



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Patricia Christiana Silva de Souza

**UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DETECÇÃO DO DESMATAMENTO
NO ESTADO DE RONDÔNIA.**

Goiânia, 2017.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Patricia Christiana Silva de Souza

**UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DETECÇÃO DO DESMATAMENTO
NO ESTADO DE RONDÔNIA.**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS-IFG) -Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais. Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira. Coorientador: Prof. Dr. Alex Mota dos Santos.

Goiânia, 2017.

So895u Souza, Patrícia Christiana da Silva.
Utilização de geotecnologias para detecção do desmatamento no estado de Rondônia / Patrícia Christiana da Silva Souza. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2017.
73 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira.
Coorientador: Prof. Dr. Alex Mota dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.
Inclui anexo.

1. Desmatamento – Rondônia (RO). 2. Sistema de Informação Geográfica (SIG).
3. Geotecnologias. I. Ferreira, Nilson Clementino (orientador). II. Santos, Alex Mota dos (coorientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título.

CDD 333.7513



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

Câmpus
Goiânia

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Patrícia Christiana Silva de Souza

**“USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DETECÇÃO DO
DESMATAMENTO NO ESTADO DE RONDÔNIA”**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS
- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de
Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção
Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas
Ambientais

Prof(a). Dr.(a). NILSON CLEMENTINO FERREIRA (presidente e orientador IFG-UFG);

Assinatura

Prof(a). Dr.(a). ALEX MOTA DOS SANTOS (coorientador e avaliador UFG);

Assinatura

Prof(a). Dr.(a). MARIA CAROLINA DA CRUZ MIRANDA (avaliadora IFG)

Assinatura

Aprovado em: 20/03/2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Hélio e Nazaré por acreditarem em mim, pela compreensão, apoio e ensinamentos com muito amor durante toda minha vida. Ao meu esposo Bernard, que desde o dia da inscrição do mestrado até a última palavra escrita sempre esteve ao meu lado, me ajudando e dividindo seu conhecimento com muita dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que participaram no desenvolvimento deste trabalho. Aos meus professores, colaboradores e colegas da terceira turma do mestrado do IFG, em especial a Prof^a. Dr^a. Warde Zang e ao Prof.Dr. Sidney Valente que me apoiaram no início do mestrado.

Ao Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira que aceitou o desafio de ser meu orientador já na metade do projeto, e deste então, iniciou uma nova pesquisa a qual gerou este trabalho, e que nesse curto período veio compartilhando do seu amplo conhecimento. Também, pelo ótimo planejamento do trabalho, convidando o Prof. Dr. Alex Mota dos Santos como meu coorientador, que contribuiu muito para execução de cada etapa, sempre presente, dedicado, paciente, sendo de uma grande importância na produção desta dissertação, por suas experiências no estado de Rondônia e acadêmicas.

As minhas amigas do Serviço Geológico do Brasil e também a minha gerente, por compreender e incentivar a caminhada acadêmica, o que permitiu que cumprisse minha carga horária no programa.

A toda minha família, pais, irmãos, sobrinhos, tios e primos, os quais compreenderam a minha ausência até a conclusão desta. Ao meu esposo Msc. Bernard S. de Oliveira, por suas importantes contribuições em todas as fases deste trabalho. E principalmente a Deus, pois tenho plena convicção que não teria chegado até aqui sem Ele, e com pessoas tão capacitadas com as quais aprendi muito.

"Quando aprendemos a dominar o nosso interior, o mundo exterior tem menos poder sobre nós." Por isso...

"... transformai-vos pela renovação da vossa mente, para que proveis qual é a boa, agradável e perfeita vontade de Deus. Rm 12:2b".

Título: Utilização de Geotecnologias para Detecção do Desmatamento no Estado de Rondônia.
Autor: Patricia Christiana Silva de Souza.
Orientador: Nilson Clementino Ferreira.
Coorientador: Alex Mota dos Santos.

RESUMO: A retirada da vegetação desencadeia variados processos de degradação dos recursos naturais. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi analisar o desmatamento no Estado de Rondônia e suas variáveis de influências. Para alcançar os objetivos aplicou-se métodos indiretos de modelagem ambiental e método de tomada de decisão num Sistema de Informação Geográfica (SIG). O capítulo três (artigo um) mostrou por meio da modelagem ambiental de cenários futuros da retirada da vegetação para o ano de 2050, que será maior na porção noroeste, nos municípios de Porto Velho e vizinhos. Esse dado é confirmado pelo cenário passado e presente, já que segundo dados do INPE (2017), o município de Porto Velho foi e ainda é o que possui a maior área desmatada do Estado de Rondônia. Esse dado pode ser explicado pelo quantitativo bovino que há nos municípios de Porto Velho e Nova Mamoré, pois possuem os maiores rebanhos do estado, e também as duas maiores taxas de crescimento do número de animais na última década (2005-2015), variando de 54,8% em Porto Velho e 107,2% em Nova Mamoré. O aumento do número de bovinos pressiona para abertura de novas áreas, forçando ainda mais a pecuarização em Rondônia, onde a realidade é mais conhecida, mas que vem ocorrendo em outros estados da Amazônia. O capítulo quatro (artigo dois) destaca-se que as variáveis biofísicas apresentam pouca variação durante o ano, e durante os meses, os desvios-padrão também são constantes e com coeficiente de variação menor que 10%, ou seja, o mosaico de áreas protegidas vem garantindo a preservação das variáveis biofísicas estudadas, o que não vem ocorrendo nas áreas antropizadas, principalmente nos meses de pouca ocorrência pluviométrica. No que se refere à retirada da vegetação, observou-se que a presença das rodovias foi a variável que mais influenciou. Assim, foi possível observar que 82,62% das áreas desmatadas localizam-se até 5 km das rodovias da área de estudo. Adicionalmente observou-se que os desmatamentos ocorrem predominantemente na porção norte, principalmente no município de Nova Mamoré.

PALAVRAS-CHAVE: SIG, Modelagem dinâmica da paisagem, Desmatamento.

Title: Utilização de Geotecnologias para Detecção do Desmatamento no Estado de Rondônia.
Author: Patricia Christiana Silva de Souza.
Adviser: Nilson Clementino Ferreira.
Co-adviser: Alex Mota dos Santos.

ABSTRACT: The deforestation has caused various processes of degradation of natural resources. So, the objective of this research was to analyze the deforestation in the State of Rondônia, and its variables influences. To achieve the objectives applied-indirect methods of environmental modeling and method of decision-making a Geographic Information System (GIS). Chapter three (article one) showed by means of the environmental modeling of future scenarios of deforestation to the year 2050, which will be greater in the north-western region, in the municipalities of Porto Velho and neighbors. This data is confirmed by the scenario past and present, since, according to data from INPE (2017), the municipality of Porto Velho has been and still is the one that has the greatest deforested area of Rondônia State. This data can be explained by the quantitative veal, in which the municipalities of Porto Velho and Nova Mamoré, have the largest herds in the state, and also the two highest growth rates in the number of animals in the last decade (2005-2015), the variation of 54.8 percent in Porto Velho and at 107.2 percent in Nova Mamoré. The increase in the number of cattle press to open new areas, forcing even more of the cattle industry in the state of Rondônia, where the reality is more known, but that has been happening in other states of the Amazon. In chapter four (article two) it is noteworthy that the variables biophysical exhibit little variation during the year, and during the months, the standard deviations are also constant and with coefficient of variation less than 10%, that is, the mosaic of protected areas comes ensuring the preservation of the variables biophysical studied, which does not occur in the areas modified by human, particularly in the months of low occurrence of rainfall. As regards the removal of the vegetation, it was observed that the presence of the highways was the variable that most influenced him. Thus, it was possible to observe that 82,62 percent of the deforested areas are located up to 5 km of the highways of the study area. In addition, it was observed that the deforestation occur predominantly in the northern portion, mainly in the municipality of Nova Mamoré.

KEYWORDS: GIS, Dynamic Modelling Landscape, Deforestation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II -ARTIGO I

FIGURA 1 - MAPA DE DIVISA MUNICIPAL DO ESTADO DE RONDÔNIA.....	23
FIGURA 2 - PRINCIPAIS FITOFISIONOMIAS ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO.	24
FIGURA 3 - MAPA DE SOLOS DO ESTADO DE RONDÔNIA.....	26
FIGURA 4 - ÁREAS DE CONSERVAÇÃO E TERRAS INDÍGENAS NO ESTADO DE RONDÔNIA.....	28
FIGURA 5 - ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS UTILIZADOS NA MODELAGEM DE DESMATAMENTO NO DINAMICA-EGO.	32
FIGURA 6 - ETAPAS DO PROCESSAMENTO NO PROGRAMA COMPUTACIONAL DINAMICA EGO.	33
FIGURA 7 - MÉTODO DE DECAIMENTO PARA VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADES DE MAPAS.	35
FIGURA 8 - CLASSE DE DESEMPENHO DO ÍNDICE KAPPA..	36
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO DESMATAMENTO EM RONDÔNIA ENTRE OS ANOS DE 2005 A 2015.	37
FIGURA 10 - ÁREAS DESMATADAS DE 2005 A 2050, E ÁREAS ESPECIAIS (UNIDADE DE CONSERVAÇÃO E TERRA INDÍGENA).....	43
FIGURA 11 - COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ENTRE OS ANOS DE DESMATAMENTO E AS ÁREAS DESMATADAS.....	46

CAPÍTULO III - ARTIGO II

FIGURA 1 -ÁREA DE ESTUDO FORMADA PELOS MUNICÍPIOS DE NOVA MAMORÉ E GUAJARÁ-MIRIM. .	56
FIGURA 2 - DESMATAMENTO NA ÁREA DE ESTUDO.....	62
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS DESMATADAS EM GUAJARÁ-MIRIM E NOVA MAMORÉ.	63
FIGURA 4 - RELAÇÃO ENTRE RODOVIAS E OCORRÊNCIA DE DESMATAMENTOS.....	64
FIGURA 5 - MAPEAMENTO DO ÍNDICE DE PRESSÃO ANTRÓPICA DIRETA E ÍNDIRETA.	65
FIGURA 6 - COMPORTAMENTO MENSAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM 2014.	67
FIGURA 7 - COMPORTAMENTO MENSAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE EM 2014.....	68
FIGURA 8 - COMPORTAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO EM 2014.....	69

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II -ARTIGO I

TABELA 1 - QUANTITATIVO DOS TIPOS DE CLASSE DE SOLOS NO ESTADO DE RONDÔNIA.	27
TABELA 2 - TAXA DE TRANSIÇÃO DE FLORESTA/DESMATAMENTO.	38
TABELA 3 - TABELA DAS VARIÁVEIS DE EVIDÊNCIAS.	39
TABELA 4 - PARÂMETROS PARA OS CÁLCULOS DOS PESOS.	39
TABELA 5 - PESO DA VARIÁVEL "DISTÂNCIA DAS RODOVIAS".....	40
TABELA 6 - PESO DA VARIÁVEL "DISTÂNCIA DOS DESMATAMENTOS".....	40
TABELA 7 - PESO DA VARIÁVEL "DISTÂNCIA DOS CENTROS URBANOS".....	41
TABELA 8 - PESO DA VARIÁVEL "ELEVAÇÃO".....	41
TABELA 9 - PESO DA VARIÁVEL "DECLIVIDADE".....	41
TABELA 10 - PESO DA VARIÁVEL "SOLO".....	41
TABELA 11 - PESO DA VARIÁVEL "UNIDADE DE CONSERVAÇÃO".....	41
TABELA 12 - PORCENTAGEM DE SIMILARIDADE ENTRE O ANO DE 2015-PRODES E O ANO DE 2015- SIMULADO.	42
TABELA 13 - PROJEÇÃO DOS VALORES DE ÁREAS DESMATADA NO ESTADO DE RONDÔNIA.	45

CAPÍTULO III - ARTIGO II

TABELA. 1- QUANTIDADE DE ÁREAS ESPECIAIS NA ÁREA DE ESTUDO.....	58
TABELA. 2- CATEGORIAS DE IPADI.....	61
TABELA. 3- ÁREAS COM ÍNDICE DE PRESSÃO ANTRÓPICA CLASSIFICADA.	65
TABELA. 4- AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO.	66
TABELA. 5- TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL EM 2014.	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	-	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FUNAI	-	Fundação Nacional do Índio.
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INCRA	-	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.
INPE	-	Instituto Nacional e Pesquisas Espaciais.
LAPIG	-	Laboratório De Processamento de Imagens e Geoprocessamento.
LCM	-	Land Change Modeler.
MODIS	-	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.
MOLUSCE	-	Modules for Land Use Change Simulations.
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente.
NASA	-	National Aeronautics and Space Administration.
OSM	-	Open Street Map.
PRODES	-	Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.
RESEX	-	Reserva Extrativista.
SEDAM	-	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental.
SRTM	-	Shuttle Radar Topography Mission.
UC	-	Unidade de Conservação.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	13
OBJETIVOS.....	14
OBJETIVO GERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO II-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
1. REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO III - ARTIGO I.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAIS E MÉTODOS	22
2.1 ÁREA DE ESTUDO	22
2.2 MODELAGEM DINÂMICA DOS DESMATAMENTOS.....	29
2.3 BASES DE DADOS	30
2.4 ETAPAS DE PROCESSAMENTO - DINAMICA-EGO.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
3.1 CENÁRIO ATUAL DO DESMATAMENTO NO ESTADO DE RONDÔNIA	36
3.2 VALIDAÇÃO DO MODELO SIMULADO	42
3.3 CENÁRIO FUTURO DE DESMATAMENTO	42
3.4 RODOVIA 420 - 421	46
4. CONCLUSÕES	48
5. REFERÊNCIAS.....	49
CAPÍTULO IV -ARTIGO II.....	52
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAIS E MÉTODOS	56
2.1 ÁREA DE ESTUDO	56
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4. CONCLUSÕES	69
ANEXO A – SCRIPT DOWNLOAD IMAGES	70
5. REFERÊNCIAS.....	71
CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS	73

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Esta dissertação apresenta os resultados dos estudos desenvolvidos no âmbito do mestrado Profissional em Tecnologia de Processos Sustentáveis, na linha de pesquisa em Modelagem de Sistemas Ambientais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus da cidade de Goiânia, em que se destaca a sua estruturação organizada em dois artigos científicos.

O primeiro artigo científico, intitulado “Modelagem de cenários futuros dos desmatamentos no estado de Rondônia por meio de geotecnologias”, e o segundo, intitulado “Análise espacial da pressão antrópica e de dados de evapotranspiração e temperatura do mosaico de áreas especiais nos municípios de Guajará-Mirim e Nova Mamoré em Rondônia – Brasil”.

A primeira perspectiva avaliou o ritmo do desmatamento na área em estudo e investigou o papel das áreas especiais, integradas pelas Unidades de Conservação e Terras Indígenas, e sua interferência no avanço da retirada da vegetação, nos anos de 2005 e 2015, e em seguida, fazendo uma projeção do cenário futuro até o ano de 2050. Para tanto, utilizou um modelo ambiental com possibilidades em aberto para a concepção do modelo espacial estático da área.

A metodologia contempla métodos indiretos de modelagem ambiental e método de tomada de decisão num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Assim, de forma geral a modelagem aplicada à análise ambiental é fundamentada na construção de modelos matemáticos que buscam representar um processo que ocorre na natureza, que posteriormente são convertidos em modelos computacionais incorporados aos Sistemas de Informações Geográficas (FILGUEIRA, 1999). A modelagem dinâmica dos desmatamentos foi elaborada por meio da utilização do programa computacional DINAMICA EGO, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (FILHO et. al., 2003). Os resultados aqui foram agrupados em cenário presente e futuro.

O segundo artigo é resultante de uma análise espacial da pressão antrópica não indígena e de dados de evapotranspiração e temperatura do mosaico de áreas especiais nos municípios de Guajará-Mirim e Nova Mamoré, ambos localizados no extremo oeste do estado de Rondônia, sobre influência da Rodovia Federal, BR-421, que exerce importante pressão sobre o Parque Estadual de Guajará-Mirim. A área de estudo foi delimitada, adquiriram-se dados e informações sobre a área e algumas análises que foram realizadas.

Dessa abordagem foi possível concluir que o mosaico de áreas especiais da área de estudo possui pequenas regiões antropizadas, principalmente em algumas terras indígenas e

unidades de conservação de uso sustentável. Com essa situação as variáveis biofísicas apresentaram pouca variação durante os meses do ano analisado, os desvios-padrão encontrados apresentaram estabilidade, com coeficiente de variação menor que 10%. Isso significa que o mosaico de áreas protegidas vem garantindo a preservação das variáveis biofísicas estudadas, o que não vem ocorrendo nas áreas antropizadas, principalmente nos meses de pouca ocorrência pluviométrica, em que foram observadas variações mais acentuadas.

Além disso, foi possível observar que as áreas especiais localizadas no município de Nova Mamoré estão sujeitas a índices pressão antrópicas importantes, chegando à moderada, como é o caso do Parque Estadual de Guajará-Mirim, além de parte da Reserva Extrativista Jaci-Paraná. No caso do município de Guajará-Mirim, a Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto possui porções sob pressão antrópica baixa e moderada.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Esta pesquisa teve o objetivo de analisar o desmatamento no estado de Rondônia e suas variáveis de influências.

Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral fosse alcançado, fez-se necessário o cumprimento dos objetivos específicos a seguir:

- Simulação da dinâmica espacial dos desmatamentos no estado de Rondônia de 2015 à 2050;
- Análise das variáveis que influenciam o desmatamento na área de estudo;
- Avaliação dos desmatamentos futuros no parque de Guajará-Mirim onde a rodovia BR-421 foi construída;
- Análise da pressão dos desmatamentos sobre as áreas protegidas, além da situação de parâmetros biofísicos.

CAPÍTULO II–REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A conversão das paisagens na Amazônia resultou em impactos econômicos, sociais e ambientais. No que se refere aos impactos ambientais, o destaque é dado para a retirada da vegetação composta por fitofisionomias variadas, em que se destaca a floresta de terra-firme; a floresta de igapó, inundável; as caatingas do Rio Negro; os campos rupestres, nos picos das serras; áreas de savanas, entre outros (COUTINHO, 2006).

O processo de ocupação não indígena naquela região não ocorreu de forma homogênea, sendo possível distinguir diferentes frentes de expansão da fronteira agrícola e pecuária. A modalidade de fronteira ocorre de forma que a expansão e incorporação ocorreram ao mesmo tempo (OLIVEIRA, 2003). Nesse sentido, na porção sul da Amazônia, especialmente no estado de Rondônia, realidade alvo de pesquisa, o Estado incentivou, a partir dos projetos de colonização do Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) a ocupação dirigida. Constatou-se portanto, que foi a partir dos projetos de colonização que ocorreu a consolidação da ocupação e povoamento em Rondônia (FEARNSIDE, 1980; AMARAL, 1998; CIM, 2003; OLIVEIRA, 2003; GTA, 2008). Os autores referem-se ainda, que a pavimentação da rodovia federal BR-364 encorajou e contribui em muito com o cenário de ocupação dirigida no estado. De acordo com as pesquisas de Santos (2014), a abertura da BR364 e os projetos de colonização do INCRA proporcionaram o surgimento de povoados que foram elevados à categoria de municípios.

Segundo Oliveira (2003), no estado de Rondônia o INCRA implantou, entre 1970 e 2001, aproximadamente 5.000.000 hectares de projetos de colonização, o que correspondeu a 20% da área total do estado. Segundo Santos (2014, p. 49) “esse quadro de ocupação revela um movimento de territorialização do Estado capitalista e desterritorialização do Estado”.

Assim, observado tal cenário diversas pesquisas se propuseram a discutir cenários de impactos, presente e futuro (FEARNSIDE, 1975;1980). Nesse sentido, o pesquisador Philip Martin Fearnside afirmou em seus diversos estudos que a falta de conhecimento dos planejadores ou a não exigência de conhecimentos aprofundados sobre a região implicaria em perigo de falha dos planos de colonização (FEARNSIDE, 1979 apud SANTOS, 2014). O trabalho de Ferreira (2006) constatou que o desmatamento da floresta amazônica está fortemente relacionado ao uso da terra (principalmente pastagem cultivadas), por meio da avaliação dos dados de desmatamento no contexto socioeconômico e institucional.

A consequência desse cenário de alteração das paisagens naturais é foco das análises de Fearnside (2012), que destaca o papel danoso das estradas para a vida das unidades de conservação e terras indígenas.

Um outro ponto importante de análise é a verificação do Índice de Pressão Antrópica no entorno das áreas especiais. Segundo Lopes (2015), essa metodologia tem por finalidade analisar e quantificar a pressão antrópica que atividades humanas exercem sobre os recursos naturais de uma determinada região. Portanto, trata-se de um “indicador sintético de pressões econômicas e demográficas sobre o meio ambiente”, tendo como base metodológica “as dimensões de estoque (tamanho ou densidade) e o fluxo (velocidade ou crescimento)”, apresentando maior pressão onde o estoque e o fluxo são elevados e menor pressão onde são reduzidos (SAWYER, 1997 apud RIBEIRO, 2009).

1. REFERÊNCIAS

AMARAL, J. J. **Rondônia: Colonização de Novas Terras. Revista de Educação, Cultura e Meio Ambiente-** Març.-Nº 11, Vol I, 1998 . Disponível em:

http://www.revistapresenca.unir.br/artigos_presenca/11josejanuario_rondoniacolonizacaodenovasterras.pdf. Acesso em 14/02/2017.

CIM, S. **O processo migratório de ocupação no estado de Rondônia – visão histórica.** 7, pp.1-12, 2003. Disponível em:

http://www.primeiraversao.unir.br/atigos_pdf/numero104Cinn.pdf. Acesso em: 14/02/2017.

COUTINHO, L. M. **O conceito de bioma.** Acta Botanica Brasilica, v. 20, n. 1, p. 13–23, mar. 2006

FEARNSIDE, P.M. **Human carrying capacity on the transamazon highway: na overview of the system.** Department of Biology. University of Michigan., 1975.

_____, P.M. **A tomada de decisão sobre grandes estradas amazônicas.** pp. 59-75. In: A. Bager (Ed.) Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas. Editora da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais., 2012a.

_____, P.M. **Previsão da produção bovina na rodovia Transamazônica do Brasil.** Acta Amazônica (4): 687-700. 1979a.

_____, P.M. **Desenvolvimento da floresta amazônica: problemas prioritários para a formulação de diretrizes.** Supl. Acta Amazônica (4): 123-129, 1979b.

_____, P.M. **Os efeitos das pastagens sobre a fertilidade do solo na Amazônia Brasileira: consequências para a sustentabilidade de produção bovina.** Acta Amazônica10 (1): 119-132, 1980.

_____, P.M. & B. Millikan. **Hidroelétricas na Amazônia: fonte de energia limpa?** pp. 49-56; 84-91. In: P.F. Moreira (ed.) **Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios.** Rios Internacionais, Brasília, DF, 2012b.

FERREIRA, N.C. **Modelo Conceitual, Lógico e Físico de um Sistema para o Monitoramento Integrado e Sistemático da Floresta Amazônica a Partir da Análise de Produtos de Sensoriamento Remoto, Dados Censitários e Cartográficos.** p.64-105, 2006.

FILGUEIRA, C. A. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: O paradigma geoestatístico por indicação.** INPE: São José dos Campos, 1999. 212 p. Disponível em:

<<http://mtcm05.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/2001/08.03.12.35/doc/publicacao.pdf>>.

Acesso em: 18 out. 2015.

GTA. **A Devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no Estado de Rondônia.** Grupo de Trabalho Amazônico - GTA Rondônia, 2008. Disponível em: stat.correioweb.com.br/cbonline/.../ofimdafloresta.pdf. Acesso 14/02/2017.

LOPES, J. M. A. **As Influências da Br-421 Sobre as Terras Indígenas em Rondônia.** [s.l: s.n.]. 2015.

OLIVEIRA, O. A. **Geografia de Rondônia: Espaço e Produção.** Porto Velho, Dinâmica Editora e Distribuidora LTDA. 2003.

RIBEIRO, L. **A pressão antrópica e os riscos de incêndios florestais no município de Novo Mundo, Amazônia Mato- Grossense.** Universidade Federal do Paraná. 2009.

SANTOS, A. M. dos. **Cartografias dos povos e das terras indígenas em Rondônia.** 2014.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G.; ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. **Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular.** In: ALBERNAZ A. L, SILVA J. M. C., VALERIANO, D. (Org.). Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais. Belém: Editora Museu Paraense Emílio Goeldi, 2003. 100p.

CAPÍTULO III - Artigo I

MODELAGEM DA DINÂMICA AMBIENTAL DO DESMATAMENTO NO ESTADO DE RONDÔNIA-RO: Uma Perspectivas dos Cenários nos Anos de 2015 à 2050.

SOUZA, Patricia Christiana Silva de¹; FERREIRA, Nilson Clementino (Orientador)²; SANTOS, Alex Mota dos (Coorientador)³.

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia- GO
patricia.souza@academico.ifg.edu.br;

²Universidade Federal de Goiás- Câmpus Goiânia –GO nclferreira@gmail.com;

³Universidade Federal de Goiás- Câmpus Goiânia –GO alex.geotecnologias@gmail.com

RESUMO: O estado de Rondônia no aspecto demográfico possui aproximadamente 1.562.409 habitantes conforme dados censitários do IBGE em 2010. A maioria dos habitantes em Rondônia mora em áreas urbanas e o município mais populoso é a capital Porto Velho. Até 1985, leis que regiam a gestão de reservas naturais em Rondônia eram ruins devido o incremento populacional e os desmatamentos que apresentavam índices elevados. Os fatores do desmatamento foi devido a substituição da floresta nativa por pastos e/ou culturas agrícolas, e com um grande crescimento de gado em 2010, aumentando em vinte vezes o seu rebanho em relação aos outros estados na região norte. Com isso fez uso de ferramenta de modelagem de sistemas ambientais no intuito de projetar possíveis áreas degradadas. Os cenários futuros do avanço do desmatamento de Rondônia de 2015 à 2050 foram obtidos através de dados de desmatamentos disponibilizados pelo projeto PRODES-INPE, dados fisiográficos (declividade, altimetria, tipos de solos), infraestrutura (malha viária e manchas urbanas) e áreas especiais (Unidades de conservação e terras indígenas). O resultado da modelagem mostrou um avanço dos desmatamentos em áreas próximas à malha viária, manchas urbanas e áreas já desmatadas, e dentro das áreas especiais houve uma retenção do desmatamento.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia Ocidental, Modelagem dinâmica da paisagem, Desmatamento.

ABSTRACT: The state of Rondônia, in the demographic aspect has approximately 1.562.409 population according to census data of IBGE in 2010. Most of the people from Rondônia live in urban areas, and the most populated city is the capital Porto Velho. Until 1985, laws governing the management of natural reserves in Rondônia were bad because of the increase in population and the deforestation that had high rates. The deforestation factors were because to replacement of native forest by pastures and/or crops, and with a large growth of cattle in 2010, increasing by twenty times its herd in relation to other states in the northern region. With this made use of tool, modeling of environmental systems with the aim of designing possible degraded areas. The future scenarios of the advance of deforestation in Rondônia from 2015 to 2050 were obtained by data of deforestation provided by the project PRODES-INPE, data, physiographic (slope, elevation, soil types), infrastructure (roads and spots urban areas) and special areas (conservation units and indigenous lands). The result of the modeling resulted in an advance of deforestation in the areas close to the road network, the stains and urban areas already deforested, and within the special areas there was a retention of the deforestation.

KEYWORDS: Western Amazon, Dynamic Modeling Of The Landscape, Deforestation.

1. INTRODUÇÃO

O procedimento de ocupação na região Amazônica é ocasionado por vários acontecimentos, como por exemplo: a transformação de regiões florestais para áreas de agricultura e/ou pecuária (principal atividade é a criação de gado), aberturas de rodovias, exploração de madeira e o déficit da fiscalização dos órgãos competentes (PIONTEKOWSKI, 2014; CASTILHO, 2011; FERREIRA et al., 2005).

Na região Amazônica, Rondônia é um dos estados que apresenta maiores índices de alteração da paisagem original (PIONTEKOWSKI, 2014).

Além de ser um dos estados com maior área desmatada, Rondônia possui Unidades de Conservação e Terras Indígenas coexistindo no mesmo espaço. Entretanto, as transformações em curso nas suas proximidades são diversificadas: agropecuária, mineração, produção de energia elétrica não estão totalmente consolidadas, permitindo estimar cenários futuros.

Para a compreensão da dinâmica do desmatamento, passou-se a utilizar as geotecnologias para tais estudos e análises. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) começou a usar a tecnologia de sensoriamento remoto para mapear desmatamentos em florestas tropicais em meados dos anos 70.

Em 1988 o INPE recebeu do Governo Brasileiro a missão de desenvolver e operar um sistema de monitoramento para calcular anualmente taxa de desmatamento para toda Amazônia Legal brasileira por meio de imagens de satélite, no âmbito do Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), (MAURANO et al, 2013).

Segundo Rosa (2005), as geotecnologias, também conhecidas como "geoprocessamento", são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em equipamentos, programas computacionais e recursos humanos, que juntos podem produzir informações geográficas, úteis nos processos de tomada de decisões. Dentre as geotecnologias pode-se destacar: sistemas de informação geográfica, sistemas de mapeamento automatizado, processamento de imagens satelitárias e aéreas, sistema de posicionamento por satélites e ferramentas de mapeamento terrestre.

O objetivo deste trabalho foi de verificar os avanços futuros dos desmatamentos no estado de Rondônia de 2015 a 2050. Verificando a influência do desmatamento em regiões de áreas especiais sendo elas Unidades de conversação e/ou terras indígenas, e próximo as rodovias, em questão a BR-421 (Linha D).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado de Rondônia está localizado na região oeste do norte do Brasil, na Amazônia Ocidental, fazendo limite com o estado do Amazonas ao norte e nordeste, com o Mato Grosso a leste e sudeste, a noroeste com o Acre e com a República da Bolívia a oeste (SILVA, 2010). Localizado entre os meridianos 66° 37' e 60° 44' de longitude Oeste e os paralelos 7° 59' e 13° 42' de latitude Sul, representando aproximadamente 4,5% da Amazônia Legal. Com altitudes variam de 9 m a mais de 1.040 m e declividades estimadas que variam de 0 a 60 graus (PIONTEKOWSKI, 2014).

Ocupa uma área de 237.765,376 km² e é dividido em 52 municípios, conforme a figura 1, sendo o município de Porto Velho sua capital (IBGE, 2015), e com uma estimativa populacional para 2016, segundo o IBGE, de 1.787.279 habitantes.

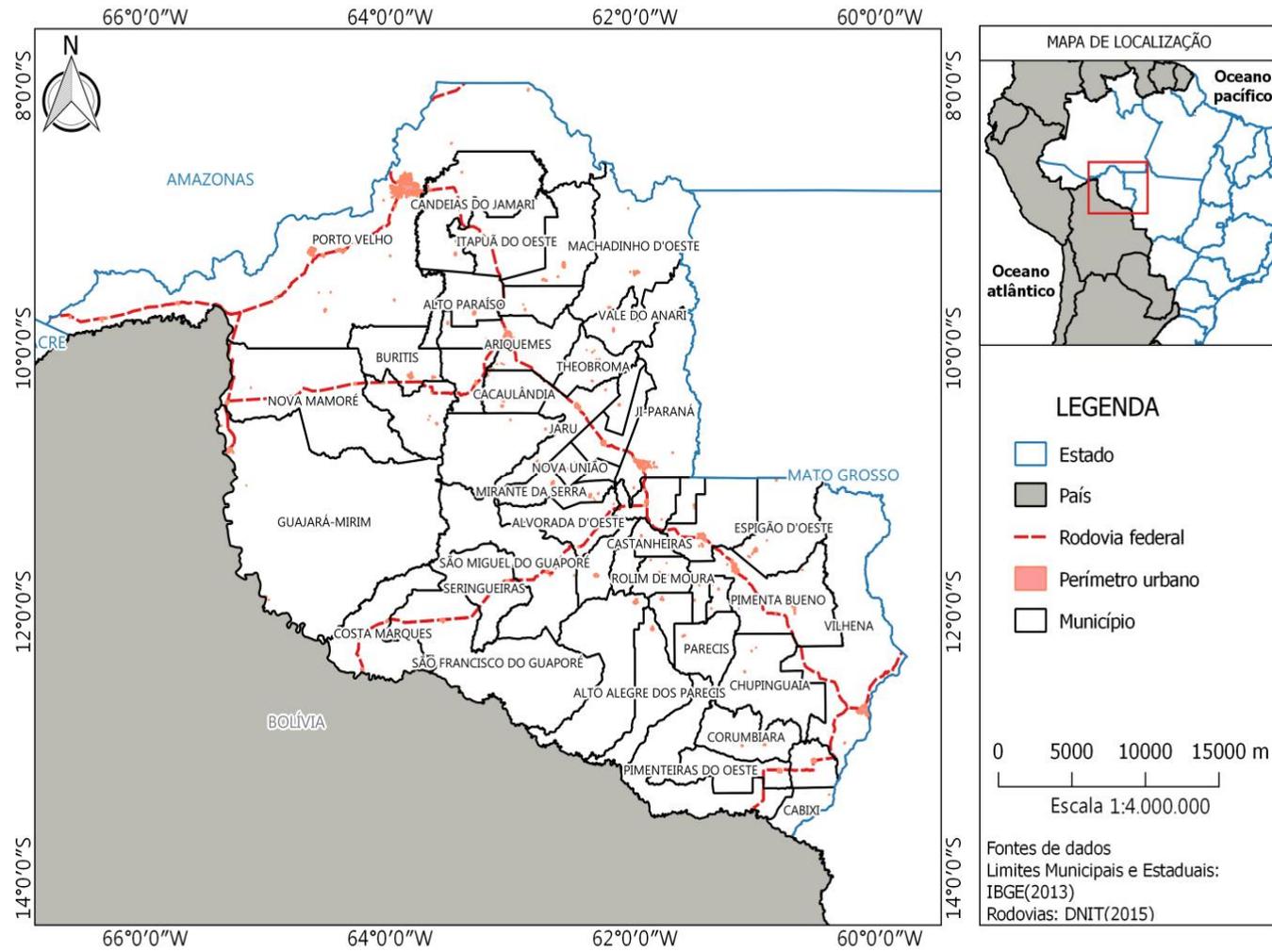


Figura 1 - Mapa de Divisa Municipal do Estado de Rondônia.

De forma geral, em Rondônia, identificam-se três grandes biomas, os pantanais, junto aos Rios Guaporé e Mamoré; os cerrados, localizados na porção centro sul e as florestas, que são encontradas nas demais regiões (SANTOS, 2014). Sendo que as principais formações vegetais presentes são: Floresta Estacional Semi-decídua, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa, Savana e Formações Pioneiras de Influência Fluvial (PIONTEKOWSKI, 2014).

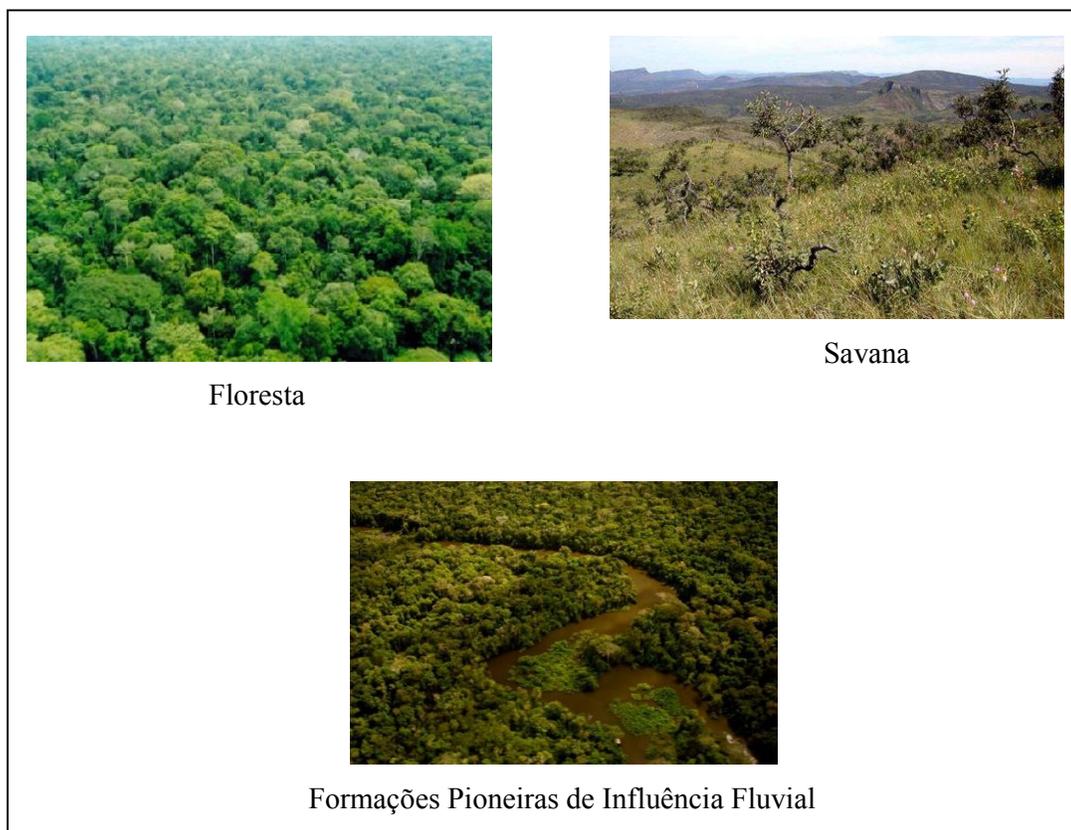


Figura 2 - Principais fitofisionomias encontradas na área de estudo.

Segundo IBGE (2012), os conceitos dessas principais formações vegetais são:

- Floresta: Termo semelhante à mata no sentido popular, cientificamente é um conjunto de sinúcias dominado por fanerófitos de alto porte (variando entre 20 e 50 m de altura). As florestas caracterizam-se pelo adensamento de árvores altas, com redução da quantidade de luz que chega ao solo, o que limita o desenvolvimento das sinúcias herbácea e arbustiva.
- Savana: Caracteriza-se pela dominância compartilhada das sinúcias arbórea e herbácea que apresentam árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10 m). Em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo, sendo praticamente contí-

nua, formando um tapete entre as árvores e arbustos. Na sinússia herbácea predominam caméfitos, hemicriptófitos, geófitos e terófitos.

- Vegetação com influência fluvial: Trata-se de comunidades vegetais das planícies aluviais que refletem os efeitos das cheias dos rios nas épocas chuvosas, ou, então, das depressões alagáveis todos os anos. Conforme a quantidade de água empoçada e ainda o tempo que ela permanece na área, as comunidades vegetais vão desde a pantanosa criptofítica (hidrófitos) até os terraços alagáveis temporariamente de terófitos, geófitos e caméfitos, onde, em muitas áreas, as *Arecaceae* dos gêneros *Euterpe* e *Mauritia* se agregam, constituindo o açazal e o buritizal.

De acordo com ICMBio (2009), o clima é do tipo Tropical Úmido, marcado pelas temperaturas elevadas durante todo o ano, com pequena amplitude térmica anual. As temperaturas médias anuais variam entre as temperaturas máximas chegando aos 32°C no norte (Porto Velho) e aos 29°C no sul (Vilhena) e as mínimas variando entre 18° a 21°C no norte do estado e 16° a 20°C no sul.

A pluviosidade é outra característica marcante desse tipo climático, com os meses de junho, julho e agosto marcados pela baixa pluviosidade ou, até mesmo, pela total ausência de chuvas. Medições realizadas em Porto Velho e Vilhena indicaram uma média anual variando entre 2.250 mm e 2.081 mm, respectivamente. A precipitação média no período de novembro a março de 1.477 mm em Porto Velho e 1.473 mm em Vilhena (ou seja, em torno de 70% do total da precipitação anual) e uma concentração média no período de junho a agosto de 146 mm em Porto Velho e 58 mm em Vilhena (isto é, 6,5% e 3% do total da precipitação média anual) (ICMBIO, 2009).

Assim, tendo em vista a importância de alguns temas para a modelagem observou-se os tipos de solos que segundo Santos et al.(2011), no estado de Rondônia foram encontrados nove tipos, sendo eles: Argissolos, Cambissolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos e Pintossolos. A figura 3 mostra a distribuição dos tipos de solos no estado de Rondônia.

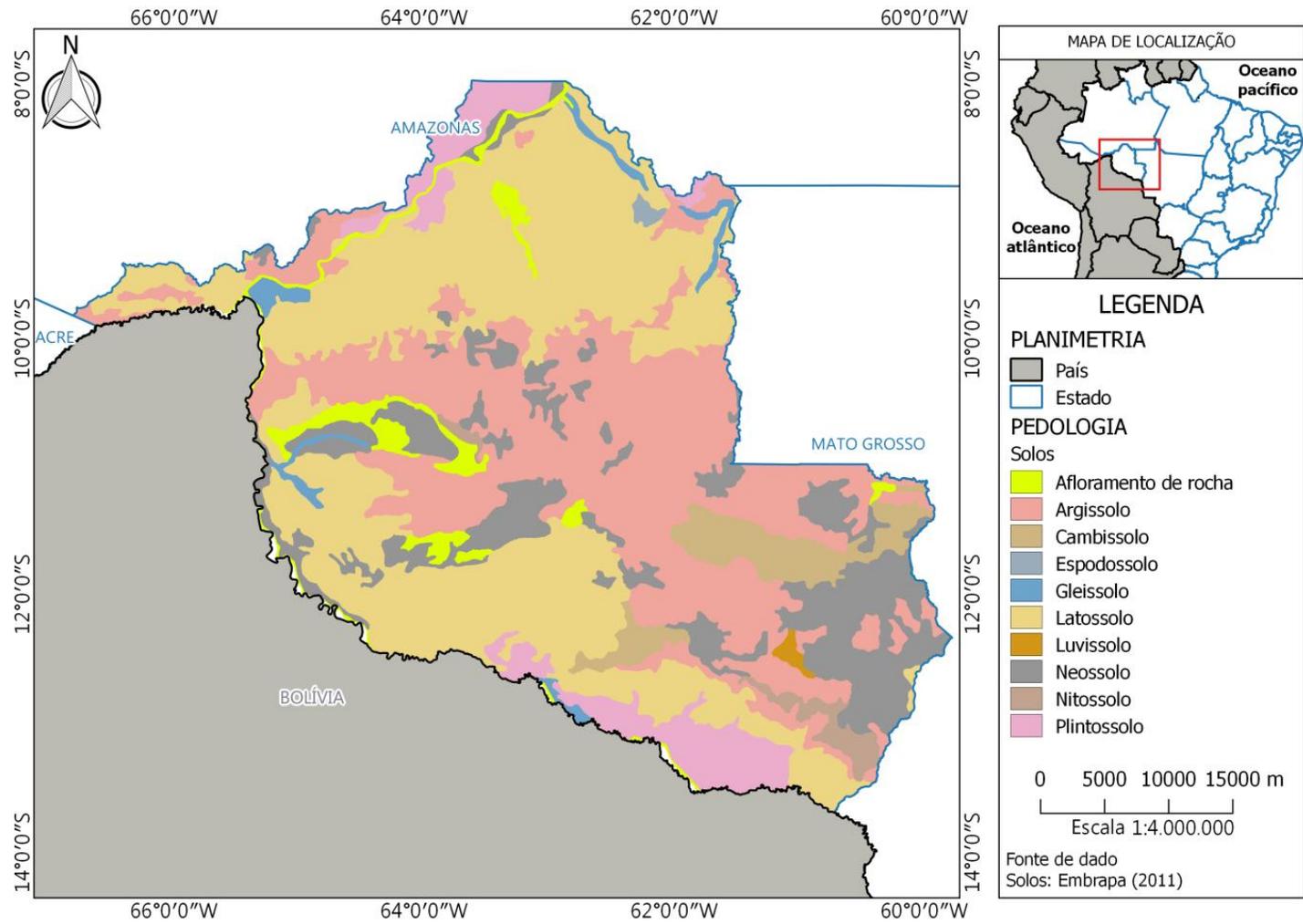


Figura 3 - Mapa de solos do Estado de Rondônia. Fonte: Santos (2011).

A Tabela 1 mostra a área de cada tipo de solos e a porcentagem de sua ocupação em todo território do Estado de Rondônia.

Tabela 1 - Quantitativo dos tipos de classe de solos no estado de Rondônia.

Classe	Area km²	Area %
Neossolos	33.093,20	13,93%
Pintossolos	15.039,47	6,33%
Latossolos	92.419,80	38,90%
Nitossolos	2.967,40	1,25%
Luvissolos	557,09	0,23%
Gleissolos	3.590,54	1,51%
Espodossolos	469,62	0,20%
Argissolos	73.937,18	31,12%
Cambissolos	9601,01	4,04%

Pode-se notar que há predominância no estado de Rondônia dos solos dos tipos Latossolos com 38,90%, Argissolos com 31,12% e Neossolos com 13,93%.

De acordo com Palmeri e Larach (2006), os Latossolos são solos não hidromórficos e homogêneos, sua granulometria varia de média a muito argilosa. Eles estão situados em regiões com relevo suavemente ondulado e geralmente caracterizado com solos profundos e mecanizáveis (LEPSCH, 2007). Segundo Jacomine (2013), também são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações do material constitutivo. São virtualmente desprovidos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo.

Já os Argissolos são constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alético (JACOMINE, 2013).

Os solos pertencentes à classe dos Neossolos são solos constituídos por material mineral, não hidromórfico, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos. São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico (JACOMINE, 2013).

A figura 4 mostra a distribuição das áreas de conservação e das terras indígenas no Estado de Rondônia.

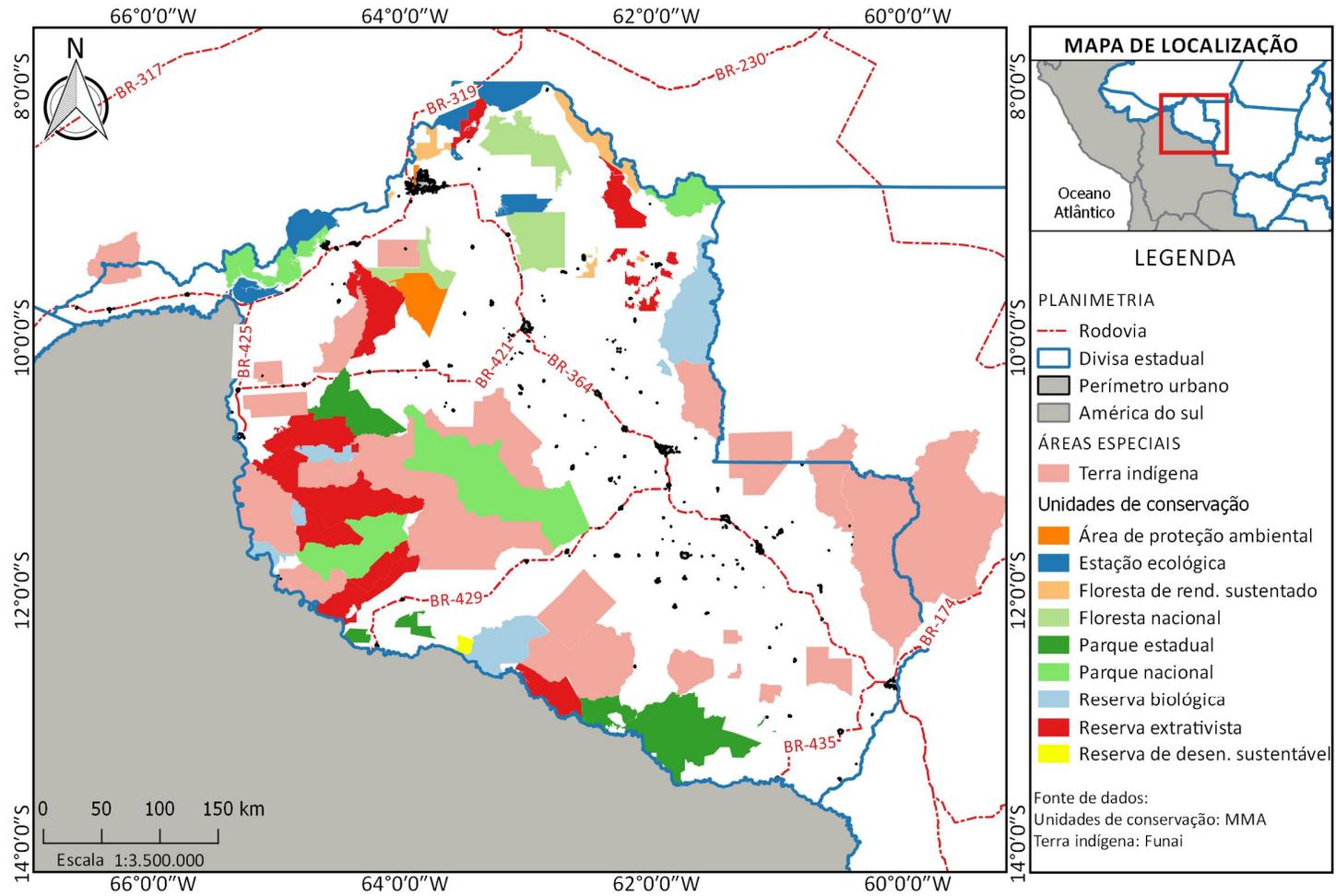


Figura 4 - Áreas de conservação e terras indígenas no Estado de Rondônia.

Com um número de 12.015 indígenas, 26 dos 52 municípios rondonienses possuem parte de suas áreas ocupadas por terras indígenas, que juntas possuem uma superfície de 49.967,01 km², o que corresponde a 21,03% da área do estado de Rondônia. Além disso, identifica-se Unidades de Conservação (UC's) de Proteção Integral e Uso Sustentável, federais e estaduais, que juntas ocupam 48.528,23 km², o que correspondeu a 20,43% (IBGE, 2010 apud SANTOS, 2014; SANTOS, 2014).

2.2 MODELAGEM DINÂMICA DOS DESMATAMENTOS

A modelagem dinâmica de cenários futuros é um processo que auxilia no entendimento dos mecanismos de desenvolvimento da modelagem ambiental, com isso, é possível determinar o comportamento do objeto modelado em diversos aspectos, tanto social, econômico, político e ambiental (PIONTEKOWSKI, 2014). O panorama futuro de desmatamento mostra um melhor entendimento dos padrões secundários sobre os processos relacionados as dinâmicas de mudanças da floresta, tanto de fenômeno natural como antrópico (BARNI, 2009 apud PIONTEKOWSKI, 2014).

Este processo da modelagem dos desmatamentos foi elaborado por meio da utilização do programa computacional DINAMICA EGO, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como suporte à modelagem ambiental multivariada e não-linear, baseado em autômato celular, que consiste num arranjo n-dimensional de células, onde cada célula representa a possibilidade de conversão de um estado (Tempo 1) para outro estado (Tempo 2) no cenário, de acordo com sua condição prévia e arranjo espacial das células vizinhas, por meio de um conjunto de regras de transição (SOARES-FILHO et. al., 2003).

O que difere o DINAMICA-EGO de outros aplicativos de geração de cenários futuros, como o *Land Change Modeler* (LCM - uma extensão do programa computacional IDRISI) e o *Modules for Land Use Change Simulation* (MOLUSCE - um complemento do QGIS), é a sua forma intuitiva da construção dos seus modelos, baseado em fluxo de dados e, além disso, possui uma capacidade de processamento para um grande volume de dados.

Os programas computacionais de modelagem da dinâmica da paisagem necessitam inicialmente de dados de entrada sendo um mapa inicial e final da paisagem e dados mapas determinantes (evidências), (LIMA et al., 2013). A partir dos mapas inicial e final, os programas computacionais de modelagem da paisagem, estimam uma mudança e juntamente como

os mapas determinantes calculam a probabilidade dessa mudança, utilizando métodos estáticos (LIMA et al., 2013).

De modo que para a modelagem, os dados de entrada considerados foram os mapas de desmatamento, elaborados no âmbito do projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, para o ano de 2005 e 2015. Para as variáveis “explicativas”, que são parâmetros que possuem uma alta correlação para promover os desmatamentos, foram criados dois grupos de dados: Fisiográficos (altimetria, declividade e tipos de solos) e Antrópicos (distância das rodovias, distâncias das áreas urbanas, áreas de conservação e terras indígenas).

2.3 BASES DE DADOS

A base de dados foi organizada no QGIS, que é uma ferramenta de sistema de informação geográfica gratuito e de código livre. Além disso, utilizou-se o complemento **OSM Downloader** para se ter acesso à malha rodoviária do estado de Rondônia. Os demais dados estão discriminados na figura 4 seguido dos seus respectivos procedimentos.

1) Mapa de relevo: Este dado representa os aspectos topográficos da superfície do Estado de Rondônia por meio de informações altimétricas. O dado utilizado foi oriundo da *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* com resolução espacial de 90 metros, são disponibilizados pela NASA. Com este dado, foram gerados dois produtos: Mapa Altimétrico que é a informação da elevação do local, e o Mapa de declividade que informa a inclinação do terreno, sendo mensurado em porcentagem.

2) Mapa de Áreas Urbanas: As áreas urbanas foram obtidas a partir dos resultados do Projeto TERRACLASS, que é uma parceria do INPE e EMBRAPA, cujo o objetivo foi gerar mapas sistêmicos de uso de cobertura de terras desflorestadas da Amazônia Legal.

3) Mapa de rodovias: Com os dados de rodovias adquiridos por meio da extensão **OSM Downloader**. Posteriormente esse dado foi convertido para estrutura matricial.

4) Mapa de Solos: Os dados de estrutura vetorial dos tipos de solos foram obtidas no portal do LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento). Com fonte de San-

tos et al. (2011), a classificação está de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos, na escala de 1:5.000.000.

5) Mapas das unidades de conservação e terras indígenas: As unidades de conservação foram disponibilizadas pela SEDAM –RO (Secretária de Estado do Desenvolvimento Ambiental) no formato Shapefile. Já as terras indígenas foram obtidas pelo site da FUNAI - Fundação Nacional do Índio, também no formato Shapefile.

A figura 5 apresenta todos os dados geográficas que foram utilizadas para montagem do conjunto de variáveis explicativas do desmatamento do estado de Rondônia.

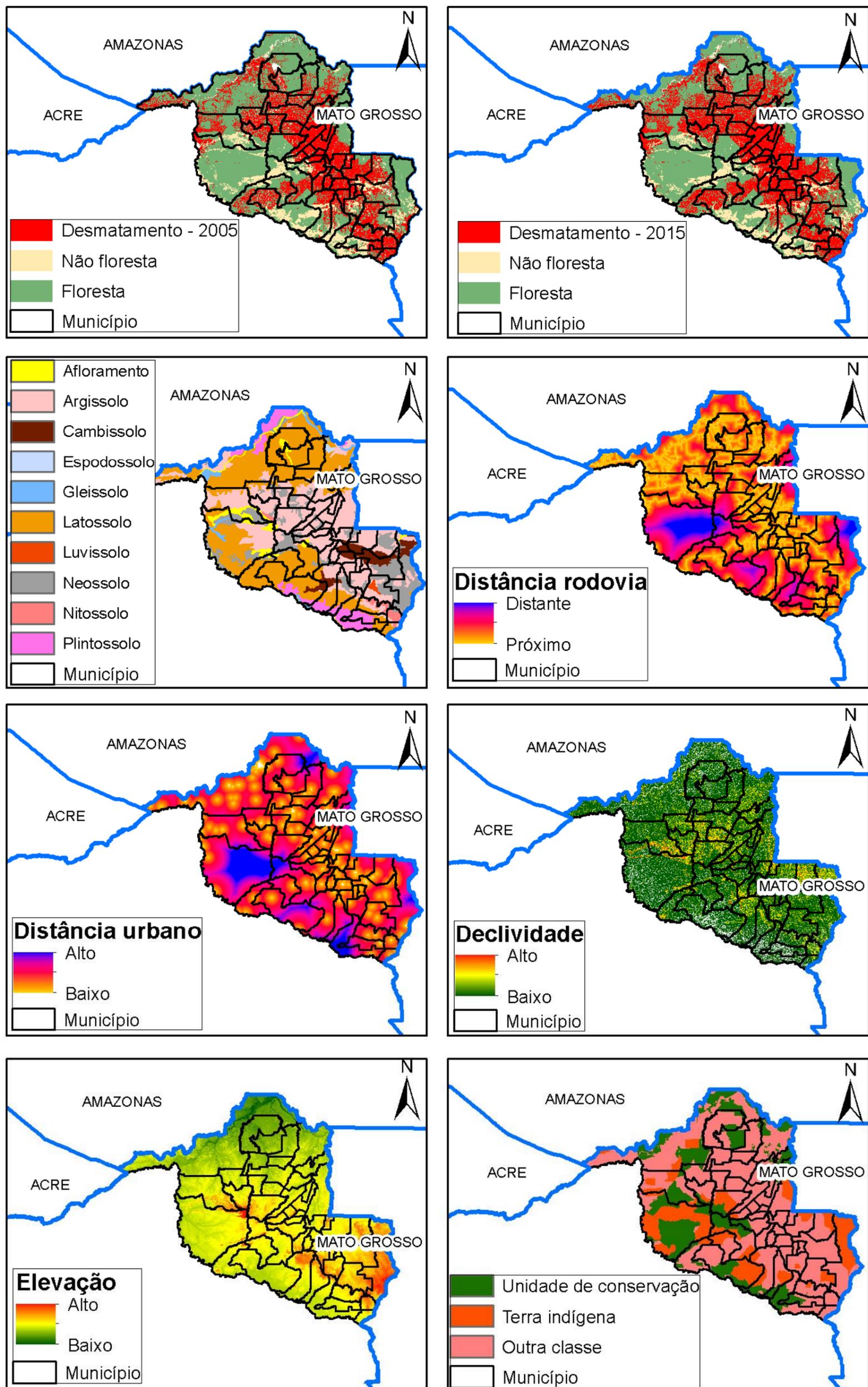


Figura 5 - Espacialização dos dados utilizados na modelagem de desmatamento no DINAMICA-EGO.

2.4 ETAPAS DE PROCESSAMENTO - DINAMICA-EGO

O processamento no DINAMICA – EGO seguiu oito etapas descritas na figura 6. Com efeito, a Etapa 1 agrupou atividades de organização da base de dados, os tratamentos necessários, inclusive de conversão de estrutura de formatos e normalização das linhas e colunas das variáveis em evidência.

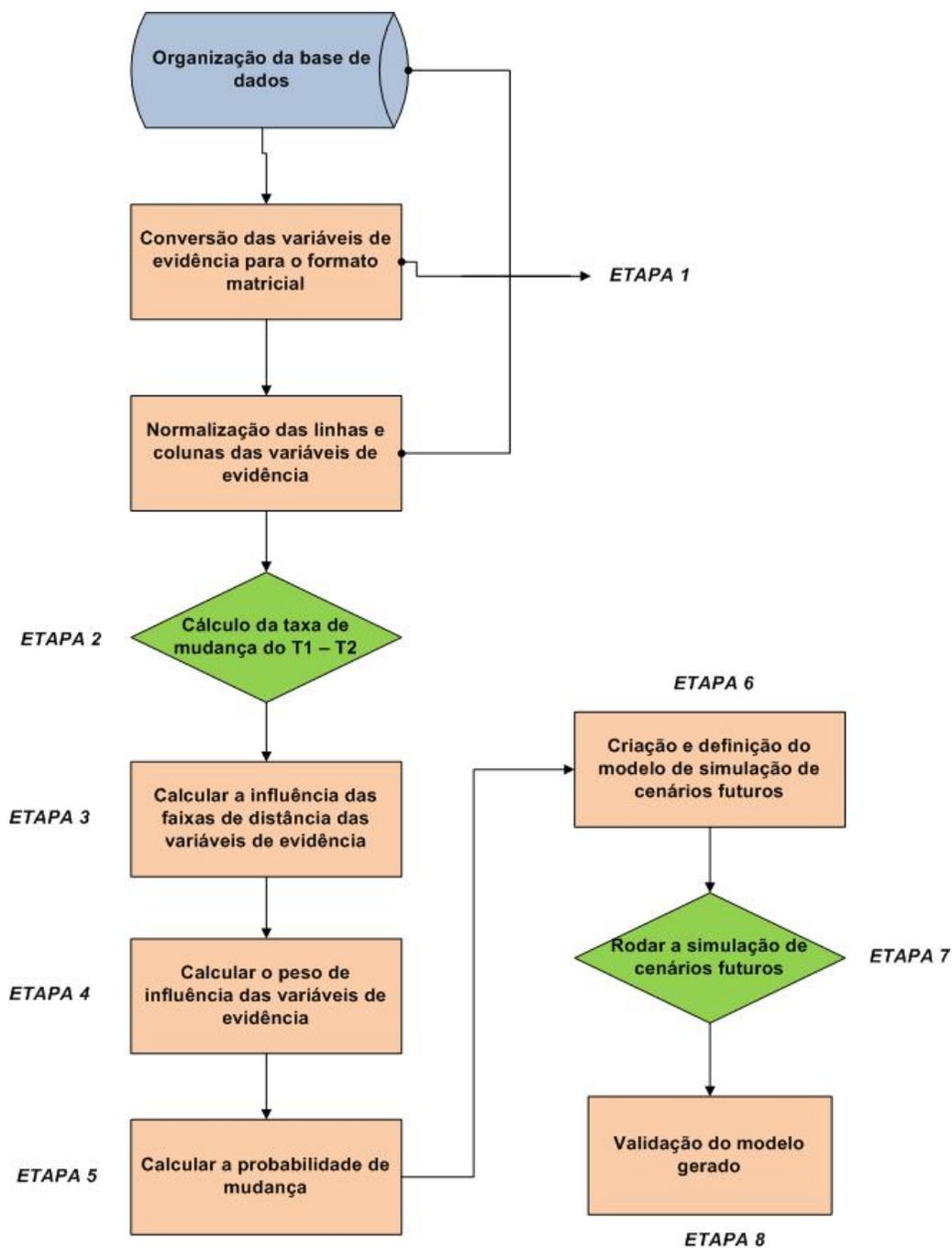


Figura 6 - Etapas do processamento no programa computacional DINAMICA EGO.

Ainda sobre a etapa 1 realizou-se a conversão para a estrutura matricial com *pixel* com resolução espacial de 120m, pois o programa DINAMICA-EGO necessita que todos os dados de entrada tenham a mesma quantidade de linhas e colunas.

A etapa 2 da modelagem da dinâmica da paisagem entre o estado inicial (Desmatamento de 2005) e final (Desmatamento de 2015) por meio da função *Determine Transition Matrix*. A partir dessa ferramenta foram geradas duas matrizes, a matriz de transição anual (*Multiple Step*) e a matriz de transição global (*Single Step*).

A matriz de transição anual retrata o processo de mudança entre as classes ocorridas a cada passo de tempo (ano) do período analisado, e a matriz de transição global informa a mudança entre as classes durante todo o período de análise. Os arquivos de entrada utilizados neste cálculo foram as imagens de tempo inicial (2005) e final (2015). A função precisa como parâmetro o tempo, neste trabalho foram definidos 10 anos.

A terceira e quarta etapa da metodologia tiveram o objetivo de calcular as faixas das distâncias das variáveis de evidências e os pesos destas na influência da expansão do desmatamento. Este método identifica as probabilidades, a priori e posteriori, de ocorrência do objeto estudado, neste caso, desmatamento, em face da ocorrência prévia de outro fato, chamado “Evidência” (CÂMARA et al., 2001).

Após a criação dos pesos das variáveis de evidência (Etapa 3 e 4) foi feito o cálculo das probabilidades de transição (Etapa 5) entre as classes empregou o uso dos dados de desmatamento inicial (2005) e final (2015). Com o mapa de probabilidade pronto definiu-se as funções para execução do modelo da dinâmica do desmatamento no Estado de Rondônia.

As funções utilizadas no modelo foram *Expander* e *Patcher* com objetivo de alocar espacialmente as novas mudanças entre as classes ‘Floresta’ e ‘Desmatamento’. A função *Expander* é responsável prenotar áreas convertidas de ‘Floresta’ para Desmatamento, e a função *Patcher* cria novas áreas (manchas) de transição separadas das áreas já ocupadas, sendo executada 35 vezes (35 anos), que referencia a quantidade de períodos de simulação (Etapa 7).

A validação da simulação das áreas desmatadas foram feitas em 2 partes: A primeira parte consistiu em verificar o modelo simulado com o mapa de referência (mapa do desmatamento em 2015), por meio do método de decaimento constante que incide um contexto de similaridade da vizinhança local do pixel analisado (HAGEN, 2003), conforme a figura 6. Nessa análise local foram utilizadas janelas do tamanho de 1L x 1C até 11L x 11C.

E a segunda parte da validação foi gerada uma análise de concordância entre os dados por meio do índice Kappa que consiste em medir a concordância real menos a concordân-

cia por chance, ou seja, verificar o quanto a classificação ou simulação está de acordo com o dado de referência por meio da equação 01, (TEIXEIRA, 2008). A figura 8 mostrar as classes de desempenho do índice Kappa.

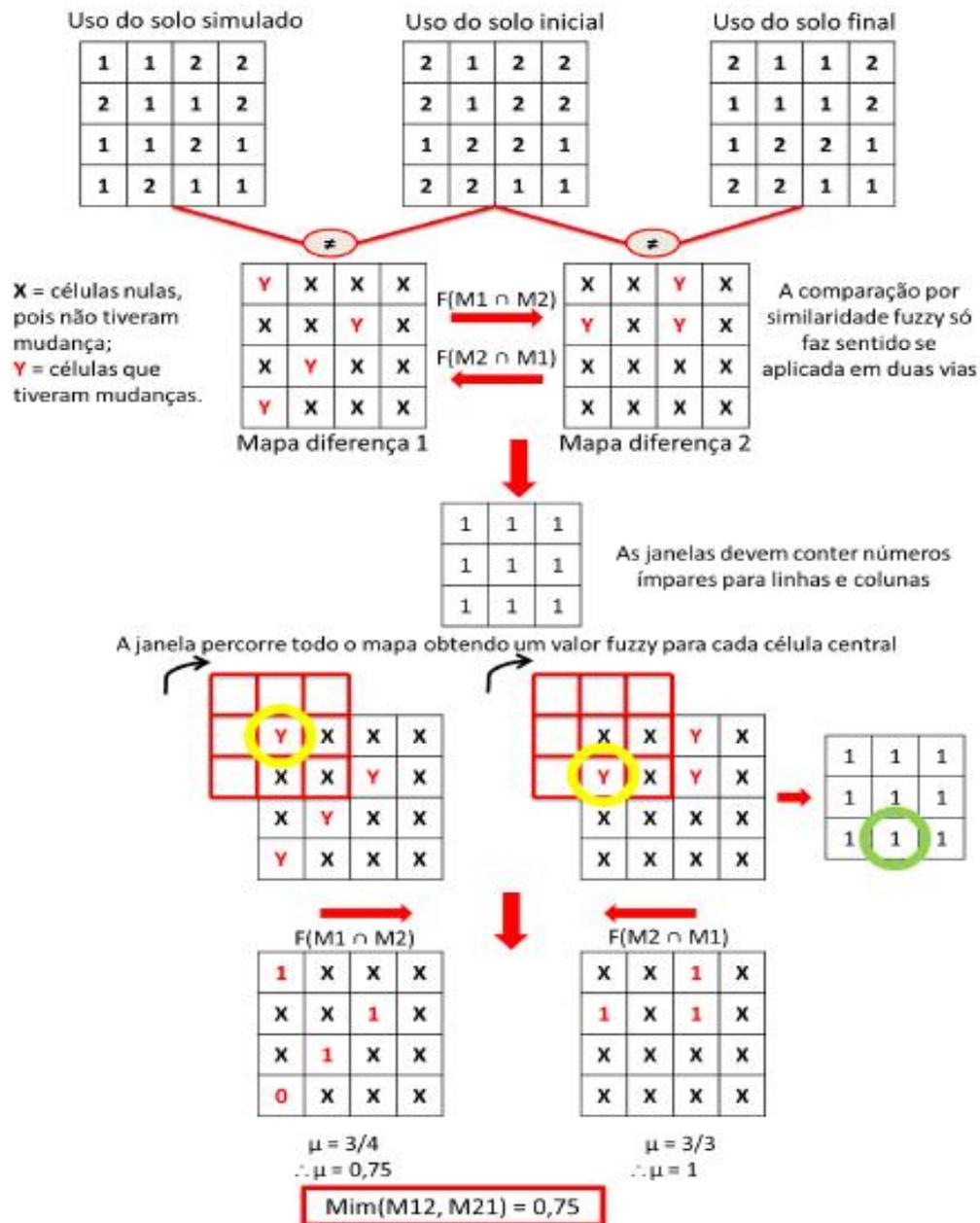


Figura 7 - Método de decaimento para verificação de similaridades de mapas.

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} x_{+i}} \quad (1)$$

Coefficiente Kappa	Exatidão
< 0	<i>Péssimo</i>
0 - 0.2	<i>Ruim</i>
0.21 - 0.4	<i>Razoável</i>
0.41 - 0.6	<i>Boa</i>
0.61 - 0.8	<i>Muito boa</i>
0.81 - 1.0	<i>Excelente</i>

Figura 8 - Classe de desempenho do índice Kappa.
Fonte: Landis e Koch (1977).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CENÁRIO ATUAL DO DESMATAMENTO NO ESTADO DE RONDÔNIA

A figura 9 mostra a distribuição espacial do desmatamento no estado de Rondônia, ano de 2005 e 2015.

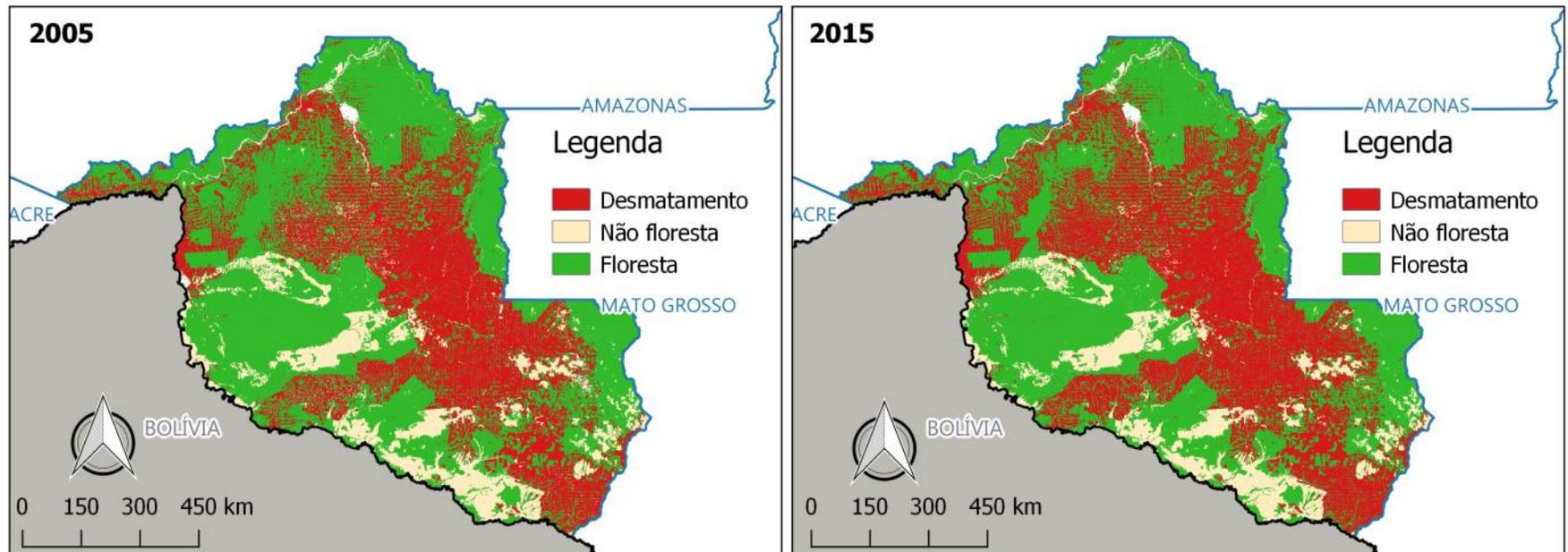


Figura 9 - Distribuição espacial do desmatamento em Rondônia entre os anos de 2005 a 2015.
Fonte: PRODES/INPE.

De acordo com o mapeamento do PRODES/INPE a área de desmatamento no estado de Rondônia cresceu de 80.443,5 km² em 2005 para 89.577,7 km² em 2015, com uma taxa de crescimento de 1% anual, ou seja, 10% durante todo o período analisado. A área total desmatada até 2015 corresponde aproximadamente 37,68% da área territorial do estado de Rondônia.

A partir da análise da distribuição espacial das áreas desmatadas observou-se que as ocorrências de frentes de expansão do desmatamento foram mais próximas das rodovias, tanto federais, estaduais e vicinais. Conforme Silva (2007), a infraestrutura rodoviária tem uma forte influência sobre os desmatamentos nos estados de Rondônia e Pará, em destaque, as rodovias pavimentadas. Anteriormente foi referido que a influência que tem relacionados à distância de ferrovias, com uma possível influência da distância dos mercados consumidores da porção sul do país. Silva (2007) também relata um fator importante sobre áreas de proteção, que possuem uma característica de contenção de áreas desmatadas em Rondônia, Amazonas e Pará.

A tabela 2 mostra o resultado em porcentagem da taxa de transição anual e transição global em 10 anos da classe floresta para classe de áreas desmatadas.

Tabela 2 - Taxa de transição de Floresta/Desmatamento.

Transição Floresta/Desmatada	
Taxa de transição anual	1,15 %
Taxa de transição global	10,64 %

Assim, os resultados obtidos pelo DINAMICA-EGO, da transição anual e global de áreas de desmatamento ficaram similares aos dados calculados pelas áreas desmatadas das imagens adquiridas pelo projeto PRODES, mostrando uma coerência da modelagem.

As tabelas 3 e 4 mostram os tipos das variáveis utilizadas e os parâmetros para o cálculo dos pesos na modelagem de cenários futuros.

Tabela 3 - Tabela das variáveis de evidências.

Variáveis de evidências	Tipo
Distâncias das áreas desmatadas	Dinâmica
Distâncias dos centros urbanos	Dinâmica
Distância das rodovias	Dinâmica
Declividade	Estática
Elevação	Estática
Tipos de solos	Estática
Unidade de conservação / Terra indígenas	Estática

A tabela 3 relata sobre quais e o tipo das variáveis na inserção do software de modelagem. As variáveis “distância das áreas desmatadas”, “distância das rodovias” e “distância das manchas urbanas” foram definidas como dinâmicas, devido as suas distâncias alterarem o peso de influência, para que uma área tenha um potencial de desmatamento. Já as variáveis “Declividade”, “Elevação”, “Tipos de solos” e “Unidade de conservação” foram consideradas estáticas, pois não há alteração durante o processo de simulação de áreas desmatadas.

Tabela 4 - Parâmetros para os cálculos dos pesos.

Nome da variável	Categórica	Incremento	Delta máx.	Delta mín.	Ângulo tolerância
Dist. áreas desmatadas	Não	120	500.000	1	5.0
Dist. centros urbanos	Não	120	500.000	0	5.0
Dist. rodovias	Não	120	500.000	0	5.0
Declividade	Não	1	500.000	0	5.0
Elevação	Não	10	500.000	0	5.0
Tipos de solos	Sim	-	500.000	0	5.0
Ucs / Terras indígenas	Sim	-	500.000	0	5.0

A tabela 4 mostra que as variáveis “Tipos de solos” e “Unidades de conservação/Terras indígenas” foram classificadas como “Categórica”, devido somente essas serem as variáveis descritivas, ou seja, possuem classe. O incremento é a representação da quebra de intervalo sobre cada variável, onde a maioria teve o valor do tamanho do pixel de 120 metros, exceto a “Declividade” e a “Elevação” que foram atribuído o valor 1 ao incremento, que verifica o peso a cada 1% de declividade, e 10 para verificar o peso a cada 10 metros de altitude, respectivamente.

Já os deltas são os intervalos da distância das variáveis para o cálculo do peso. Ao serem criados os parâmetros para as variáveis, o programa definiu o valor padrão do ângulo de tolerância, que é o desvio do ângulo a partir de uma linha reta.

As tabelas a seguir relatam a influência da distância de cada variável na expansão do desmatamento.

Tabela 5 - Peso da variável "distância das rodovias".

Intervalo/Classe	Peso
0 - 120	1,58255
120 - 1200	1,25192
1200 - 2160	0,88611
2160 - 3360	0,769420
3360 - 4800	0,680793
4800 - 6360	0,511646
6360 - 7440	0,376890
7440 - 9360	0,191599
9360 - 11280	-0,050292
11280 - 11400	-0,173902
11400 - 13800	-0,236159
13800 - 16680	-0,471257
16680 - 16800	-0,711780
16800 - 20520	-0,829272
20520 - 20640	-1,212690
20640 - 25200	-1,235090
25200 - 29400	-1,749390
29400 - 35760	-2,108640
35760 - 43560	-2,447620
43560 - 56040	-3,166620
56040 - 65640	-4,705990

Tabela 6 - Peso da variável "distância dos desmatamentos".

Intervalo/Classe	Peso
0 - 120	2,25406
120 - 240	1,23292
240 - 480	0,56274
480 - 720	0,139178
720 - 1080	-0,263904
1080 - 1560	-0,826369
1560 - 2160	-1,418370
2160 - 3000	-1,978680
3000 - 3960	-2,831250
3960 - 5160	-3,541570
5160 - 6720	-4,176770
6720 - 8640	-4,948800
8640 - 11280	-4,670340
11280 - 15600	-6,077370
15600 - 24360	-6,177840
24360 - 36960	-6,482790

Tabela 7 - Peso da variável "distância dos centros urbanos".

Intervalo/Classe	Peso
0 - 120	2,00772
120 - 480	1,18372
480 - 7440	1,03672
7440 - 11040	0,866307
11040 - 14040	0,743091
14040 - 16560	0,649694
16560 - 18720	0,519612
18720 - 20160	0,405072
20160 - 22920	0,348970
22920 - 24480	0,229992
24480 - 27240	0,109338
27240 - 28080	-0,106163
28080 - 31080	-0,166830
31080 - 33240	-0,493033
33240 - 34560	-0,662255
34560 - 34680	-0,834031
34680 - 38280	-0,994622
38280 - 42360	-1,380940
42360 - 47400	-2,071890
47400 - 53640	-2,110100
53640 - 61680	-2,788460
61680 - 65640	-3,561040

Tabela 8 - Peso da variável "elevação".

Intervalo/Classe	Peso
0 - 50	-1,03159
50 - 70	-1,06782
70 - 100	-0,63322
100 - 110	-0,337384
110 - 120	-0,076619
120 - 130	0,455439
130 - 140	0,536000
140 - 160	0,362055
160 - 170	-0,019409
170 - 180	0,073839
180 - 190	0,153681
190 - 210	0,097622
210 - 240	-0,080076
240 - 260	-0,106538
260 - 310	-0,211918
310 - 380	-0,405001
380 - 390	-0,580376
390 - 630	-0,288263
630 - 640	-4,027200
640 - 650	0,000000
650 - 1100	0,000000

Tabela 9 - Peso da variável "declividade".

Intervalo/Classe	Peso
0 - 2	-0,34335
2 - 3	-0,05788
3 - 4	0,196692
4 - 5	0,402935
5 - 6	0,540984
6 - 11	0,428265
11 - 12	-0,00232
12 - 64	-0,17488

Tabela 10 - Peso da variável "solo".

Intervalo/Classe	Peso
1 - 2	-0,48588
2 - 3	0,10676
3 - 4	-0,20330
4 - 5	-1,284560
5 - 6	-1,104620
6 - 7	0,123738
7 - 8	1,219520
8 - 9	-0,238062
9 - 10	0,114150
10 - 11	-0,941429

Tabela 11 - Peso da variável "unidade de conservação".

Intervalo/Classe	Peso
1 - 2	-0,85974
2 - 3	-2,95414
3 - 4	0,87283
4 - 5	-1,277540

Após analisar as tabelas dos pesos de influência das variáveis na conversão de áreas desmatadas, as que mais influenciaram foram: distância das rodovias (como maior influência até 1,2 km), distância das áreas já desmatadas (com maior influência até 240 m) e a distância dos centros urbanos (influência até 7,4 km), sendo esses intervalos superiores ao valor 1, conforme destacados nas tabelas anteriormente.

3.2 VALIDAÇÃO DO MODELO SIMULADO

A seguir, a tabela 12 apresenta os valores de similaridades entre o mapa de referência e o modelo simulado, entre as janelas de vizinhança 1 x 1 até 11 x 11 por meio do método de decaimento por similaridade de *fuzzy*.

Tabela 12 - Porcentagem de similaridade entre o ano de 2015-PRODES e o ano de 2015-Simulado.

Janela Col x Lin	Similaridade	
	mínimo	máximo
1 x 1	28%	38%
3 x 3	37%	64%
5 x 5	44%	81%
7 x 7	49%	90%
9 x 9	53%	94%
11 x 11	57%	97%

De acordo como os valores da tabela 12, a análise comparando célula a célula, teve uma média de 33% de similaridade entre o mapa de referência com o mapa simulado. Já na janela 5 x 5 que representa uma resolução espacial de 600 m, obteve uma similaridade média de 62,5% (mínimo 44% e máximo de 81%). De acordo com Piontekowski (2014), o valor de similaridade acima de 50% com janela 5 x 5 de resolução indica que o resultado pode ser considerado satisfatório, desde de que, os padrões de distribuição espacial do fenômeno sejam similares no mapa de referência com o mapa simulado.

Nota-se que quando o valor da janela aumenta, os valores de similaridade mínimo e máximo também aumentam, em um certo momento os valores de similaridade tornam-se próximos, como pôde ser observado nas janelas 9 x 9 e 11 x 11, indicando uma certa insuficiência de avaliação de ajuste entre a referência e o simulado (XIMENES et al., 2008).

Na análise do índice *Kappa* dos 1000 pontos gerados de forma aleatória em todo o estado, o valor adquirido foi de 0.79, que segundo a classificação deste índice (figura 8) é considerado uma exatidão "muito boa".

3.3 CENÁRIO FUTURO DE DESMATAMENTO

A figura 10 mostra as áreas desmatadas até o ano de 2050, obtidas pela simulação empregada neste trabalho.

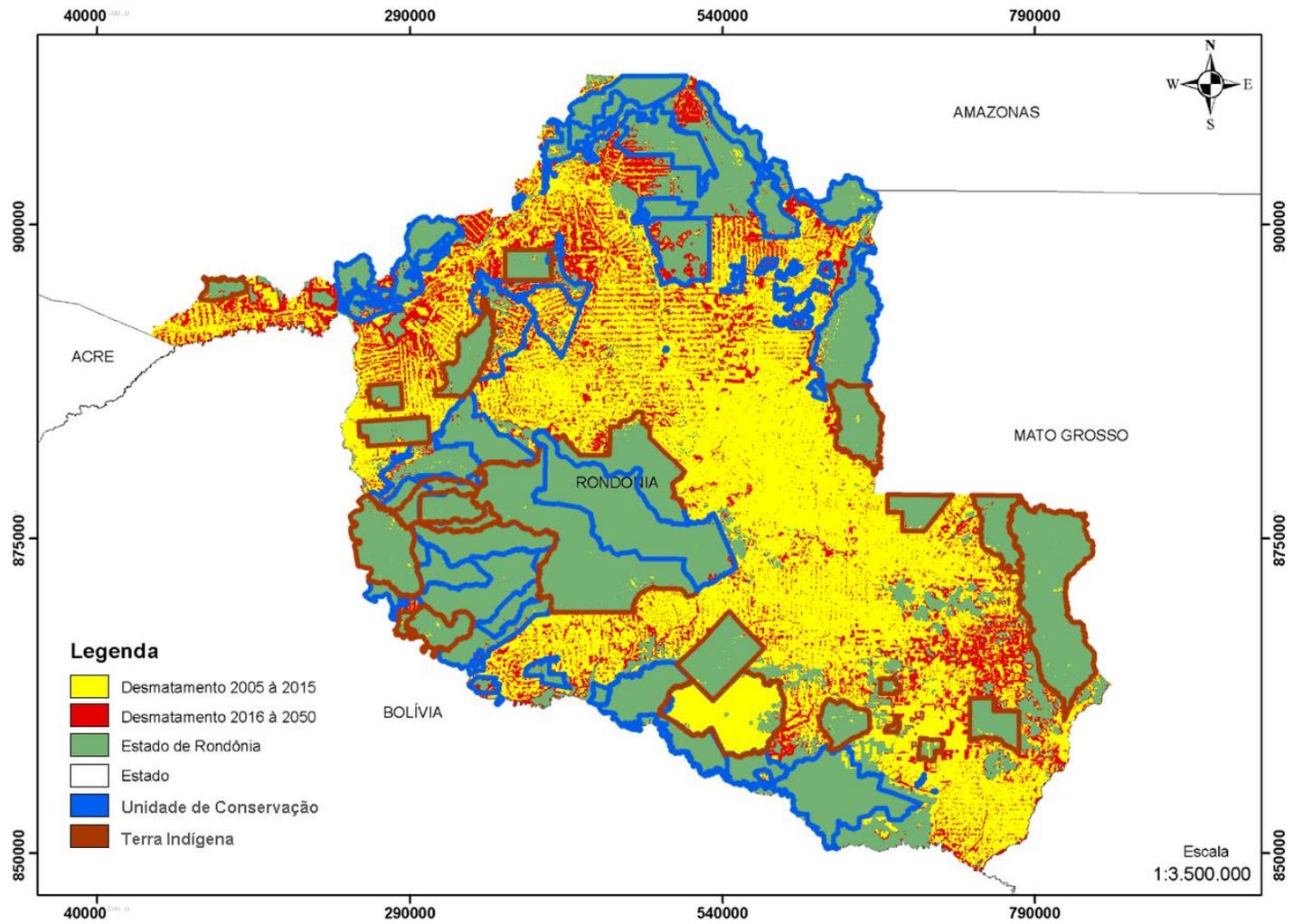


Figura 10 - Áreas desmatadas de 2005 a 2050, e Áreas especiais (Unidade de Conservação e Terra Indígena).

Conforme a figura 10, o ano de 2005 a 2015 representa 37,67% do desmatamento no estado, sendo que, a área em vermelho (desmatamento até 2050) resultará em uma área de aproximadamente 54,87% no estado. Como mostra na tabela 13.

Nota-se que o avanço do desmatamento está concentrado em regiões próximas das rodovias, estradas clandestinas e vicinais e centros urbanos localizados nas porções centro-norte e sul de Rondônia. Segundo Ferreira et al.(2005), o processo de desmatamento inicia-se com a abertura de rodovias oficiais ou vicinais favorecendo a expansão humana e a ocupação de forma irregular destas áreas destinadas a exploração de madeira e prática de agropecuária.

A partir do mapa de projeção da retirada da vegetação para o ano de 2050 é possível constatar que a retirada da vegetação será maior na porção noroeste, municípios de Porto Velho e vizinhos. Esse dado é coerente com o cenário passado e presente, já que segundo dados do INPE (2017), o município de Porto Velho foi e ainda é o que possui a maior área desmatada do estado de Rondônia. Além disso, Porto Velho e Nova Mamoré, possuem os maiores rebanhos bovinos do estado, e também as duas maiores taxas de crescimento do número de animais na última década (2005-2015), variação de 54,8% em Porto Velho e 107,2% em Nova Mamoré (IBGE, 2017). O aumento do número de bovinos pressiona para abertura de novas áreas, forçando ainda mais a pecuarização em Rondônia, realidade mais conhecida, mas que vem ocorrendo em outros estados da Amazônia.

Ainda pelos resultados (Figura 10), na porção centro sul destaca-se outra área que estima-se a retirada da vegetação até 2050. Essa área localiza-se sobre relevos planos, de fácil mecanização e sobre influência das atividades de cultivo de grãos, especialmente a soja. O cultivo de soja em Rondônia tornou-se economicamente viável, se beneficiando pela redução do custo de escoamento da produção, que deixou de ocorrer para as regiões sul e sudeste, via terrestre, passando a ser escoada pela hidrovía Madeira-Amazonas até Santarém no Pará. Nesse sentido, “a partir de 1997 a Hidrovía Madeira – Amazonas interliga os portos de transbordos de soja dos grupos Maggi e Cargill (agentes hegemônicos), conectando a cidade de Porto Velho à Itacoatiara, no estado do Amazonas, e à Santarém, no estado do Pará” (SILVA, 2014, p. 71).

Além disso, para Silva (2014, s.p.) “o espaço rural foi alterado com maior avidez, pois, a substituição da economia extrativista pela agricultura camponesa e, em menor volume, agricultura empresarial, instaurou na região o uso capitalista da terra, com a mercantilização da terra e da natureza”.

Assim, os grupos hegemônicos do agronegócio oferecem a semente e se comprometem com a aquisição após colheita. Contudo, romper com a pecuária, uma prática enraizada

no modo de produção do estado, não é algo que ocorrerá “do dia para noite”, pois também os frigoríficos dão seus incentivos. Portanto, o que se vê é uma conversão no modo de ocupação de forma consorciada, em que áreas servem a pecuária e agricultura. O mais acertado nesse conflito de interesses é que qualquer uma das atividades gerará maior pressão sobre a floresta e comunidades remanescentes de Rondônia. Dessa forma, a soja tornou-se o produto agrícola mais valorizado de Rondônia e foi capaz de inserir o sudoeste amazônico no mapa dos novos espaços tecnificados da agricultura moderna de exportação (PEREIRA e KAHIL, 2010).

A seguir a tabela 13 informa as projeções alcançadas pelo modelo de simulação dos desmatamentos até o ano de 2050 no Estado de Rondônia.

Tabela 13 - Projeção dos valores de áreas desmatada no Estado de Rondônia.

Área desmatada - PRODES (km²)		Área desmatada simulada (km²)			
2005	2015	2025	2035	2045	2050
80.443,50	89.577,70	102.474,62	114.681,93	125.509,54	130.458,53
33,83%	37,67%	43,10%	48,23%	52,79%	54,87%

* Porcentagem foi calculado em relação a área total do Estado de Rondônia

De acordo com a tabela 13, a média do desmatamento a cada 10 anos é acima de 4%, seguindo essa projeção em mais 30 anos o estado terá uma área total de mais de 65% do seu território desmatado.

Essa área total de desmatamento que foi projetada em relação aos próximos anos foi avaliada através do coeficiente de determinação, mostrado na figura 11.

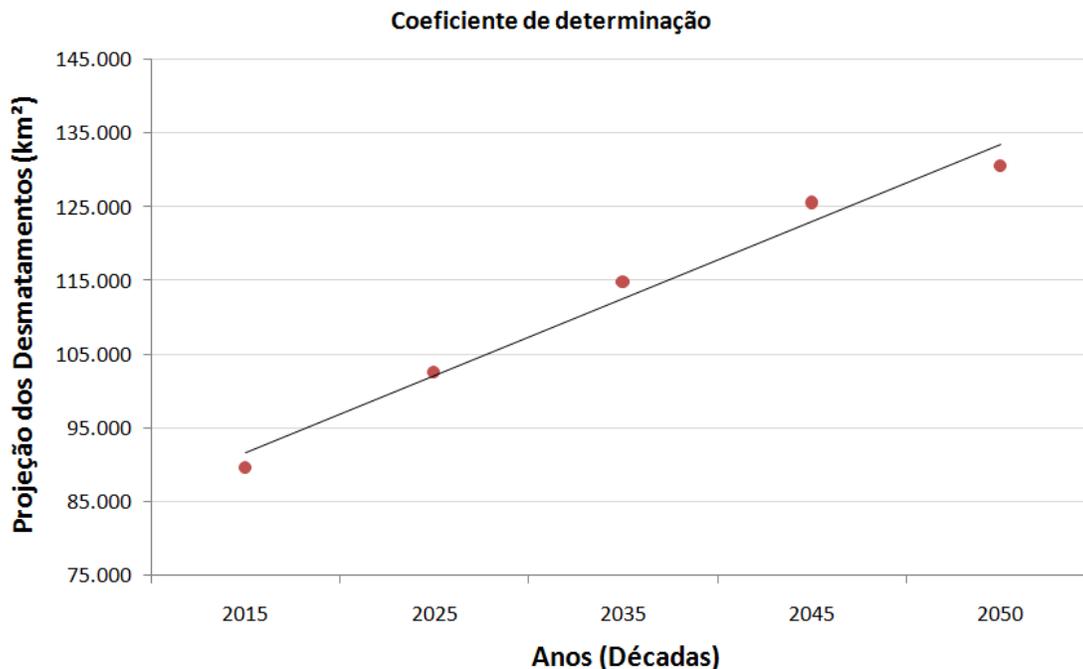


Figura 11 - Coeficiente de determinação entre os anos de desmatamento e as áreas desmatadas.

O coeficiente de determinação (r^2) expressa a correlação entre duas ou mais variáveis de forma linear. Este r^2 varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 melhor será o resultado. Neste caso o r^2 foi igual a 0,978 ($r^2 = 0,978$), isto é, 97,8% da variação da área do desmatamento é explicada pelo decorrer dos anos. Quer dizer que, caso não mude as ações hoje, tem uma grande possibilidade desses resultados se tornarem realidade.

Outro fato preocupante é que as áreas protegidas ou indígenas podem estar inseridas nessa porcentagem desmatada, pois essas áreas possuem aproximadamente 41,46% de ocupação em Rondônia.

3.4 RODOVIA 420 - 421

Na parte norte identificou-se a Linha D, ou Rodovia Estadual 420, que liga os distritos de Nova Dimensão à cidade de Nova Mamoré. A linha D é a continuação da BR-421, que está localizada na porção leste no município vizinho a Nova Mamoré, Santos, 2014.

A estruturação dessa rodovia faz parte dos programas de colonização para a Amazônia, inclusive baseadas no conceito de planejamento de eixos de desenvolvimento (KOHLEPP, 2002). Assim, para que obtivesse êxito nesses projetos de colonização em toda a região o acesso aos lotes deveria ser facilitado, portanto o meio de articulação que o governo utilizava para facilitar esse acesso era a abertura de estradas (RIO TERRA, 2011). Uma das

obras significativas para economia local foi a implantação da rodovia federal BR 421, que se liga à BR 364.

No plano de manejo da Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto/RO (ICMBio, 2014), mostra que existe um planejamento antigo de construir a rodovia BR 421, ligando Guajará-Mirim a Ariquemes, cortando a Resex de oeste a leste. Sabe-se que as estradas são vetores de desmatamento e degradação ambiental, o que é especialmente comprovado em Rondônia. Na região da fronteira ainda há o agravante das estradas servirem ao tráfico de drogas, o que é constatado em uma estrada que já existe ao norte da Resex, passando pelo Parque Estadual de Guajará-Mirim. Assim, a Resex Rio Ouro Preto/ICMBio deve concentrar esforços para que a BR421, ou outra estrada de impacto semelhante, não venha a ser aberta na área.

Contudo, a construção dessa rodovia esteve rodeada por conflitos, pois seu traçado corta uma unidade de conservação e margeava terras indígenas. Segundo Santos e Lopes (2017, no prelo), com o passar dos anos essa rodovia tornou-se uma rota de pouco uso, inclusive entre os anos de 2010 a 2013 o trânsito era dificultado, devido ao fato da mesma se encontrar interdita pelo Ministério Público Federal de Rondônia.

De acordo com Fearnside (2012), houve muito progresso na área ambiental e no processo de tomada decisão no Brasil, mas quando as obras tem grande prioridade política, o processo decisório acaba sendo conduzido de forma similar ao da época militar, isto é, sem considerar os fatores ambientais e até mesmo, econômicos.

É importante destacar que em 2014 devido a última cheia histórica do rio Madeira o tráfego pela BR-364 ficou impedido, deixando isolado os municípios de Nova Mamoré e Guajará-Mirim, favorecendo o restabelecimento do trânsito pela BR-421. Por fatores ambientais, principalmente por interesse político a "estrada-parque" foi liberada, retomando o tráfego entre a RO-420 e a BR-421, (TEIXEIRA, 2015).

4. CONCLUSÕES

A partir das análises de áreas desmatadas do Estado de Rondônia por meio dos dados do PRODES de 2005 à 2015, observou-se um valor de crescimento de 10% das áreas desmatadas e 37,67% de todo território do Estado, isso é um fato preocupante pois se continuar dessa forma o crescimento das áreas desmatada, daqui 30 anos, o Estado de Rondônia terá cerca de 67,15% de área destinada ao uso agropecuária, infraestrutura e centros urbanos.

O método de simulação de cenário futuro das áreas desmatadas no Estado de Rondônia obteve um resultado satisfatório, criando um cenário até 2050 realista. As regiões mais afetadas foram próximas as rodovias, centros urbanos e das áreas já desmatadas. A confiabilidade da simulação foi de 62,5% de chance de acerto, considerado aceitável segundo Piontekowski (2014).

As variáveis de distância de rodovias e centro urbanos foram as variáveis que mais contribuíram para área de grande probabilidade de desmatamento, pois para criar estradas e cidades é necessário derrubar árvores e/ou mudar a paisagem florestal para paisagem mais antrópica.

Outro ponto importante de ressaltar são as áreas de unidades de conservação e terras indígenas, sendo um fator de retenção ao avanço do desmatamento. É necessário desenvolver novas legislações para o mantimento destas áreas (UC's e terra indígenas) e, além disso, estimular órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental desenvolver estudos para prevenção do desmatamento com uso de geotecnologias, pois isso proporcionará com maior precisão e eficácia o local das ocorrências de desmatamento.

5. REFERÊNCIAS

- BARNI, P. E. **Reconstrução e asfaltamento da rodovia BR-319: Efeito "dominó" pode elevar as taxas de desmatamento no Sul do Estado de Roraima**. 2009. 136f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) - INPA, Universidade Federal da Amazônia, Manaus.
- CÂMARA, G.; MOREIRA, F. R. et al. **Técnicas de inferência geográfica**. In: Inferência geográfica e suporte à decisão (Cap. 9). São José dos Campos: INPE, 2001. 49 pp.
- CASTILHO, A. C. C da; CORREIA JUNIOR, Y. **Análise da degradação ambiental ocorrida em área de plano de manejo florestal no município de União do Sul-MT**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, INPE, p. 2771-2778, 2011.
- FEARNSIDE, P. M.. **A tomada de decisão sobre grandes estradas amazônicas**. pp. 59-75. In: A. Bager (Ed.) Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas. Editora da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 313 pp. 2012.
- FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E. et al. **O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas**. Estudos avançados, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.
- HAGEN, A. **Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps**. International Journal of Geographical Information Science, v.17, n.3, p.235-249. 2003.
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=ro>, 2015. Acesso em: 03 Abr. 2016.
- _____. **Manuais Técnicos em Geociências. Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf> Acesso em 21 de abril de 2017.
- ICMBIO. **Diretoria de Unidades de Conservação; Amazônia, Coordenação do Bioma. Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional de Pacaás Novos**, 2009.
- _____. **Plano de Manejo Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto/RO**, Brasília, 184 p. , 2014. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Versao_completa_21_08_2014_com_mapas.pdf . Acesso em: 11 Nov. 2016.
- JACOMINE, P. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, v. 5, p. 161-179, 2013.
- KOHLHEPP, G. **Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, São Paulo, v.16, n.45, p.37-61, 2002.
- LANDIS, J.; KOCH, G. G. **The measurements of agreement for categorical data**. Biometrics, v.33, n.3, p.159-179. 1977.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, p.178, 2007.

LIMA, T. C. de. et al. **DINAMICA EGO e Land Change Modeler para simulação de desmatamento na Amazônia brasileira: análise comparativa**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0471.pdf>, 2013. Acesso em 11 Jan. 2017.

MAURANO, L. et al. **Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. Coordenadoria Geral de Observação da Terra Programa Amazônia-Projeto PRODES. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. **Pedologia e Geomorfologia**. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista Cunha da. (Org). Geomorfologia e meio ambiente. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.59 - 119, 2006.

PEREIRA, M. F. V.; KAHIL, S. P. **A lógica corporativa do uso do território em Rondônia: o agronegócio da soja na região de Vilhena**. Campo-Território: Revista de Geografia Agrária, v.5, n.10, p. 288-311, ago. 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/viewFile/11991/8253>. Acesso em 21 de Ago. 2015.

PIONTEKOWSKI, V. J. et al. **Avaliação do Desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011**. Floresta e Ambiente, v. 21, n. 3, p. 297-306, 2014.

RIOTERRA. **Contexto prévio: Rondônia. 2011**. Disponível em: http://www.rioterra.org.br/wpcontent/uploads/2011/07/analise_socioeconomica_do_entorno_da_area_de_concessao_publica_parte_ii.pdf. Acesso em: 27 Set. 2015.

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na Geografia Aplicada Revista do Departamento de Geografia**, 16 (2005) 81-90.

SANTOS, A. M. dos. **Cartografias dos povos e das terras indígenas em Rondônia**. 2014.

SANTOS, H. G. dos. et al. **O novo mapa de solos do Brasil:Legenda atualizada**. Dados Eletrônicos, Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 2011.

SILVA, A. de Q. **Comparação dos fatores determinantes do desflorestamento nos estados do Pará, Rondônia e Amazonas**. Acessado em 20.11.2016 link: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.21.17/doc/3133-3140.pdf>, 2007.

_____, M. J. G da. **Uso e cobertura do solo e a variabilidade do clima de Porto Velho - RO**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional), Núcleo de Ciência e Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento regional, UNIR. 2010.

_____, R. G.C. **A Regionalização do Agronegócio da Soja em Rondônia**. GEOUSP: Espaço e Tempo, V. 18, p. 298-312, 2014. Disponível em: <http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/1383/1211>. Acesso em: 16 Dez. 2014.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G.; ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. **Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular**. In: ALBERNAZ A. L, SILVA J. M. C., VALERIANO, D. (Org.). Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais. Belém: Editora Museu Paraense Emílio Goeldi, 2003. 100p.

TEIXEIRA, C. V. **Uso do sensoriamento remoto para delimitação e identificação de áreas inundáveis (várzea) na bacia Amazônica**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)- Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

___, L. da S. **Dinâmicas territoriais em Rondônia: conflitos fundiários entorno do Projeto Integrado de Colonização Sidney Girão (1970-2004)**. Porto Alegre, 2015.

XIMENES, A. de C.; ALMEID, C. M. de; et al.. **Modelagem Dinâmica do Desmatamento na Amazônia**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 14, n. 3, p.370-391. 2008.

Capítulo IV -ARTIGO II

ANÁLISE ESPACIAL DA PRESSÃO ANTRÓPICA E DE DADOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TEMPERATURA DO MOSAICO DE ÁREAS ESPECIAIS NOS MUNICÍPIOS DE GUAJARÁ-MIRIM E NOVA MAMORÉ EM RONDÔNIA - BRASIL.

SOUZA, Patricia Christiana Silva de¹; FERREIRA, Nilson Clementino (Orientador)²; SANTOS, Alex Mota dos (Coorientador)³.

1Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia- GO
patricia.souza@academico.ifg.edu.br;

2Universidade Federal de Goiás- Câmpus Goiânia –GO nclferreira@gmail.com;

3Universidade Federal de Goiás- Câmpus Goiânia –GO alex.geotecnologias@gmail.com

RESUMO. A Floresta Amazônica vem sofrendo inúmeros impactos, em que se destaca o desmatamento, queimadas e incêndios florestais decorrentes da expansão da fronteira agrícola. Na sua porção sul, especialmente no Estado de Rondônia, identificou-se que transformações antrópicas ameaçam as áreas especiais, unidades de conservação e terras indígenas. Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar para mensurar as transformações socioespaciais nos municípios de Guajará-Mirim e Nova Mamoré, oeste do Estado de Rondônia. Para alcançar os objetivos empregou-se métodos indiretos de análise da paisagem, nomeadamente produtos gerados a partir do processamento de dados obtidos pelo sensor orbital MODIS, acoplado nos satélites TERRA e AQUA. Os dados de desmatamentos foram obtidos a partir dos resultados do projeto de monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal por satélite (PRODES) e um modelo de pressão antrópica. Os resultados revelaram que os desmatamentos ocorrem predominantemente na porção norte, principalmente no município de Nova Mamoré. Além disso, foi possível observar que 82,62% das áreas desmatadas localizam-se a até 5 km das rodovias da área de estudo. Por consequência foi possível observar que as áreas especiais localizadas no município de Nova Mamoré estão sujeitas a índices pressão antrópicas importantes, chegando à moderada, como é caso do parque estadual de Guajará-Mirim, além de parte da reserva extrativista Jaci-Paraná. No caso do município de Guajará-Mirim, a reserva extrativista do Rio Ouro Preto possui porções sob pressão antrópica baixa e moderada.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem ambiental, Geoprocessamento, SIG, Floresta Amazônica.

ABSTRACT. The Amazon rainforest has suffered many impacts, which highlights deforestation, fires and forest fires resulting from the expansion of the agricultural frontier. In its southern part, especially in the state of Rondônia, it was found that anthropogenic changes threaten the special areas of conservation units and indigenous lands. The objective of the study was to evaluate to measure the socio-spatial transformations in the municipal of Guajará-Mirim and Nova Mamore, west of the Rondônia State. To achieve the objectives we used indirect methods of landscape analysis, including products generated from data processing obtained by the orbital sensor MODIS, in the TERRA and AQUA satellites. Deforestation data were obtained from the results of deforestation monitoring project in the Brazilian Amazon by Satellite (PRODES) and a human pressure model. The results showed that deforestation occur mainly in the northern part, especially in Nova Mamore. In addition, it was observed that 82.62% of the deforested areas are located within 5 km from the highways of the study area. Consequently it was observed that the special areas located in Nova Mamore are subject to significant anthropogenic pressure levels, reaching moderate, as is the case Guajará-Mirim Park, in addition to part of the extractive reserve Jaci-Parana. In the case of the municipality of Guajará-Mirim, the extractive reserve of Rio Ouro Preto has portions at low and moderate anthropic pressure.

KEYWORDS: Environmental Modeling, Geoprocessing, GIS, Amazon Rainforest.

1. INTRODUÇÃO

A maior floresta equatorial do planeta está localizada da porção norte da América do Sul e 60% de sua área estão inseridos no território brasileiro, onde estão situadas diferentes formações tais como a floresta de terra-firme; a floresta de igapó, inundável; as caatingas do Rio Negro; os campos rupestres, nos picos das serras; áreas de savanas, entre outros (COUTINHO, 2006). Estas fitofisionomias formam a Floresta Amazônica, que ocupa um lugar de destaque o cenário mundial e sua importância é reconhecida mundialmente (SFB, 2010).

Nas últimas décadas, esse importante patrimônio natural vem sofrendo inúmeros impactos, em que se destaca o desmatamento, queimadas e incêndios florestais, decorrentes da expansão da fronteira agrícola; o desmatamento seletivo devido às atividades madeireiras; o processo acelerado de industrialização desde a década de 1950; tentativas em adaptar o Brasil à globalização econômica; falta de ordenamento territorial; monocultura de grãos e introdução de espécies exóticas, que vem colocando em risco a biodiversidade daquela região (NEPSTAD et al. 2008; VIEIRA et al. 2008; MATRICARDI et al. 2010). Há décadas, os desmatamentos que ocorrem na floresta amazônica vêm sendo mapeados por meio da utilização de imagens obtidas por sensores remotos orbitais (FERREIRA, FERREIRA, and MIZIARA 2007; FERREIRA, L. G., FERREIRA, and FERREIRA, 2008).

A Floresta Amazônica desempenha ainda um importante papel no equilíbrio climático e para o armazenamento de carbono (NEPSTAD et al. 2008; MALHI et al. 2008; PAN et al. 2011; COE et al. 2013). Assim, numa região tão vasta, onde residem mais de 18 milhões de habitantes (IBGE, 2015), e que necessita de obras de infraestrutura, tais como rodovias, torna-se inevitável conflitos entre a necessidade de preservação ambiental, com o desenvolvimento econômico a partir da efetiva ocupação da mesma (FEARNSIDE GRAÇA 2006; N. C. FERREIRA et al. 2007; N. C. FERREIRA, FERREIRA, e HUETE, 2010). Desta forma, além do monitoramento de desmatamentos, faz-se necessário o estabelecimento de vários tipos de áreas de preservação ambiental: de proteção integral e de uso sustentável, além de terras indígenas (FILHO et al., 2010; LAURANCE et al., 2012).

Na porção sul da Floresta Amazônica, especialmente no estado de Rondônia, é notável os conflitos entre as iniciativas de preservação e conservação ambiental, e a ocupação do espaço. De tal modo, que no período de 2002 a 2011, no estado de Rondônia, a ocorrência de desmatamentos ilegais dentro de áreas protegidas aumentou 400%, indicando, de maneira

expressiva, que esta tendência pode se confirmar nos próximos anos, se não houver políticas que contenham tais eventos (PEDLOWSKI et al. 2005).

A partir de tais constatações, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise exploratória espacial no mosaico de áreas especiais que estão localizadas nos municípios de Guajará-Mirim e Nova Mamoré, porção oeste do Estado de Rondônia. O mosaico é formado por várias terras indígenas, além de Unidades de Conservação (UC) de proteção integral e uso sustentável de jurisdição estadual e federal. Foi analisado o nível de influência da malha viária nos desmatamentos, a pressão dos desmatamentos sobre as áreas protegidas, além da situação de parâmetros biofísicos das áreas protegidas e áreas ocupadas nos dois municípios.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é formada pelos municípios de Nova Mamoré, com área de 10.089,27 km² e Guajará-Mirim, com 25.097,70 km², localizados na porção oeste do estado de Rondônia, entre as latitudes 9° 56' 7" Sul e 12° 13' 2" Sul e entre as longitudes 65° 25' 45" Oeste e 63° 28' 59" Oeste, na margem direita do rio Mamoré, na divida entre Brasil e a República da Bolívia, conforme se pode observar na figura 1.

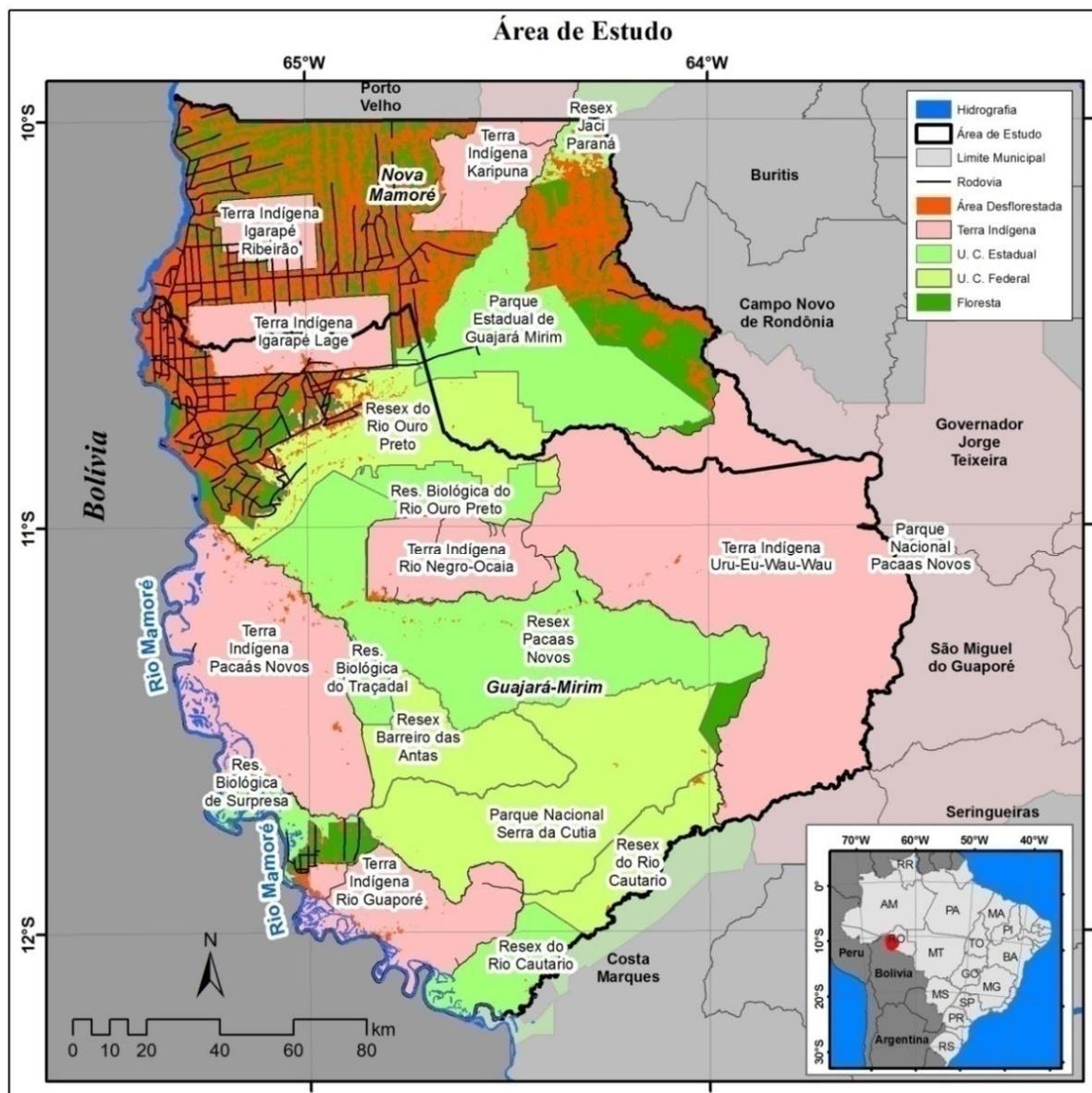


Figura 1 - Área de estudo formada pelos municípios de Nova Mamoré e Guajará-Mirim.

O clima da área de estudo é tropical, com a classificação Aw (Köppen e Geiger). Durante o ano todo, as temperaturas médias mensais em Guajará-Mirim são bastante estáveis, variando apenas 2,4 °C, entre 26 °C e 28,4 °C em junho e outubro, respectivamente, os meses mais frio e quente. Em relação a pluviometria, os meses menos chuvosos são junho, julho e agosto, com precipitação acumulada mensal chegando a 12 mm, enquanto que os meses mais chuvosos são janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, com precipitação acumulada mensal superior a 230 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2015). A área de estudo apresenta a menor pluviometria do estado de Rondônia, com total acumulado anual de 1600 mm, enquanto que a região norte do estado apresenta uma pluviometria anual superior a 2300 mm (FRANCA, 2015).

Uma importante característica da área de estudo é o mosaico de áreas especiais, formado por terras indígenas, unidades de conservação de proteção integral (parques e reservas biológicas), e unidades de conservação de proteção integral (reservas extrativistas), de jurisdições estaduais e federais. Algumas porções dessas áreas especiais ocupam também áreas de municípios vizinhos da área de estudo, não sendo portanto consideradas neste trabalho. Na tabela 1 é possível observar a quantidade de área protegida na área de estudo.

Tabela. 1- Quantidade de Áreas Especiais na Área de Estudo.

<i>Nome da Área Especial</i>	<i>Jurisdição</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>% na área de estudo</i>
Terra Indígena Igarapé Lage	Federal	1.073,97	100%
Terra Indígena Igarapé Ribeirão		478,82	100%
Terra Indígena Karipuna		803,62	52,14%
Terra Indígena Pacaás Novos		2.825,62	100%
Terra Indígena Rio Guaporé		1.155,70	100%
Terra Indígena Rio Negro-Ocaia		1.049,95	100%
Terra Indígena Sagarana		181,43	100%
Terra Indígena Uru-Eu-Wau-Wau		6.436,35	34,45%
Parque Nacional Pacaás Novos		1.500,34	21,61%
Parque Nacional Serra da Cutia		2.841,57	100%
Reserva Extrativista Barreiro das Antas		1.095,24	100%
Reserva Extrativista do Rio Cautario		746,50	100%
Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto		2.007,34	100%
Parque Estadual de Guajará Mirim		Estadual	2.031,61
Reserva Biológica de Surpresa	362,69		100%
Reserva Biológica do Rio Ouro Preto	591,34		100%
Reserva Biológica do Traçadal	212,87		100%
Reserva Extrativista do Rio Cautario	680,08		47,85%
Reserva Extrativista Jaci Paraná	237,57		12,04%
Reserva Extrativista Pacaás Novos	3.462,19		100%

O mosaico de áreas especiais possui 29.774,80 km², ocupando 84,62% dos dois municípios que integram a área de estudo. Desse total, 14.005,46 km², ou 39,80% da área de estudo, são terras indígenas. Em relação às unidades de conservação, as de proteção integral (parques e reservas biológicas estaduais e federais) ocupam 21,34% da área de estudo, ou seja, 7.540,42 km², enquanto que as de uso sustentável (reservas extrativistas estaduais e federais) ocupam 23,39%, ou seja, 8.228,92 km², da área de estudo.

O mosaico de áreas especiais ocupam 2.3030,40 km², ou seja, 91,76% da área do município de Guajará-Mirim, enquanto que no caso do município de Nova Mamoré o mosaico se estende por 5.129,54 km², ou seja, 50,84% da área municipal.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Para a elaboração deste trabalho, inicialmente foi organizada uma base de dados geográficos a partir da aquisição de dados elaborados por várias instituições públicas brasileiras tais como o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia (SEDAM-RO). Além disso, foram utilizados dados de sensores orbitais que são operados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

A base de dados geográficos foi formada por dados digitais armazenados em estrutura vetorial (pontos, linhas e polígonos) e estrutura matricial (células ou pixels). Em estrutura vetorial poligonal estão o limite dos municípios, as unidades de conservação de proteção integral e uso sustentável de jurisdição estadual e federal, as terras indígenas, e as rodovias, todos disponibilizadas pela SEDAM-RO e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). Os dados armazenados em estrutura matricial são produtos gerados a partir do processamento de dados obtidos pelo sensor orbital MODIS, acoplado nos satélites Terra e Aqua. Foram utilizados três produtos para se avaliar o índice de vegetação (produto MOD13A2), a temperatura de superfície (produto MOD11A2) e a evapotranspiração (produto MOD16A2). Os produtos MODIS utilizados possuem detalhamento espacial de 250 m e 1 km respectivamente, e um intervalo mensal das imagens, para o ano de 2014. O download dessas imagens foi feito de forma automática utilizando o script descrito no Anexo A.

Os dados de desmatamentos foram obtidos a partir dos resultados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), que é elaborado em escala temporal anual pelo INPE, a partir do processamento de imagens, com a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto (HANSEN et al., 2008). Os dados de focos de calor, também foram obtidos a partir do INPE, responsável pelo desenvolvimento e operação do Sistema de Monitoramento de Focos de Calor, que produz as informações por meio do processamento automático de dados oriundos de múltiplos sensores acoplados em vários satélites que orbitam a Terra em alta resolução temporal (SCHROEDER et al., 2005).

De posse de todos os dados, deu-se início ao processamento dos dados de desmatamentos para se calcular as áreas desmatadas por município até o ano de 2014, em seguida, para a área de estudo realizou de cálculo de áreas desmatadas de 2000 a 2014 considerando o intervalo de tempo anual.

Após o processamento dos dados de desmatamentos, realizou-se a análise da influência das rodovias, localizadas na área de estudo, em relação aos desmatamentos ocorridos até o

ano 2014. Para isso, tomando-se o mapa de rodovias como referência, elaborou-se análises de proximidades, mapeando-se áreas a cada 1 km de rodovias para em seguida realizar a intersecção das áreas de influências de rodovias com as áreas desmatadas e assim calcular a quantidade de desmatamento a cada quilômetro a partir das rodovias. Na Amazônia Legal brasileira foi empregado esse mesmo método e verificou-se que as rodovias influenciaram em desmatamento a até 10 km de distância (FERREIRA et al., 2007).

De posse da quantidade de áreas desmatadas a cada quilômetro das rodovias, esses valores foram agregados para se obter a porcentagem de desmatamentos ocorridos a 5 km de rodovias, distância considerada de influência direta de rodovias em estudos de impactos ambientais, e além da distância de 5 km, área de influência indireta de rodovias (LOPES, 2015). Esses valores foram considerados para compor o Índice de Pressão Antrópica Direta e Indireta, proposto neste trabalho.

O índice de pressão antrópica (IPA), proposto por (LOPES, 2015), consiste na média aritmética entre as rodovias, as áreas desmatadas e os focos de calor. Neste trabalho, considera-se também a porcentagem de áreas desmatadas a 5 km de rodovias e a porcentagem de áreas desmatadas além de 5km, compondo assim o índice de pressão antrópica direta e indireta (IPADI), conforme a equação 1.

$$IPADI = \frac{\sum(\text{peso} \cdot \text{desm.} + \text{peso} \cdot \text{rodovias} + \text{peso} \cdot \text{fc} + \text{desm. 5 km} + \text{desm. além 5 km})}{5} \quad (1)$$

sendo que “desm” é o desmatamento e “fc” são os focos de calor.

Para áreas desmatadas, rodovias e focos de calor, o valor do peso foi 10 (LOPES, 2015), para as áreas de influência direta e indireta de rodovias, desm.5km e desm. além 5km, respectivamente, os valores foram calculados a partir da porcentagem de desmatamentos que ocorrem nessas áreas, normalizado por 10.

Os valores de IPADI foram divididos em 5 categorias, conforme (SANTOS; GOMIDE, 2015), tabela 2.

Tabela. 2- Categorias de IPADI.

IPADI	Nível
1,0 - 2,7	Baixo
2,8 - 4,5	Moderado
4,6 - 6,3	Alto
6,4 - 8,1	Muito Alto
8,1 - 10	Severo

Fonte: Santos e Gomide, 2015.

Após a obtenção do IPADI, deu-se início a análise de variáveis biofísicas da área de estudo, considerando o mosaico de áreas especiais e as áreas externas ao mosaico de áreas especiais. As variáveis observadas foram o índice de vegetação, a evapotranspiração e a temperatura de superfície. Foram obtidas imagens para todos os meses de 2014, elas passaram por um processamento inicial, onde todos os pixels isentos de perturbações atmosféricas foram selecionados, por meio da análise de metadados das imagens (FERREIRA et al., 2007). Posteriormente, as imagens foram categorizadas em dois grupos, de acordo com a localização dos pixels, o grupo dos pixels inseridos no mosaico de áreas especiais e o grupo dos pixels localizados fora do mosaico de áreas especiais. Para esses dois grupos foram calculados mensalmente os valores da média e desvio-padrão, para cada variável considerada no estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área de estudo, os desmatamentos ocorrem predominantemente na porção norte, principalmente no município de Nova Mamoré.

Até o ano de 2014, no município de Nova Mamoré haviam sido desmatados 3.184,89 km², ou seja, 31,56% da sua área. No caso do município de Guajará-Mirim, até 2014 o desmatamento foi de 1.440,85 km², ou seja, 6,75% de sua área. Pelos dados do IBGE foi possível observar que a pecuária apresentou um crescimento de aproximadamente 139% no município de Nova Mamoré, entre os anos de 2004 a 2014. Já no município de Guajará-Mirim observou um crescimento de 15,23%, entre os mesmos anos.

A prática da pecuária é incentivada pela política do Estado Nacional, através do Ministério da Integração Nacional, que financia as propriedades rurais. Esse financiamento em Rondônia concentra a matriz econômica sobre a pecuária extensiva, que necessita de grandes áreas para comportar o expressivo rebanho bovino. O resultado desse conjunto de ações é o fortalecimento e desenvolvimento das relações capitalistas para a região.

Conforme a figura 2 é possível observar que o desmatamento na área de estudo sofreu uma desaceleração.

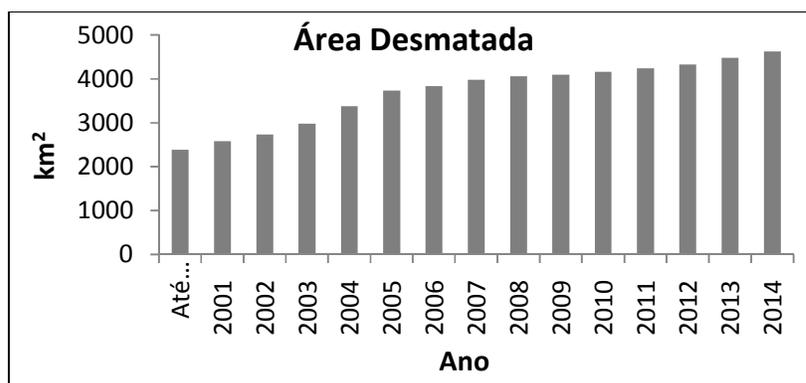


Figura 2 - Desmatamento na Área de Estudo.

A localização dos desmatamentos está representada na figura 3, onde também é possível observar o desmatamento ocorrido em duas épocas, antes de 2005 e no intervalo temporal de 2006 a 2014.

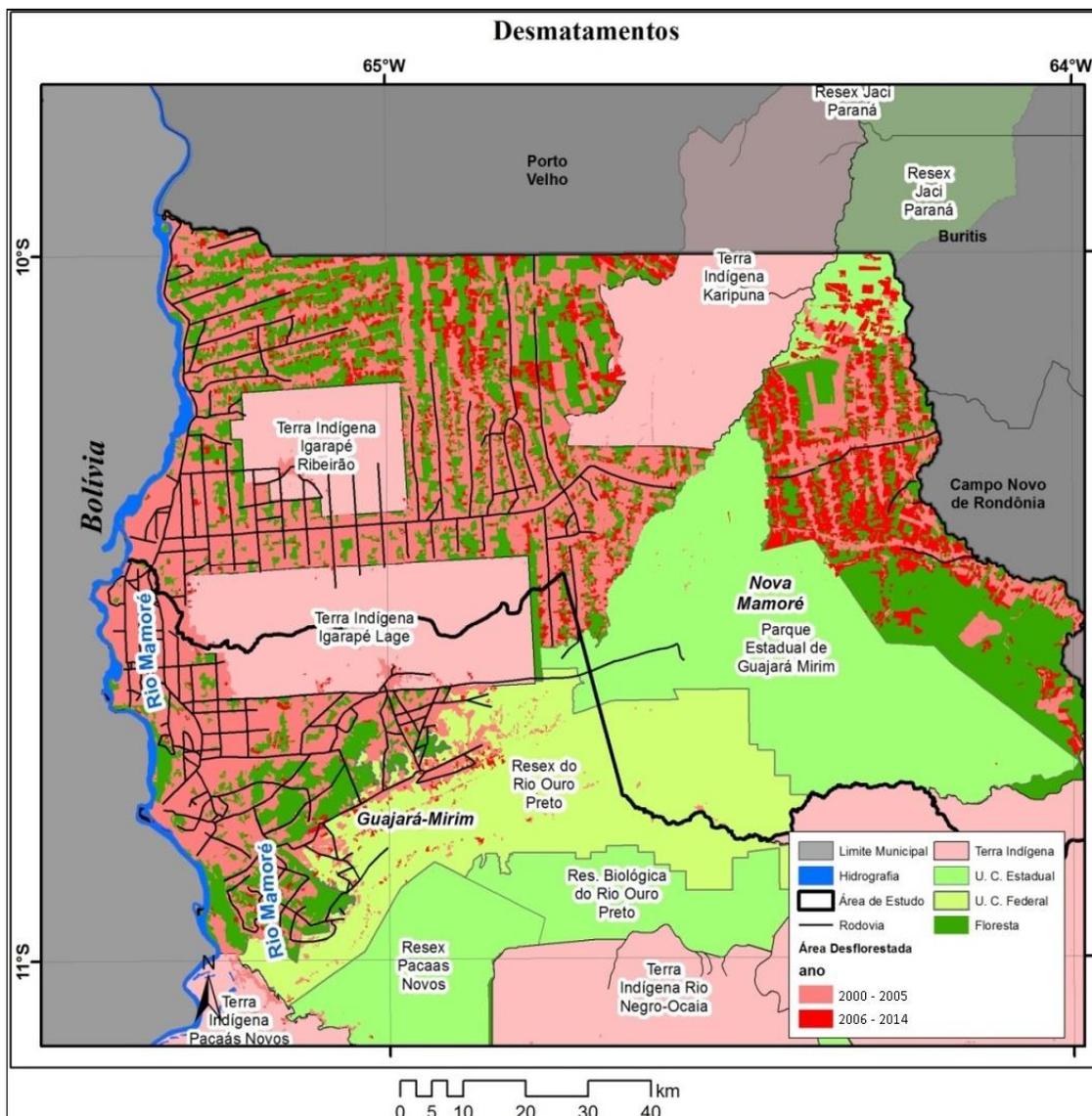


Figura 3 - Localização de Áreas Desmatadas em Guajará-Mirim e Nova Mamoré.

Na área de estudo, entre os anos 2000 e 2005 a expansão do desmatamento variou anualmente de 5% a 13%, a partir de 2006 ocorreu uma expressiva desaceleração e a expansão anual variou entre 1% e 3%, sendo que esses desmatamentos recentes ocorreram predominantemente na porção nordeste da área de estudo. É possível observar a ocorrência de importantes áreas desmatadas em algumas áreas especiais tais como a Reserva Extrativista Estadual Jaci-Paraná e também na Reserva Extrativista Federal do Rio Ouro Preto.

É possível observar na figura 3 a relação espacial entre as rodovias e as áreas desmatadas. Analisando-se a quantidade de áreas desmatadas em intervalos quilométricos de cada lado das rodovias, foi possível observar que 82,62% das áreas desmatadas localizam-se até 5 km das rodovias da área de estudo. Após essa distância a quantidade de áreas desmatadas di-

minui, mas continuam importantes, pois atingem 17,38% do total de áreas desmatadas. A figura 4 ilustra a relação entre as rodovias e a ocorrência de áreas desmatadas na área de estudo.

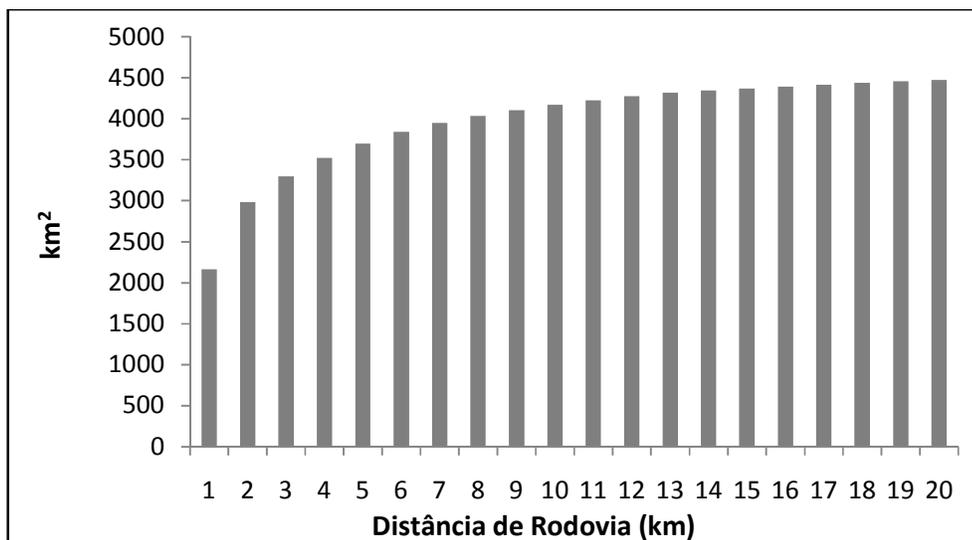


Figura 4 - Relação entre rodovias e ocorrência de desmatamentos.

Para o mapeamento do Índice de Pressão Antrópica Direta e Indireta, as áreas localizadas até 5 km de rodovias receberam o valor de 8,26 (82,6% das áreas desmatadas estão até 5 km de rodovias e foram normalizadas pelo valor 10). Além dessa distância, foi atribuído o valor 1,74 (17,4% dos desmatamentos, normalizado por 10). Após o processamento dos dados, obteve-se o mapa ilustrado na figura 5.

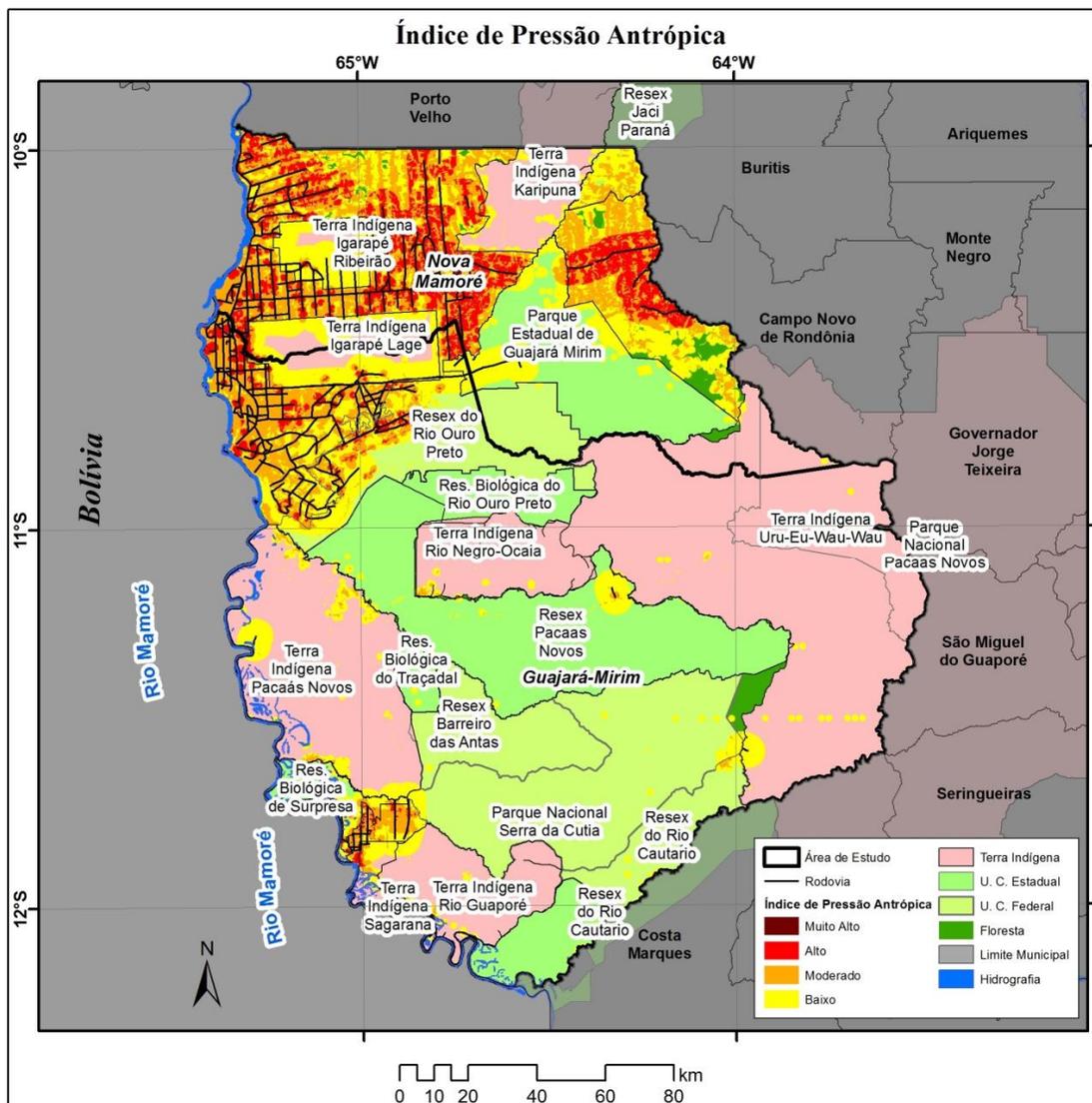


Figura 5 - Mapeamento do Índice de Pressão Antrópica Direta e Indireta.

A maior parte da área de estudo, 70,34% possui índice de pressão antrópica direta e indireta indeterminada, pois não sofre influências de rodovias, desmatamentos e focos de calor. A partir do cálculo das áreas das várias categorias de IPADI, foi possível obter a tabela 3.

Tabela. 3- Áreas com Índice de Pressão Antrópica Classificada.

IPADI	Área Km ²	% da Área de Estudo
Muito Alto	57,15	0,16
Alto	1.942,16	5,52
Moderado	3.675,61	10,45
Baixo	4.763,27	13,54
Indeterminada	24.754,61	70,34

Na figura 5, é possível observar que as áreas especiais localizadas no município de Nova Mamoré estão sujeitas a índices de pressão antrópicas importantes chegando à moderada, como é caso do Parque Estadual de Guajará-Mirim, além de parte da Reserva Extrativista Jaci-Paraná. No caso do município de Guajará-Mirim, a Reserva Extrativista do Rio Ouro Preto possui porções sob pressão antrópica baixa e moderada.

Como o desmatamento é a variável antrópica que mais chama a atenção na área de estudo, foi utilizado o produto MOD13A2 para mensurar o índice de vegetação mensalmente, durante o ano de 2014 na área de estudo, considerando o mosaico de áreas especiais e as áreas localizadas fora do mosaico. Os resultados da análise de índice de vegetação podem ser observados na tabela 4.

Tabela. 4- Avaliação do Índice de Vegetação.

Índice de Vegetação				
	Dentro do Mosaico de Áreas Especiais		Fora do Mosaico de Áreas Especiais	
Mês	Média	Desvio- Padrão	Média	Desvio- Padrão
Jan	5626,3	913,49	5070,13	945,42
Fev	5679,2	974,18	5606,29	1172,20
Mar	5444,0	751,88	5064,73	908,26
Abr	4835,2	687,50	4907,07	821,16
Mai	4932,8	645,36	4891,80	839,42
Jun	4867,8	533,16	4732,27	682,78
Jul	4829,0	525,20	4419,37	713,17
Ago	4984,7	480,76	4293,64	850,31
Set	5389,3	705,24	4284,58	999,66
Out	5550,2	821,22	4684,57	909,17
Nov	6464,1	815,48	5731,50	1198,28
Dez	6052,2	934,19	5351,91	1031,63

A partir das médias de índices de vegetação, foi elaborada a figura 6, para melhor visualização do comportamento temporal do índice de vegetação na área de estudo.

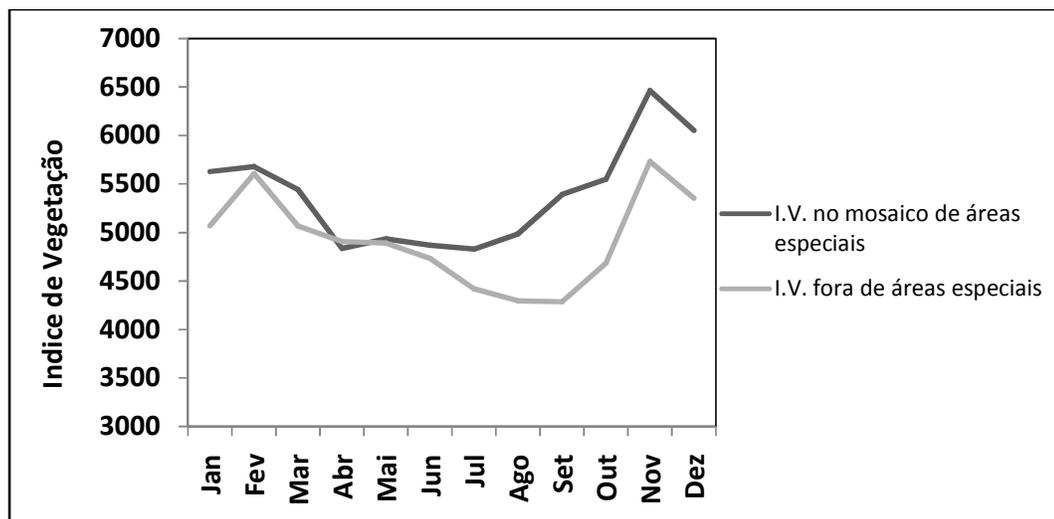


Figura 6 - Comportamento mensal do índice de vegetação em 2014.

Foi observado que entre os meses de fevereiro e maio, os valores de índice de vegetação no mosaico de áreas especiais e nas áreas antropizadas são muito próximos. No entanto, a partir do início dos meses secos, até o mês de janeiro, o índice de vegetação de áreas antropizadas sofre uma diminuição importante, devido ao período seco e o tempo necessário para a recuperação da vegetação.

Com a diminuição do índice de vegetação em áreas antropizadas, espera-se o aumento da temperatura de superfície, principalmente nos meses de menores pluviometrias, da mesma forma, espera-se que a evapotranspiração seja menor nos meses mais secos. Os resultados das análises de temperatura de superfície podem ser observados na tabela 5.

Tabela. 5- Temperatura de superfície e evapotranspiração mensal em 2014.

Mês	Evapotranspiração				Temperatura da Superfície			
	Dentro do Mosaico de Áreas Especiais		Fora do Mosaico de Áreas Especiais		Dentro do Mosaico de Áreas Especiais		Fora do Mosaico de Áreas Especiais	
	Média	Desvio- Padrão	Média	Desvio- Padrão	Média	Desvio- Padrão	Média	Desvio- Padrão
Jan	111,06	7,84	108,80	7,07	25,73	0,69	24,95	0,82
Fev	92,11	6,36	87,87	5,91	23,89	1,19	24,09	1,29
Mar	105,06	5,96	101,24	5,97	26,15	1,53	27,42	2,02
Abr	111,82	5,96	105,76	6,33	26,15	1,32	27,94	1,85
Mai	101,00	4,81	97,63	5,76	25,25	1,08	26,84	1,79
Jun	108,77	6,25	112,45	5,74	25,46	0,67	26,82	1,09
Jul	115,76	7,06	117,60	7,39	26,33	0,77	28,08	1,41
Ago	129,59	7,41	118,46	16,19	28,08	0,96	31,29	1,96
Set	124,69	6,33	112,06	17,41	28,26	1,14	30,37	2,34
Out	137,69	8,38	121,78	14,79	29,09	1,58	31,73	2,63
Nov	105,98	6,26	101,90	6,62	28,19	1,63	29,14	2,05
Dez	115,19	7,13	111,90	6,90	27,06	1,81	27,62	1,84

A variação da temperatura de superfície pode ser observada na figura 7.

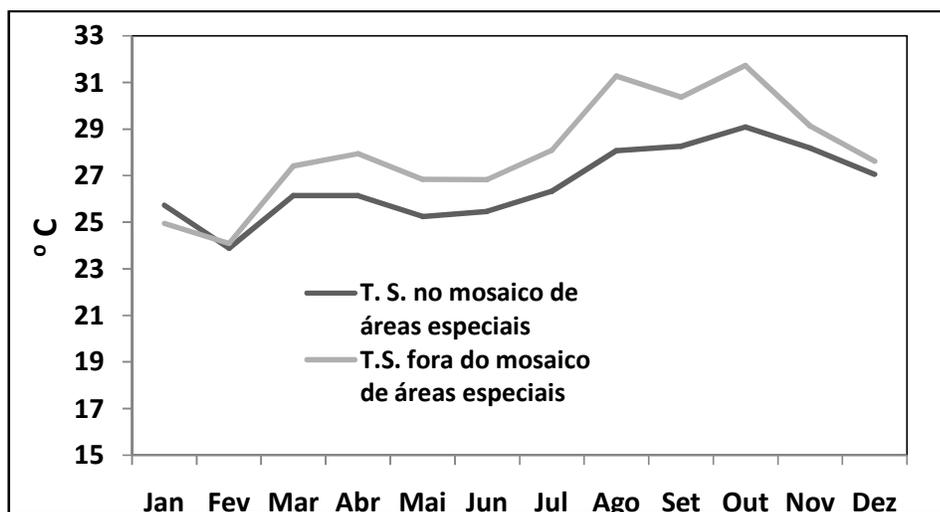


Figura 7 - Comportamento mensal da temperatura de superfície em 2014.

Entre o mosaico de áreas especiais e áreas fora do mosaico de áreas especiais, ocorre para o mês de agosto uma diferença expressiva na temperatura de superfície de mais de 3°C.

Apesar de temperaturas mais altas nas áreas antropizadas, a evapotranspiração é menor nos meses mais secos, sendo que as áreas protegidas não sofrem alterações expressivas nos meses mais secos. A figura 8 apresenta o comportamento da evapotranspiração em 2014.

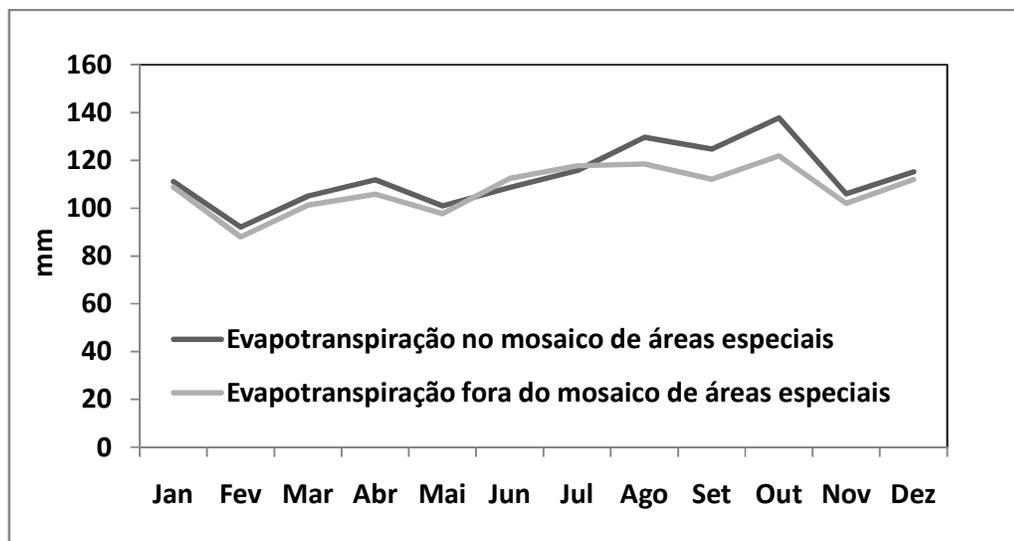


Figura 8 - Comportamento da evapotranspiração na área de estudo em 2014.

A figura 8 mostra que nos meses mais chuvosos, a evapotranspiração em toda a área de estudo permanece similar, no entanto, em meses com menores índices pluviométricos, a evapotranspiração apresenta menores valores fora do mosaico de áreas especiais.

4. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos, é possível concluir que o mosaico de áreas especiais da área de estudo possui pequenas áreas antropizadas, principalmente em algumas terras indígenas e unidades de conservação de uso sustentável. Com essa situação as variáveis biofísicas apresentam pouca variação durante o ano e durante os meses os desvios-padrão também são constantes e com coeficiente de variação menor que 10%, ou seja, o mosaico de áreas protegidas vem garantindo a preservação das variáveis biofísicas estudadas, o que não vem ocorrendo nas áreas antropizadas, principalmente nos meses de pouca ocorrência pluviométrica.

Nos últimos anos, os dados de monitoramento de desmatamento na Amazônia (PRODE/INPE), mostram que o desmatamento vem desacelerando na área de estudo, ocorrendo mais desmatamentos na porção nordeste da área de estudo, no município de Nova Marmoré, onde vem ocorrendo os maiores Índice de Pressão Antrópica, sendo que essa pressão vem ocorrendo no Parque Estadual de Guajará-Mirim e também na Reserva Extrativista Jaci-Paraná.

ANEXO A – SCRIPT DOWNLOAD IMAGES

```
#Script utilizado para fazer dowload de arquivos de modo batch
#Criado em 12.2015

#Arquivo de texto dos Links das imagens para download
$Datatext = Get-Content 'C:\Mestrado\DownloadImageTemperatura.txt'

#O caminho de saida dos Arquivos
$PathOutput = 'C:\Mestrado\output'

#Criando o objeto de servicos web
$clnt = New-Object System.Net.WebClient

#Loop em cada link do arquivo Evapotranspiracao.txt
foreach($url in $Datatext)
{
    #Gerando o arquivo de saida
    $filename = [System.IO.Path]::GetFileName($url)

    #Mensagem de inicio de download
    Write-Host -NoNewline "Iniciando o download ""$url""..."

    #Gerando o arquivo principal
    $file = [System.IO.Path]::Combine($PathOutput, $filename)

    #Download do arquivo utilizando o objeto WebClient
    $clnt.DownloadFile($url, $file)

    Write-Host "Download concluido..."
}
```

5. REFERÊNCIAS

- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Guajará-Mirim - Gráfico climático, Gráfico de temperatura, Tabela climática - Climate-Data.org**. 2015. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/42759/>>. Acesso em: 25 jan. 2016.
- COE, M. T. et al. **Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, v. 368, n. 1619, p. 20120155, 5 jun. 2013.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. Acta Botanica Brasilica, v. 20, n. 1, p. 13–23, mar. 2006.
- FEARNSIDE, P. M.; DE ALENCASTRO GRAÇA, P. M. L. BR-319: **Brazil’s Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central amazonia**. Environmental Management, v. 38, n. 5, p. 705–16, nov. 2006.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. **Sensoriamento remoto da vegetao: evoluo e estado-da-arte**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 30, n. 4, p. 379–390, 28 nov. 2008.
- FERREIRA, N. C. et al. **An operational deforestation mapping system using MODIS data and spatial context analysis**. International Journal of Remote Sensing, v. 28, n. 1, p. 47–62, 10 jan. 2007.
- FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. **Assessing the response of the MODIS vegetation indices to landscape disturbance in the forested areas of the legal Brazilian Amazon**. International Journal of Remote Sensing, v. 31, n. 3, p. 745–759, 17 fev. 2010.
- FERREIRA, N. C.; FERREIRA, L. G.; MIZIARA, F. **Deforestation hotspots in the Brazilian Amazon: Evidence and causes as assessed from Remote Sensing and Census Data**. Earth Interactions, v. 11, n. 1, p. 1–16, jan. 2007.
- FRANCA, R. R. DA. **Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011**. Revista Geografias, 2015. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/650>>. Acesso em: 25 jan. 2016.
- HANSEN, M. et al. **Comparing annual MODIS and PRODES forest cover change data for advancing monitoring of Brazilian forest cover**. Remote Sensing of Environment, v. 112, n. 10, p. 3784–3793, 15 out. 2008.
- IBGE. **Estimativas da Populao Residente no Brasil e Unidades da Federao em Julho de 2015**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_dou_2015_20150915.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2015.

IBGE. **Mapeamento Vetorial Contínuo do Brasil na Escala 1:250.000**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistematico/base_vetorial_continua_escal_250mil/>. Acesso em: 10 jan. 2016.

LAURANCE, W. F. et al. **Making conservation research more relevant for conservation practitioners**. *Biological Conservation*, v. 153, p. 164–168, set. 2012.

LOPES, J. M. A. **As Influências da BR - 421 Sobre as Terras Indígenas em Rondônia**. [s.l.: s.n.], 2015.

MALHI, Y. et al. **Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon**. *Science*. (New York, N.Y.), v. 319, n. 5860, p. 169–72, 11 jan. 2008.

MATRICARDI, E. A. T. et al. **Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery**. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, n. 5, p. 1117–1129, 2010.

NEPSTAD, D. C. et al. **Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1498, p. 1737–1746, 27 maio 2008.

PAN, Y. et al. **A large and persistent carbon sink in the world's forests**. *Science* (New York, N.Y.), v. 333, n. 6045, p. 988–93, 19 ago. 2011.

PEDLOWSKI, M. A. et al. **Conservation units: a new deforestation frontier in the Amazonian state of Rondônia, Brazil**. *Environmental Conservation*, v. 32, n. 02, p. 149, 4 jul. 2005.

SANTOS, A.; GOMIDE, M. **A Ocupação no entorno das terras indígenas em Rondônia, Brasil**. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 35, n. 3, p. 417–436, 1 dez. 2015.

SCHROEDER, W. et al. **Characterizing vegetation fire dynamics in Brazil through multisatellite data: Common trends and practical issues**. *Earth Interactions*, v. 9, n. 13, p. 1–26, 21 jul. 2005.

SOARES-FILHO, B.S. et al. **Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 107, n. 24, p. 10821–6, 15 jun. 2010.

VIEIRA, I. C. G. et al. **Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia**. *Brazilian journal of biology*, v. 68, n. 4, p. 949–956, 2008.

Capítulo V - Considerações finais

A pesquisa para dissertação investigou a retirada da vegetação no estado de Rondônia, paralelamente a isso realizou a modelagem de cenários, presente e futuro, do desmatamento e, no Parque Estadual de Guajará-Mirim pesquisou-se a pressão antrópica e dados biofísicos em um mosaico de áreas especiais em dois municípios da porção sudoeste, Guajará-Mirim e Nova Mamoré.

Por opção metodológica a pesquisa foi organizada em dois artigos, forma encorajada pelo programa de mestrado. Dessa forma, o capítulo um mostra o avanço do desmatamento de Rondônia de 2015 à 2050, tendo as áreas especiais (Unidade de conservação e Terras indígenas) como um agente potencial na contenção do avanço de áreas degradadas.

Já o capítulo dois, os resultados foram alcançados em prol da análise da pressão antrópica. Esses dados são importantes para distinguir espacialmente áreas mais pressionadas pela retirada da vegetação e análise de outras variáveis, sendo elas, temperatura, índice de vegetação e evapotranspiração.

Os dados obtidos serviram para compreender o processo de antropização através da retirada da vegetação. Os resultados apresentados em mapas e dados tabulares permitiram abordagens espaciais quantitativas.

A partir desses dois artigos percebemos que há uma grande necessidade de preservação e fiscalização das áreas especiais, além disso, pode-se fazer estudos mais aprofundados da modelagem de cenários futuros utilizando dados socioeconômicos, para que o modelo fique mais preciso e ajude a combater os desmatamentos não só na região do Estado de Rondônia, mas em toda Amazônia Legal.