.

Tabela 2-1 - Fonte de dados, tipo, nome do dado e data.

Fonte	Tipo de dado	Dado	Data/Período	Escala/resolução
SEDAM	vetorial	Hidrografia	2010	1:250.000
SEDAM	vetorial	Solos	2010	1:250.000
SEDAM	vetorial	Clima	2010	1:250.000
INPE	raster	Imagem Landsat 5	2000, 2005, 2008, 2011	30 m
SEDAM	raster	Imagens SPOT 5	2008	5/2,5 m
CONAB	xls	Demográfico	2000 a 2011	-
IBGE	xls	Demográfico, produção de soja e agropecuária	2002 a 2010	-

2.2.1 Imagens de satélite

Neste estudo foram utilizadas 5 cenas (órbita/ponto) do satélite Landsat TM-5 (TABELA 2-2) (FIGURA 2-4) que cobrem parte do estado em que há plantios de soja. Foram utilizadas as bandas 1-5 e 7, para cada ano de estudo (2000, 2005 e 2011). As imagens obtidas são do período de maio, junho e julho, pois na época do plantio as imagens apresentam alta porcentagem de nuvens, o que inviabiliza sua utilização para o mapeamento.

Dados das imagens Landsat 5 TM - Cenas:

Tabela 2-2 - Cenas Landsat 5 TM utilizadas no trabalho (órbita/ponto e data).

Órbita/ponto	DATA		
	2000	2005	2011
232/066	6 de julho	4 de julho	15 de maio
232/067	6 de julho	2 de junho	15 de maio
231/067	29 de junho	13 de julho	26 de junho
230/068	6 de junho	22 de julho	4 de julho
229/068	17 de julho	15 de julho	27 de junho
230/069	8 de julho	4 de junho	18 de junho

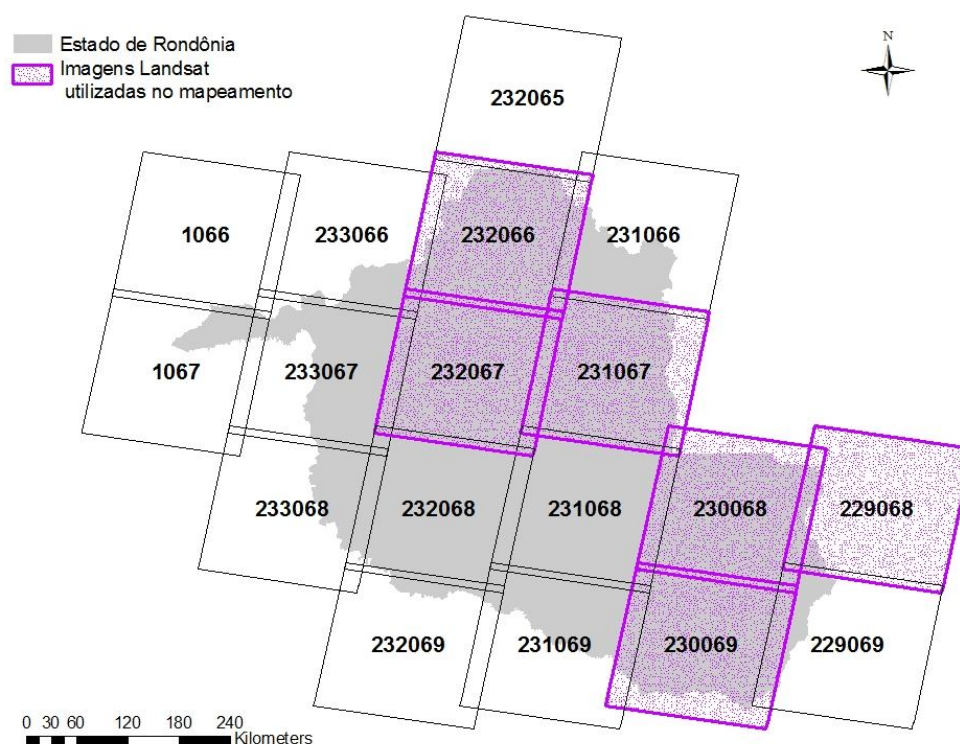


Figura 2-4 - Cenas Landsat utilizadas do estado de Rondônia.

2.3 Correção de Imagens

2.3.1 Calibração

A calibração das imagens Landsat 5 TM foi realizada no software ENVI 4.5. Este programa possui ferramentas de pré-processamento de imagens Landsat em que são necessários parâmetros do satélite para obtenção de dados de radiância e/ou reflectância no topo da atmosfera. Os dados para calibração das imagens Landsat 5 TM foram obtidos do sítio da NASA, USGS. Os parâmetros utilizados incluem elevação do sol, $L_{máx}$ e $L_{mín}$ que o sensor capta e dados do dia/mês/ano em que foi coletada a imagem.

2.3.2 Correção Geométrica

Imagens de sensores remotos contêm distorções geométricas tão significantes que não podem ser utilizadas diretamente como base para um produto no Sistema de Informações Geográficas. A correção das imagens Landsat 5 TM foi necessária já que as imagens apresentam nível de retificação 1, correção geométrica básica.

As imagens foram georreferenciadas no sistema de projeção UTM zona 20S e datum SAD-69 e recortados os excedentes fora do estado de Rondônia.

As imagens foram corrigidas geometricamente por meio do programa ENVI 4.5, utilizando para tanto a ferramenta de registro, selecionando a imagem base (georreferenciada) e a imagem a ser corrigida. Foram selecionados 10 pontos de controle, e a interpolação dos dados foi feita por convolução cúbica.

2.4 Textura - *Occurrence Measures*

A aplicação do filtro de Textura foi essencial para discriminação de pasto e soja. Para isso, foi utilizado o Filtro de Textura - *Occurrence Measures*, ferramenta do *software ENVI*. Foram utilizadas as bandas 4, 5 e 7 após aplicação do filtro para o mapeamento. A banda 4 auxiliou no mapeamento dos incêndios, que atingiam valores baixos de textura. A banda 7 foi utilizada para o mapeamento de solo exposto e pastagens.

2.5 Mapeamento - *Linear Spectral Unmixing (SMA)*

Após as correções radiométrica e geométrica da imagem, foi utilizado o Modelo Linear de Mistura Espectral, que resultou em uma imagem com a proporção de cada elemento (sombra, solo exposto e vegetação) dentro de cada *pixel*, considerando para isso a reflectância de cada alvo. Para isso, foi feita a seleção dos *pixels (endmembers)* (até 10 *pixels*) do "*scatter plot*" para cada componente presente na imagem utilizando o programa

ENVI 4.5 (FIGURA 2-5). A seleção destes *pixels* foi feita manualmente com o objetivo de coleta dos *pixels* "puros", representando cada elemento da imagem.

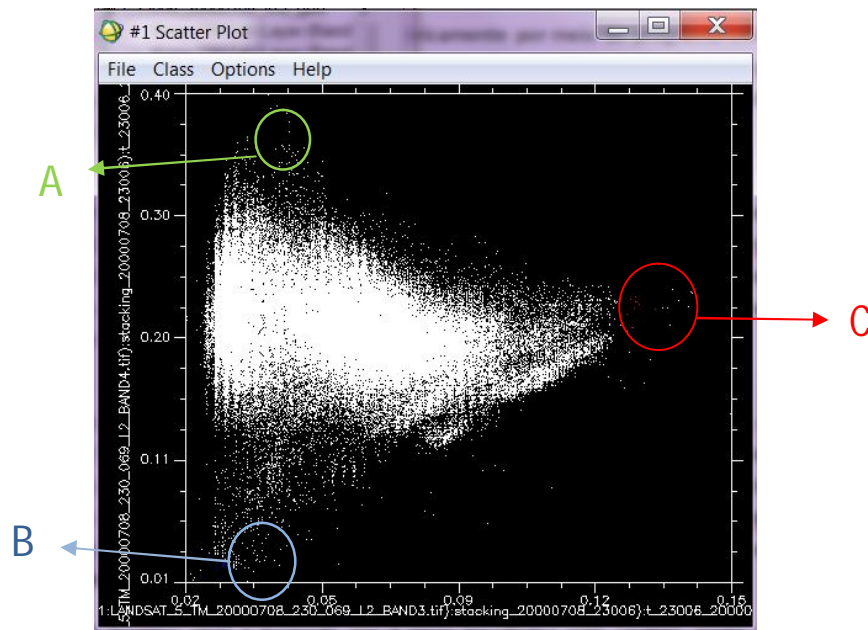


Figura 2-5 - Coleta dos membros finais no gráfico de dispersão, bandas 3 e 4.

O "scatter plot" é formado por dois eixos escolhidos pelo usuário, neste caso foi escolhida a banda 3 (vermelho) e a banda 4 (infravermelho próximo), pois o solo exposto apresenta alta reflectância na banda 3 e a vegetação apresenta alta reflectância na banda 4. Cada extremidade do gráfico apresenta o *pixel* puro de cada elemento presente na imagem. Observando a Figura 2-5, a letra C representa os *pixels* puros de solo exposto, que apresentam no eixo x maiores valores na banda 3 (vermelho); a letra A representa os *pixels* puros da vegetação que apresenta altos valores do eixo y (banda 4). A sombra absorve nessas bandas, apresentando cor escura e por isso os *pixels* puros deste elemento (letra B) são representados próximos à zero no gráfico de dispersão (valores baixos nas bandas do vermelho e infravermelho). Após a seleção dos "end members" foi aplicado o modelo linear de mistura espectral com base na reflectância de cada elemento selecionado anteriormente.

2.6 Classificação - Árvore de decisão

A classificação foi feita a partir da árvore de decisão que separou e determinou a área de cada elemento presente na imagem. A separação de cada elemento levou em conta os picos de reflectância e absorção desses elementos. A Figura 2-6 abaixo apresenta a árvore de decisão (A), formada pelos diferentes ramos, que por meio de perguntas lógicas (sim e não), determina a classe dos diferentes objetos da imagem. Abaixo, tem-se a resposta

espectral (B) dos diferentes elementos, onde são coletados os diferentes valores de reflectância.

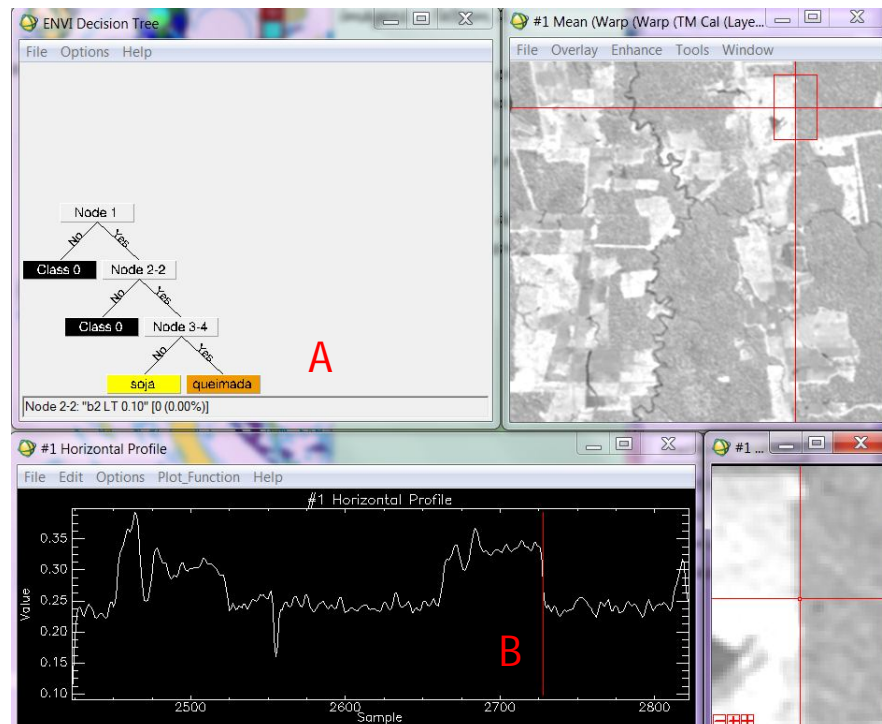


Figura 2-6 - Árvore de decisão, imagem textural (banda 4), perfil x do espectro de reflectância da imagem e zoom da imagem textural.

2.7 Pós-processamento

2.7.1 Clump e Eliminate, checagem e correção visual

A classificação foi semi-automática, pois, após uma checagem geral, as feições de urbanização foram retiradas. Em seguida, polígonos pequenos com reflectância similar à soja foram removidos por meio das ferramentas *Clump* e *Eliminate* do software ERDAS.

2.7.2 Acurácia - Matriz de confusão

A acurácia foi testada pela utilização da matriz de confusão. A verdade de campo foi uma imagem SPOT com resolução de 2,5m, ano 2008. Foram aleatorizados 100 pontos na imagem SPOT (ferramenta do ARCGIS *Create Random points*). Em seguida foi feito um *buffer* de 45m em torno dos pontos para obter as estatísticas do local e em seguida rodada a ferramenta *Zonal Statistics as Table*, que permitiu obter as estatísticas dos 100 pontos aleatorizados, possibilitando obter a acurácia da classificação pela ferramenta *Accuracy Assessment*, do software ERDAS.

2.8 Organização da metodologia

A Metodologia foi descrita passo a passo na forma de um fluxograma (FIGURA 2-7) com objetivo de melhorar a visualização das diferentes etapas deste trabalho.

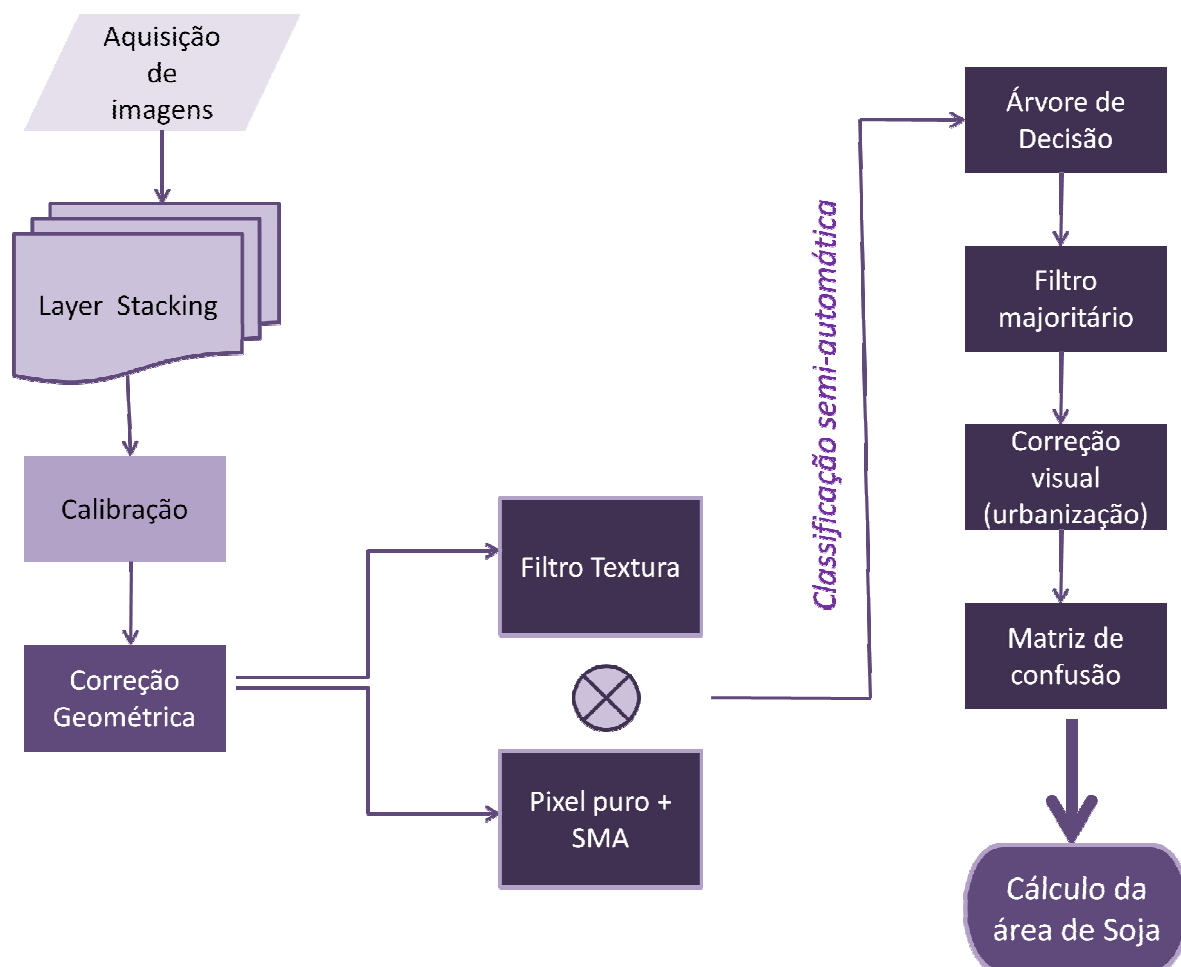


Figura 2-7 - Organograma da metodologia apresentada.

3 Resultados e Discussão

3.1 Técnica de mapeamento semiautomático

A técnica de mapeamento semiautomático da soja para o estado de Rondônia permitiu separar os plantios de soja em seu período seco e diferenciá-la de outros usos. A soja foi separada do pasto a partir do solo exposto e NPV (vegetação não fotossinteticamente ativa).

O pasto em algumas áreas apresentava-se verde e facilmente separável devido à maior quantidade de árvores presentes. Porém, em muitos casos, apresentava textura e radiância facilmente comparável a uma cultura. Nestes casos, o NPV maior nas áreas plantadas excluiu o pasto. Em alguns locais a soja estava plantada, o que impossibilitou sua separação, pois se confundida com pasto verde e com outros usos. Essas áreas foram eliminadas com o intuito do não favorecimento de outros usos na contabilização final da área de soja. Abaixo a árvore de decisão do ano de 2011 e as bandas e parâmetros utilizados para mapeamento da soja (FIGURA 2-8) (TABELA 2-3).

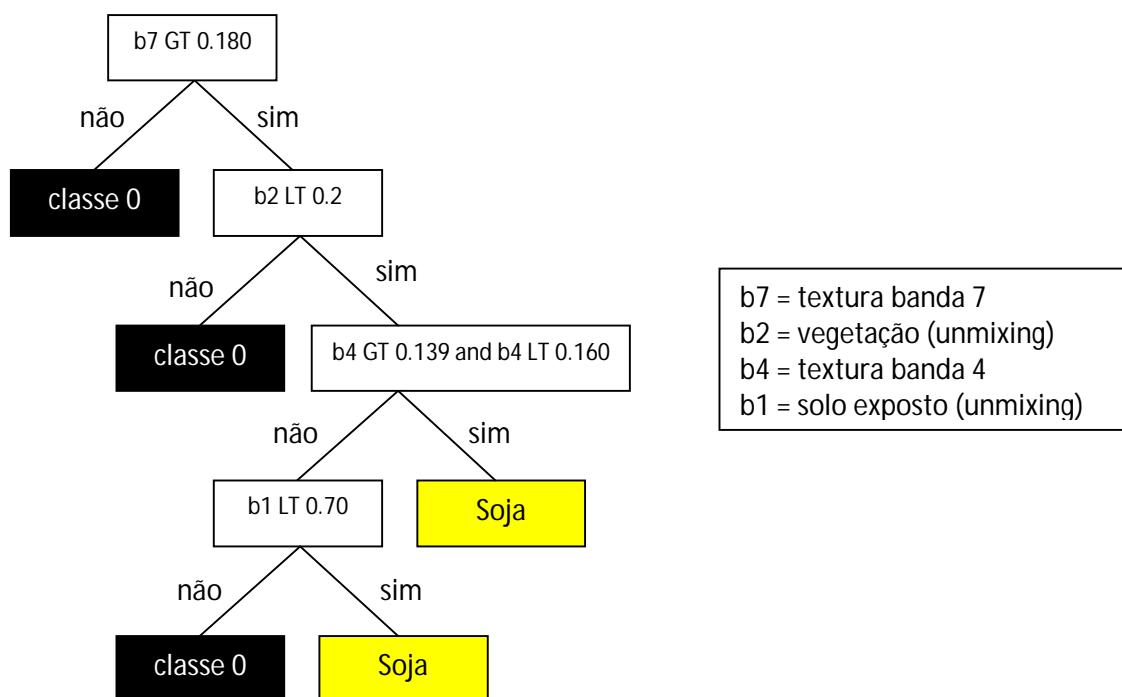


Figura 2-8 - Árvore de decisão utilizada na imagem de 2011.

Tabela 2-3 - Parâmetros utilizados nas imagens dos anos de 2000 e 2005.

Ano/banda	2000	2005
Banda 1	<0.40	<1.30
Banda 2	<0.10	<0.10
Banda 4	>0.100 e <0.150	>0.139 e <0.196
Banda 7		>0.145
Banda 3*	>1.0	

*banda 3 = NPV (Unmixing).

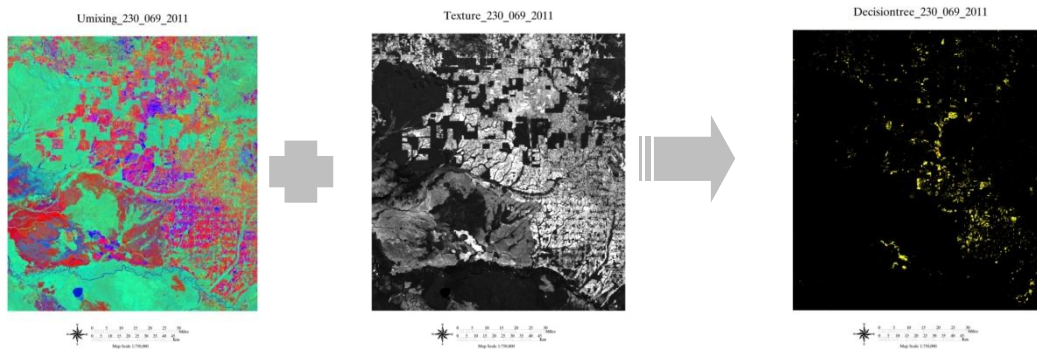


Figura 2-9 - *Unmixing*, Textura e Árvore de decisão imagem 2011. Processo utilizado para mapeamento.

As imagens texturais foram essenciais no auxílio para diferenciar áreas de soja e de pasto. A banda 4 foi fundamental para a separação das queimadas, pois nesta banda a queimada possui textura bem distinta de todos os outros usos, tornando sua separação relativamente simples. As áreas com plantios possuem textura menos rugosa, mais lisa e com maior reflectância, devido à preparação do solo, que passa por vários processos antes do plantio, inclusive com limpeza total da área. Já as áreas cobertas pelo pasto possuem textura rugosa, com menor reflectância dos alvos, isso se deve provavelmente ao fato do solo do pasto não ser arado como o da soja. Além disso, a presença de árvores aumenta a rugosidade da superfície (FIGURA 2-9).

Os melhores resultados de classificação foram obtidos com as imagens mais recentes (2011). Essas imagens apresentavam maior quantidade de plantios de soja e esses plantios alcançavam grandes áreas ao sul do estado, sendo mais fáceis de identificar.

Os plantios de soja no estado de Rondônia se concentram principalmente ao sul do estado, com relevante destaque para os municípios de Vilhena, Corumbiara, Colorado do Oeste, Cerejeiras e Chupinguaia.

No ano de 2000, a produção de soja no estado de Rondônia era baixa, com plantios concentrados ao sul do estado, principalmente no município de Vilhena, com a maior área de plantios de soja (FIGURA 2-10 e 2-11) (TABELA 2-4). A partir da análise das imagens, foi possível identificar que, no ano de 2005, grande parte das áreas estava sendo preparada para plantios, passando por derrubadas e queimadas para "limpeza" da área. Estas mesmas áreas no ano de 2011 foram identificadas como plantios de soja.

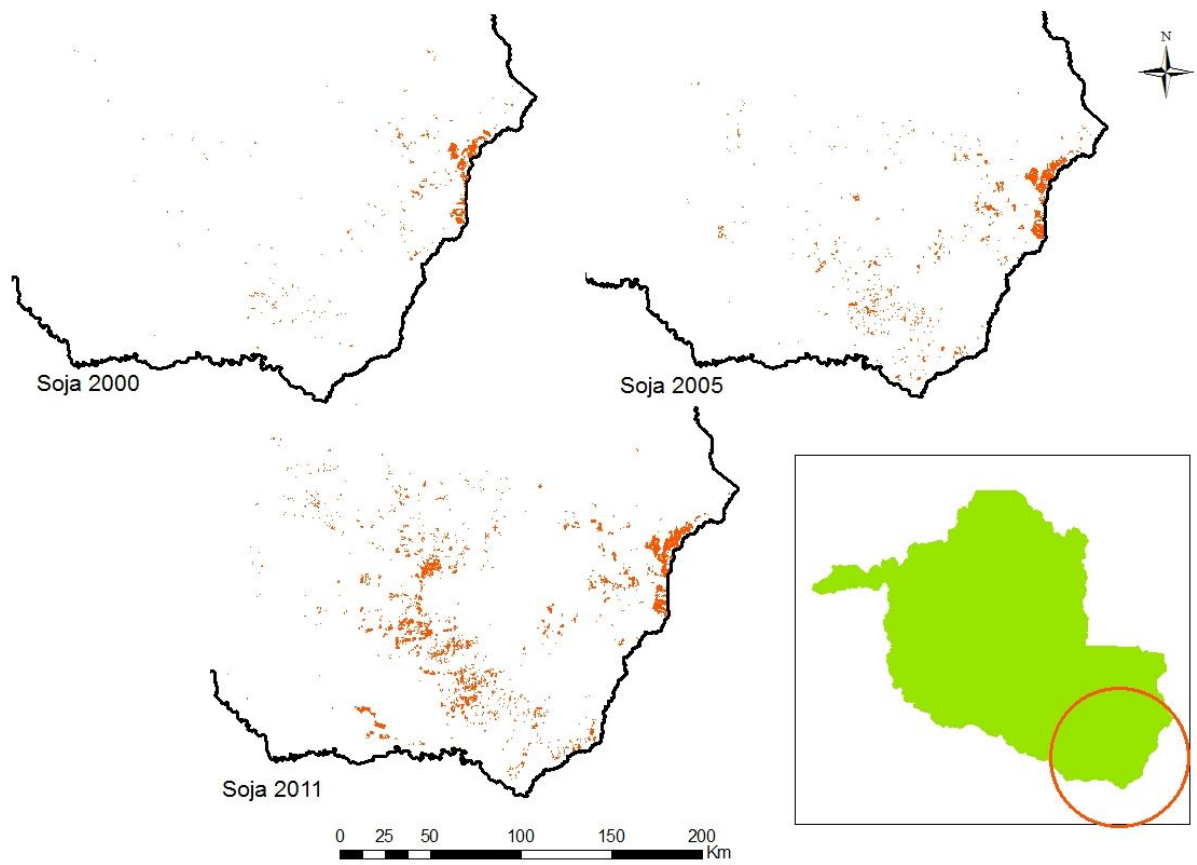


Figura 2-10 - Área plantada de soja ao sul do estado de Rondônia.

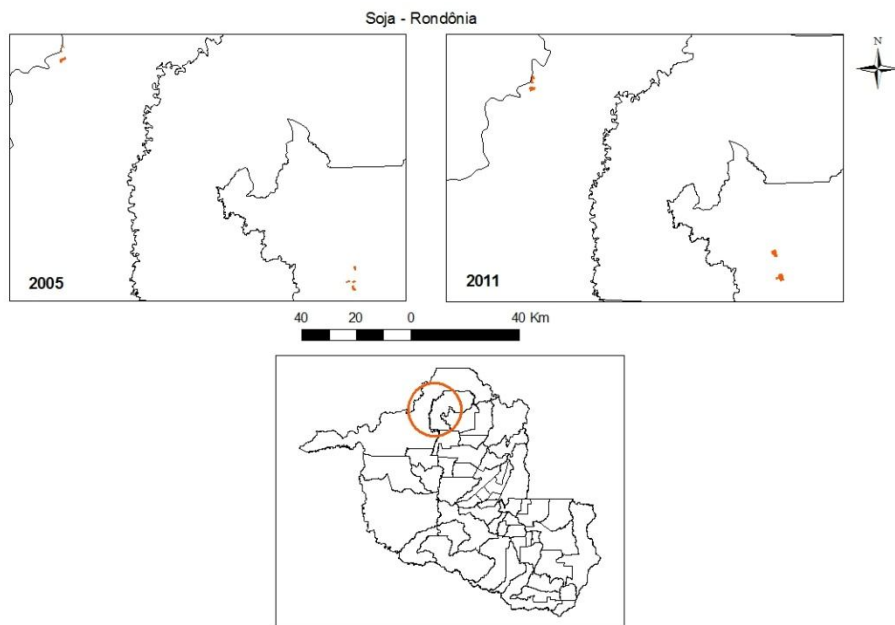


Figura 2-11 - Área plantada de soja ao norte de Rondônia

Tabela 2-4 - Área plantada de soja no estado de Rondônia.

	2000	2005	2011
Área plantada (ha)	47583,2	59836,87	104790,54

3.2 Desmatamento e área plantada de soja

O cultivo da soja aumentou ao longo da década, porém este ocorreu em áreas já desmatadas (FIGURA 2-12, TABELA 2-5). Este fato foi comprovado com a sobreposição de dados do desmatamento do INPE (2001 a 2011) com os dados de plantio de soja do ano de 2011.

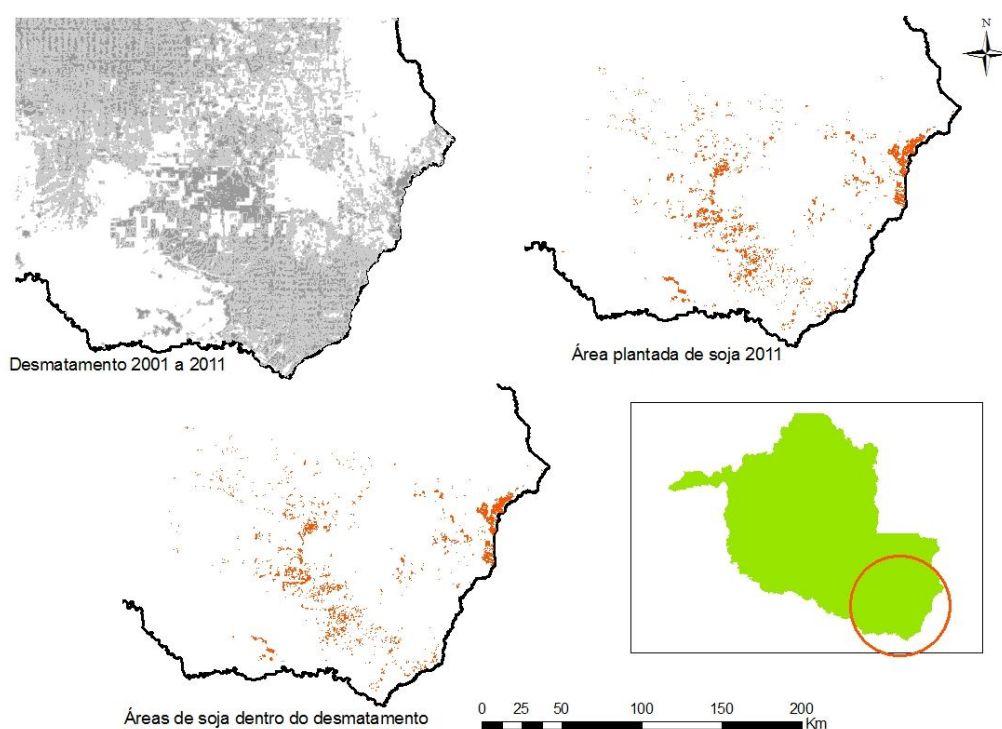


Figura 2-12 - Área de cultivos de soja correspondentes à áreas de desmatamento.

Tabela 2-5 - Plantios de soja (2011) e áreas de plantios de soja correspondentes à áreas de desmatamento.

	Área plantada de soja	Áreas de soja que correspondem a de desmatamento
Área (ha)	103807,8	102375,5

Foram também cruzadas imagens de 1990, 1995 e 2000 com os plantios de soja de 2011, chegando à conclusão que grande parte dos plantios ocupam áreas já desmatadas nos anos de 1990 e 1995 e, quase 95% desses plantios, ocupam áreas desmatadas até 2000 (FIGURA 2-13, 2-14 E TABELA 2-6). Os 5 % restantes correspondem a erros do próprio

classificador e a subestimações da área real da soja. Assim, a soja não causa desmatamento direto da floresta, pois ocupa áreas já desmatadas, devido aos altos custos para limpeza e preparação da área (BRANDÃO et al., 2005; BROWN et al., 2005; MUELLER, 2003).

A soja causa o desmatamento indireto das florestas nativas do estado de Rondônia, pois, áreas que antes eram ocupadas por pastagens são convertidas em cultivos de soja em apenas um período. Este pasto é então deslocado e a produção de gado passa para uma nova área de floresta nativa. Os resultados obtidos neste estudo indicam que a soja é cultivada em pastos com 10 anos de desmatamento.

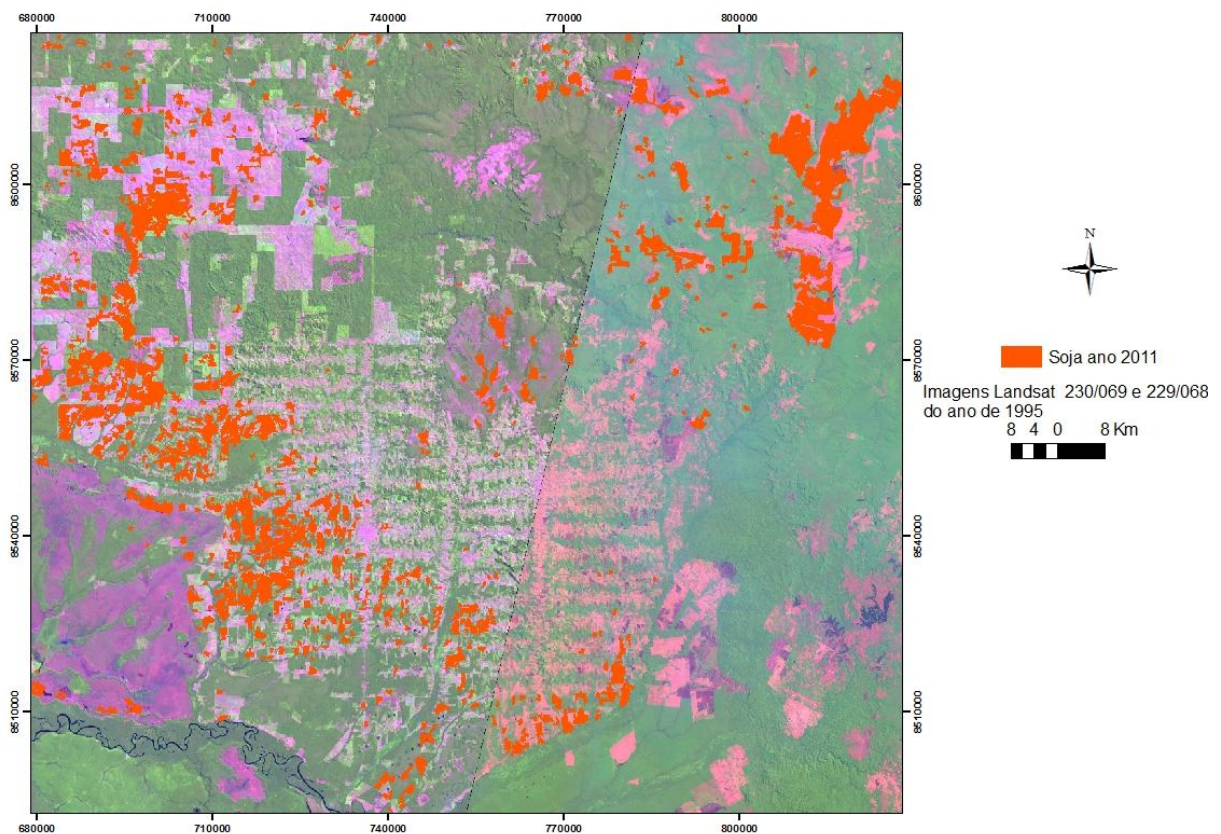


Figura 2-13 - Plantios de soja de 2011 e imagens do ano de 1995.

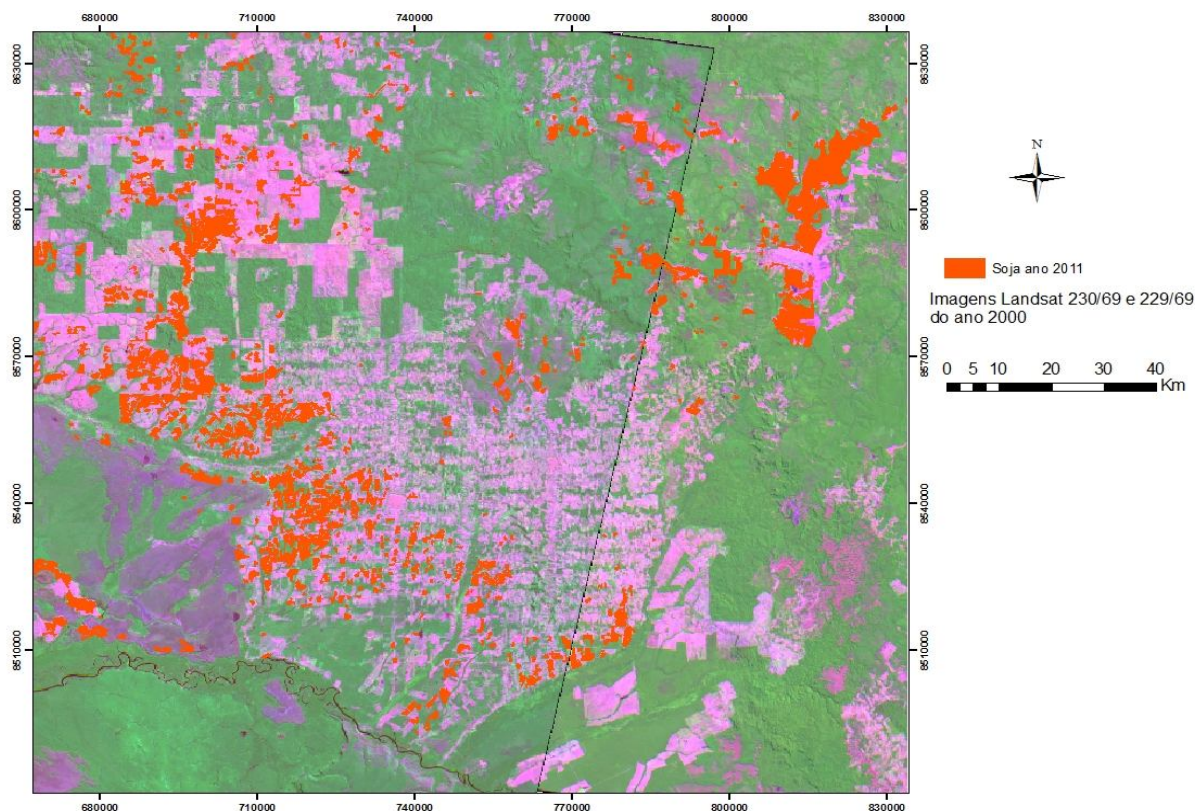


Figura 2-14 - Plantios de soja de 2011 e imagens do ano de 2000.

Tabela 2-6 - Plantios de soja (2011) e áreas de plantios de soja correspondentes às áreas de desmatamento nos anos de 1990, 1995 e 2000.

	Área plantada de soja (2011)	Áreas de soja que correspondem a de desmatamento em 1990	Áreas de soja que correspondem a de desmatamento em 1995*	Áreas de soja que correspondem a de desmatamento em 2000*
Área (ha)	103807,8	32386 (31%)	64247(62%)	97607(94%)

*O desmatamento dos anos de 1995 e 2000 corresponde ao desmatamento acumulado e não somente ao de cada ano.

3.3 Área plantada de soja por município

O município que apresenta maior área plantada de soja é o de Vilhena, com 36.362 hectares (FIGURA 2-15, TABELA 2-7). O segundo maior produtor é Corumbiara, com 24.576 hectares. De acordo com o IBGE (2012) a área plantada de soja para Vilhena, Corumbiara, Chupinguaia e Cerejeiras foi 40.000, 25.000, 18.380 e 22.800 hectares. Os valores encontrados para área plantada foram menores (TABELA 2-7), já que o

classificador não é eficiente para áreas de soja recém-plantada, facilmente confundidas com áreas de pasto.

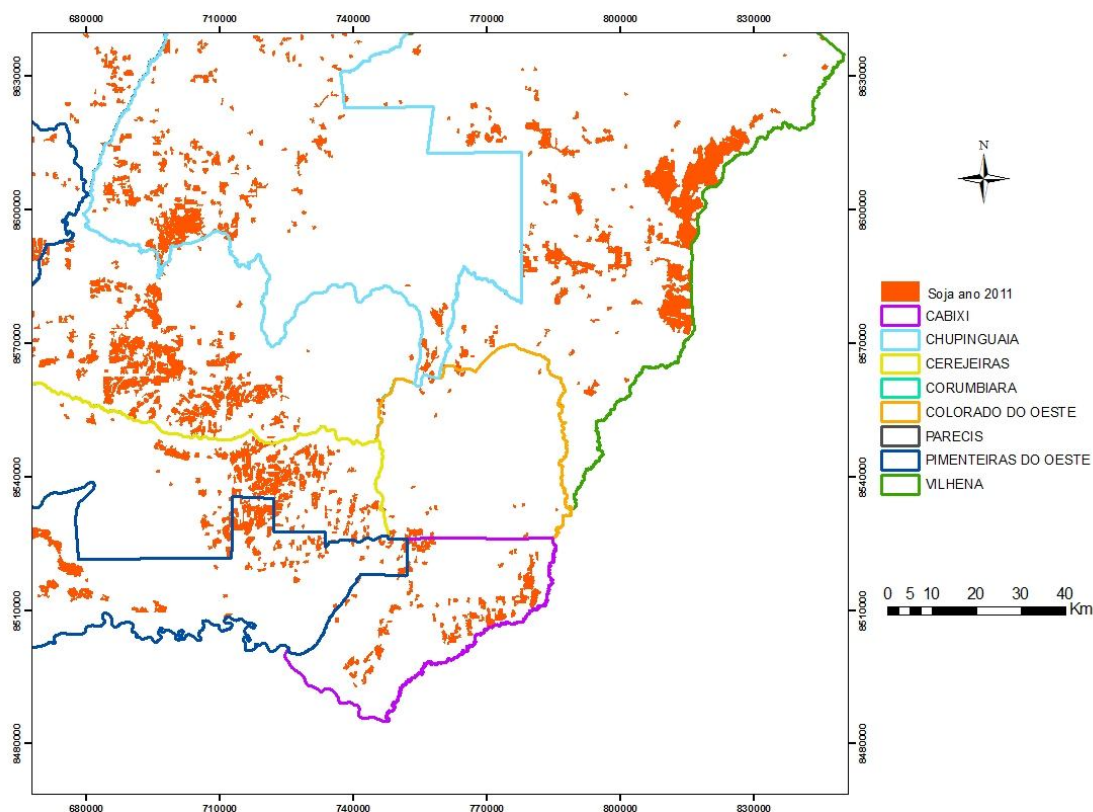


Figura 2-15 - Plantios de soja especializados por municípios, ano 2011. Dados: SEDAM.

Tabela 2-7 - Área plantada de soja por município, ano 2011.

Município	Área plantada de soja (hectares)
Colorado do Oeste	1632
Parecis	3379
Cabixi	6699
Pimenteiras do Oeste	13228
Cerejeiras	13306
Chupinguaia	15836
Corumbiara	24576
Vilhena	36362

3.4 Solos e área plantada de soja

A soja ocupa predominantemente Latossolos em Rondônia (FIGURA 2-16), o que pode ser explicado pela profundidade destes solos, boa drenagem, boa aeração, além de aspectos químicos e do estado ter 46% de sua área coberto por Latossolos (TABELA 2-8). Os latossolos vermelho escuro distróficos são os que apresentam maior cobertura de soja, apesar de cobrirem apenas 16% do território. Esse solo normalmente é pobre, ácido e

distrófico. Porém em alguns casos, é possível encontrar melhores características, como em Chupinguaia, onde este solo contém ferro e magnésio (SEDAM, 2000).

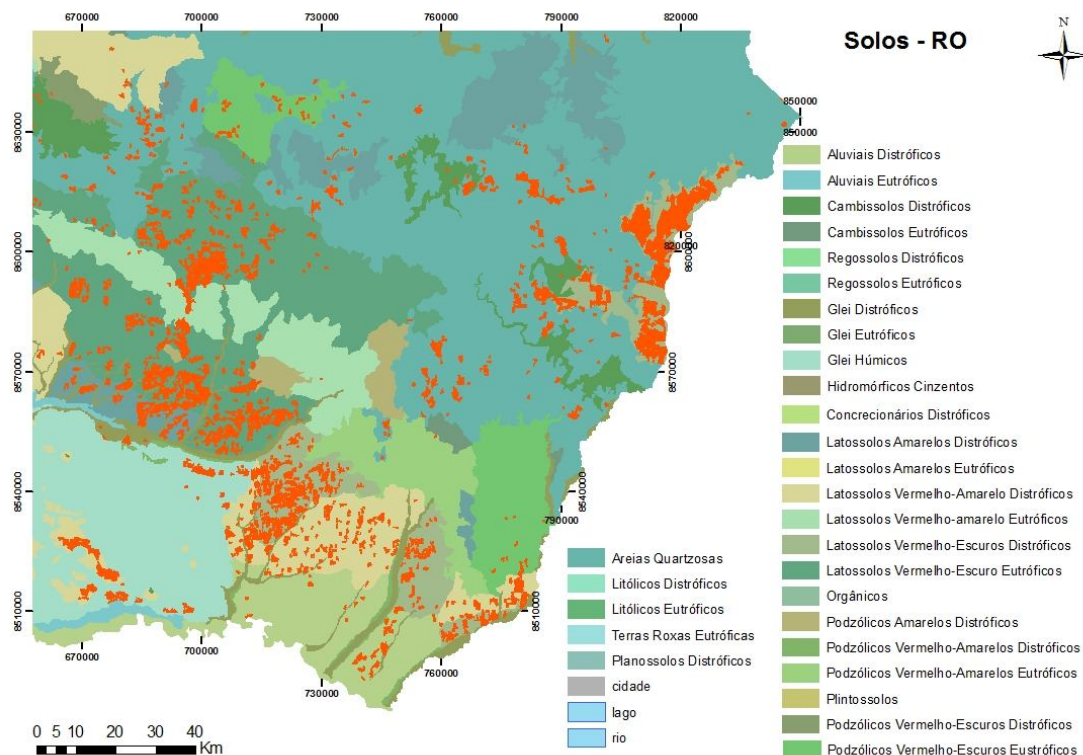


Figura 2-16- Solos de Rondônia com sobreposição de plantios de soja (em laranja). Dados: SEDAM.

Tabela 2-8 - Solos e área plantada de soja.

Solo	Área ocupada pela soja (hectares)
Latossolos amarelos distrófico	4433,75
Latossolos vermelhos amarelos distróficos	9567,51
Latossolo vermelho escuro eutrófico	35218,18
Latossolos vermelhos escuros distróficos	41392,47

3.5 Aptidão agrícola e plantios de soja

Os plantios de soja se concentram em áreas de aptidão agrícola boa, moderada e regulares (FIGURA 2-17). A maior parte está em solos de aptidão agrícola moderada, (53.485,72 hectares; TABELA 2-9). Estes solos correspondem a 22.51% do território, ocupando vários municípios ao sul do estado.

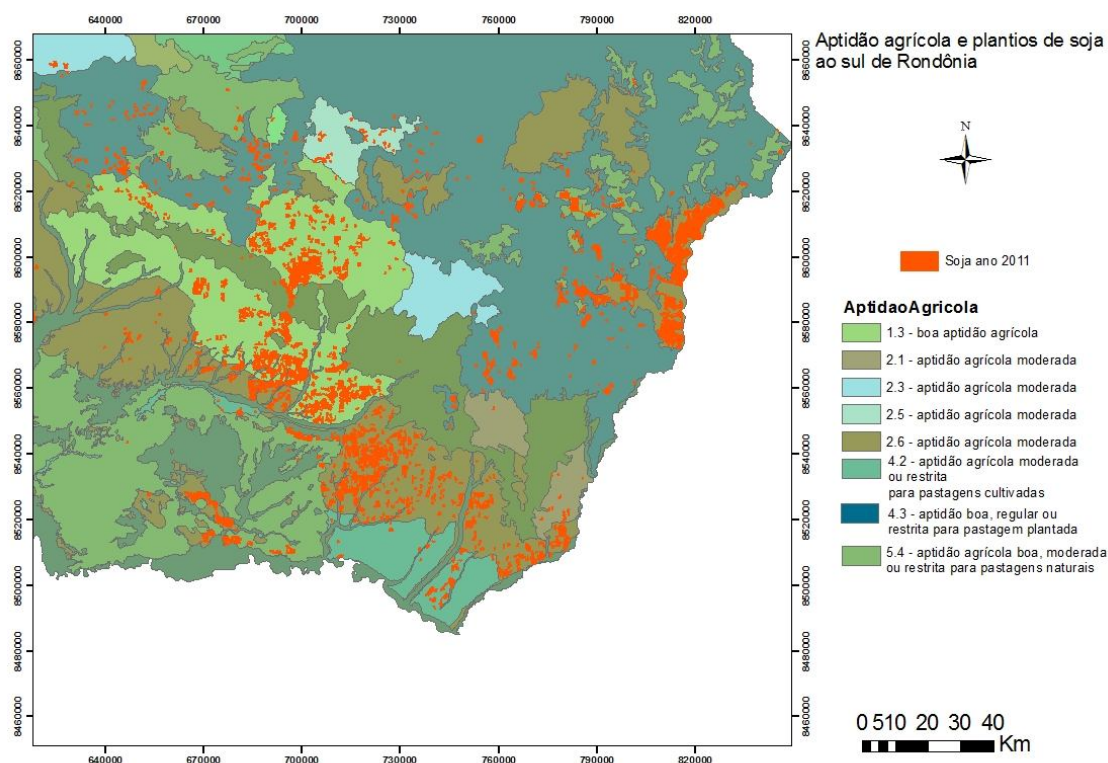


Figura 2-17 - Aptidão agrícola de Rondônia com sobreposição de plantios de soja. Dados: SEDAM.

Tabela 2-9 - Aptidão agrícola e área ocupada pela soja.

Aptidão agrícola	Área ocupada pela soja, ano 2011(hectares)
1.3	33227,1
4.3	25203,45
2.6	53485,72

3.6 Declividade e plantios de soja

A maior parte dos plantios de soja está concentrada sobre terrenos não declivosos ou com moderada declividade (FIGURA 2-18), não passando de 7%. Isso se deve à utilização de maquinário para plantio e colheita, o que inviabiliza terrenos com alta declividade.

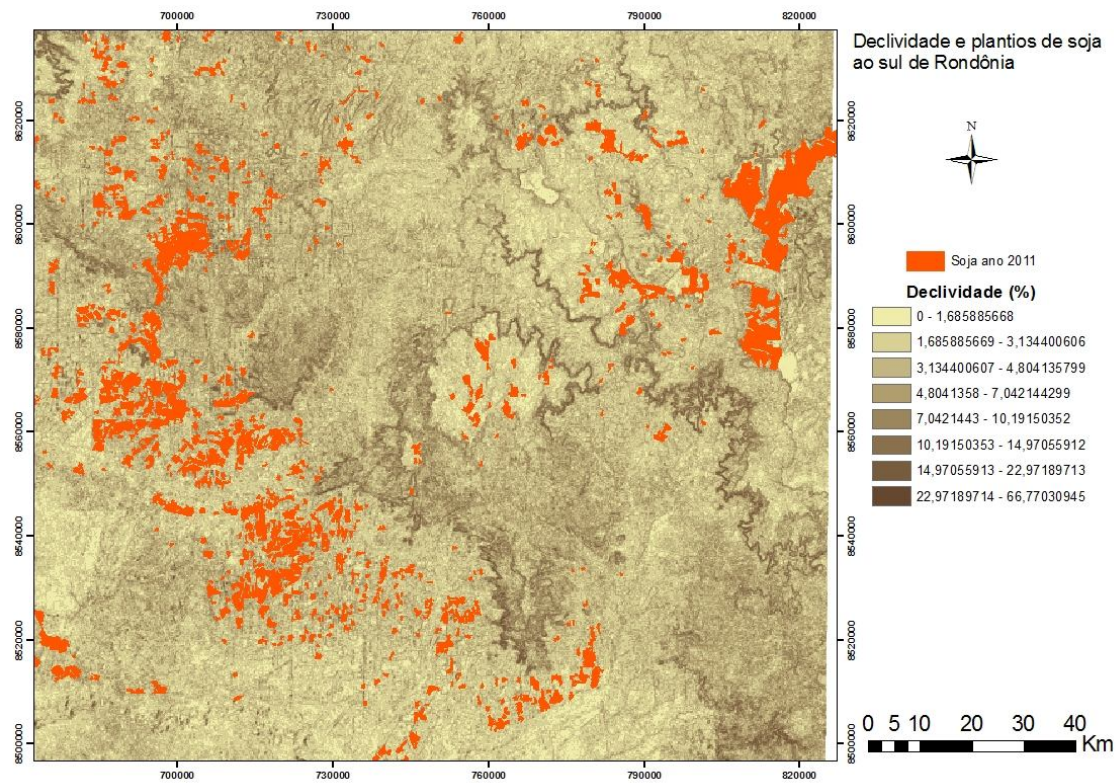


Figura 2-18 - Declividade Rondônia com sobreposição de plantios de soja.

Os plantios de soja se concentram em áreas de 200 a 700 metros de altitude (FIGURA 2-19).

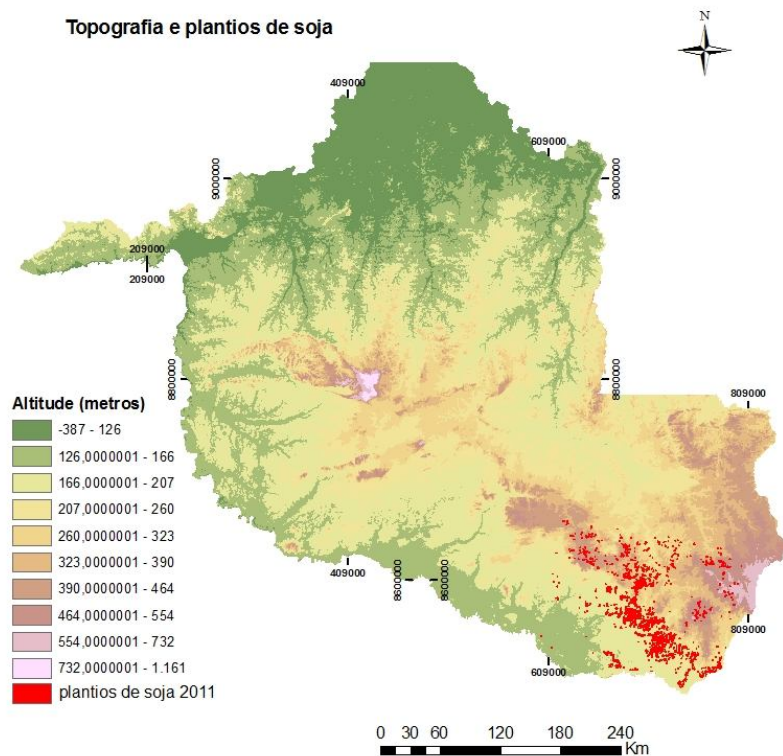


Figura 2-19 - Plantios de soja sobrepostos a topografia de Rondônia. Dados: USGS, 2011.

3.7 Validação

A matriz de confusão foi gerada no programa ERDAS a partir das imagens Landsat 5 TM e a imagem SPOT 5 . Para isso, foi feita a classificação na imagem Landsat 5 TM do ano de 2008 e aleatorizados 100 pontos nesta imagem. A classe de cada ponto foi extraída por meio da ferramenta "zonal statistics as table" do software ArcGis 9.3. Os pontos da imagem classificada foram comparados com a imagem real e, a partir desse resultado, foi rodada a matriz de confusão no software ERDAS, por meio da ferramenta Accuracy Assessment. Assim foi possível calcular os erros de comissão, omissão e acurácia do produtor e do usuário (TABELA 2-10).

Tabela 2-10 - Matriz de confusão, acurácia do produtor e do usuário, erros de omissão e comissão, Kappa e acurácia geral.

		Imagem referência			Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário
		Soja	Outros usos	Total		
Imagem Classificada	Soja	6	0	6	50%	100%
	Outros usos	6	88	94	100%	93.6%
	Total	12	88	100		
Erros de omissão		0.5%	0%			
Erros de comissão		0%	6.3%			
Estatística do Kappa		1.0	0.47			
Kappa geral		63.7%				
Acurácia geral da classificação		94%				

Os resultados da acurácia demonstram que o modelo acertou 94% da classificação, concluindo assim, que esta classificação foi ótima. De acordo com o Kappa, o modelo foi capaz de classificar corretamente 63,7% da soja, com subestimação de 0,5% de plantios de soja e superestimação de 6,3% para outros usos. Isso ocorre porque o classificador é mais eficaz para áreas de soja já seca, próximas à colheita ou após a colheita. Em áreas recém-plantadas, a soja verde confunde-se facilmente com áreas de pasto, que dominam a paisagem. Com o intuito de evitar erros de comissão, optou-se por uma classificação conservadora, em que plantios verdes foram classificados como outros usos. Com isso, todas as áreas classificadas com soja realmente se tratavam de plantios de soja, não ocorrendo erros de comissão.

4 Conclusões

A técnica de mapeamento apresentou bons resultados para detectar plantios de soja, com Kappa de 63,7%. As bandas de textura aplicadas à árvore de decisão foram fundamentais para separação dos diferentes usos/cobertura da terra. Além disso, a análise de mistura espectral também auxiliou no mapeamento da soja. A técnica desenvolvida foi mais adequada para plantios de soja na época de colheita, pois a soja verde é confundida com áreas de pasto e outras coberturas.

Um aumento significativo dos plantios de soja ao longo dos anos de estudo (2000, 2005 e 2011) foi detectado. A área plantada foi de 47583,2ha para 104790,54ha, e se concentrou principalmente na porção sul do estado de Rondônia. Esse aumento não se deu diretamente sobre áreas de floresta nativa, pois o plantio de soja logo após o desmatamento da floresta é economicamente e temporalmente inviável. Esta afirmação corrobora com estudos de outros autores (BRANDÃO et al., 2005; BROWN, et al., 2005; MUELLER, 2003; BARONA, et al., 2010). Porém, ainda assim a soja causa pressão sobre as áreas florestais, já que expulsa o pasto para outras regiões de floresta nativa. Isto é, as áreas são desmatadas, utilizadas como pasto até a degradação da madeira e de restos de floresta até que seja possível o cultivo da soja. Essa conversão pode ser realizada em apenas um período (BRANDÃO et al., 2005). Além disso, as áreas virgens da Amazônia não possuem a mesma infraestrutura que as áreas onde se pratica a pecuária e, o plantio de soja em áreas de pasto degradado irá prover um pasto mais produtivo no futuro, fato que estimula o cultivo da soja (BRANDÃO et al., 2005) e o aumento do rendimento na produção nestas áreas (BROWN et al., 2005).

Capítulo 3 Estudo de Fragmentação nos municípios de Corumbiara e Buritis

1 Introdução

A paisagem sofre modificações constantes pelo homem, que promove novos usos às florestas nativas, campos, rios e lagos. O ambiente então é retalhado, composto por manchas de vários usos (RICKLEFS, 2003). Menores manchas de florestas aumentam a vulnerabilidade dos habitats, fazendo com que qualquer ponto fique próximo à borda, gerando graves consequências na flora e fauna (RICKLEFS, 2003). A fragmentação ocorre quando um habitat específico é dividido sucessivamente em manchas, formando um mosaico de fragmentos de diferentes tamanhos, formas e conectividade (BOUTIN e HEBERT, 2002). É um processo comum, principalmente em regiões convertidas para agricultura. O conceito de fragmentação é baseado em duas componentes: o total de vegetação perdida e as alterações na configuração da paisagem. Estes dois processos podem afetar a presença de espécies (BOUTIN e HEBERT, 2002).

Como resultado da fragmentação podem ocorrer vários danos ambientais, dentre eles a eliminação de espécies, redução das populações e ainda a redução no tamanho e conectividade dos ambientes (SHIDA e PIVELLO, 2005). A paisagem pode ser definida como uma área heterogênea composta por agrupamentos de diferentes ecossistemas ou habitats (naturais e/ou antrópicos) que mantêm estreita relação funcional entre si por meio de fluxos e movimentos de organismos, matéria e energia (SHIDA e PIVELLO, 2005). As paisagens podem ser caracterizadas quanto à: Estrutura (refere-se às relações entre os diferentes ecossistemas), Função (refere-se à interação dos diferentes elementos espaciais) e Mudança (refere-se à alteração na estrutura e função do mosaico ecológico no tempo) (TURNER, 1989).

A Ecologia de Paisagens objetiva explicar e compreender os processos que ocorrem nas paisagens. Estrutura da paisagem refere-se ao mosaico de paisagem que aparece como padrão e o ordenamento espacial específico das unidades de paisagem numa determinada seção de pesquisa. As feições espaciais e estruturais observáveis e mensuráveis na paisagem caracterizam suas condições, seu desenvolvimento e sua mudança temporal. Os processos que ocorrem na paisagem geram padrões e estruturas que são influenciados pelas estruturas espaciais dominantes. As estruturas de paisagem resultam do fato da esfera de

paisagem estar dividida em combinações específicas, especialmente variáveis de determinadas feições dos diferentes compartimentos (LANG e BLASCHKE, 2007).

Para a análise da analítica da estrutura da paisagem foram desenvolvidos métodos, designados medidas de estruturas da paisagem. Essas medidas objetivam explicar os diferentes processos que ocorrem na paisagem. Para isso a menor unidade espacial adotada são as manchas. Estas resultam da associação de diferentes espécies vivas, são uma combinação específica de espécies na sua aparência. São discriminadas em: manchas de distúrbios (originam-se por perturbações em pequenas áreas, causadas por ocorrências ou intervenções espontâneas); manchas remanescentes (sua origem ocorre por perturbações em grandes extensões espaciais, quando áreas sobrevivem a este distúrbio); manchas de recursos (relacionada à existência heterogênea/específica de recursos naturais, são ecótopos naturais ou quase naturais); manchas introduzidas (planejadas, iniciadas pelo homem, plantações, campos agrícolas, áreas construídas, dentre outros) e manchas efêmeras ou de transição (pequena duração, formadas por organismos e precisam apresentar uma extensão para serem consideradas manchas) (LANG e BLASCHKE, 2007).

A fragmentação da paisagem gera alterações físicas e biogeográficas e resulta em uma série de manchas de vegetação remanescentes rodeadas por uma matriz de diferentes vegetações ou usos. Os primeiros efeitos disso são a alteração no microclima dentro da mancha e em volta desta e o isolamento dessas áreas das manchas remanescentes. A substituição de uma área densamente vegetada por um plantio de grãos aumenta a radiação que chega ao solo, aumentando o albedo. Outra alteração é o vento, que, com a retirada da vegetação, pode variar de intensidade quando chega às áreas remanescentes. O fluxo de água também é alterado, pois a retirada de vegetação muda o regime de chuvas, altera a interceptação de água pela vegetação, a evapotranspiração e ainda pode aumentar o risco de enchentes e deslizamentos (SAUNDERS et al., 1991). O efeito de borda causa significativas reduções na vegetação nativa, populações de animais, altera a composição das comunidades, e altera os processos dos ecossistemas (COLLINGE, 1996). O desenvolvimento econômico de uma região geralmente faz com que a floresta se torne mais fragmentada e o risco de um incêndio aumenta, pois haverá mais bordas suscetíveis a incêndios, que serão expostas mais frequentemente ao fogo (COCHRANE et al., 2002). Em relação ao uso, áreas de agricultura são mais fragmentadas que áreas de pasto. Porém, os fragmentos remanescentes nas áreas de pasto tem forma mais irregular (CARVALHO, et al., 2009).

O estado de Rondônia sofreu e sofre intensamente com processos de ocupação e conversão de uso da terra desde a década de 70. Isso ocasionou um grave processo de fragmentação, que se segue até hoje. O município de Corumbiara, área mais antiga de colonização, já se encontra com grande parte de seu território coberto de pastagens e culturas, como soja e cana, restando vegetação nativa que ainda sofre processos de degradação. Já o município de Buritis, área de ocupação mais recente, sofreu processos mais intensos de degradação a partir de 2000. Esses processos se intensificaram em 2005 e continuam atuando até hoje. Estes dois municípios representam antigas e novas áreas de colonização que ainda sofrem alteração das paisagens e merecem um melhor entendimento acerca dessas alterações. Sendo assim, o uso de métodos de análise espacial para avaliar estes processos de fragmentação é fundamental em Rondônia (BATISTELLA e SOARES, 1999; COLSON et al., 2009).

Deste modo, o propósito desta pesquisa foi contribuir para o melhor entendimento dos processos de fragmentação da paisagem em dois municípios do estado de Rondônia: um localizado em áreas de colonização mais antiga (município de Corumbiara) e outro em áreas pioneiras ou frentes atuais de desmatamento (município de Buritis). O entendimento destes processos poderá contribuir para a tomada de decisões em relação à proteção de remanescentes de vegetação nativa e à adoção de políticas públicas para o controle do desmatamento na região.

1.1 Objetivo geral

Ampliar o entendimento sobre os processos de fragmentação da vegetação nativa em novas e velhas fronteiras de ocupação em Rondônia. Além disso, busca também maior conhecimento das consequências da ocupação e mudanças no uso da terra nas áreas de estudo.

1.2 Objetivos específicos

- Discutir e interpretar o resultado das métricas de paisagem;
- Comparação da dinâmica da paisagem entre duas regiões dentro da área de estudo, buscando compreender as principais diferenças de ocupação das velhas e novas fronteiras;
- Avaliar os efeitos da expansão do desmatamento sobre a dinâmica da paisagem na área de estudo.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

O estudo da fragmentação foi realizado no município de Corumbiara, antiga fronteira de ocupação, localizado na porção sul de Rondônia e no município de Buritis, nova fronteira de ocupação, localizado na porção norte de Rondônia, nos anos de 2000, 2005 e 2011. Estes municípios foram escolhidos pelo alto grau de ocupação antrópica ao longo do tempo, grande quantidade de pasto e de plantios de soja, combinados com fragmentos remanescentes de vegetação natural (FIGURA 3-1).

O município de Corumbiara tem área de 306.800 hectares e apresentava população de 4.186 habitantes no ano de 2000, e 8.778 habitantes em 2010 (IBGE, 2012). Desses 8778 habitantes, 6.930 não são naturais do município e 4.627 habitantes não são naturais do estado de Rondônia. Isso significa que metade dos habitantes de Corumbiara são de outros estados do Brasil e que grande parte desses habitantes migrou para Corumbiara nos últimos 10 anos. Cerca de 70% da população é rural.

O município de Buritis tem área de 327.300 hectares e apresentava população de 10.727 habitantes em 2000, e 32.383 habitantes em 2010. A população triplicou na última década, chegando a ter quatro vezes mais habitantes que o município de Corumbiara. Desses habitantes, 26.541 não são naturais do município e 15.334 não são naturais do estado. Isto significa que metade da população do município veio de outros estados do Brasil. A população rural representa 44% da população do município (IBGE, 2012).

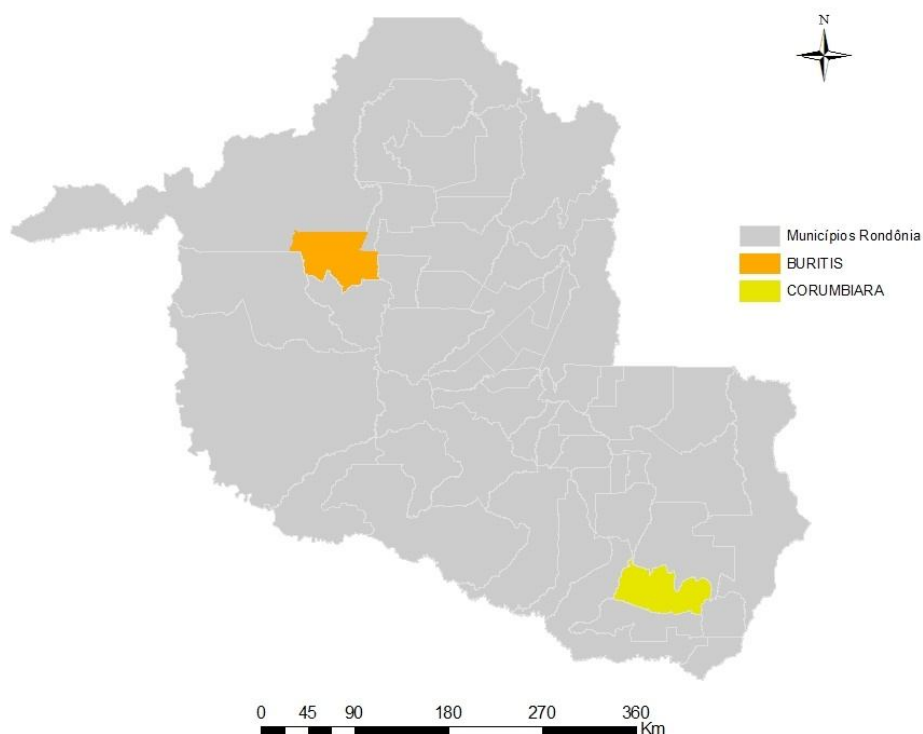


Figura 3-1- Municípios de Buritis e Corumbiara.

2.2 Imagens e dados utilizados

Três cenas Landsat 5 TM (bandas 1-5 e 7) dos anos de 2000, 2005 e 2011 foram utilizadas para o mapeamento do uso da terra na área de estudo, e também foi utilizada uma imagem SPOT 5 de 2008 (FIGURA 3-3) para avaliação da acurácia do mapeamento usando a imagem do satélite Landsat TM-5 de 2008 (TABELA 3-1).

Tabela 3-1 - Path/row e data das imagens utilizadas no estudo.

Órbita/ponto	DATA			
	2000	2005	2011	2008
Landsat 232/067	6 de julho	2 de junho	15 de maio	-
Landsat 230/069	8 de julho	4 de junho	18 de junho	-
Landsat 230/069	-	-	-	25 de abril
SPOT MI1913	-	-	-	abril

As cenas das imagens Landsat utilizadas no presente estudo foram a 232067 e a 230069 (FIGURA 3-2).

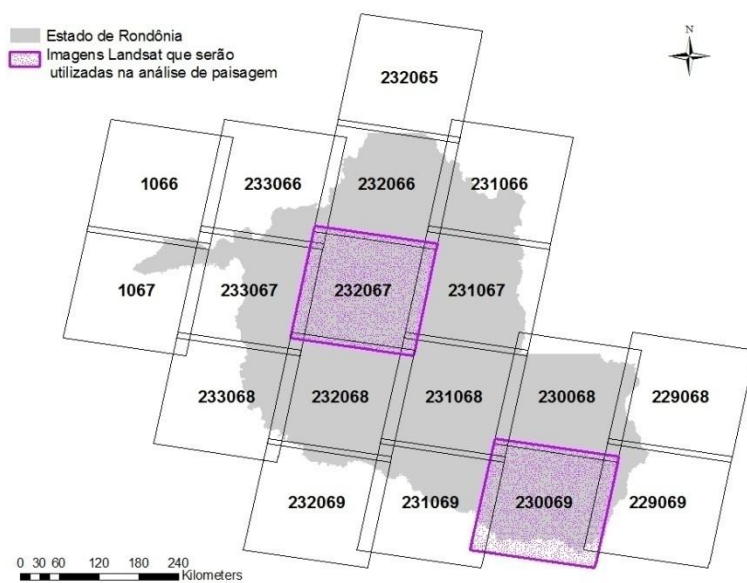


Figura 3-2 - imagens Landsat 5 TM utilizadas no estudo.

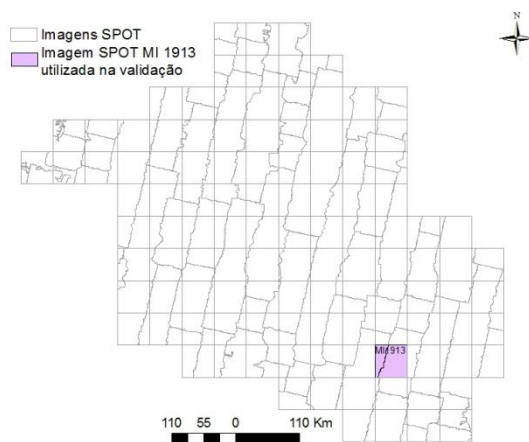


Figura 3-3- Imagem SPOT 5 utilizada na validação.

A hidrografia, solo, clima e outros *shapes* também foram utilizados para o processamento, classificação e cálculo de métricas das imagens (TABELA 3-2).

Tabela 3-2 - Dados, fonte, resolução utilizados no estudo.

Fonte	Tipo de dado	Dado	Data/Período	Escala/resolução
SEDAM	vetorial	Hidrografia		1:250.000
SEDAM	vetorial	Solos		1:250.000
SEDAM	vetorial	Clima		1:250.000
SEDAM	vetorial	Limite municípios		1:250.000
SEDAM	raster	Imagens SPOT 5	2008	5/2,5 m
INPE	raster	Imagem Landsat 5	2000, 2005, 2011	30 m
SEDAM	raster	Imagens SPOT 5		5/2,5 m

2.3 Correção radiométrica e geométrica

A calibração das imagens Landsat 5 TM foi realizada utilizando o *software* ENVI 4.5. Este programa possui ferramentas de pré-processamento de imagens Landsat em que são necessários parâmetros do satélite para obtenção de dados de radiância e/ou reflectância no topo da atmosfera. Os dados para calibração das imagens Landsat 5 TM foram obtidos do sítio da NASA, USGS. Os parâmetros utilizados incluem elevação do sol, $L_{máx}$ e $L_{mín}$ que o sensor capta e dados do dia/mês/ano em que foi coletada a imagem.

As imagens utilizadas foram submetidas a correções geométricas no *software* ENVI 4.5. As imagens foram georreferenciadas no sistema de projeção UTM, zona 20S e datum SAD 69. A ferramenta Registro foi usada para o georreferenciamento com seleção de 10 pontos de controle e interpolação por convolução cúbica.

2.4 Classificação supervisionada - *Maximum Likelihood*

A imagem foi submetida a uma classificação supervisionada. A classificação automática foi feita no *software* ERDAS, ferramenta *Maximum Likelihood*, com utilização de duas classes, floresta e não floresta. A classificação supervisionada é um dos procedimentos mais utilizados para análises quantitativas de imagens no sensoriamento remoto (RICHARDS e JIA, 2006). Na classificação supervisionada é importante que o analista tenha um conhecimento acerca da localização espacial de algumas amostras das classes de interesse, pois esta classificação se baseia no pressuposto de que cada classe

espectral pode ser descrita a partir de amostras fornecidas pelo analista. Neste caso foi utilizado o método probabilístico, cuja função descreve a probabilidade de um dado *pixel* pertencer a uma classe em função de sua localização no espaço n dimensional formando pelas bandas espectrais utilizadas na classificação (NOVO, 2008). A distribuição utilizada na classificação *Maximum Likelihood* é a normal (NOVO, 2008). Isto quer dizer que objetos pertencentes à mesma classe apresentarão resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe (RIBEIRO, et al., 2007). Esta classificação parte do princípio de que a classificação errada de um *pixel* não tem mais significado do que a classificação errada de qualquer outro *pixel* na imagem (RICHARDS e JIA, 2006). Além disso, esta classificação também considera a ponderação entre as médias dos valores dos *pixels* das classes utilizando parâmetros estatísticos. Finalmente, nesta classificação cada *pixel* é destinado à classe que apresenta a mais alta probabilidade, isto é, a máxima verossimilhança (MENESES e ALMEIDA, 2012).

2.5 Acurácia da classificação

As imagens Landsat 5 TM classificadas foram submetidas à análise de acurácia, com objetivo de avaliar a qualidade da classificação. Cem pontos foram aleatorizados na imagem classificada utilizando a ferramenta *create random points* e, em seguida, foram extraídos os dados da imagem classificada utilizando a ferramenta *zonal statistics as table* (*software* Arcgis). Com a imagem SPOT 5 esses dados foram processados no *software* ERDAS a partir da ferramenta *Accuracy Assessment*, que reportou a acurácia global, kappa, acurácia do produtor e do usuário.

2.6 Métricas de paisagem

O filtro *Majority* foi utilizado em ambiente Arcgis 9.3, com grade de oito *pixels*, objetivando remover ruídos e homogeneizar a imagem classificada. O município foi recortado utilizando seu limite e em seguida foi realizado o cálculo das métricas (TABELA 3-3) utilizando para isso a ferramenta *Patch grid*, extensão do programa Arcgis 9.3.

Para o melhor entendimento a metodologia utilizada foi organizada em um fluxograma que apresenta todas as ferramentas utilizadas (FIGURA 3-4).

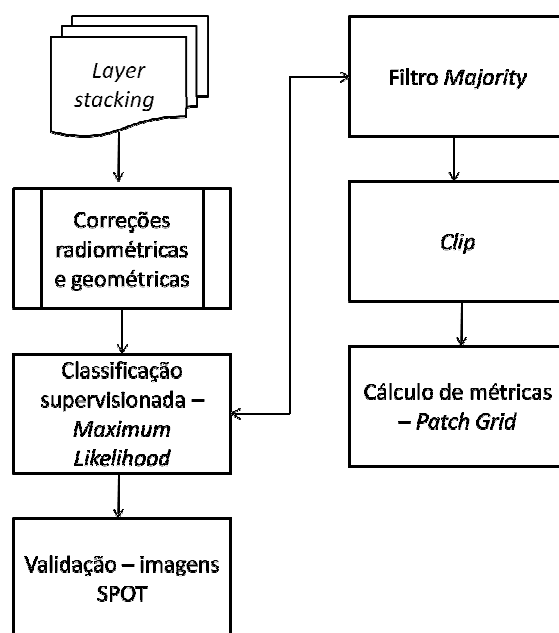


Figura 3-4 - Esquema da metodologia utilizada nos cálculos de métricas.

Tabela 3-3 -Métricas utilizadas e sua respectiva função.

Métrica	Sigla	Função
Área da classe (CA) (ha)	CA	Soma das áreas de todas as manchas pertencentes à mesma classe
Número de manchas (NumP)	NumP	Número de fragmentos da classe
Porcentagem da paisagem (ZLAND)	ZLAND	Porcentagem da classe na paisagem total
Média do tamanho da mancha (MPS) (ha)	MPS	Média do fragmento da mancha na classe ou paisagem
Desvio-padrão do tamanho da mancha (PSCOV)	PSCOV	Mede a variabilidade do tamanho da mancha em relação ao tamanho médio.
Total de bordas (TE) (m)	TE	Perímetro total das manchas na classe ou paisagem
Densidade de bordas (ED) (m/ha)	ED	Densidade da borda em relação à área total da classe ou paisagem
Média do vizinho mais próximo (MNN) (m)	MNN	Medida de isolamento da mancha (menor distância entre uma mancha similar)
Índice de proximidade média (MPI)	MPI	Medida do grau de isolamento e fragmentação (aumenta o isolamento com a diminuição do índice)
Total de áreas núcleo (TCA)	TCA	Medida do tamanho da área-núcleo remanescente.
Média de áreas núcleo (MCA)	MCA	Média das áreas núcleo remanescentes.

Densidade de áreas núcleo (CAD) (áreas núcleo/ha)	CAD	Número de áreas-núcleo por hectare.
Índice de áreas núcleo total (TCAI)	TCAI	Percentual de uma mancha tomado pela área-núcleo.
Desvio padrão do tamanho da mancha (PSSD) (ha)	PSSD	Desvio padrão das áreas das manchas, dado em hectares

A partir do cálculo das métricas dos dois municípios da área de trabalho foram realizadas comparações em relação ao retalhamento e remanescentes de floresta nativa, além da mudança dos usos do solo ao longo do período de 2000 a 2011.

3 Resultados e Discussão

3.1 Acurácia da classificação

O modelo foi capaz de classificar corretamente 78,1% da vegetação, subestimando 27% da área de vegetação nativa e superestimando 11% dos outros tipos de usos da terra (TABELA 3-4). A maior parte dos erros de subestimação parece estar relacionada à grande presença de nuvens na imagem, o que inviabilizou a classificação em determinados pontos. Contudo, não ocorreram erros de omissão (subestimação) para outros usos da terra e nem erros de comissão (superestimação) para vegetação nativa. O classificador obteve acurácia global de 91%, o que é considerado um excelente resultado para classificação digital de imagens.

A acurácia do produtor indica a probabilidade de um *pixel* de referência ter sido corretamente classificado (CONGALTON, 1991). Esta acurácia atingiu valor de 72.73% para vegetação, pois nove pontos de outros usos foram considerados como sendo vegetação. A acurácia do produtor para outros usos foi 100%, indicando que todos os pontos de referência foram classificados corretamente.

A acurácia do usuário indica a probabilidade de um *pixel* classificado no mapa representar a categoria no solo (CONGALTON, 1991). A acurácia do usuário apresentou valor de 100% para vegetação. A acurácia do usuário para outros usos atingiu 88.16%, devido a nove pontos que representavam outros usos serem classificados como vegetação. Estes erros se devem principalmente à grande cobertura de nuvens presente na imagem.

Tabela 3-4 - Acurácia da classificação.

	Imagem referência			Acurácia do Produtor	Acurácia do Usuário	
	vegetação	Outros usos	Total			
Imagem Classificada	vegetação	24	0	24	72.73%	100%
	Outros usos	9	67	76	100%	88.16%
	Total	33	67	100		
	Erros de omissão	27%	0%			
	Erros de comissão	0%	11%			
	Estatística do Kappa	1.0	0.64			
	Kappa geral	78.1%				
	Acurácia geral da classificação	91%				

3.2 Estudo da paisagem no município Corumbiara

A classificação em *floresta* e *não floresta* do município de Corumbiara (RO) revelou o aumento da degradação ao longo dos anos, a qual foi maior no período de 2000 a 2005 (TABELA 3-5, FIGURA 3-5). O número de fragmentos (Nump) classificados como *floresta* aumentou do ano de 2000 ao ano de 2005 (de 7157 a 7780) e a classe (CA) da floresta (FIGURA 3-8) e o tamanho médio da mancha (MPS) (FIGURA 3-6) diminuíram neste mesmo período de 122.414ha a 111.443ha e 17,10ha a 14,32ha respectivamente (TABELA 3-5). A floresta foi fragmentada e diminuída, sendo substituída por outros usos (*não floresta*), tais como o pasto e a soja. O número de fragmentos da classe *não floresta* diminuiu de 2.602 para 2.085 pois os fragmentos deste uso são conectados, o que implica numa diminuição do número de manchas e num aumento da área e do MPS desta mesma classe, passando de 165.960ha para 196.139ha e 63,78ha para 94,07ha respectivamente. No período de 2011, o número de manchas da classe *floresta* diminuiu ainda mais, agora para 6.865 e sua área também diminuiu para 104.340ha. Tais resultados indicam que grande parte destes remanescentes foi substituído por outros usos, considerando o aumento no número de fragmentos da classe *não floresta* (2.463), além do seu incremento em área (203.569 ha) (FIGURA 3-5).

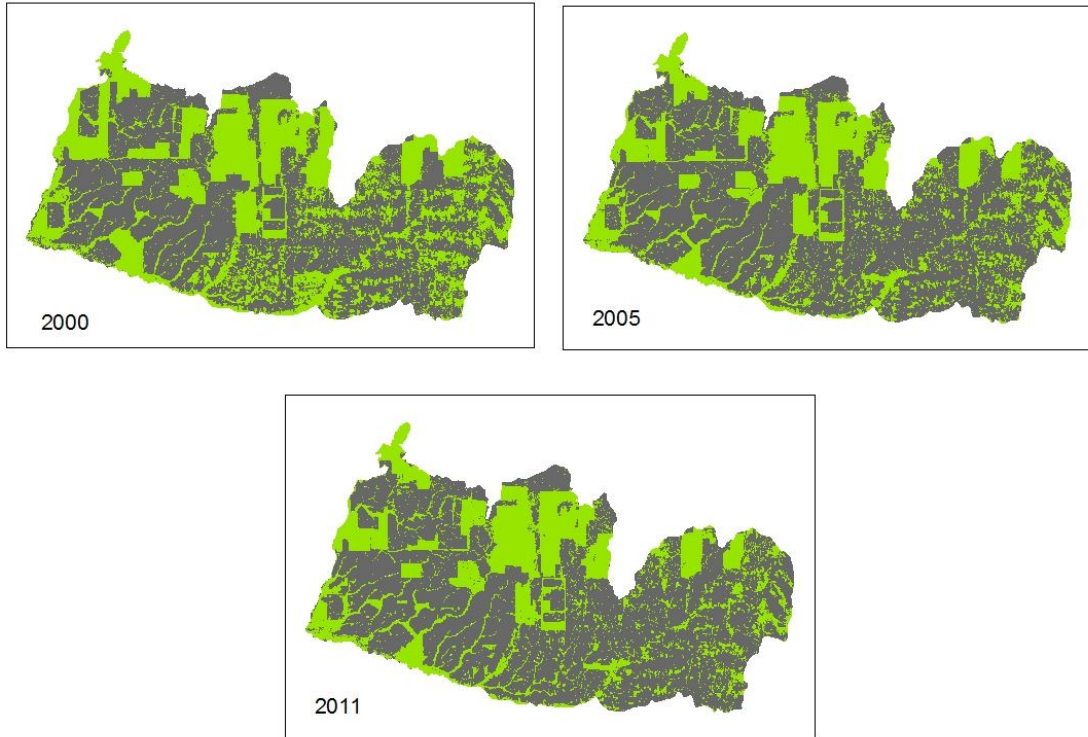


Figura 3-5 - Classificação das áreas de floresta e não floresta do município de Corumbiara - RO nos anos de 2000, 2005 e 2011.

Tabela 3-5- Métricas de análise de classe e paisagem para o município de Corumbiara - RO, anos 2000, 2005 e 2011.

Classe (2000)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	47,06	252326,24	88	186	144975	7	9474,30	32,85	29,55	9759	4747,75	1402,94	0	0
Floresta	29,16	105174,28	86	125	25524	72	9294,96	32,23	17,10	7157	3064,70	524,19	42,45	122414
Não floresta	83,85	147151,96	89	61	473536	68	9228,09	32,00	63,78	2602	4035,38	2573,83	57,55	165960
Classe (2005)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	50,20	270622,35	88	175	165413	7	9466,77	30,78	31,18	9865	5988,21	1867,07	0	0
Floresta	23,67	94082,22	84	129	15815	77	9263,04	30,12	14,32	7780	3188,73	456,76	36,23	111443
Não floresta	124,59	176540,13	90	46	723624	61	9231,48	30,01	94,07	2085	4213,37	3963,59	63,77	196139
Classe (2011)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	56,86	272663,82	89	156	178207	8	8980,02	29,16	33,01	9328	6055,99	1999,03	0	0
Floresta	24,32	87691,95	84	117	14370	82	8753,76	28,43	15,20	6865	3143,99	477,85	33,89	104340
Não floresta	155,57	184971,87	91	39	634860	71	8766,96	28,47	82,65	2463	4606,33	3807,17	66,11	203569

*MCA = média de áreas núcleo, TCA = total de áreas núcleo, TCAI = Índice de áreas de núcleo total, CAD = densidade de áreas núcleo, MPI = Índice médio de proximidade, MNN = média do vizinho mais próximo, TE = total de bordas, ED = densidade de bordas, MPS = média do tamanho da mancha, NUMP = número de fragmentos, PSCOV = desvio-padrão do tamanho da mancha, PSSD = desvio padrão do tamanho da mancha, ZLAND = porcentagem da paisagem, CA = área da classe.

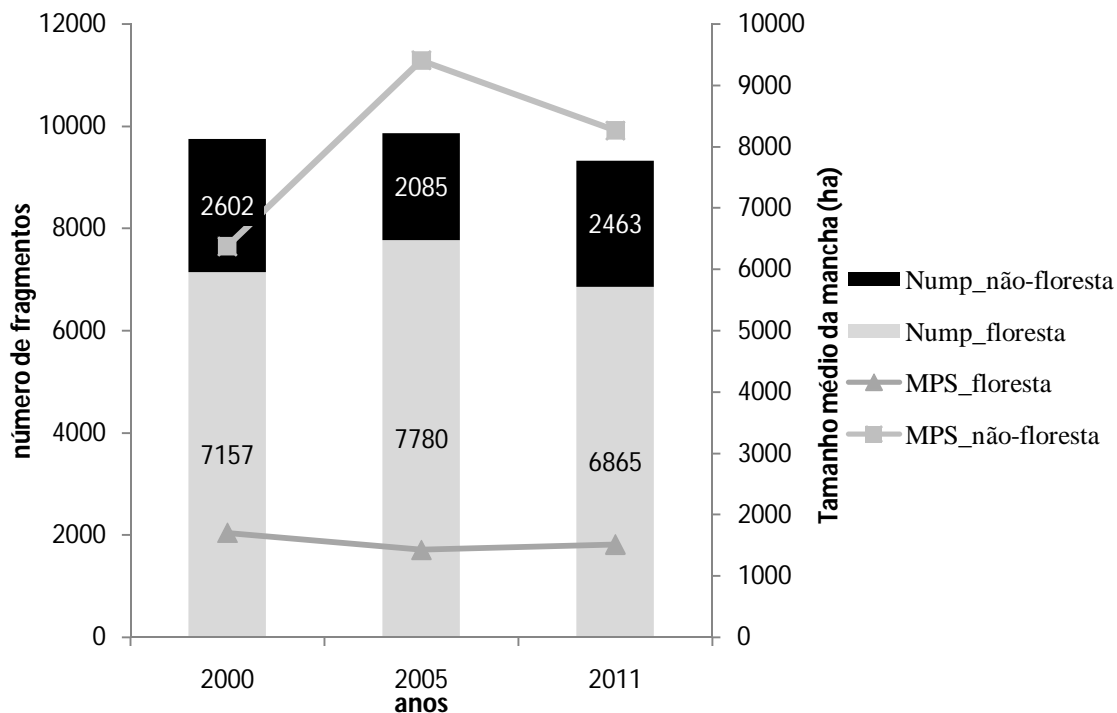


Figura 3-6 - Métricas número de fragmentos (NumP, colunas) e tamanho médio da mancha (MPS, linhas) por ano (2000, 2005 e 2011).

Os resultados das métricas da paisagem mostram num primeiro momento o aumento da fragmentação da vegetação natural e depois a perda destes fragmentos. O número de manchas para a *floresta* aumenta do ano de 2000 para o ano de 2005 e diminui no ano de 2011 (FIGURA 3-6). A floresta, em um primeiro momento, é fragmentada em pequenas manchas e, em seguida, essas pequenas manchas são tomadas por outros usos. A área ocupada pelos habitats naturais e por espécies afetadas negativamente pelo homem está encolhendo as expensas de áreas ocupadas pelo homem e de espécies que o beneficiam (DIAMOND, 1975). Além disso, áreas ocupadas por habitats contínuos e por espécies intolerantes ao homem estão sofrendo fragmentação em manchas disjuntas (DIAMOND, 1975). O tamanho médio da mancha de *floresta* diminui do ano de 2000 para 2005, devido à perda de área da classe. Essa diminuição do tamanho médio da mancha diminui a conectividade de manchas e aumenta a suscetibilidade do ambiente. O tamanho do maior fragmento para a classe de *floresta* também foi alterado. Em 2000 era de 35567,60 hectares passando para 33367,46 em 2005 e 32563,59 hectares em 2011. Quanto menor o tamanho do remanescente, maior será a influência de fatores externos na mancha, o que faz com que a dinâmica dos ecossistemas de manchas menores seja influenciado predominantemente por forças externas (SAUNDERS et al., 1991). Uma mancha maior

pode contar todos os habitats que poderiam ocorrer em uma região, diferente de manchas menores.

Ocorre um aumento no tamanho médio das manchas de *não-floresta* no período 2000-2005 e uma diminuição no ano de 2011, combinado com uma diminuição no número de fragmentos no período 2000-2005 e aumento no ano de 2011. O aumento no número de manchas é explicado pela degradação da floresta e sua diminuição é explicada pela conexão com manchas vizinhas (assim como o tamanho médio das manchas), diminuindo assim o número de fragmentos da classe.

A variação no tamanho dos fragmentos foi alta, devida a uma diversidade no tamanho das manchas de vegetação. Esta diversidade de tamanhos foi ainda maior para a classe *não-floresta*, pois engloba diferentes coberturas, aumentando a diferença de tamanho de suas manchas.

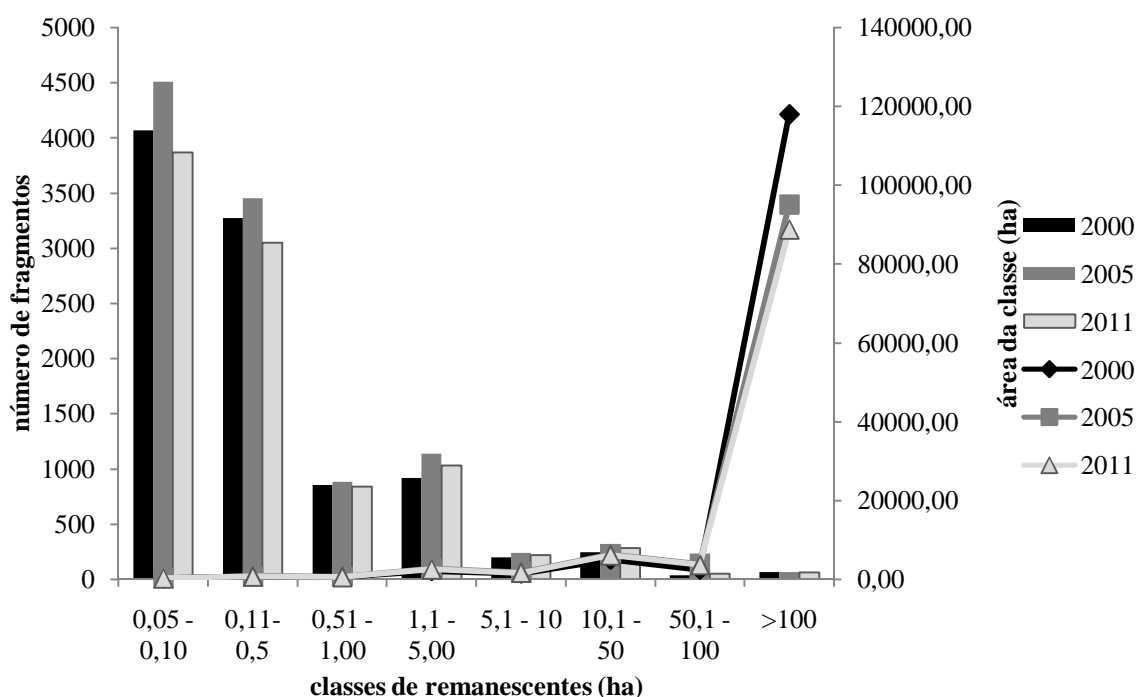


Figura 3-7 - Número de fragmentos por classe de remanescentes (colunas) e área total de cada classe de remanescentes (linhas) nos anos 2000, 2005 e 2011.

Os remanescentes de menor área são os mais frequentes na paisagem, porém de menor área total da classe, e revelam um aumento em seu número do ano de 2000 para o ano de 2005, com diminuição em 2011 (FIGURA 3-7). Esse aumento é explicado pela fragmentação da paisagem e a diminuição dos fragmentos no ano de 2011 pela substituição desses fragmentos por outros usos da floresta. Fragmentos de tamanhos menores estão mais sujeitos à extinção de espécies, pois, quanto menor o tamanho do fragmento, menor

será sua capacidade de suporte e menor será sua população (DIAMOND, 1975). Isso ocorre devido à limitação de recursos presentes (DIAMOND, 1975). Os remanescentes de maior área são menos frequentes, porém possuem maior área total da classe. Esta área total da classe dos maiores remanescentes diminui ao longo da década, com maior intensidade entre 2000 e 2005, diminuindo significativamente entre 2005 e 2011 (FIGURA 3-7). A fragmentação da Amazônia no ano de 2006 aumentou apenas em dados relativos mas não absolutos, pois ocorreu redução de desmatamento de grandes polígonos (acima de 100 ha), que representavam 40% do desmatamento total no ano de 2002, com a manutenção de desmatamentos menores, de 50ha (PPCDAM, 2009). Essa redução aumentou a importância dos desmatamentos menores, como é o caso dos desmatamentos ocorridos entre 2000 a 2011 no município de Corumbiara. Ou seja, muitas regiões como o município de Corumbiara tinham boa parte de seu território desmatada e, mesmo assim, continuaram a ter redução em suas áreas de vegetação nativa, agora em menores proporções, porém não menos importante, pois pouco resta de florestas nestas regiões.

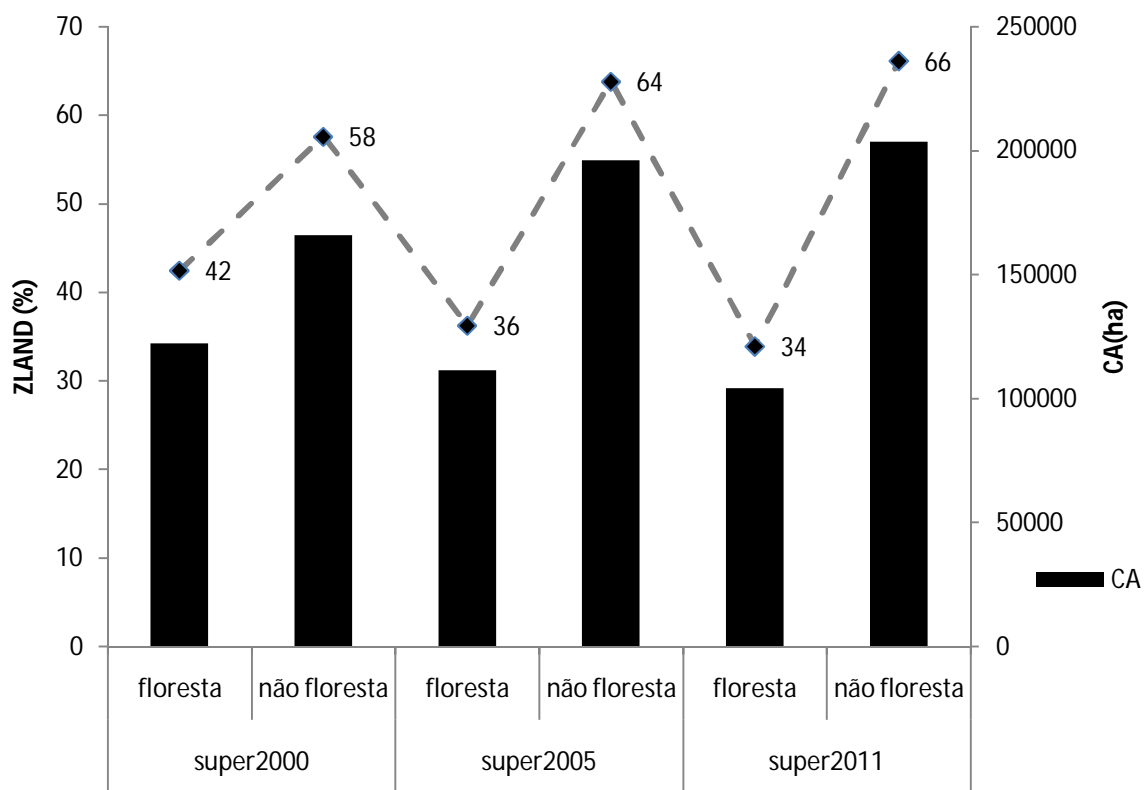


Figura 3-8 - Área da classe (CA) e porcentagem da paisagem (ZLAND) por ano (2000, 2005 e 2011).

No município ocorreu um aumento da área e da porcentagem na paisagem da classe *não floresta*, bem como um decréscimo da área e da porcentagem da classe *floresta*, confirmando a mudança de uso da floresta ao longo dos anos (FIGURA 3-8).

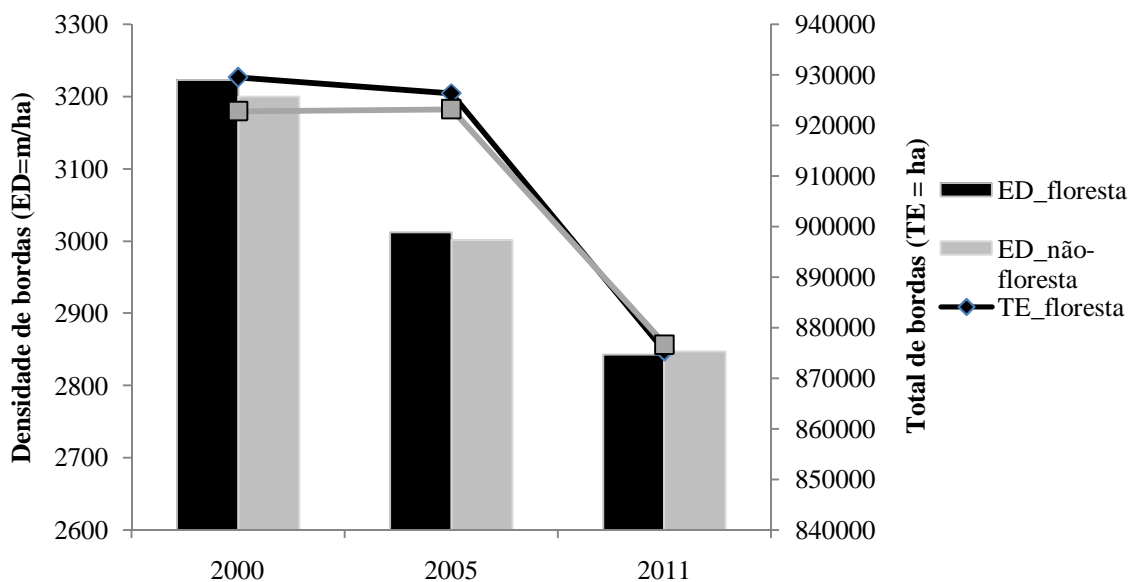


Figura 3-9 - Densidade de bordas (ED) e total de bordas (TE) por ano 2000, 2005 e 2011.

A soma das bordas (TE) (FIGURA 3-9) da classe *não floresta* diminuiu ao longo dos anos, o que pode ser explicado pelo aumento da área desta classe, levando ao aumento da conexão de seus fragmentos, diminuindo assim, suas bordas. A soma das bordas da classe *floresta* diminuiu ao longo dos anos e isso é explicado pela diminuição da área da classe, levando à diminuição de suas bordas no geral. O mesmo pode ser descrito para a densidade de bordas (ED). Uma elevada densidade de bordas pode representar alto grau de complexidade da paisagem, visto positivamente (LANG e BLASCHKE, 2007). Porém, no caso estudado sabe-se que estes valores representam um fator de fragmentação ou retalhamento do local, com consequências negativas para a conservação da biodiversidade na paisagem de estudo.

O índice médio de forma (MSI) indica o quão compactas são as manchas em comparação com uma circunferência de área igual (LANG e BLASCHKE, 2007) e não sofreu grandes alterações em relação às classes e aos anos estudados. Valores altos podem ser considerados vantajosos quando a forma irregular for privilegiada (LANG e BLASCHKE, 2007). Os valores de MSI tanto para classe *floresta* quanto para a classe *não floresta* variaram entre 1,2 e 1,3.

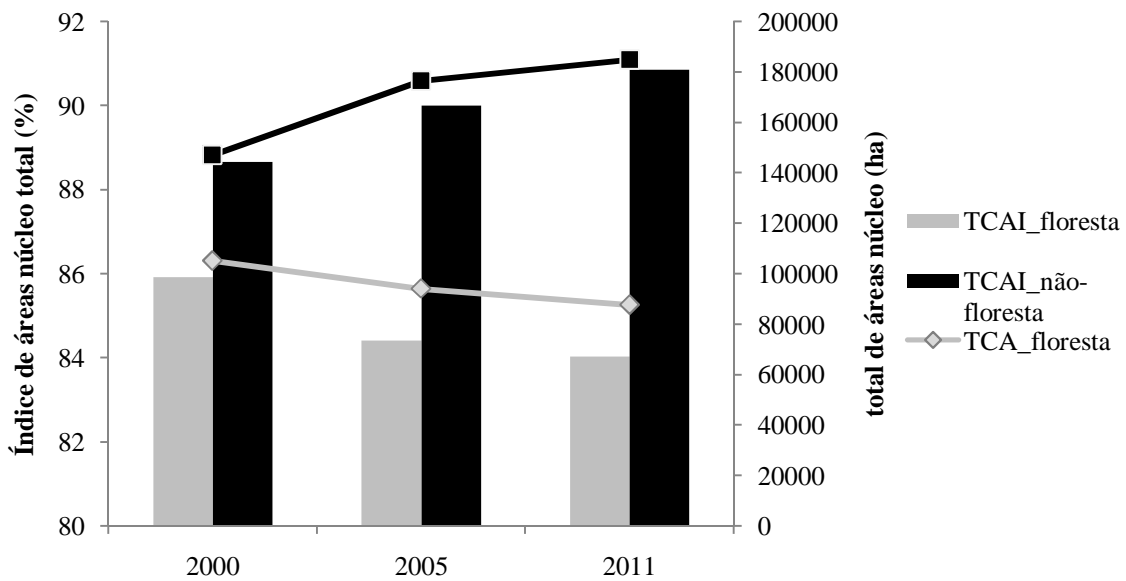


Figura 3-10 - Total de áreas-núcleos (TCA) e Índice total de áreas-núcleo (TCAI).

As áreas-núcleo representam espaços internos de unidades espaciais, onde predominam condições diferentes das bordas. A construção dessas áreas-núcleo é realizada por meio do cálculo de uma área de amortecimento direcionado para dentro da mancha. Observa-se uma diminuição do TCA para classe *floresta* e um aumento do mesmo para a classe *não floresta*, confirmando a diminuição dos fragmentos de floresta e um aumento de outros usos (FIGURA 3-10). Essa diminuição de áreas-núcleo pode ter consequências negativas para o ecossistema presente nas manchas, tornando-as mais suscetíveis aos efeitos de borda. De 2005 para 2011 ocorreu uma diminuição sutil para a classe *floresta*, indicando que a maior alteração ocorreu entre 2000 e 2005. O mesmo raciocínio pode ser tomado para o TCAI.

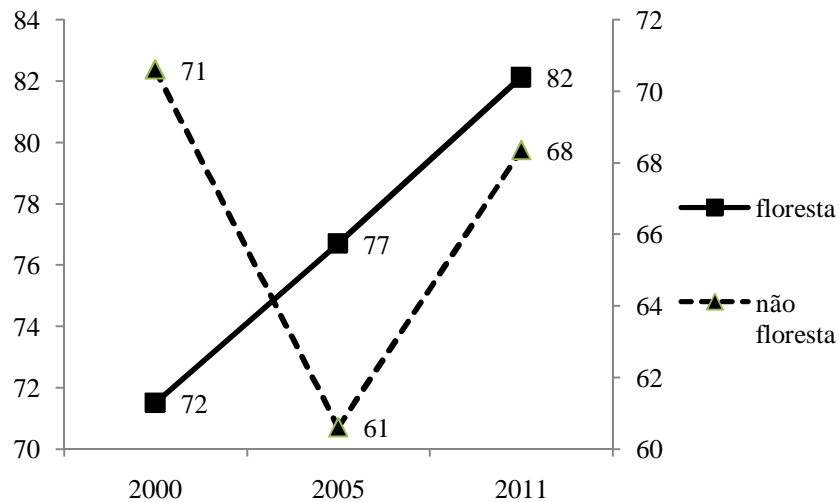


Figura 3-11 - Menor distância do vizinho (MNN).

A distância ao vizinho mais próximo (FIGURA 3-11) é uma medida de isolamento da mancha, medindo a menor distância de uma mancha individual de uma mancha similar. O MNN é a média destas distâncias para classes individuais (nível de classes) e a média das menores distâncias dos vizinhos na paisagem. Para a classe de *floresta*, esta métrica cresceu ao longo dos anos; já para a classe *não floresta* esta métrica diminuiu no período de 2000-2005 e aumentou no período de 2005-2011. O aumento no isolamento das manchas de vegetação é previsto e coerente, devido aos processos de fragmentação e degradação que a floresta sofreu ao longo dos anos. Já a diminuição da métrica MNN para a classe *não floresta* ocorreu porque com a degradação de fragmentos da *floresta* e transformação em *não floresta*, as distâncias entre os fragmentos destes usos foram diminuídas. O grau de isolamento da mancha interfere na quantidade de espécies que esta mancha abrigará, pois quanto maior o isolamento da mancha, menor a imigração de espécies de outras manchas (DIAMOND, 1975).

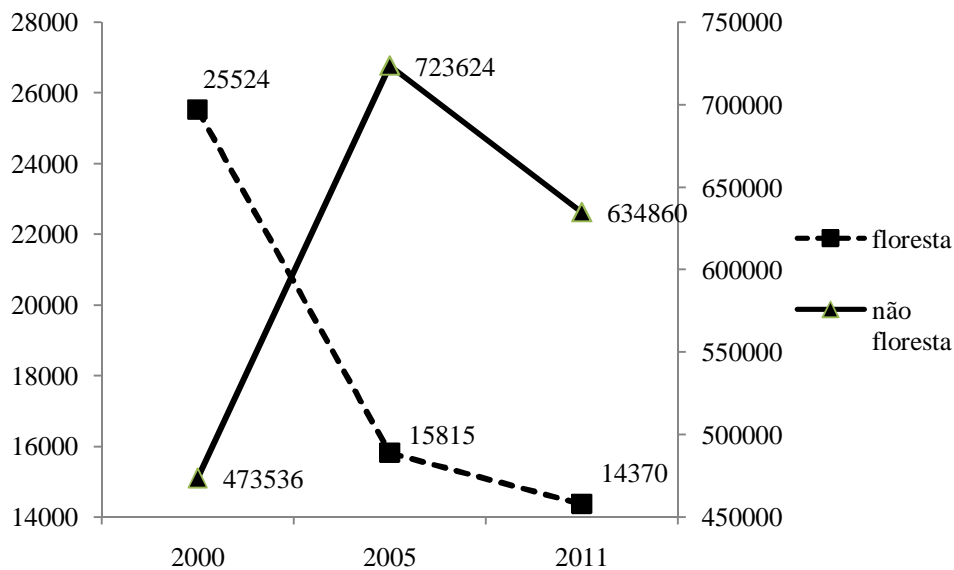


Figura 3-12 - Índice médio de proximidade (MPI).

O índice médio de proximidade (MPI) (FIGURA 3-12) mede a proximidade de uma mancha de outras manchas da mesma classe. É considerado uma medida de descontinuidade do ambiente e leva em conta a área que a mancha ocupa. É um índice adimensional e inverso, pois o isolamento da mancha diminuiu com o seu aumento (RABELLO e MONTEIRO, 2012). No presente estudo foi considerada uma distância de 10000ha para o encontro de manchas vizinhas de mesma classe. Ocorreu uma diminuição do índice para a classe *floresta* ao longo dos anos (FIGURA 3-12), atestando que os fragmentos da floresta se tornaram mais isolados ao longo dos anos. Para a classe *não floresta* ocorreu um aumento (período 2000-2005), diminuindo o isolamento das manchas de *não floresta* (pelo aumento da conectividade dessas áreas com a degradação dos fragmentos da classe *floresta*). O isolamento aumenta o risco de incêndios em fragmentos remanescentes de floresta, já que há aumento de sua borda, além da presença de usos que podem provocar incêndios (COCHRANE et al., 2002).

3.3 Estudo da paisagem - município Buritis

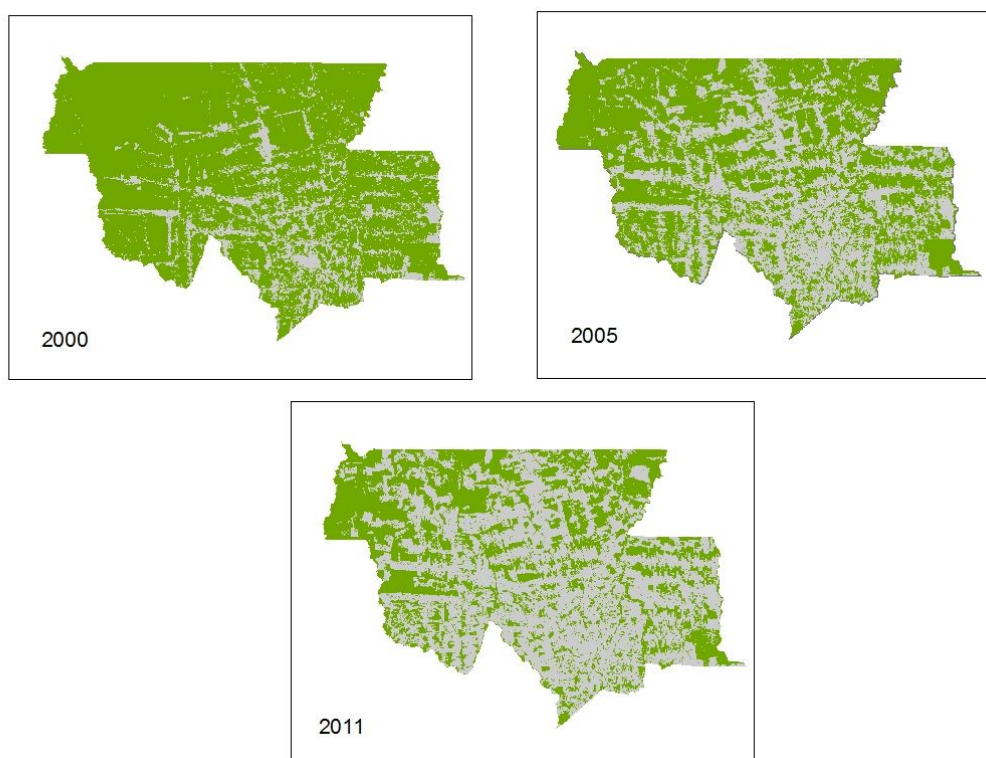


Figura 3-13 - Classificação em floresta e não floresta para o município de Buritis (RO), nos anos 2000, 2005 e 2011.

No município de Buritis ocorreu uma grande alteração do uso do solo durante a última década (FIGURA 3-13). O número de fragmentos e a área da classe *não floresta* aumentaram entre os anos de 2000 e 2005 (de 7114 para 13912 fragmentos; de 53388,11 ha para 131379,03 ha, respectivamente) (TABELA 3-6). Esse aumento deve-se ao aumento da degradação, diminuindo a área de floresta (de 250589,57 ha para 192794,85 ha). Além disso, ocorreu um aumento significativo de fragmentos de floresta, (de 3823 passou para 15388 fragmentos) (FIGURA 3-14). Em 2011 houve uma diminuição no número de fragmentos da classe *não floresta* (4617). Isso ocorreu pela união dos fragmentos de *não floresta* que substituíram os fragmentos da classe *floresta*. Este fato também pode ser observado pela diminuição dos fragmentos da classe de *floresta*, que passaram para 11375. Neste mesmo ano a área da classe *não floresta* aumentou para 184630,77 ha e área da classe floresta diminuiu para 139354,11 ha, comprovando a diminuição da área de floresta, (FIGURA 3-15).

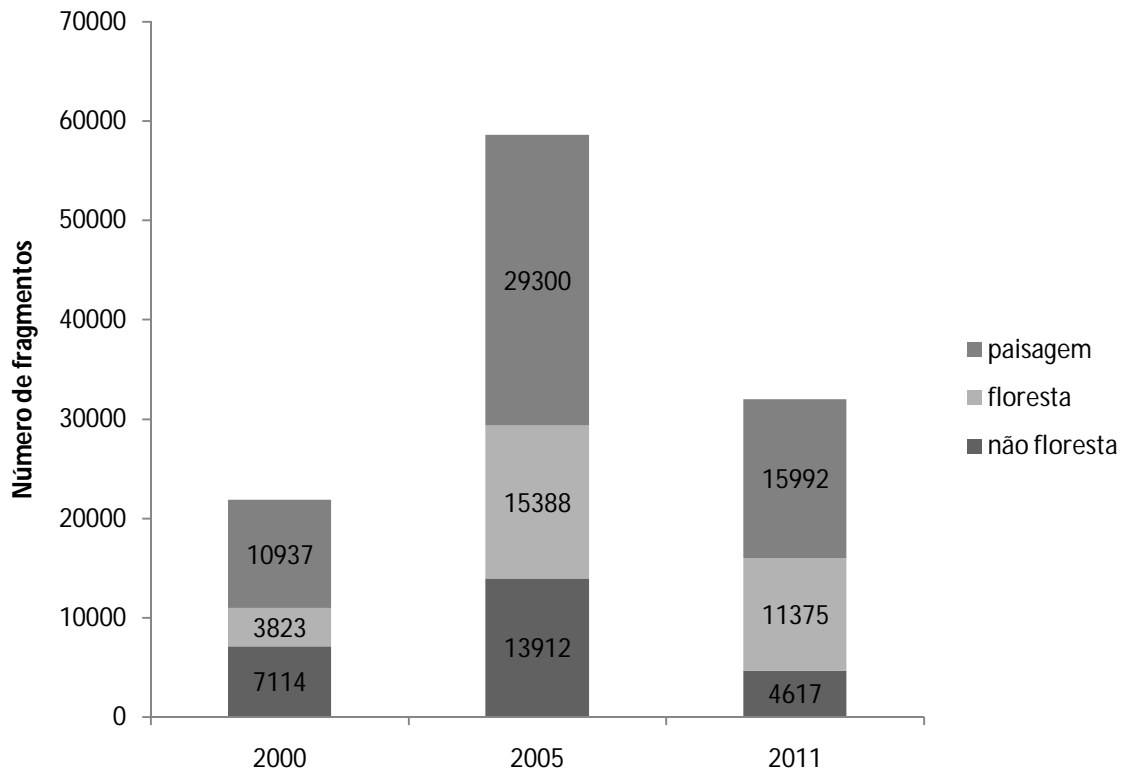


Figura 3-14 - Número de fragmentos para os anos de 2000, 2005 e 2011.

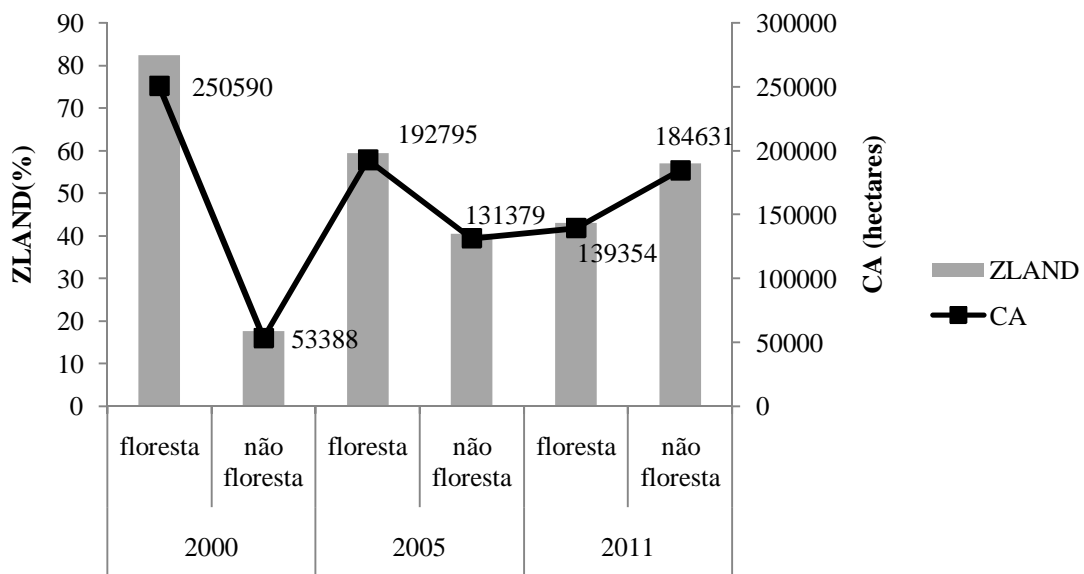


Figura 3-15- Área da classe (CA) e proporção da classe na paisagem (ZLAND).

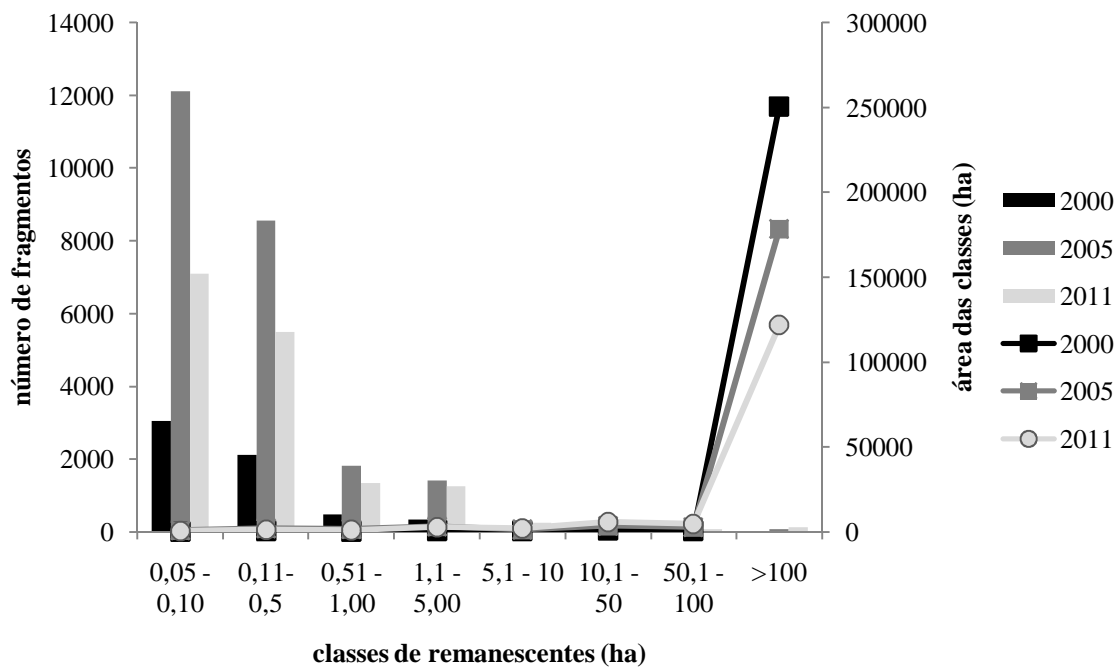


Figura 3-16 - Número de fragmentos por classe de remanescentes (colunas) e área total de cada classe de remanescentes (linhas).

Houve um aumento significativo no número de fragmentos com menor área (0,05 - 0,10 ha; 0,11 a 0,5 ha) no ano de 2000 para 2005, com perda de 2011 (devido à conversão dos fragmentos de floresta para outros usos) (FIGURA 3-16). Fragmentos de menor área são os mais frequentes, apesar de somarem menor área na paisagem. Grandes fragmentos (acima de 100 ha) somam grandes áreas, mas diminuíram significativamente ao longo da última década (FIGURA 3-16). O tamanho do maior fragmento para a classe *floresta* apresentou significativa redução ao longo dos anos, de 240.168,32 em 2000, 72.184,11 hectares em 2005 e 30.849,87 hectares em 2011.

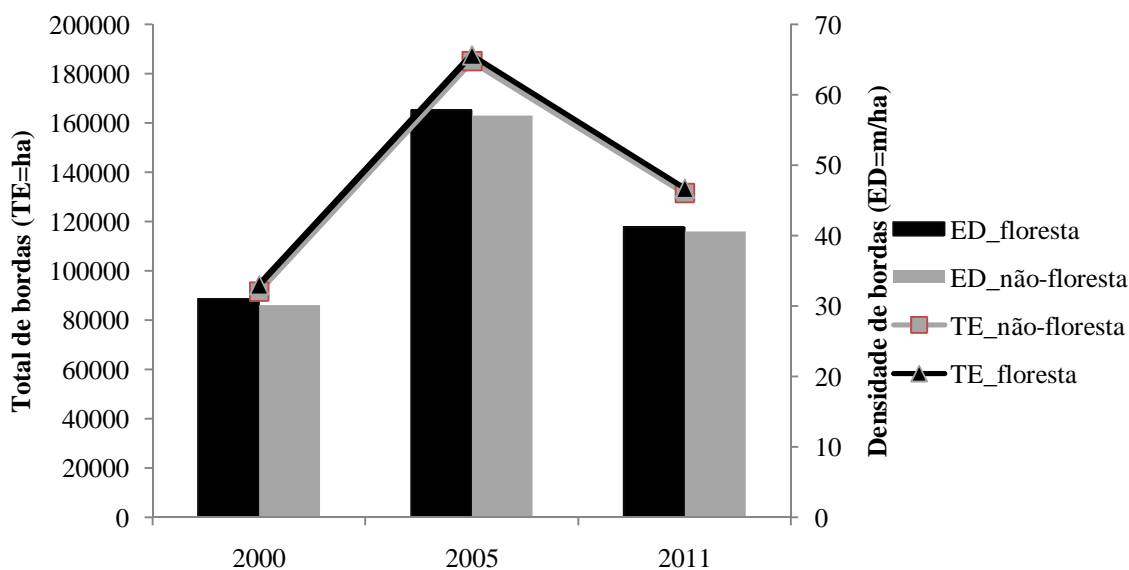


Figura 3-17 - Total de bordas (TE) e Densidade de bordas (ED).

O total de bordas (FIGURA 3-17) da classe *floresta* aumentou entre 2000 e 2005, caindo em 2011, devido a um aumento no número de fragmentos da floresta, aumentando o número de bordas. A queda do total de bordas em 2011 é resultado da conversão desses fragmentos de floresta em *não floresta*. Neste caso o aumento do número de bordas é resultado de processos de fragmentação e substituição dos usos. A conversão de habitats contínuos para habitats remanescentes aumenta o tamanho da borda entre fragmentos e seus habitats em volta (COLLINGE, 1996), criando graves mudanças no microclima dos fragmentos remanescentes, causadas pelo efeito de borda (vento, umidade e luminosidade). Para a classe *não floresta* ocorre o mesmo processo por razões diferentes. Neste caso há um aumento (2000-2005) e posterior diminuição (2005-2011) do número de bordas porque ocorre conexão entre os fragmentos de *floresta* que passaram para a classe *não floresta*, diminuindo assim o número de fragmentos e, em consequência, diminuindo o número de bordas. A densidade de bordas segue o mesmo raciocínio que o total de bordas para as duas classes.

Tabela 3-6 - Métricas calculadas para o município de Buritis, nos anos de 2000, 2005 e 2011.

Classe (2000)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	201,74	138392,35	45,53	23	420062,97	7,16	95001	31,25	27,79	10937	8389,44	2331,72	0	0
Floresta	277,36	135904,17	54,23	16	1181544,40	47,68	943622	31,04	65,55	3823	6005,40	3936,41	82,44	250589,57
Não floresta	12,69	2488,18	4,66	6	10849,65	84,41	91763	30,19	7,50	7114	2324,71	174,46	17,56	53388,11
Classe (2005)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	48,08	61878,87	19,09	40	180630,19	5,56	188220	58,06	11,06	29300	6937,97	767,61	0	0
Floresta	85,94	53886,24	27,95	19	135108,48	50,29	187456	57,83	12,53	15388	6126,22	767,55	59,47	192794,85
Não floresta	12,11	7992,63	6,08	20	230981,56	61,37	184979	57,06	9,44	13912	8129,14	767,68	40,53	131379,03
Classe (2011)	MCA	TCA	TCAI	CAD	MPI	MNN	TE	ED	MPS	NUMP	PSCOV	PSSD	ZLAND	CA
Paisagem	40,92	66367,17	20,48	50	140532,95	6,71	134492	41,51	20,26	15992	5934,00	1202,18	0	0
Floresta	82,69	38200,77	27,41	14	20191,42	68,70	133408	41,18	12,25	11375	3237,44	396,62	43,01	139354,11
Não floresta	24,28	28166,40	15,26	36	437020,92	63,01	131576	40,61	39,99	4617	5373,70	2148,91	56,99	184630,77

*MCA = média de áreas núcleo, TCA = total de áreas núcleo, TCAI = Índice de áreas de núcleo total, CAD = densidade de áreas núcleo, MPI = Índice médio de proximidade, MNN = média do vizinho mais próximo, TE = total de bordas, ED = densidade de bordas, MPS = média do tamanho da mancha, NUMP = número de fragmentos, PSCOV = desvio-padrão do tamanho da mancha, PSSD = desvio padrão do tamanho da mancha, ZLAND = porcentagem da paisagem, CA = área da classe.

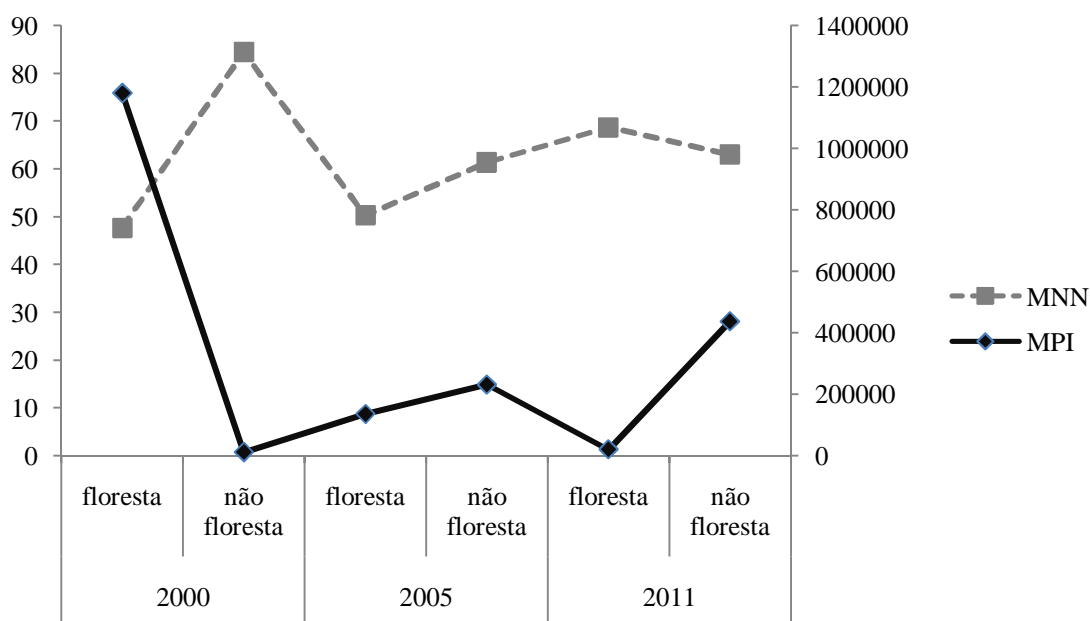


Figura 3-18 - Índice médio de proximidade (MPI) e Menor distância do vizinho (MNN).

O aumento da menor distância do vizinho para a classe *floresta* (FIGURA 3-19) durante a década analisada se deve aos efeitos da fragmentação e substituição de usos desta classe, o que leva a um isolamento cada vez maior das manchas da mesma classe. O mesmo raciocínio pode ser aplicado para o índice médio de proximidade, onde a classe *floresta* diminuiu ao longo da década, indicando aumento no isolamento das manchas de mesma classe. Esse isolamento das manchas é prejudicial para movimentação de plantas e animais, podendo dificultar a conexão entre os habitats, diminuindo a riqueza e composição de espécies (COLLINGE, 1996).

A classe não floresta apresentou uma diminuição da menor distância do vizinho (2000-2005), o que representa um aumento na conectividade dos fragmentos devido à substituição dos fragmentos de *floresta* pelos de *não floresta*, conectando as áreas de *não floresta*. O mesmo ocorre para o índice médio de proximidade, que apresentou aumento entre 2000 e 2011, indicando diminuição do isolamento das manchas desta classe.

Perda de Floresta

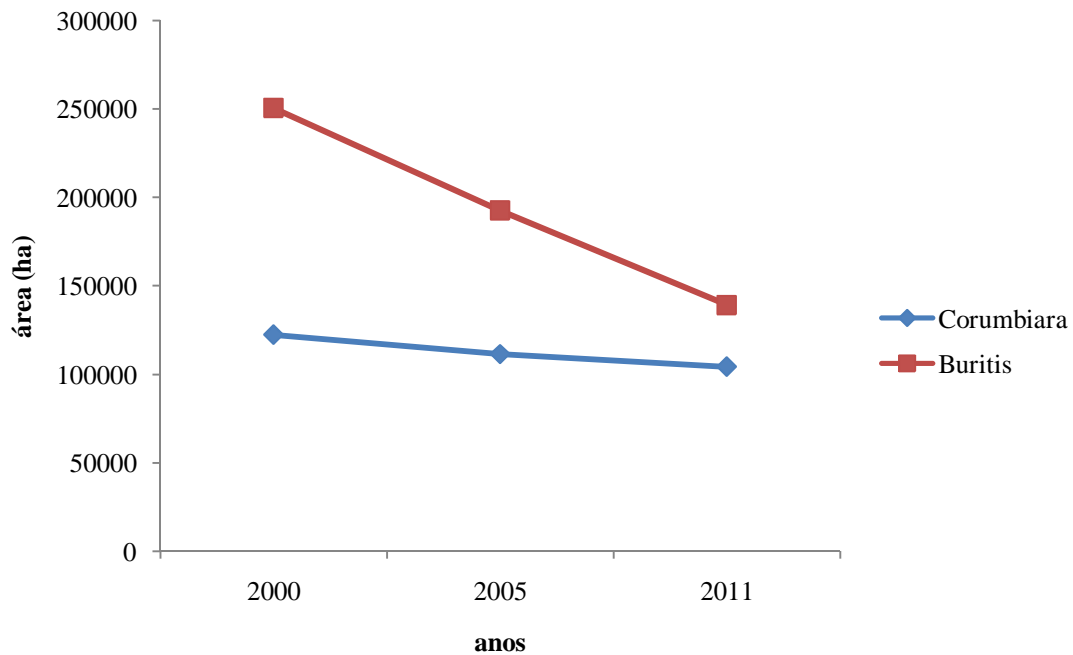


Figura 3-19 - Perda de floresta nativa nos municípios de Corumbiara e Buritis nos anos de 2000, 2005 e 2011.

A perda de floresta foi maior para o município de Buritis, que tem sua ocupação mais recente (FIGURA 3-20). Corumbiara já passou por este processo na década anterior, porém ainda mantém a perda de vegetação nativa. Se não forem adotadas medidas de conservação, o município de Buritis provavelmente terá grande parte de sua floresta nativa degradada, como ocorreu em Corumbiara.

4 Conclusões

Métricas de paisagem são importantes para descrever as mudanças da paisagem no estado de Rondônia. Neste cenário de fragmentação, vários são os efeitos ambientais provocados pela alteração da paisagem, dentre eles: extinção de espécies, mudanças na estrutura da vegetação, alterações na temperatura, microclima, umidade, vento, fogo, erosão do solo e declínio da qualidade da água.

Pela análise da dinâmica dos municípios pôde-se observar algumas diferenças em relação às mudanças na paisagem, especialmente em relação ao processo de desmatamento. Em áreas de velha fronteira de ocupação (município de Corumbiara) houve um pico de desmatamento nas décadas anteriores às do presente estudo, com redução nas décadas seguintes. A redução parece estar relacionada à escassez de áreas potenciais ou

aptas para o desmatamento. Mesmo com menor quantidade de florestas nativas remanescentes, o município de Corumbiara ainda sofreu processos de degradação e fragmentação da floresta. Já em áreas de nova fronteira de ocupação (município de Buritis) houve um pico de desmatamento entre os anos de 2005 e 2011, com grande perda de floresta e aumento da fragmentação da vegetação nativa remanescente. Em proporção, a nova fronteira perdeu muito mais floresta do que a velha fronteira nos anos considerados deste estudo, o que confirma a nova tendência de ocupação da população. Além disso, o município de Corumbiara possui 70% de sua população basicamente rural, com grandes mudanças esperadas na paisagem. Sua população praticamente dobrou na última década, chegando a oito mil habitantes, número bem menor se comparado à população de Buritis, que apresenta quatro vezes mais habitantes e praticamente a mesma área. No município de Buritis mais da metade da população está nas cidades (44% da população). O município apresenta processos de fragmentação resultantes do desenvolvimento do município: sua população triplicou na última década, chegando a 32 mil habitantes, sendo metade proveniente de outros estados do Brasil.

A análise das métricas permite avaliar os efeitos dos cultivos de pasto e soja na paisagem. O estado de Rondônia sofreu intensos processos de ocupação que se seguiram em torno da BR-364. Esses processos se intensificaram ao longo dos anos, com grande substituição de usos/coberturas do solo ao sul de Rondônia. A intensificação da pecuária e da demanda do mercado fizeram com que cada vez mais pecuaristas fossem atraídos para a região, causando processos de fragmentação da paisagem com intensa degradação. Estes processos ainda continuam, em menor escala, em regiões que foram ocupadas no início da década de 90, e surgem novos processos de fragmentação e degradação em áreas novas, que ainda não tinham sido objeto de ocupação. Com a chegada de grandes pecuaristas e produtores de soja, parte da população migra em busca de terras mais baratas e de mais espaço. Isso acarreta novos processos de mudanças da paisagem, como pôde ser observado no município de Buritis.

Capítulo 4 Influência da expansão da soja nas migrações dos municípios de Corumbiara e Buritis

1 Introdução

1.1 Histórico da ocupação e processos migratórios em Rondônia

Rondônia foi marcada por vários processos de ocupação desde o final do século XIX, que contribuíram significativamente para o aumento do desmatamento e das correntes migratórias na região Amazônica. Os primeiros processos de migração se deram em função de propagandas do governo que incentivavam a vinda de imigrantes para trabalhar na extração da borracha, buscando atender a demanda do mercado externo deste produto. Além disso, o desemprego massivo provocado pela seca no Nordeste acabou com o comércio de algodão e levou milhares de trabalhadores desempregados a buscar oportunidades de trabalho na Amazônia (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992; SCHMINK e WOOD, 1992).

O governo adotou a substituição de importações como política de desenvolvimento e, com a mudança na economia, ocorreu expansão da agropecuária no estado do Mato Grosso e Goiás (SCHMINK e WOOD, 1992). O início do processo de colonização se deu então com incentivos fiscais da SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) e BASA (Banco da Amazônia S/A). A partir de 1966 foram definidos e implementados vários instrumentos de incentivos fiscais para atrair capital do Centro-Sul para a Amazônia. Como exemplo, podemos citar a isenção do imposto de renda até 1982 para empresas privadas, que isentava os produtos regionais de impostos de exportação e isentava também a importação de máquinas e equipamentos (RATTNER e UDRY, 1987).

A política de fronteira utilizada pelo governo era caracterizada pela ideologia de segurança nacional e do acesso às terras no "eldorado amazônico" (BECKER et al., 1990), que justificava a distribuição de terras e o fluxo migratório para a região (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Como Rondônia era território federal, possuía terras disponíveis, e a ligação com o Centro-Sul e foi estrategicamente selecionada para ser frente da colonização na Amazônia.

No início da colonização de Rondônia o fluxo migratório foi intenso e desorganizado, as terras eram ocupadas por particulares e companhias colonizadoras privadas. A maioria dos projetos de colonização só foram criados no momento em que o

excesso de migrantes acarretou tensões sociais (DIAS, 1980). Essa situação levou a intervenção do Governo Federal, objetivando um dirigido processo de ocupação das terras (BECKER et al., 1990).

Com o objetivo de "ocupar um vazio demográfico" na Amazônia, o Governo Federal lançou, com apoio do INCRA, projetos de colonização para agricultores migrantes do Centro-Sul seguido de medidas (terras a preços baixos e incentivos fiscais) para atrair pecuaristas e empreendedores para a Amazônia (MATOS et al., 2011). A distribuição das terras foi precedida por uma apropriação de terras pelo Governo Federal por meio de legislações que estabeleciam que as áreas de fronteira pertenciam à União e as situadas ao longo das rodovias pertenciam ao INCRA. Assim, Rondônia perde o controle sobre suas terras (BECKER et al., 1990). As ações do INCRA começaram com os PIC (Projetos Integrados de Colonização) e com os PADE (Projetos de Assentamentos Dirigidos) (MATOS et al., 2011).

Os programas de colonização de Rondônia ocasionaram um processo de desflorestamento exponencial no estado de Rondônia durante as décadas de 70 e 80 (SKOLE et al., 1993). Além do desmatamento, os programas ainda tiveram participação direta na dizimação dos indígenas (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Além disso, os programas de colonização não conseguiram cumprir com seus objetivos, pois, com a alta pressão dos migrantes, muitos são assentados em áreas inadequadas para a agricultura e de difícil acesso para o colono e para implantação de infraestrutura necessária (DIAS, 1980).

Ainda na década de 1980 o Banco mundial aprovou um empréstimo para construção da rodovia 364 como parte de um plano de desenvolvimento regional, o Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil (POLONOROESTE). O POLONOROESTE objetivava construir novos assentamentos para realizar uma ocupação menos predatória do estado, além de incluir pequena parcela de recursos para conservação ambiental e proteção de comunidades indígenas que sofreriam com o impacto desta ocupação (PEDLOWSKI, et al., 1996).

A rodovia federal BR-364 abriu a porção sul de Rondônia, incentivando o assentamento (SCHMINK e WOOD, 1992; MALINGREAU e TUCKER, 1988). Além disso, existiam extensas manchas de terras férteis ao longo da BR-364 e a possibilidade de acesso a terras devolutas no território eram atrativos para migração. Terminada a construção da BR-364 em 1984, o Programa de Desenvolvimento Integrado de Rondônia criou Núcleos Urbanos de Apoio Rural (NUAR), para assentar outras 1000 famílias no estado.

A migração cresceu de tal maneira que o INCRA não foi capaz de assentar o excedente. Assim, os pequenos produtores assentavam-se em qualquer terra que fosse acessível, desde que estivesse disponível (SCHMINK e WOOD, 1992). A migração em Rondônia foi caracterizada como um processo de deslocamento de populações de várias regiões do país para áreas de fronteira agrícola, estando relacionada com a intensificação do capitalismo no campo na região Sudeste, principal fluxo de migrantes para o então território Federal. Essa chegada massiva de imigrantes a partir da década de 60 causou um aumento vertiginoso da população rural e urbana (FIGURA 4-1).

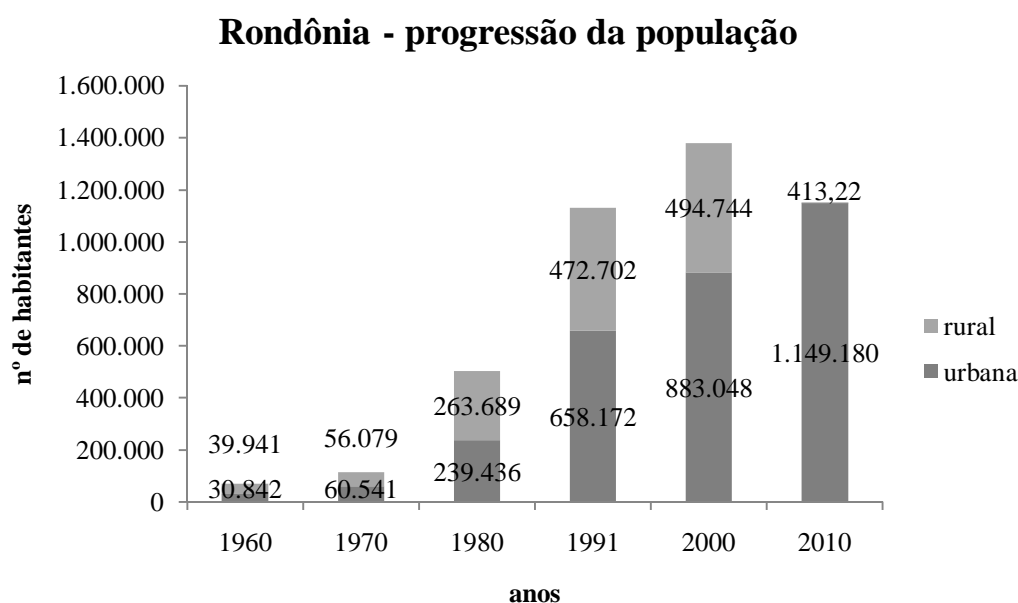


Figura 4-1 - Progressão da população de Rondônia do ano de 1960 a 2010. Fonte: IBGE, 2012b.

Na metade da década de 90 foi iniciado o PLANAFLORO (Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia), implementado pelo Governo Federal e financiado pelo Banco Mundial. O objetivo inicial deste plano era criar serviços de saúde para as comunidades indígenas do estado. Também objetivava conservar a biodiversidade em Rondônia, proteger os limites das áreas protegidas e das reservas indígenas, desenvolver a integração do manejo da floresta e da agricultura, investir em infraestrutura, socioeconomia e serviços necessários para a implementação de um zoneamento agro-ecológico em áreas já ocupadas ou desmatadas, além de melhorar a infraestrutura de instituições do estado (REDWOOD III, 2002). Este projeto teve uma série de problemas em sua execução, provando ser administrativamente problemático ao envolver dezenas de entidades federais, estaduais,

locais, agências governamentais, Banco Mundial, UNDP, FAO, organizações comunitárias e outras entidades não governamentais (BROWDER et al., 2008).

1.2 Processos migratórios

A migração é um processo motivado por fatores sociais e econômicos. Um dos maiores problemas é a desigualdade entre as regiões, motor das migrações internas (SINGER, 1980). No local de origem surgem fatores de expulsão: introdução de relações de produção capitalistas, aumentando a produtividade do trabalho, gerando uma redução do nível do emprego. Com isso, há uma expulsão de camponeses e pequenos proprietários que geram fluxos maciços de emigração, reduzindo o tamanho absoluto da população rural; e fatores de estagnação – associados a uma crescente pressão populacional sobre uma disponibilidade de áreas cultiváveis que podem ser limitadas tanto pela insuficiência física de terras aproveitáveis, como pela monopolização de grande parte da mesma pelos grandes proprietários. Estes fatores resultam da incapacidade dos produtores de elevarem a produtividade da terra. Os fatores de estagnação produzem a emigração de parte ou totalidade do acréscimo populacional, resultado do crescimento vegetativo (SINGER, 1980).

Singer (1976) considera que no lugar de destino estariam os fatores de atração, que orientariam os fluxos e os locais para onde se destinariam. O principal fator de atração seria a demanda por força de trabalho, também entendida como “oportunidades econômicas”, pois constituem um fator de atração na medida em que oferecem uma remuneração mais elevada que o migrante receberia na área de origem. No local de destino, a emigração produzida pelos fatores de mudança teria uma melhor probabilidade de sucesso e mobilidade social. Por outro lado, os movimentos engendrados pelos fatores de estagnação levariam a uma maior dificuldade de inserção dos migrantes no local de destino, gerando, em alguns casos, uma re-emigração.

A atual expansão da fronteira agrícola em Rondônia tem ocasionado processos migratórios no estado, deslocando a fronteira de ocupação para o Norte de Rondônia. Proprietários de terras abastados forçam um êxodo rural de pequenos proprietários de terras (que praticam agricultura de subsistência) por meio de agregação de terras, provocando um processo de despovoamento do meio rural e uma fronteira demograficamente vazia (ALDRICH et al., 2006). Estes pequenos proprietários de terras movem-se para áreas vazias e os grandes produtores transformam suas antigas terras de

subsistência em campos para pecuária (FAMINOW, 1998). Agricultores e pecuaristas migram para o norte em busca de novas terras para ocupação.

Diante do exposto, o presente estudo buscou entender os processos migratórios e dos efeitos da expansão dos plantios de soja no contexto socioeconômico mais recente do estado de Rondônia. Mais especificamente, concentrou esforços nos municípios de Corumbiara e Buritis, localizados em velha e nova fronteira do desmatamento no estado de Rondônia.

1.3 Objetivos

- Avaliar os impactos socioeconômicos da expansão da soja nos municípios de Corumbiara e Buritis, no estado de Rondônia;
- Analisar os processos migratórios a partir da espacialização de dados fundiários de Rondônia;
- Avaliar os efeitos socioeconômicos da expansão da soja sobre Unidades de Conservação.

2 Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo envolve todo o estado de Rondônia, com enfoque nos municípios de Corumbiara (localizado no Sudoeste de Rondônia) e Buritis (localizado no Centro-Oeste de Rondônia) (FIGURA 4-2).

De acordo com o Zoneamento Socioeconômico-Ecológico de Rondônia (SEDAM, 2000), o município de Buritis envolve uma área de 306.033 hectares, cobertos originalmente por 75,65% de Florestas Ombrófilas Abertas e 10,24% de Florestas Ombrófilas Densas. Em 2011, esse percentual foi reduzido para apenas 43% de cobertura por vegetação nativa, de acordo com o estudo de mudanças do uso e cobertura da terra apresentado no Capítulo 3 deste manuscrito. O município é caracterizado por clima tropical com estação seca (Aw segundo a classificação climática de Köppen). Atualmente, o uso da terra é caracterizado por pastagens e poucos plantios de soja. A cobertura nativa vem sofrendo processos de destruição e fragmentação, que se destacaram mais acentuadamente a partir do ano de 2005.

Já o município de Corumbiara envolve uma área de 326.581 hectares, caracterizado por clima tropical com estação seca (Aw segundo a classificação climática de Köppen),

com seu território ocupado no ano de 2000 por 15,92% de Floresta Ombrófila Aberta, 6,92% de Florestas Estacionais Semidecíduais, 23,06% de áreas de contato de Floresta Ombrófila e Florestas Estacionais Semidecíduais (SEDAM, 2000). Em 2011, a área de floresta nativa foi reduzida para 33,89%.

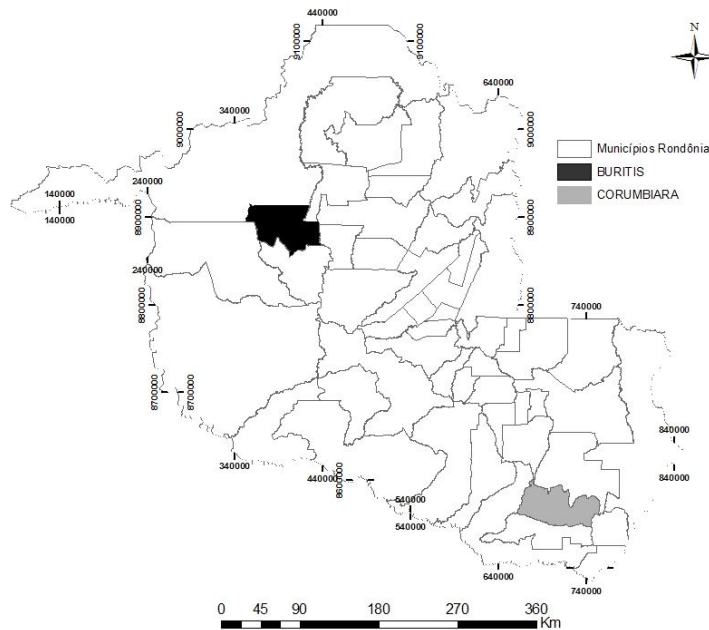


Figura 4-2- Área de estudo, destacando os municípios Corumbiara e Buritis.

2.2 Obtenção e tratamento de dados

Os dados foram obtidos na Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM) a partir da tabulação de questionários aplicados em um levantamento fundiário organizado e implementado pela SEDAM. Estes questionários abrangeram questões acerca do local de origem, profissão e produção (pasto, plantios e animais presentes na propriedade).

Além dos questionários, foram realizadas observações de campo em todo o estado de Rondônia para o melhor entendimento dos processos de expansão agrícola e desmatamento que ocorrem na região. As atividades contemplaram também entrevistas com representantes de instituições governamentais e não governamentais com o objetivo de obter informações a respeito do ciclo da soja e das regiões de maior concentração e expansão do cultivo no estado. Outra preocupação no levantamento de campo foi com as áreas de fronteiras onde se observam as maiores taxas de incremento do desmatamento em

Rondônia. Tais áreas têm recebido um grande fluxo migratório de outras regiões do próprio estado, com efeitos sobre a redução da paisagem natural nestes locais.

As atividades de campo foram realizadas no período de 13 a 19 de fevereiro de 2012. Neste período foram adquiridos dados institucionais e dados coletados em viagem pelo estado de Rondônia. A viagem de carro foi iniciada em Porto Velho e percorreu a BR-364 (FIGURA 4-3), permitindo conhecer os diferentes municípios ao longo da BR. Abaixo, a rota cursada e os pontos coletados ao longo da viagem.

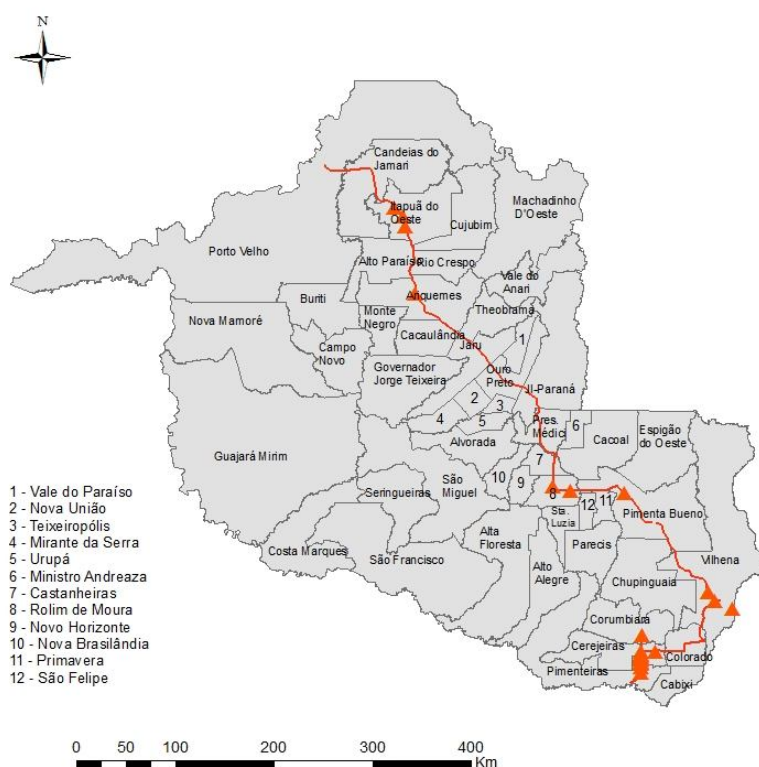


Figura 4-3- Trajetória e áreas visitadas no trabalho de campo desta pesquisa realizado em janeiro/2012.

As principais entrevistas envolveram um pesquisador de Vilhena, Dr. Vicente de Paulo Campos Godinho (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), um Técnico em agropecuária no município de Colorado do Oeste (Fidelis de Oliveira), o diretor regional da SEDAM (Secretaria de Desenvolvimento Ambiental de Rondônia), Sr. Edson Cândido, e o presidente da Associação dos Produtores Rurais de Cerejeiras e Pimenteiras, Sr. Ailton Gomes. Nas entrevistas, buscou-se o melhor entendimento do período de plantio e colheita da soja, as formas de plantios, os ciclos da produção da soja no estado, o valor das terras

em novas e velhas fronteiras, o processo migratório e as transformações socioeconômicas locais em função da expansão da soja.

2.3 Métodos

Os dados derivados da tabulação dos questionários da SEDAM foram espacializados em uma base de dados de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para três Unidades de Conservação: FERS (Florestas Estaduais de Desenvolvimento Sustentável) Cujubim, RESEX (Reserva Extrativista) de Jaci Paraná e APA (Área de Proteção Ambiental) do Rio Pardo. Para isso, utilizaram-se mapas temáticos (formato vetor) do estado de Rondônia e seus municípios e tabelas interativas entre os programas Excel e Arcgis. Foram utilizados 191 questionários da RESEX Jaci Paraná, 427 da FERS Cujubim e 827 da APA do Rio Pardo. Os dados dos questionários foram digitalizados e organizadas por meio de tabelas e gráficos dinâmicos. Estas tabelas são compatíveis com o sistema Arcgis.

Já as entrevistas e observações de campo serviram de base para o entendimento dos processos de expansão da soja e migração, sendo discutidas em todo o texto dos resultados. Os trabalhos de campo serviram também para validação do mapeamento da soja, mencionado nos capítulos anteriores deste manuscrito.

3 Resultados e Discussão

3.1 Ciclo da Soja

De acordo com o Dr. Vicente de Paulo da Embrapa de Rondônia, o ciclo da soja no estado de Rondônia começa a partir de setembro com a preparação do solo para o plantio, com dissecação, aplicação de herbicida e retirada do capim. Aproximadamente no dia 15 de setembro a soja é plantada. O ciclo dura de 100 (soja super precoce) a 130 dias (soja tardia ou semi tardia). A colheita então ocorre de janeiro a 20 de março. Após a colheita da soja é produzida a chamada "safrinha", com plantação de milho ou sorgo. Durante o mês de junho (dia 15) começa o vazio sanitário, que ocorre desde 2006 no estado de Rondônia, consiste basicamente na proibição do plantio de soja durante o período de 60 e 90 dias. De acordo com a Embrapa (2011), esse procedimento tem o objetivo de reduzir a sobrevivência do fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que causa a ferrugem asiática na soja.

Em Rondônia é realizado o plantio direto, em que a palhada é deixada após a colheita. Isso favorece o solo, diminuindo a erosão, aumentando a infiltração e ainda

possibilitando maior quantidade de nutrientes e facilidade para raízes penetrar no solo. Porém, o que move os produtores a realizar o plantio direto é o preço do combustível que inviabiliza a retirada dos restos da colheita.

Com base em tais resultados, a soja não se adapta bem em solos encharcados, sendo que tais tipos de solos ocorrem em várias áreas no território de Rondônia, especialmente ao Sul do estado. Isso tem levado muitos produtores a implantar sistemas de drenagem nas terras, abrindo grandes valas para que a água em excesso seja drenada do solo. Esse tipo de manejo do solo tem causado problemas aos lagos naturais existentes em algumas regiões, que muitas vezes ficam com nível baixo de água, além de aumentar a vazão de rios menores que estão recebendo maior carga de água em curtos períodos de tempo. Ao longo do tempo a drenagem dessas lagoas pode levar a escassez de água na região, com impactos ambientais e sociais graves, como perda da biodiversidade aquática, solos muito encharcados em alguns pontos e secos em outros, gerando problemas com a vegetação nativa que é abastecida por estas lagoas; além de diminuição da quantidade e variedade de peixes para pesca na região, afetando diretamente a população que mantém seu sustento desta atividade.

3.2 Consequências da expansão da soja na população e economia

De acordo com o Dr. Vicente de Paulo da Embrapa de Rondônia, em menos de 10 anos grande parte dos pequenos produtores que residiam no sul de Rondônia (Vilhena, Cabixi e Pimenteiras) arrendou ou vendeu suas terras para grandes produtores de soja e migraram para o Norte do estado de Rondônia, principalmente para a região de Buritis e Porto Velho, onde haviam terras mais baratas. Tal fenômeno migratório pode ser observado pelo aumento da população de Buritis ao longo da década e a diminuição dos habitantes de Corumbiara (sul de Rondônia) (FIGURA 4-4).

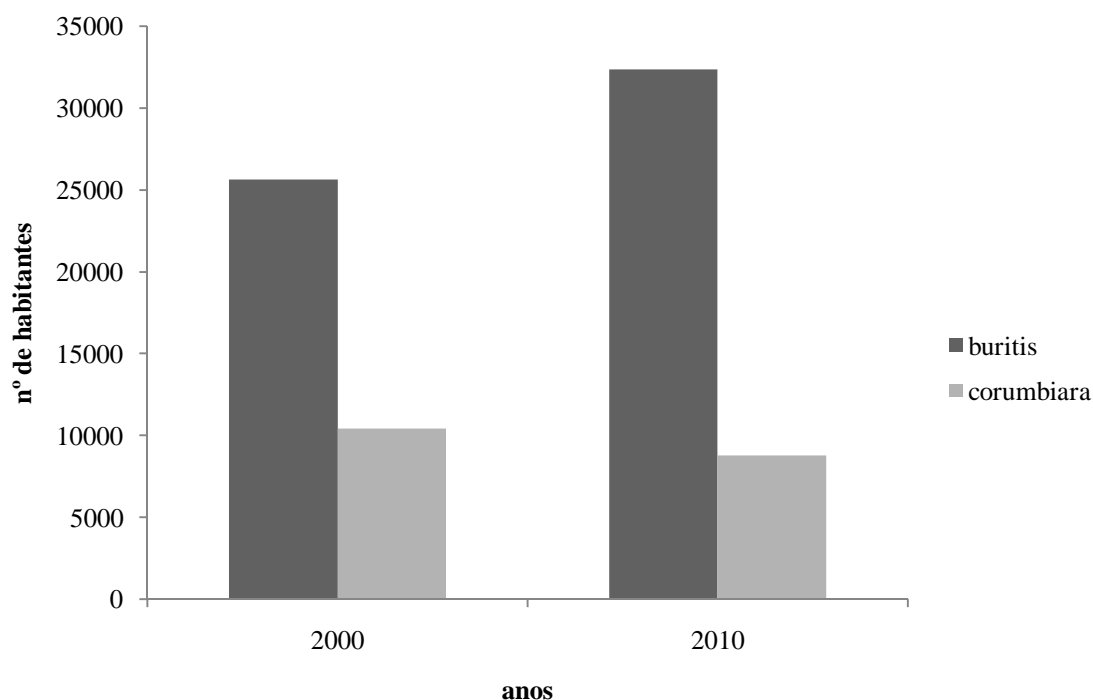


Figura 4-4- Habitantes residentes nos municípios de Corumbiara e Buritis nos anos de 2000 e 2010. Dados: IBGE, 2012b.

Esses movimentos de pequenos produtores para regiões de fronteiras, geralmente mais próximas de unidades de conservação e terras indígenas, têm aumentado a pressão antrópica nessas áreas. Esse tipo de pressão já havia sido observada na Floresta Nacional do Bom Futuro, onde em torno de 9000 hectares de florestas nativas foram desmatadas em apenas oito anos (1992-2000) (PEDLOWSKI, et al., 2005). Outra explicação para grande parte do desmatamento estar localizado em poucas Unidades de Conservação é a sua proximidade de antigos assentamentos onde a agregação da terra em grandes propriedades causou a "expulsão" de pequenos produtores de suas propriedades. Estes produtores expulsos tendem a formar alianças com extratores ilegais de madeira no intuito de obter renda para satisfação de suas necessidades e ainda obter acesso a novas terras. Por fim, a interação entre diversos fatores sociais e a construção de estradas ilegais para extração de madeira estavam circundando as áreas protegidas com uma rede de estradas de acesso, aumentando ainda mais a pressão sobre estas áreas (PEDLOWSKI, et al., 2005).

A maior parte da população de Corumbiara está estabelecida no meio rural (FIGURA 4-5). O uso da terra neste município é caracterizado por grandes extensões de pasto e soja, predominantemente, bem como e cana-de-açúcar, milho e sorgo (entre safras

de soja, conhecida como safrinha). Grande parte da cobertura nativa foi substituída por outros usos através de processos de fragmentação que perduram até hoje. O município de Buritis, entretanto, ainda possui um equilíbrio das populações rurais e urbanas, com pouco mais de quatro mil habitantes a mais na área urbana. Uma hipótese razoável para os próximos 20 anos é que haja uma semelhança demográfica entre os municípios de Buritis e Corumbiara, tendo em vista o atual e intenso processo de ocupação das terras observado no período de análise.

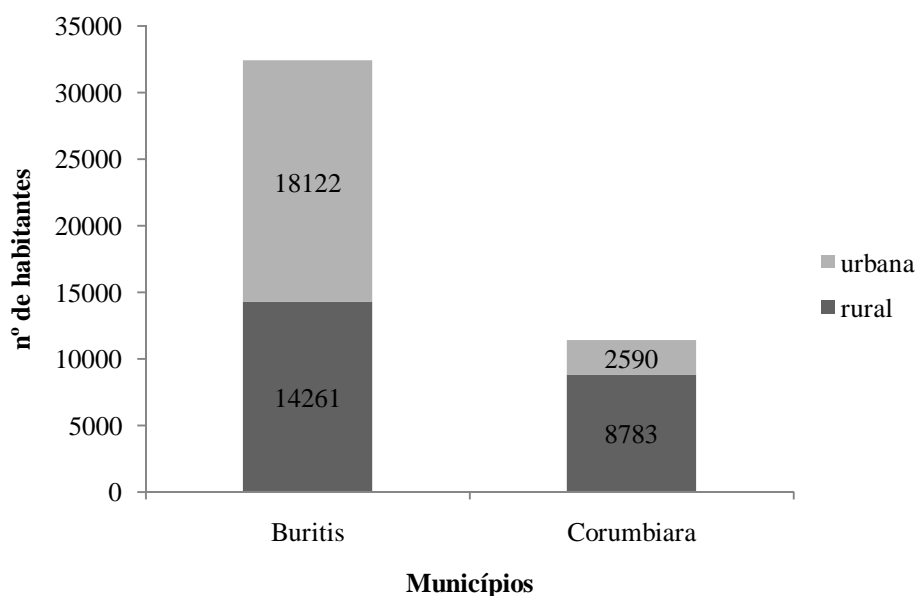


Figura 4-5- População residente em Buritis e Corumbiara no ano de 2010.

O Dr. Vicente da Empraba de Vilhena-RO afirma também que o pequeno produtor sofre com um processo de "expulsão" de suas terras pela chegada, principalmente, de migrantes que vieram da região sul do Brasil para cultivo de soja em Rondônia. Por outro lado, os produtores de soja que ali chegam dizem que há falta de mão de obra qualificada para este fim e que a população local é pouco útil para o novo modelo de produção de *commodities* agrícola. É assim que os pequenos produtores e moradores locais passam a ser vistos nesta região, o que, em muitos casos, levam-lhes a buscar novas oportunidades, vendendo ou arrendando suas terras e migrando para outras regiões, especialmente para novas fronteiras, onde a terra ainda é bem mais barata. Além disso, a partir de 1997 as terras na região sul de Rondônia passaram por um processo de supervalorização em função do grande potencial para o cultivo da soja, que teve aumento de preço, de 7 para 24 dólares por saca de soja. Tal fato impulsionou ainda mais os produtores rurais descapitalizados

nessas regiões a buscarem alternativas de capitalização em novas áreas com menor preço da terra.

De fato, essas novas fronteiras de ocupação agrícola apresentam-se muito atrativas para pequenos produtores rurais. As fronteiras agrícolas tem a característica de espaço a princípio "vazio" onde são "empurrados os contingentes populacionais excedentes dos centros urbanos e do meio rural" (PERDIGÃO e BASSEGIO, 1992). Além disso, Rondônia tem posição estratégica, próxima de outros países do MERCOSUL. A fronteira agrícola caracteriza-se pela ocupação e incorporação de novas terras, por pequenos agricultores oriundos de regiões onde era impossível obter a posse de um lote (BECKER, 2005). O avanço da fronteira é um movimento social que ocorre ao longo de um território geográfico por um período de tempo limitado (ALMEIDA, 1992). Na fase inicial a população rural cresce devido aos assentamentos de pequenos produtores. Em uma segunda fase, a população emigra ou urbaniza-se, enquanto a propriedade da terra é consolidada e concentrada. Assim a fronteira agrícola tem "varrido" o território nacional.

Durante a entrevista com Fidelis de Oliveira (Técnico em agropecuária do município de Colorado do Oeste) o técnico relatou que o preço estimado do hectare para terras com grande potencial ao plantio de soja variam de 4.100 a 6.200 mil reais. Se a terra estivesse preparada, seus valores poderiam atingir 8.300 a 10.500 reais por hectare. De acordo com Fidelis houve uma supervalorização geral das terras ao sul de Rondônia (Cabixi, Colorado do Oeste e Cerejeiras) devido à expansão do cultivo da soja. Fidelis Oliveira afirmou ainda que a população de Colorado diminuiu, resultado do arrendamento das terras de pequenos proprietários aos grandes proprietários e plantadores de soja. Esta prática é comum nos municípios ao sul de Rondônia.

Edson Cândido (funcionário da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia) reafirmou os preços atuais da terra, conforme mencionado anteriormente e complementou que no ano de 2000 o valor da terra atingia valores de 1.200 a 2.100 reais por hectare. O valor das terras ao sul de Rondônia aumentou quase cinco vezes em um período de onze anos (2000 a 2011). As transações de compra-venda eram mais frequentes no passado, predominando atualmente as transações de arrendamento de terra na região. O aumento no PIB dos municípios (FIGURA 4-6), principalmente o de Corumbiara na última década, corrobora com os processos de valorização dessas terras e expansão da soja.

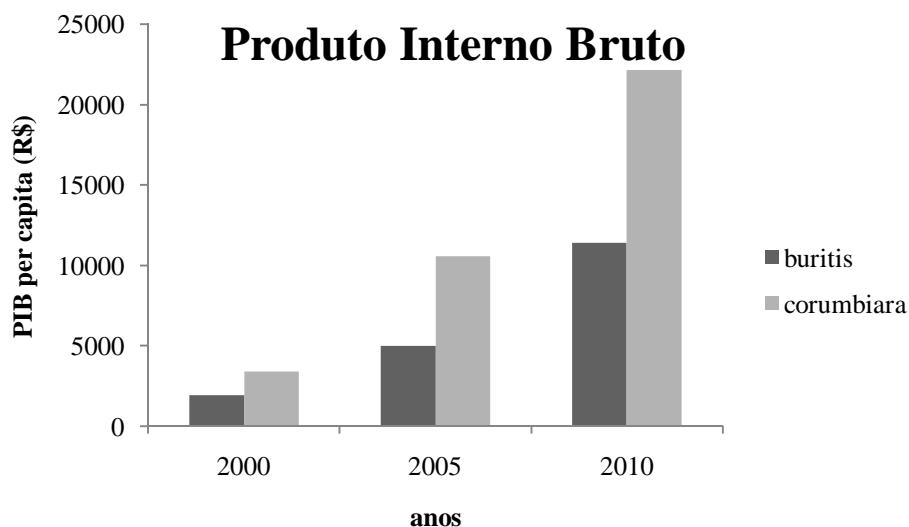


Figura 4-6- Produto Interno Bruto dos municípios de Corumbiara e Buritis.

3.3 Migrações

Os dados de migração correspondem à última migração realizada pela família de cada migrante entrevistado e, portanto, não garante que essa população não tenha migrado outras vezes no passado. Isto é, o local de origem de algumas famílias pode ter sido outras regiões ou até outro estado. Para muitas famílias essa pode ser a 2ª ou 3ª migração.

Os municípios que apresentaram maior emigração para a FERS Cujubim (FIGURA 4-7) foram Ariquemes, Ji-Paraná e Cujubim, o que pode ser explicado pela proximidade com esta unidade de conservação. Essas migrações ocorrem em grande parte pelo aumento do preço das terras nas regiões de ocupações mais antigas e consolidadas enquanto as novas fronteiras apresentam o grande atrativo de terras de baixo valor e grande disponibilidade de recursos naturais, especialmente a madeira, que contribuem para a capitalização inicial dos produtores rurais.

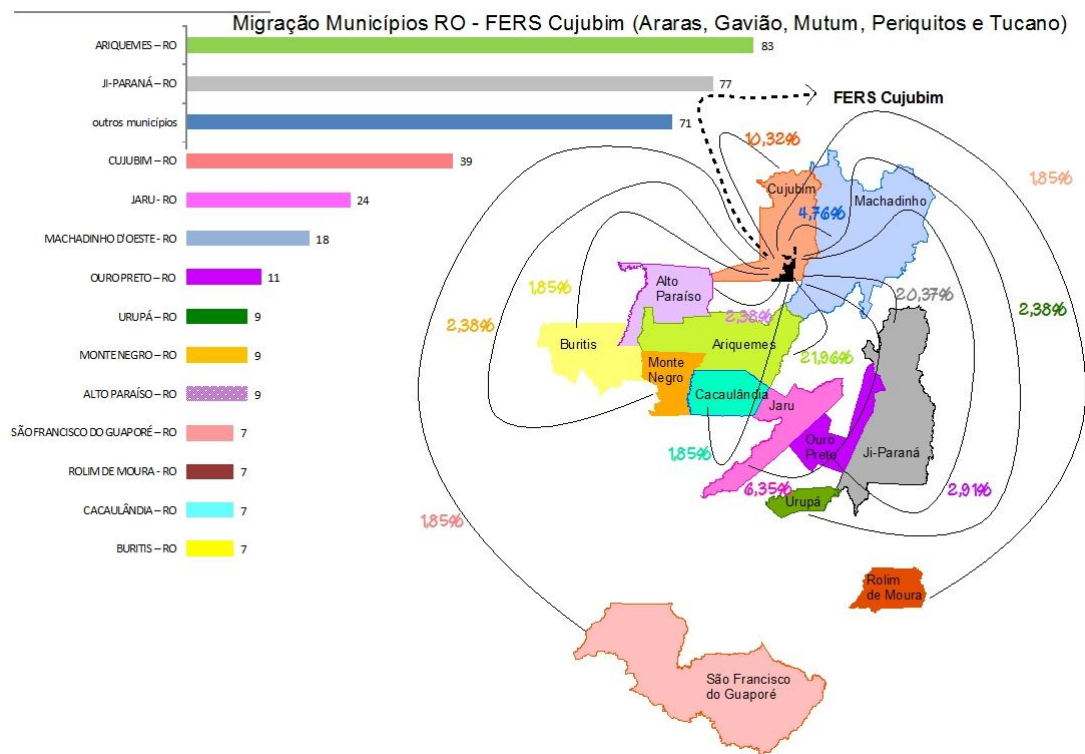
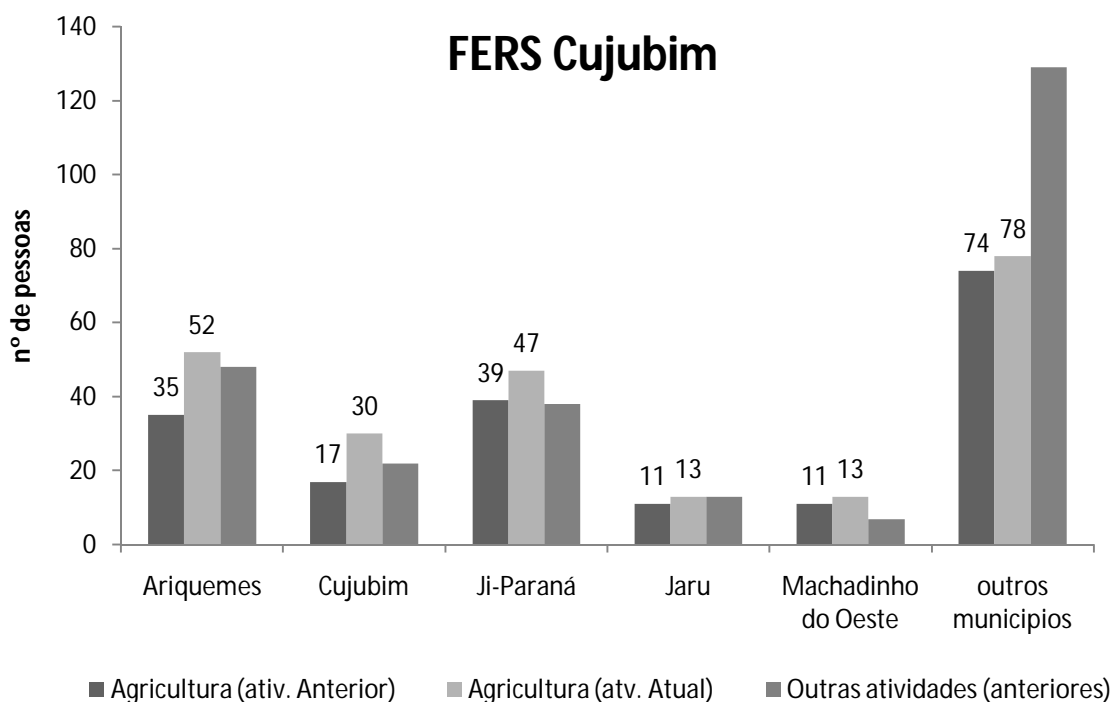


Figura 4-7- Representações espaciais de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para FERS Cujubim.



*outras atividades = comerciante, mecânico, serralheiro, marceneiro, estudante, advogado, açougueiro, doméstica, "do lar", costureira, artesão, funcionário público, caminhoneiro, ambulante, motorista e professor.

Figura 4-8- Atividade atual e anterior dos migrantes segundo municípios de origem para FERS Cujubim.

A maior parte dos migrantes é oriunda dos municípios de Ariquemes, Cujubim e Ji-Paraná (FIGURA 4-8). A profissão predominante antes e após a migração é a agricultura, porém, após a migração ocorre um aumento no número de pessoas que passam a exercer a agricultura em detrimento de atividades típicas de centros urbanos (FIGURA 4-8). Esse resultado pode significar problemas econômicos e sociais (fatores de expulsão) que levaram à migração, como desemprego e baixa qualidade de vida. Além disso, os incentivos do governo para produção de *commodities* como o crédito rural, seguro rural, créditos de investimentos e vários outros são impulsionadores do processo. Portanto a migração torna-se um atrativo, gerando novas perspectivas de melhoria na situação econômica e, por consequência, social.

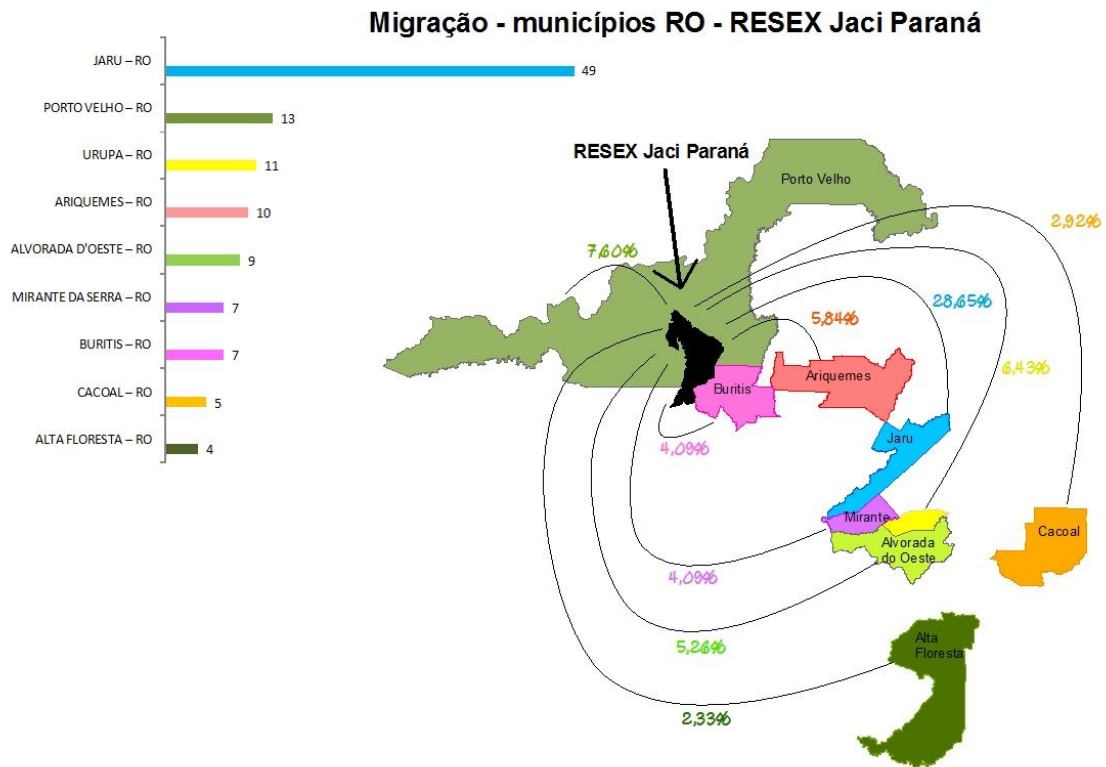
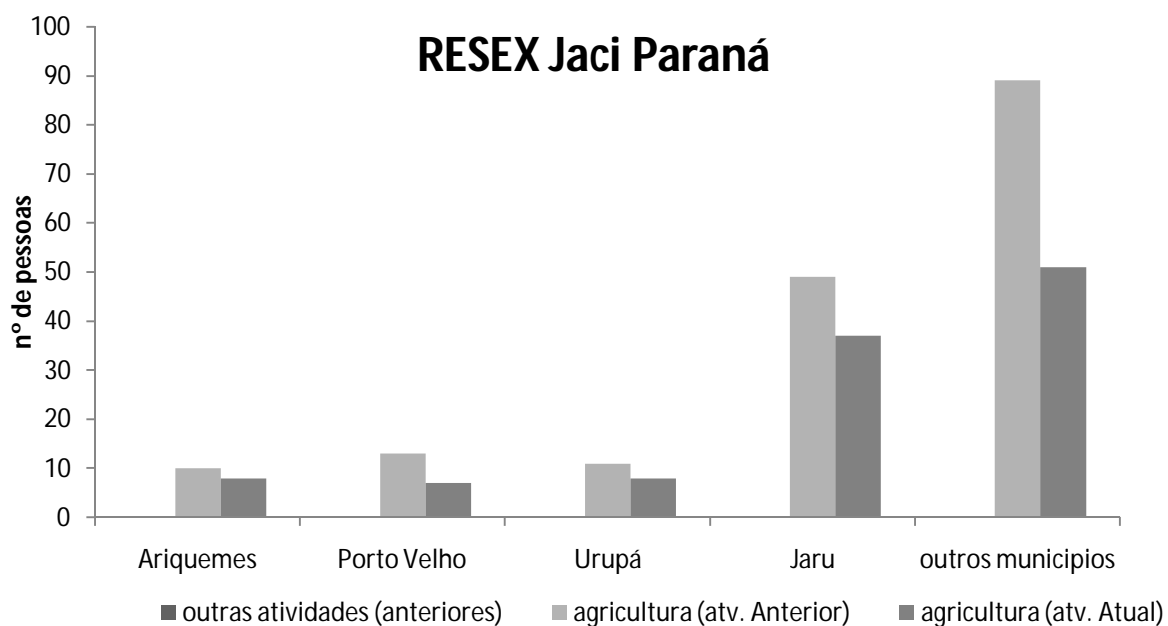


Figura 4-9- Representação espacial de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para RESEX Jaci Paraná.

A RESEX Jaci Paraná recebeu maior quantidade de imigrantes oriundos de Jarú (FIGURA 4-9). As possíveis causas das maiores taxas de emigração deste município incluem desemprego, baixa renda e busca por novas terras. As atividades seguem um padrão diferente do observado para as outras Unidades de Conservação (FIGURA 4-10). A atividade agrícola diminuiu com a migração, ao contrário do que foi observado na APA do Rio Pardo e na FER's Cujubim.



*outras atividades = comerciante, mecânico, serralheiro, marceneiro, estudante, advogado, açougueiro, doméstica, "do lar", costureira, artesão, funcionário público, caminhoneiro, ambulante, motorista e professor.

Figura 4-10- Atividade atual e anterior dos migrantes segundo municípios de origem para RESEX Jaci Paraná.

Migração - APA/FES - Rio Pardo

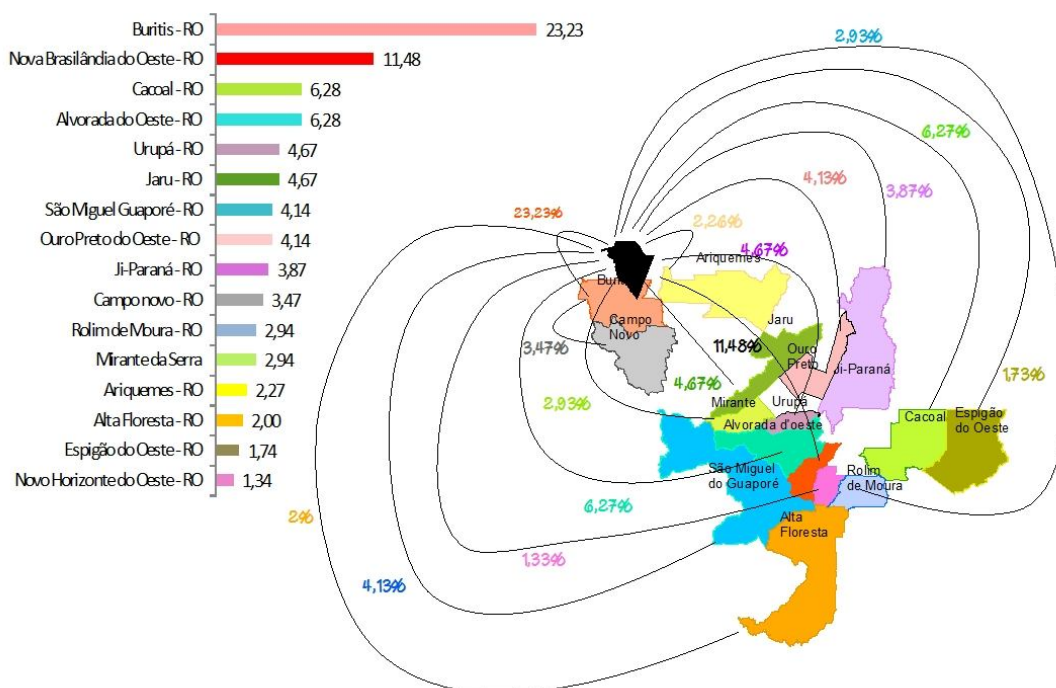
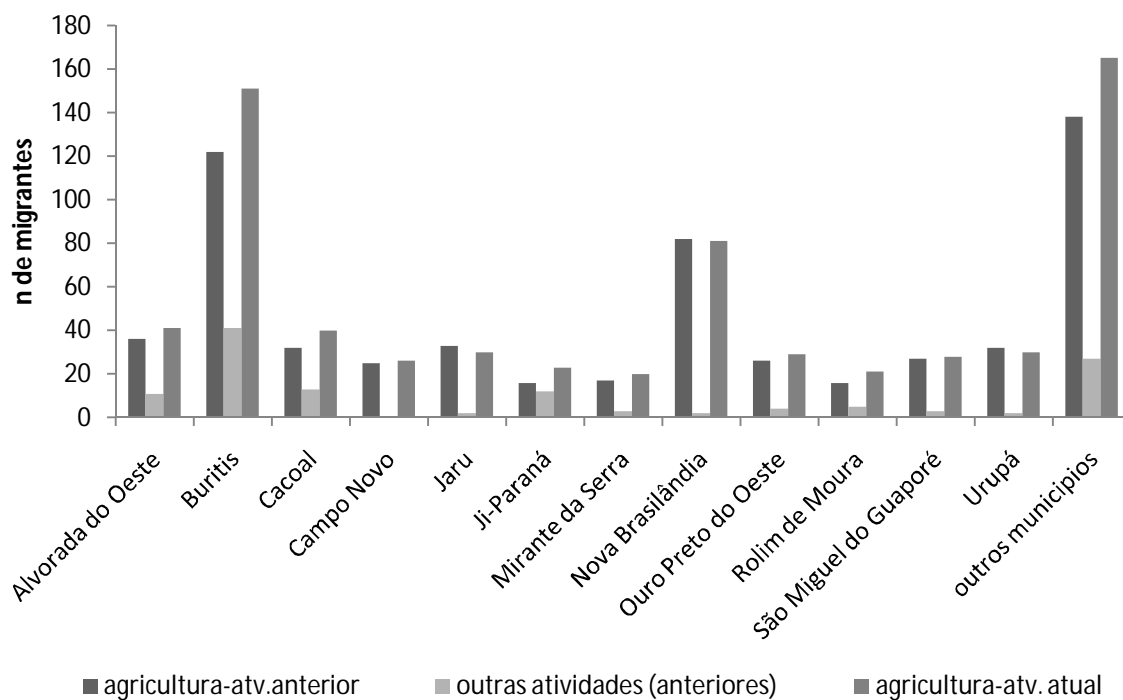


Figura 4-11- Representação espacial de processos de migração que ocorrem para a região de Buritis, elaborados com base em dados obtidos de um levantamento fundiário realizado pela SEDAM para APA Rio Pardo.

Os municípios de Buritis e Nova Brasilândia do Oeste apresentam maiores quantidades de imigrantes para a APA do Rio Pardo (FIGURA 4-11).



*outras atividades = comerciante, mecânico, serralheiro, marceneiro, estudante, advogado, açougueiro, doméstica, "do lar", costureira, artesão, funcionário público, caminhoneiro, ambulante, motorista e professor.

Figura 4-12- A mudança das profissões em consequência dos processos migratórios da cidade para o campo.

A figura 4-12 ilustra a mudança nas atividades antes e depois da migração. Grande parte dos migrantes que se estabelecem no Rio Pardo passa a exercer atividade de agricultor, com destaque para os municípios de Alvorada do Oeste e Urupá. Parece ocorrer um processo inverso, com migração das cidades para o campo, provavelmente por problemas sociais e econômicos, fortes motivadores das migrações (SINGER, 1980).

4 Conclusões

A expansão da soja no estado de Rondônia ocorreu no contexto da alta demanda do produto no mercado externo, dos incentivos fiscais dos governos federal e estaduais, do alto preço e falta de terras em outras regiões do Brasil, dos atrativos de menores preços e da qualidade da terra em Rondônia, que podem ter estimulado o deslocamento de produtores de soja, inicialmente para o Sul de Rondônia e, atualmente, em processo de expansão para diversos outros municípios deste estado.

A população de migrantes do Sul do Brasil contribuiu com o processo de "expulsão" dos pequenos proprietários de terras do Sul de Rondônia, especialmente

aqueles que praticavam agricultura de subsistência. O preço das terras se elevou e muitos proprietários venderam ou arrendaram as terras e migraram para o Norte de Rondônia, ocupando áreas maiores e muitas vezes próximas ou dentro de unidades de conservação, atraídos pelos baixos preços das terras e grande oferta de recursos naturais. A diminuição da população de Corumbiara e o aumento da população de Buritis são exemplos que revelam os efeitos desses processos migratórios no estado de Rondônia.

Tais processos de migração interna indicam uma associação entre a expansão da soja e a migração dos habitantes do Sul de Rondônia. E, de fato, a expansão da soja é motivada por fatores capitalistas, que incentivam o incremento na produção e a busca de novas áreas para ocupação e produção desta *commodity*. Como efeito, as regiões de novas fronteiras onde se encontram as áreas de maior oferta e menor custo financeiro dos recursos naturais, especialmente a terra e a madeira, são ocupadas por migrantes que não mais se ajustaram ao sistema produtivo em velhas fronteiras, imposto pela globalização econômica. Nestas áreas de fronteira de colonização são observadas, em um primeiro momento, a abertura de estradas, seguido de exploração madeireira e, por fim, a agropecuária.

Tal processo migratório aumenta substancialmente a pressão sobre os remanescentes de floresta nativa em todo o estado. Isso inclui as invasões em unidades de conservação, que se encontram fragilizadas pelos seus sistemas de monitoramento e controle.

Capítulo 5 Principais conclusões

1 Contextualização da pesquisa no cenário global

O crescimento da produção de soja no Brasil está relacionado ao aumento da demanda do mercado internacional por essa *commodity*. Para se ter ideia, a produção mundial de soja atingiu 269 milhões de toneladas em 2013. Deste total, 63 milhões de toneladas são importadas pela China, a grande propulsora do aumento da produção desta *commodity*.

Mais especificamente, a produção brasileira de soja atingiu 83 milhões de toneladas no ano de 2013, superando em 1 milhão a produção dos Estados Unidos. Deste total de soja produzida no Brasil, 38 milhões de toneladas são exportados (USDA, 2013). Assim, a demanda mundial por soja, principalmente da China, tem aumentado a produção de soja, principalmente no Brasil, que, no ano de 2013, liderou a produção mundial.

Além do aumento da produção nacional, o preço da soja também aumentou substancialmente na última década. Enquanto o preço da saca da soja (60kg) no ano de 2005 era de 13 reais, esse valor passou para 25 reais em 2013 (CONAB, 2013).

Este aumento de preço e da produção de soja no Brasil está relacionado ao sistema de produção capitalista globalizado que exige cada vez mais produção e comercialização de produtos. Tal sistema tem causado problemas de ordem econômica, ambiental e social no Brasil.

Neste contexto, a presente pesquisa buscou entender melhor os efeitos da expansão da soja, com enfoque na Amazônia brasileira. Para isso, realizou-se esta pesquisa no estado de Rondônia, onde, embora esteja totalmente inserido na região Amazônica, a produção de soja teve um aumento substancial nos últimos anos em várias regiões do Estado.

2 Revisitando as questões de pesquisa

Os resultados deste estudo mostram que Rondônia possuía aproximadamente 105 mil hectares de área plantada de soja até o ano de 2011. Os plantios de soja se concentraram principalmente na porção sul do estado, onde o município de Vilhena lidera a estimativa de área plantada, com aproximadamente 36,5 hectares de plantios de soja. As áreas ocupadas por soja tiveram preferência por áreas já cultivadas previamente por outros usos da terra. Isto confirma o observado por BRANDÃO et al. (2005); BROWN et al.

(2005) e MUELLER (2003) de que os plantios de soja não substituem diretamente áreas de floresta nativa. Complementarmente, a partir da sobreposição das áreas plantadas com soja com imagens do satélite Landsat TM5 da década anterior, foi possível concluir que estes plantios de soja ocuparam prioritariamente áreas de pastagem (94%).

Contudo, foi possível observar também que a soja tem causado o desmatamento indireto da floresta nativa em Rondônia. Uma evidência desta causa é a "expulsão" de produtores rurais que ocupavam áreas com pastagens e que, por fim, acabaram atraídos por terras mais baratas para ampliação das pastagens sobre áreas ocupadas por florestas nativas localizadas em regiões de fronteiras no estado de Rondônia. Esse aumento exponencial dos plantios de soja em Rondônia pode ter contribuído com a perda de aproximadamente 89 mil quilômetros quadrados (37%) de vegetação natural do estado (INPE, 2012).

Neste estudo, os danos foram estudados mais detalhadamente para os municípios de Corumbiara (antiga fronteira de ocupação) e Buritis (nova fronteira de ocupação). O estudo de Ecologia da Paisagem para estes municípios pôde revelar o intenso processo de fragmentação e perda de remanescentes que tem ocorrido. O município de Corumbiara, apesar de ser uma antiga área de ocupação, ainda sofre com processos de fragmentação. No ano de 2000, este município apresentou 7157 fragmentos, e no ano de 2005, 7780 fragmentos com grande diminuição da área da floresta (perda de aproximadamente 10 mil hectares). Ao contrário de Buritis, que perdeu fragmentos com grandes áreas entre 2000 e 2011, no município de Corumbiara houve perda de grandes fragmentos apenas entre os anos de 2000 e 2005, com redução da perda no ano de 2011. O município de Buritis, considerado uma nova fronteira de ocupação, tem sofrido processos de fragmentação mais intensos, com aumento de cinco vezes no número de fragmentos (período de 2000-2005) e perda de aproximadamente 100 mil hectares de floresta nativa na última década.

Os resultados obtidos neste estudo indicam também que ainda há perda de floresta no município de Corumbiara, pois esperava-se que, sendo uma antiga fronteira de ocupação, essa perda já deveria ter cessado. Esses processos de perda de floresta e fragmentação florestal têm forte relação com a expansão da soja no estado, que requer novas áreas para o plantio e expansão das pastagens substituídas por soja em velhas fronteiras.

Tal dinâmica interna de mudanças do uso da terra pode ser observado concomitantemente com a expansão da soja, que trouxe grandes proprietários de terras para regiões ao sul de Rondônia, atraídos pela disponibilidade de terras e incentivos governamentais à produção de soja, gerando processos de expulsão da população local,

formada por pequenos proprietários que trabalhavam em agricultura de subsistência. Estes pequenos produtores descapitalizados migraram para regiões ao norte de Rondônia, principalmente Buritis, onde a disponibilidade de terras, seus baixos preços e a maior quantidade de recursos naturais são grandes atrativos para capitalização destes migrantes. Essas regiões de novas fronteiras acabam sofrendo grandes perdas de floresta e processos de fragmentação intensos, como ocorrido no município de Buritis.

3 Oportunidades para estudos futuros

Processos de expansão da soja têm ocorrido em outras regiões da Amazônia, o que gera a possibilidade de estudos em outros estados além de Rondônia. Além disso, estudos mais aprofundados dos efeitos socioeconômicos da expansão da soja podem ser realizados, objetivando entender melhor os processos migratórios que ocorrem nos municípios de Rondônia.

O estudo de ecologia da paisagem pode ser feito com utilização de mais municípios e maior série temporal, ampliando assim o entendimento do processo de fragmentação ocorrido.

Referências Bibliográficas

- ADAMS, J. B.; SABOL, D. E.; KAPOS, V. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: application to land-cover change in Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v.52, n.94, p.137-154, 1995.
- AGNOL, A. D.; HIRAKURI, M. H. **Circular Técnica 59: Realidade e Perspectivas do Brasil na Produção de Alimentos e Agroenergia, com Ênfase na Soja**. Embrapa Soja: Londrina - PR, 2008.
- ALDRICH, S. P.; ARIMA, E. Y.; CALDAS, M. M. Land-cover and land-use change in the Brazilian Amazon: smallholders, ranchers, and frontier stratification. **Economic Geography**, v. 82, n. 3, p. 265–288, 2006.
- ALENCAR, T. R. **A política de colonização oficial e a estruturação da rede urbana de Rondônia**, 2005. 127f. Dissertação de Mestrado em Geografia - Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília -DF.2005.
- ALICEWEB. Exportações de soja do Brasil. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 12/3/2012.
- ALMEIDA, A. L. O. DE. **The Colonization of the Amazon**. United States of America: University of Texas Press, 1992. 371p.
- ALVES, D. S. et al. Characterizing landscape changes in central Rondônia using Landsar TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, n. 14, p. 2877–2882, 1999.
- BARONA, E. et al. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 9, 2010.
- BATISTELLA, M.; SOARES, B. S. F. Ensaio comparativo de índices de fragmentação da paisagem em dois modelos de assentamento rural em Rondônia. **In: Congresso e feira para usuários de geoprocessamento da América Latina (GIS BRASIL'99), V, 1999**, Salvador - BA, *Anais...* Salvador,1999. p.10.
- BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**. Rio de Janeiro - RJ, v. 19, n. 53, p. 71–86, 2005.
- BECKER, B. K.; MIRANDA, M.; MACHADO, L. O. **Fronteira Amazônica: Questões sobre a Gestão do Território**. Brasília, Distrito Federal: Editora UnB, 1990. 219p.

- BERTRAND, J. P.; LAURENT, C.; LECLERCQ, V. **O Mundo da Soja**. HUCITEC: E ed. São Paulo - SP: Editora da Universidade de São Paulo, 1987. 139p.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A Soja no Brasil: História e Estatística**. Londrina - PR: EMBRAPA - CNPSo, Documentos, 21, 1987. 61p.
- BOUTIN, S.; HEBERT, D. Landscape Ecology and Forest Management: Developing an Effective Partnership. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p. 390–397, 2002.
- BRANDÃO, A. S. P. et al. Agricultural growth in the period 1999-2004, outburst in soybeans area and environmental impacts in Brazil. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, n. 1062, p. 18, 2005.
- BRASIL, S. D. A. **Amazônia: Desenvolvimento e Ocupação**. Belém - PA: Departamento Administrativo, Serviço de Documentação e Divulgação, 1968. 102p.
- BROWDER, J. O.; PEDLOWSKI, M. A.; WALKER, R. Revisiting theories of frontier expansion in the Brazilian Amazon: a survey of the colonist farming population in Rondônia's post-frontier, 1992–2002. **World Development**, v. 36, n. 8, p. 1469–1492, 2008.
- BROWN, J. C. et al. Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: the case of Vilhena, Rondônia. **Ambio**, v. 34, n. 6, p. 462–9, 2005.
- CALDWELL, B. E. **Soybeans: Improvement, Production and Uses**. USDA ed. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Inc, 1973. 681p.
- CARUSO, R. **Soja: uma Caminhada Sem Fim**. CCD Editor ed. Campinas - SP: Fundação Cargil, 1996. 95p.
- CARVALHO, F. M. V.; MARCO, P. DE; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.
- CAVIGLIA-HARRIS, J.; HARRIS, D. The impact of settlement design on tropical deforestation rates and resulting land cover patterns. **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 40, n. 3, p. 451–470, 2011.
- CNPSo-EMBRAPA. A Soja no Brasil. Centro Nacional de Pesquisa de Soja – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/>. Acesso em: 15/12/2011.

- COCHRANE, M. A. et al. **Interaction and Sinerg between Selective Logging, Forest Fragmentation and Fire Disturbance in Tropical Florests: Case Study Mato Grosso, Brazil**. Michigan USA: CGCEO, 2002.722p.
- COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, n. 1, p. 59–77, 1996.
- COLLINGE, S. K. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, n. 1, p. 59–77, 1996.
- COLSON, F.; BOGAERT, J.; FILHO, A. C. The influence of forest definition on landscape fragmentation assessment in Rondônia, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 6, p. 1163–1168, 2009.
- CONAB. Séries históricas relativas às safras de 1976 a 2011 de área plantada, produtividade e produção. <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 15/12/2011.
- CONAB. Preço da soja no mercado. <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 10/3/2013.
- CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 46, p. 35–46, 1991.
- CONGALTON, R.; MEAD, R. A Review of three discrete multivariate analysis techniques used in assessing the accuracy of remotely sensed data from error matrices. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. GE-24, n. 1, p. 169–174, 1986.
- DATTATREYA, G. R.; KANAL, L. N. Chapter 8 - Decision Trees in Pattern Recognition. In: L. N. Kanal; A. Rosenfeld (Eds.); **Progress in Pattern Recognition 2**. p.189, 1985. Maryland - USA: Elsevier Science Publishers, 189p.
- DIAMOND, J. M. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. **Biological Conservation**, n. 7, p. 129–146, 1975.
- DIAS, R. J. **Rondônia - urbanização e expansão da fronteira agrícola**. 1980. 159f. Dissertação (mestrado em planejamento urbano) - Departamento de Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 1980.
- EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja- Região Central do Brasil 2011. **Sistemas de Produção**, Londrina - PR, n. 14, p. 255, 2011.

- EMBRAPA. Imagem satélite SPOT 5. Disponível em: <
<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/spot.htm>>. Acesso em: 05/03/2013.
- ENVI. ENVI Tutorial: Decision Tree Classification. Disponível em:
<http://www.exelisvis.com/portals/0/tutorials/envi/Decision_Tree.pdf>. Acesso em:
20/1/2012.
- EULER, A.; MILLIKAN, B.; BRITO, B. E.; CARDOZO, B. I. **O Fim da Floresta. A Devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no Estado de Rondônia.**
- FAMINOW, M. D. **Cattle, Deforestation and Development in the Amazon: An Economic, Agronomic and Environmental Perspective.** New York - USA: CAB international, 1998. 253p.
- FARIAS, J. R.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Circular técnica 48: Ecofisiologia Soja.** Embrapa: Londrina - PR, 2007.
- FEARNSIDE, P. **A Ocupação Humana de Rondônia: Impactos, Limites e Planejamento.** Brasília: Assessoria Editorial e Divulgação Científica, 1989, 76p.
- FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 01, p. 23–38, 2001.
- FERRAZ, S. F. DE B. et al. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n. 1, p. 69–85, 2005.
- FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças.** São Paulo - SP: Embrapa instrumentação agropecuária, 2008. 144p.
- FRIEDL, M. A.; BRODLEY, C. E. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. **Remote Sensing Environmental.** New York: v. 61, p. 399–409, 1997.
- Grupo de Trabalho Amazônico - GTA, Regional Rondônia, 2008. 61p.
- HARALICK, R. M. Statistical and structural approaches to texture. **Proceedings of the IEEE**, v. 67, n. 5, p. 786–804, 1979.
- HECTH, S. Cattle ranching in the Eastern Amazon: environmental and social implications. In: E. F. Moran (Ed.); **The Dilemma of Amazonian Development.** Boulder, Colorado: Westview Press, 1983. 347p.

IBGE. Dados da área plantada de soja nos municípios de Rondônia. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>>. Acesso em: 24/3/2012.

IBGE. Dados demográficos da população de Rondônia. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm>>. Acesso em: 10/12/2012.

INPE. Imagens Landsat 5 TM e dados do desmatamento em Rondônia. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em 18/03/2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. 2^a ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.598p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 424p.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley & Sons, 2004.756p.

MALINGREAU, J.-P.; TUCKER, C. J. Large-Scale deforestation in the southeastern Amazon basin of Brasil. **Ambio**, v. 17, n. 1, p. 49–55, 1988.

MATHER, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images**. John Wiley & Sons, 2004. 352p.

MATOS, J. M.; ROCHA, V. M. DA S.; CARVALHO, A. P. F. DE. Avaliação da evolução do desmatamento em assentamentos do Incra a partir dos dados do Prodes e Deter para os anos 1997-2010. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, XV, Curitiba, PR. Anais...Brasil: INPE** n. 2005 , 2011, p. 5833–5840.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. DE. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, Distrito Federal: CNPQ, UnB, 2012. 266p.

MILLIKAN, H. B. Tropical deforestation , land degradation , and society Brazil lessons from Rondonia, Brazil. **Latin American Perspectives**, v. 19, n. 1, p. 45–72, 1992.

MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; SHIMABUKURO, Y. E. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, n. 39, p. 14637–41, 2006.

MUELLER, C. C. Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado – the case of soybeans in Brazil ’ s Center-West. **Textos para discussão**, nº 306, Brasília, Distrito Federal, Universidade de Brasília, 2003.

- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Elsevier Science**, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.
- MYERS, N. **The Sinking Ark: a New Look at the Problem of Disappearing Species**. Universidade de Michigan: Pergamon Press, 1979. 307p.
- NASA. Landsat 5 history. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_landsat5.php>. Acesso em: 15/12/2011.
- NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; ALMEIDA, O. T. Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. **Conservation biology**, v. 20, n. 6, p. 1595–1603, 2006.
- NOGUEIRA, C. **SOJA : História , Tendências e virtudes**. Funcionais e Farmacêuticos. Editora Insumos, 2007. p. 28–40.
- NOVO, E. M. L. DE M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3^a ed. São Paulo - SP: Blucher, 2008. 363p.
- PAL, M.; MATHER, P. M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, n. 4, p. 554–565, 2003.
- PEDLOWSKI, M. A. et al. Patterns and impacts of deforestation in Rondonia, Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v. 38, p. 149–157, 1997.
- PEDLOWSKI, M. A.; MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. Conservation units: a new deforestation frontier in the Amazonian state of Rondônia, Brazil. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 02, p. 149–155, 2005.
- PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI, E. A. T. A criação de áreas protegidas e os limites da conservação ambiental em Rondônia. **Ambiente e Sociedade**, n. 5, p. 93–108, 1996.
- PERDIGÃO, F.; BASSEGIO, L. **Migrantes Amazônicos, Rondônia: A Trajetória da Ilusão**. Loyola ed. São Paulo - SP, 1992. 221p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos - SP: A Silva Vieira Ed., 2009. 127p.

- PPCDAM. **Plano de ação para a prevenção e o controle do desmatamento da Amazônia Legal**. 2009. 170p.
- RABELLO, A.; MONTEIRO, R. G. Efeito do tamanho do fragmento na dispersão de sementes de Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Delf .). **Biota Neotropica**, Alfenas, Minas Gerais, v. 10, n. 1, p. 47 – 54, 2012.
- RATTNER, H.; UDRY, O. **Colonização na Fronteira Amazônica: Expansão e Conflitos**. São Paulo - SP: Instituto de pesquisas econômicas (IPE-USP), 1987. 90p.
- REDWOOD III, J. World Bank Approaches to the Brazilian Amazon : The Bumpy Road toward Sustainable Development. Disponível em:
<http://www.portalces.org/sobi2_downloads/114/712.pdf>. Acesso em: 19/6/2012.
- REZENDE, G. C.; MARQUES, R. W. DA C. Agricultural growth in the period 1999-2004, outburst in soybeans area and environmental impacts in Brazil. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, n. 1062, p. 18, 2005.
- RIBEIRO, E. J. C.; BAPTISTA, G. M. M.; BIAS, E. S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. **In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII**, 2007, Florianópolis, *Anais...*, Florianópolis, Brasil: INPE, 2007, p. 5471–5478 .
- RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**. Australia: Springer - Verlag berlin Heidelberg, 2006. 439p.
- RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003. 503p.
- ROEBELING, P. C. **Expansion of cattle ranching in Latin America: a farm-economic approach for analyzing investment decisions**. 2003. 150f. Tese de doutorado - Wageningen University, set. de 2003.
- RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). **Boletim Climatológico de Rondônia - 2005**. SEDAM: Rondônia - RO, 2007.
- SAITO, É. A. et al. Efeitos da mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia. **Revista Brasileira de cartografia**, v. 63, n. 3, p. 401–414, 2011.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation : a review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18–32, 1991.

- SCHLESINGER, S.; NORONHA, S. **O Brasil Está Nu! O Avanço da Monocultura da Soja, o Grão que Cresceu Demais**. Rio de Janeiro: FASE - Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional, 2006. 148p.
- SCHMINK, M.; WOOD, C. H. **Contested Frontiers in Amazonia**. New York: Columbia University Press, 1992.398p.
- SCHMINK, M.; WOOD, C. H. **Frontier Expansion in Amazonia**. New York: University Press of Florida, 1954.502p.
- SCHOTT, J. R. **Remote Sensing: The Image Chain Approach**. 1^a ed. New York: Oxford university press, 2007. 666p.
- SCHOWENGERDT, R. A. E. T. **Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing**. Academic Press, 1997. 522p.
- SEDAM. Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/acervo-tecnico-zoneamento.html>>. Acesso em: 31/10/2012.
- SHIDA, C. N.; PIVELLO, V. R. 20. O Contexto do Cerrado Pé-de-Gigante como Fragmento: Consequências. **O Desafio da conservação dos recursos naturais do Cerrado Pé-de-Gigante**. p.218–222, 2005.
- SINGER, P. I. Migrações internas: Considerações teóricas sobre o seu estudo. **Migração Interna: Textos Selecionados**. Foz de Iguaçu: Banco do Nordeste do Brasil (BNB), 1980. 722p.
- SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, v. 260, n. 5116, p. 1905–10, 1993.
- TONI, F. et al. **Expansão e Trajetórias da Pecuária na Amazônia, Acre, Brasil**. Editora Universidade de Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 117p.
- TURNER, M. G. Landscape Ecology : The effect of pattern on process. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, p. 171–197, 1989.
- USDA. Brazil Soybeans and Products Supply and Distribution Local Marketing Year. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 7/5/2012a.
- USDA. Soybean area, yield and production. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 10/2/2012b.

USDA. Soybean global demand. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 10/3/2013.

WULDER, M. A.; FRANKLIN, S. E. **Remote sensing of forest environments**. Kluwer Academic Publishers, 2003. 519p.