

Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Ícaro Neri Pereira de Souza

Modelagem da relação da rede ferroviária de transportes e das
mudanças no uso e cobertura do solo na divisa dos estados do
Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

Belo Horizonte

2017

Ícaro Neri Pereira de Souza

Modelagem da relação da rede ferroviária de transportes e das mudanças no uso e cobertura do solo na divisa dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Coorientadora: Profa.Sônia Maria Carvalho Ribeiro

Belo Horizonte

Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais

2017

S729m Souza, Ícaro Neri Pereira de.
2017 Modelagem da relação da rede ferroviária de transportes e das mudanças no uso e cobertura do solo na divisa dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia [manuscrito] / Ícaro Neri Pereira de Souza. – 2017.
xviii, 182 f., enc.: il. (principalmente color.)
Orientador: Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega.
Coorientadora: Sônia Maria Carvalho Ribeiro.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2017.
Bibliografia: f. 134-141.
Inclui apêndices.
1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Ferrovias – Teses. 3. Transportes – Teses. 4. Solo – Uso – Teses. 4. Mapeamento da cobertura do solo – Teses. I. Nóbrega, Rodrigo Affonso de Albuquerque. II. Carvalho-Ribeiro, Sônia Maria. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6



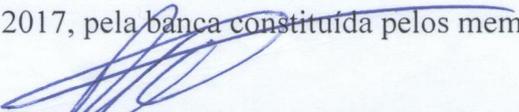
FOLHA DE APROVAÇÃO

Modelagem da relação da rede ferroviária de transportes e das mudanças no uso e cobertura do solo na divisa dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

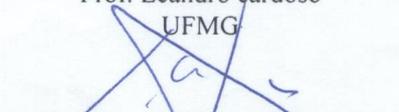
ICARO NERI PEREIRA DE SOUZA

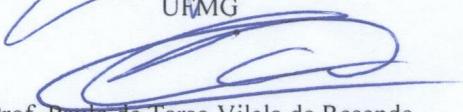
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 26 de maio de 2017, pela banca constituída pelos membros:


Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega - Orientador
UFMG


Prof. Leandro Cardoso
UFMG


Prof. Carlos Fernando Ferreira Lobo
UFMG


Prof. Paulo de Tarso Vilela de Resende
Fundação Dom Cabral

Belo Horizonte, 26 de maio de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Rosimeire e à minha avó, Maria Helena.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Rosimeire, pela formação que me foi dada, pela luta que foi travada durante todos anos em prol do meu bem estar, minha formação e da nossa família e pelo amor que me foi concedido em todos estes longos anos. Agradeço também à minha avó, Maria Helena, que junto com a minha mãe lutaram para dar toda a tranquilidade e a possibilidade de estudar e de poder fazer as coisas que eu desejava, mesmo com todas as adversidades análogas a esta sociedade.

Devo também agradecer a todos os meus grandes amigos e familiares que têm ao longo de todos esses anos, numa longa e franca relação de reciprocidade, me acolhido, cuidado e auxiliado, além de compartilhar momentos de solidariedade, companheirismo e felicidade: Janini, Adalgisa Maria, Pedrinho, José Geraldo, Sabrina, Pedro Henrique, Fábio, Vilma, Priscila, Davi, Bianca, Gabriel, Júlia, Alexandre, Saulinho, Wanir, Marcélia, Samuel, João Marcos, Sara, Anderson, Érika, Pita, Neném, César... E tantos e tantos outros! Devo oferecer a parte, sinceros agradecimentos ao meu avô, Saul, e ao meu pai, Vander.

Ofereço também muitos agradecimentos aos grandes amigos que conheci nesses anos de cursinho, Geografia e UFMG, que marcaram a minha vida e que eu sempre levarei comigo, onde quer que eu esteja. Davi e Dedé, pelo companheirismo e pelas risadas; Lucas, Pedrão, Matias, Raidan, Rodolfo e Iale; pelas brejas, pela treva e pelos papos; David, pela sobriedade; Guilherme, pela freguesia; Mari, Cleide; Ademar, grande amigo; Gustavo, pelo companheirismo; Marcos Antônio, pela sua perseverança e força de vontade. Rafael, por tudo; Bruno, zá (gol do Galo); Fran, pela amizade, pelos encontros, por que não pelos desencontros e por todo esse tempo; Chico, pelos neologismos; Leandro, indescritível; além de Fred e Arthur, por Kurz, Brahma e pela geografia crítica/radical. Devo também agradecer à Fran (da geografia, sem confusão [risos]), Ariadne, Thaís, Rapha, Carol, Marcos Dalforne, Well, Wallison, Victória, Paloma, Mateus, Pati, Matheus, Gabi. Sei que esqueci, injustamente, de muita gente, porém sintam-se agraciados e recebam meus cumprimentos, de coração, e meus agradecimentos por todas essas experiências que vivemos juntos!

Devo agradecer aos Departamentos de Geografia e de Cartografia, da Universidade Federal de Minas Gerais, que me aceitaram tanto na graduação, quanto no mestrado, nos cursos de Geografia (Bacharelado) e Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Devo agradecer a

todas e todos professores que compartilharam parte do seu conhecimento e me fizeram tomar mais gosto pela Geografia e pelas Ciências como um todo, em especial ao Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega, orientador de graduação e mestrado, que acabou se tornando também um tutor e amigo. Também devo agradecer à coorientadora desta dissertação, Profa. Sónia Maria Carvalho Ribeiro.

Agradeço aos professores Leandro Cardoso, Sónia Maria Carvalho Ribeiro, Carlos Fernando Ferreira Lobo e Paulo de Tarso Vilela de Resende pelas colaborações a esta pesquisa e a este trabalho.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-MEC), pela concessão de bolsa de estudos, que viabilizou esta pesquisa.

RESUMO

A divisa dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA) é considerada como a nova fronteira agrícola brasileira, sendo, ao longo do tempo, foco de projetos do governo neste sentido e alvo de agentes da iniciativa privada. Ao mesmo tempo, estão ocorrendo vários projetos de expansão ferroviária na região, com os projetos das Ferrovias Norte-Sul (FNS), Ferrovia Transnordestina e Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), além dos pátios ferroviários e dos terminais intermodais, obras que certamente irão mudar a configuração espacial da região. Apesar de alguns projetos já estarem concluídos e operacionais, vários destes estão atualmente inacabados ou somente em planejamento. Neste contexto, este trabalho desenvolveu em ambiente SIG uma modelagem espacialmente explícita para descrever a relação das infraestruturas ferroviárias de transporte com as mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba. A investigação teve como objetivo estudar o efeito da rede ferroviária na retração do bioma Cerrado, no avanço agropecuário e gerar cenários futuros simulando uma operacionalidade da rede ferroviária. Foram utilizados os softwares Microsoft Excel, ESRI ArcGis e Dinamica EGO. A modelagem usou o método Bayesiano dos pesos de evidência para explorar os determinantes espaciais das transições entre classes de cobertura do solo e o papel das infraestruturas ferroviárias de transporte nessas mudanças. Foram gerados dois modelos: um para o período 2000-2010 e outro para o período 2000-2012. Os resultados mostram que houve uma expansão proporcionalmente muito maior das áreas de produção agropecuária no período 2010-2012 em relação ao período 2000-2010 além de mostrar que a rede ferroviária apresentou alto peso para a retração da vegetação florestal e para a expansão de algumas classes relativas à produção agropecuária. As simulações futuras, nos cenários que consideraram a operacionalidade das ferrovias presentes e planejadas para a região mostraram uma tendência de rearranjo espacial da produção agropecuária em torno das áreas das infraestruturas ferroviárias.

Palavras-chave: Ferrovias, Transportes, Matopiba, Modelagem, Uso e Cobertura do Solo

ABSTRACT

The region nearby the border of the states of Maranhão, Tocantins, Piauí and Bahia (MATOPIBA) is considered as the new Brazilian agricultural frontier. Matopiba is being the focus of government projects and private initiative as well. Concurrently, some key federal railway expansion projects are underway in the region, such as Ferrovia Norte-Sul (FNS), Ferrovia Transnordestina and Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL). All together, the new railway network and the respective yards and intermodal terminals will certainly change the spatial configuration of the region. Some of these railway infrastructures are completed and operational, however some parts remain under construction, unfinished or under planning. In this context, this work developed in a GIS framework a spatially explicit modeling that shows the relation between the railway infrastructures and the changes of land use and land cover in Matopiba. The objective was to investigate the effect of the railway network on the retraction of the Cerrado biome as well as on the advance of agriculture fields, therefore generating future scenarios simulating an operability of the rail network. The investigation employed the software Microsoft Excel, ESRI ArcGis and DinamicaEGO. The modeling used the Bayesian method of Weights of Evidence (WoE) to explore the spatial determinants of transitions between land cover classes and the role of transport infrastructure in these changes. Two models were generated: one for the period 2000-2010 and another for the period 2000-2012. Findings show a proportionally larger expansion of the agriculture areas occurred between the years 2010-2012 when compared to the period 2000-2010. In addition the results show the influence of the railway infrastructure to suppress the Cerrado and expand agriculture fields. Using the model, the predictive simulations considering as operational the railway infrastructure in Matopiba showed a trend for spatial rearrangement of the agricultural production along the areas served by railway infrastructure.

Keywords: Railways, Transports, Matopiba, Modelling, LUCC

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xv
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificativa da pesquisa.....	2
1.4 Hipótese do trabalho	4
1.5 Estrutura do Trabalho	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS	6
2.1 Transporte e circulação na produção capitalista do espaço	6
2.2 Breve análise histórica da expansão da fronteira agrícola no Matopiba.....	14
2.3 Geoprocessamento e a modelagem de sistemas ambientais	21
2.3.1 Geoprocessamento	21
2.3.2 Modelagem de sistemas ambientais	24
2.4 Revisão de literatura sobre os modos de transporte, a logística e as mudanças de uso e cobertura do solo.....	27
3. ÁREA DE ESTUDOS	29
3.1 Aspectos socioeconômicos	31
3.2 Biomas e Vegetação.....	33
3.3 Solos.....	37
3.4 Geologia, Relevo e Geomorfologia	40
3.5 Áreas Protegidas	45

3.6 Infraestrutura rodoferroviária de transportes	47
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
4.1 Ferramentas utilizadas	51
4.2 Mapas de referência utilizados na modelagem	52
4.3 Obtenção e pré-processamento dos dados de entrada.....	55
4.4 Modelagem geográfica dos dados.....	56
4.5 Processamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG	63
4.5.1 Definição das classes.....	65
4.5.2 Cálculo das matrizes de transição entre as classes	66
4.5.3 Cálculo dos pesos de evidência	66
4.5.4 Simulações dos cenários de referências e validação do modelo	69
4.6 Geração de cenários e de mapas analíticos	70
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	71
5.1 Quantificações das mudanças do uso e cobertura do solo no Matopiba.....	71
5.2 Descrição geográfica analítica das classes e suas respectivas transformações.....	75
5.3 Modelo calibrado para o ano 2010	82
5.3.1 Análise descritiva dos resultados do modelo calibrado para 2010.....	83
5.3.2 Resultados das simulações a partir do modelo calibrado para 2010	87
5.4 Modelo calibrado para o ano 2012	102
5.4.1 Análise descritiva dos resultados do modelo calibrado para 2012.....	102
5.4.2 Resultados das simulações à partir do modelo calibrado para 2012	108
5.5 Análises comparativas entre os modelos calibrados para os anos base 2010 e 2012 ...	119
5.5.1 Comparativo entre a edição ou não dos pesos de evidência das infraestruturas ferroviárias de transporte.....	120
5.5.2 Comparativo entre as projeções dos modelos para o ano 2040.....	123
5.6 Comparação com o mapa gerado pelo modelo Otimizagro para o ano 2030	127

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
APÊNDICE 1 – DADOS DE ENTRADAS UTILIZADOS NO TRABALHO.....	142
APÊNDICE 2 – DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DE IBGE (2016)	150
APÊNDICE 3 – DADOS USADOS E MODELAGEM GEOGRÁFICA NOS MODELOS CALIBRADOS PARA OS ANOS 2010 E 2012	153
APÊNDICE 4 – PESOS DE EVIDÊNCIA DAS VARIÁVEIS CATEGÓRICAS.....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tamanho relativo das representações Terra frente à velocidade de modos de transporte predominantes e/ou característicos de cada época	9
Figura 2: Expansão da rede ferroviária na França no século XIX: (a) 1850, (b) 1860, (c) 1870 e (d) 1890. Fonte: Boussard (1957), Harvey (2015).....	13
Figura 3: O paradigma dos quatro universos. Fonte: Gomes e Velho (1995), Câmara e Monteiro (2001).....	22
Figura 4: Área de Estudos da Dissertação.....	30
Figura 5: População do Matopiba por município.....	32
Figura 6: Mapa vegetacional do Matopiba.....	36
Figura 7: Classificação pedológica do Matopiba	39
Figura 8: Altimetria e Declividade do Matopiba	41
Figura 9: Unidades Geomorfológicas do Matopiba	44
Figura 10: Áreas protegidas pelo SNUC e pelo PNAP no Matopiba.....	46
Figura 11: Infraestruturas ferroviárias de transportes consideradas no trabalho	50
Figura 12: Etapas propostas no trabalho	51
Figura 13: Classes de uso e cobertura do solo do Matopiba de acordo com IBGE (2016)	54
Figura 14: Classes de distância à partir da Ferrovia Norte-Sul, sendo cores mais claras representando áreas mais próximas à ferrovia enquanto cores mais escuras, áreas mais longínquas.....	58
Figura 15: Distribuição espacial do Produto Interno Bruto (PIB) do Matopiba calculada via interpolação por Krigagem. As áreas com coloração mais escura apresentam PIB's maiores do que as áreas com coloração mais claras.....	61
Figura 16: Classificação da declividade do Matopiba. As áreas mais escuras são áreas que apresentam maior declividade no relevo em detrimento das áreas com coloração mais clara.	62
Figura 17: Classificação geomorfológica do Matopiba. Cada cor representa uma distinta unidade geomorfológica.	63
Figura 18: Passos do processamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG.....	65
Figura 19: Localização da classe "Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012	77
Figura 20: Localização da classe "Pastagem com Manejo" nos anos 2000, 2010 e 2012	78
Figura 21: Localização da classe "Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012	79

Figura 22: Localização da classe "Pastagem Natural" nos anos 2000, 2010 e 2012	80
Figura 23: Localização da classe "Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres" nos anos 2000, 2010 e 2012	81
Figura 24: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2010 – Modelo calibrado para o ano 2010.....	92
Figura 25: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 – Modelo calibrado para o ano 2010.....	93
Figura 26: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2010) – Modelo calibrado para o ano 2010	95
Figura 27: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2010	96
Figura 28: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado e a rede ferroviária (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2010.....	98
Figura 29: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2010.....	99
Figura 30: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2010.....	100
Figura 31: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 – Modelo calibrado para o ano 2012.....	111
Figura 32: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2012	112
Figura 33: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado e a rede ferroviária (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2012.....	114
Figura 34: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2012.....	115
Figura 35: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2012.....	116
Figura 36: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2012 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência	121
Figura 37: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2012 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com a edição dos pesos de evidência.....	122

Figura 38: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2040 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência	125
Figura 39: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2040 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com a edição dos pesos de evidência.....	126
Figura 40: Comparativo entre a localização das áreas agrícolas nas simulações geradas nos modelos OTIMIZAGRO e gerados na pesquisa sem e com os pesos de evidência editados no ano 2030	128
Figura 41: Mapas simulados para o ano 2030 dos modelos OTIMIZAGRO e produzidos na pesquisa sem e com a edição dos pesos de evidência.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tamanho das unidades Geomorfológicas do Matopiba por área em km ²	43
Tabela 2: Tamanho das áreas em quilômetros quadrados das classes de uso e cobertura do solo na área de estudos para os anos de 2000, 2010 e 2012.	72
Tabela 3: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2010	72
Tabela 4: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2010	73
Tabela 5: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo para os períodos de 2000/2010, 2000/2012 e 2010/2012.	74
Tabela 6: Pesos de evidência observados da variável “Terminais Intermodais” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	85
Tabela 7: Pesos de evidência observados da variável “Pátios Ferroviários” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	86
Tabela 8: Pesos de evidência observados da variável “Rodovias Pavimentadas” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	86
Tabela 9: Pesos de evidência observados da variável “Rodovias Pavimentadas” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	86
Tabela 10: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia Transnordestina” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	87
Tabela 11: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.	87
Tabela 12: Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2010.	88
Tabela 13: Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2010.	90
Tabela 14: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010	101

Tabela 15: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010	101
Tabela 16: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.....	105
Tabela 17: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia Norte-Sul” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012. ..	106
Tabela 18: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia Transnordestina” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.	106
Tabela 19: Pesos de evidência observados da variável “Pátios Ferroviários” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012. ..	107
Tabela 20: Pesos de evidência observados da variável “Pátios Ferroviários” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012. ..	107
Tabela 21: Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2012.....	109
Tabela 22: Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2012.....	110
Tabela 23: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012	117
Tabela 24: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012	118
Tabela 25: Tamanho das classes em km ² nos modelos produzidos para o ano 2010 com e sem a edição dos pesos de evidência	119
Tabela 26: Tamanho das classes em km ² nos modelos produzidos para o ano 2012 com e sem a edição dos pesos de evidência	120
Tabela 27: Tamanho das classes de uso e cobertura do solo (em km ²) projetado para o ano 2040 nos modelos calibrados para 2010 e 2012 sem e com edição dos pesos de evidência. .	123

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA – Área de Proteção Ambiental

CFN – Companhia Ferroviária do Nordeste S.A.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Rural

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EVTEA – Estudo de Viabilidade Econômica, Técnica e Ambiental

FIOL – Ferrovia de Integração Oeste-Leste

FNS – Ferrovia Norte-Sul

GIS – Geographic Information System

GSD – Ground Sample Distance

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IESA – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MATOPIBA – Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PADAP – Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba

PDA-MATOPIBA – Plano de Desenvolvimento Agrário do Matopiba

PIB – Produto Interno Bruto

PLNI – Programa Nacional de Logística Integrada

PNAP – Programa Nacional de Áreas Protegidas

PNLT – Programa Nacional de Logística e Transportes

POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados

PRODECER – Programa de Cooperação Nipo-Brasileira Para o Desenvolvimento do Cerrado

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

TLSA – Transnordestina Logística

UC – Unidades de Conservação

UFG – Universidade Federal de Goiás

1. INTRODUÇÃO

Existem na literatura científica trabalhos e análises de várias áreas estudando a influência das infraestruturas viárias de transporte nos aspectos socioeconômicos e ambientais nas mais diversas escalas de abordagem. Nas análises em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG) e na Cartografia, em áreas como o geoprocessamento e a modelagem de sistemas ambientais, predominam trabalhos voltados ao estudo da influência das rodovias nestes aspectos, com menor ênfase para as ferrovias e as infraestruturas de “carga e descarga” de mercadorias das mesmas, a exemplo dos pátios ferroviários e os terminais intermodais.

O objeto de estudo deste trabalho é a dinâmica da mudança de uso e cobertura do solo na área na divisa dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA), que vem despontando ao longo do tempo como uma nova fronteira agrícola no Brasil (SICSÚ E LIMA, 2000; SANTOS E SANO, 2015; MATHIAS, 2017) e um *hotspot*¹ de retração do cerrado (LIMA, 2015).

Há nessa área alguns grandes projetos de expansão ferroviária que já estão sendo concebidos há muitos anos, como a construção da Ferrovia Transnordestina e a construção e expansão da Ferrovia Norte-Sul (FNS), além de alguns projetos mais recentes, como o projeto da construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL).

As grandes obras de transporte e o posterior funcionamento dos modos, como resultado de intervenções em larga escala em grandes áreas, geram impactos nas áreas em que são implantadas. Os impactos são físicos (resultantes diretos na superfície do próprio processo de construção dos modos, como por exemplo, a movimentação de solo, retenção ou a alteração no escoamento superficial de águas), sejam ambientais (como a fragmentação de habitats ou a supressão vegetacional, por exemplo), e socioeconômicas (como por exemplo, a mudança locacional de atividades econômicas, entre localidades, gerando e retirando alteração das características de empregos e de receita das áreas direta ou indiretamente servidas pela infraestrutura de transporte) ou logísticas (como a viabilização de rotas de transporte,

¹ Segundo Myers *et al.* (2000) *hotspots* são áreas que concentram um número extraordinário de espécies endêmicas e que estão sob perda de habitat.

potencialização de áreas destinadas a atividades de carga e descarga ou a redução do tráfego em vias coletoras locais) de certas áreas. Porém, tais obras de infraestrutura de transporte são, em geral, resultantes de outros projetos planejados ou implantados anteriormente. Dada sua importância no contexto federal, esses projetos anteriores, apresentam características próprias para atender a demandas regionais de mercado, demandas logísticas, ou demandas de desenvolvimento econômico regional, as quais alteram o padrão de cobertura e uso do solo, de uso do solo e conseqüentemente o padrão socioeconômico regional.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver, por meio de processamentos e análises de dados geográficos, uma modelagem espacial que possa fazer uma descrição da influência da rede ferroviária de transportes, incluindo os pátios ferroviários, os terminais intermodais e os trilhos, na dinâmica do uso e ocupação do solo numa área das divisas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA). Esta modelagem tenta explicar ou levantar hipótese de quanto, como e onde que a infraestrutura ferroviária influencia nesta dinâmica do uso e ocupação do solo, explicitando as transformações na paisagem induzidas (ou não) pelas infraestruturas ferroviárias.

1.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos da pesquisa estão:

1º Estudo da influência da construção e da operação das ferrovias estudadas na dinâmica do bioma Cerrado e da expansão agropecuária na região.

2º Construção de cenários preditivos que quantifiquem e localizem no espaço e no tempo as mudanças na paisagem, procurando compreender como que as ferrovias, sendo futuramente operacionalizadas, podem influenciar na dinâmica do uso do solo na região.

1.3 Justificativa da pesquisa

A justificativa desta pesquisa está pautada na busca de um entendimento de como a rede ferroviária de transportes influencia e poderá influenciar futuramente no uso e cobertura do solo de uma extensa área no Norte e no Nordeste do Brasil. Considerando que a área de estudo tem um histórico de exploração agropecuária, apresenta áreas no arco do desmatamento, além de ser foco de políticas de planejamento e implantação de infraestruturas

ferroviárias de transporte, este trabalho visa contribuir, a partir de uma abordagem da geografia teórico-quantitativa, para a literatura e para os estudos que abordem a produção do espaço no Matopiba.

Uma das questões que este trabalho pode responder é: há alguma mudança de uso e cobertura do solo baseada em alguma especulação sobre um possível traçado destas ferrovias e da localização das futuras infraestruturas de carga e descarga ferroviárias (tais como pátios e terminais intermodais). Esta resposta pode trazer algumas conclusões importantes sobre as relações entre os diversos atores que atuam nos inúmeros processos sociais, econômicos e territoriais na área de estudo.

Procurando entender a relação entre os agentes, representados pelas variáveis analisadas e pelas classes de uso e cobertura do solo consideradas, com a rede ferroviária de transportes existente e proposta, a abordagem utilizada nesse trabalho poderá dar algumas respostas, ou levantar algumas questões, sobre a relação das variáveis analisadas com a localização espacial desta rede.

Existem na área estudada infraestruturas ferroviárias de transporte já em operação, construídas, mas ainda não operando, com o traçado planejado, porém não em construção e com o traçado ainda não planejando, ficando as hipóteses sobre a localização destas últimas ainda no campo da especulação. A partir das análises feitas sobre as relações entre as infraestruturas de transporte ferroviário e as mudanças no uso do solo alguns padrões e pesos destas relações poderão ser identificados, sendo que, via modelagem espacial em plataforma SIG, é possível fazer simulações de como que o uso e cobertura do solo se caracterizariam no futuro dados alguns critérios (como se uma ferrovia atualmente inoperante estivesse em operação, por exemplo).

As dinâmicas espaciais em torno de infraestruturas de transporte como ferrovias e rodovias apresentam distinções causadas pela situação das mesmas: se estão operando ou não, se estão em boas ou más condições de manutenção e etc.. Talvez o mais interessante deste processo seja não tentar acertar com precisão onde tal mudança irá ocorrer, mas sim levantar as probabilidades de tais mudanças ocorrerem dadas certas condições. Isto poderá ser discutido futuramente por outros autores em trabalhos acadêmicos e também em órgãos de planejamento e de políticas públicas.

1.4 Hipótese do trabalho

A hipótese que permeia este trabalho e que primordialmente será verificada durante a pesquisa diz respeito à relação das infraestruturas de transportes com a expansão da atividade agrícola e as vegetações presentes na área delimitada do bioma Cerrado. A hipótese que inicialmente será verificada nesse trabalho é a de que a introdução e expansão das infraestruturas ferroviárias de transportes são um elemento que intensifica a expansão agrícola no Matopiba e a retração do bioma Cerrado, atuando com mais força em uma escala local, intensificando esses processos em áreas próximas dos trilhos e principalmente próximos dos pátios ferroviários e terminais intermodais.

1.5 Estrutura do Trabalho

Para contextualizar a problemática abordada na introdução desta pesquisa, alcançar os objetivos propostos e verificar a hipótese levantada este trabalho está dividido em seis capítulos: o primeiro, a introdução (capítulo 1) busca apontar o problema científico, os objetivos e as hipóteses levantadas.

O capítulo 2, que trata do referencial teórico e das bases conceituais, abordou temas e conceitos para embasar teoricamente e epistemologicamente este trabalho. Foram abordados o papel do transporte e da circulação na produção capitalista do espaço, uma breve análise histórica da expansão da fronteira agrícola no Matopiba, discussões referentes ao geoprocessamento e a modelagem de sistemas ambientais e por fim uma breve revisão bibliográfica sobre o papel das infraestruturas ferroviárias de transporte na produção do espaço.

No capítulo sobre a área de estudos da pesquisa (capítulo 3) foram detalhados aspectos humanos e não humanos da área de estudos da pesquisa, descrevendo: características socioeconômicas da área de estudos; biomas e vegetação; solos predominantes; geologia, relevo e geomorfologia; áreas protegidas pela legislação e a infraestrutura rodoferroviária de transportes.

No capítulo sobre os materiais e os métodos (capítulo 4) todas as ferramentas e métodos aplicados foram evidenciados e uma explicação sobre cada passo do trabalho foi dada para o melhor entendimento da pesquisa desenvolvida.

O capítulo 5 abordou e discutiu os resultados do trabalho. Foram apontados, quantificados e discutidos todos os resultados no qual a pesquisa chegou, em formato gráfico, textual e tabular. Por fim, o capítulo final (cap.6) tratou das considerações finais e do encaminhamento das discussões acerca da hipótese relatada na pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS

2.1 Transporte e circulação na produção capitalista do espaço

O transporte apresenta papel primordial para a produção do espaço e para as relações humanas. Há muito tempo a humanidade desenvolve modos de transporte cada vez mais eficazes tanto na sua velocidade quanto na capacidade de transporte de pessoas e objetos. Desde o uso do próprio corpo humano, via caminhada, corrida e natação, passando pela tração animal, a invenção da roda, dos automóveis, das locomotivas até o desenvolvimento de aviões a jato e foguetes espaciais, o avanço tecnológico dos modos de transporte proporcionou ao ser humano um maior conhecimento, alcance e controle da superfície da Terra, sendo um agente primordial para a melhoria da qualidade de vida humana e para as relações sociais e de poder.

Sob o modo de produção capitalista o transporte de pessoas e de cargas assume um importante papel sendo um item chave, senão o principal, para a circulação de pessoas e mercadorias, pelo fato da circulação ser um processo chave para a acumulação de capital. A acumulação de capital é o motor cuja potência aumenta no modo de produção capitalista, sendo uma força dinâmica, expansível, permanentemente revolucionária e que incessantemente reforma o mundo em que vivemos, sendo um “estado estacionário”, ou de estabilidade permanente, incompatível com a perpetuação de capital (HARVEY, 2005).

Lepikson (2010) afirma que a acumulação de capital é condição necessária para a perpetuação do modo de produção capitalista. Esse autor também afirma que para o capital se reproduzir este precisa continuamente percorrer e reiniciar um circuito composto por uma sucessão de etapas que se integram em uma única totalidade: a produção propriamente dita, a troca, a distribuição e o consumo. Se alguma dessas etapas estiver comprometida ou impossibilitada, a acumulação de capital também estará. A acumulação só ocorre, portanto, se todas as condições necessárias para todas as etapas de circulação do capital estiverem postas em qualidade e quantidade suficientes (LEPIKSON, 2010).

O crescimento econômico no capitalismo frequentemente irrompe ou pode irromper em crises. Harvey (2005) mostra que o progresso da acumulação de capital depende e pressupõe da existência de um excedente de mão-de-obra; da existência no mercado de quantidades necessárias (ou meios de obtenção) de meios de produção (como máquinas, matérias-primas e

etc.), que possibilite a expansão da produção via reinvestimento de capital e a existência de mercado para absorver a quantidade crescente de mercadorias produzidas. Caso algumas dessas condições não sejam atendidas ou encontre alguma barreira, haverá crises em maior ou menor escala.

As crises podem se manifestar de diversos modos, dependendo das condições de circulação e produção do momento (HARVEY, 2005). Há uma integração entre a produção e o consumo de modo dialético, e as crises podem se manifestar em ambos e em qualquer uma das fases de circulação. As crises de superprodução, por exemplo, ocorrem quando há mais mercadorias no mercado do que compradores disponíveis, com muitas manifestações como desemprego e subempregos crônicos, excedente de capital e a falta de oportunidades de investimento, taxas decrescentes de lucro e assim por diante.

Das maneiras descritas por Harvey (2005) que podem ser utilizadas pelo capital para absorção de produtos excedentes, estão ações como o estímulo ao crescimento populacional e a criação de novos desejos e necessidades para que o consumo se torne “racional” frente à produção reprimida, processos esses definidos como “intensificação” da atividade social. Como aspecto não-relacionado a essa intensificação, uma solução para a absorção de produtos excedentes quando os processos de intensificação da atividade social já estão estabelecidos, é a expansão geográfica do capital para novas regiões, incrementando o comércio exterior, a exportação de capital e o “ajuste espacial” rumo a áreas ainda não atingidas pelo capital, processos intrinsecamente ligadas à esfera de circulação e, por fim, aos modos de transporte.

Sobre a expansão geográfica do capital, para uma melhor compreensão, a análise de Santos (2002) oferece importantes reflexões sobre a relação entre tempo e produção do espaço. Santos (2002), discutindo técnica, espaço e tempo, afirma que:

O tempo, espaço e mundo são realidades históricas, que devem ser mutuamente conversíveis; se a nossa preocupação epistemológica é totalizadora. Em qualquer momento o ponto de partida é a sociedade humana em processo, isto é, realizando-se. Essa realização se dá sobre uma base material: o espaço e seu uso; o tempo e seu uso; a materialidade e suas diversas formas; as ações e suas diversas feições (SANTOS, 2002, p. 54).

Santos (2002) afirma que assim “empiricizamos” o tempo, dando-o materialidade, assim assimilando o espaço, que não existe sem a materialidade. A técnica, no caso, seria o traço de união, pelo trabalho, entre espaço e tempo. Os modos de transporte, na esfera da circulação, sob a análise de Santos (2002), e o trabalho que nestes são empreendidos, podem ser entendidos como técnica, como objeto que materializa o tempo e o permite ser empírico, o unindo ao espaço.

Santos (2002, pag. 54), introduzindo a questão do papel do tempo na percepção do espaço, mostra que as técnicas são datadas e incluem tempo, qualitativamente e quantitativamente. As técnicas são uma medida do tempo: o tempo do processo direto de trabalho, o tempo da circulação, o tempo da divisão territorial do trabalho e o tempo da cooperação. Para complementar sobre as análises sobre o papel do tempo na percepção do espaço, esse autor também mostra que:

As técnicas participam na produção da percepção do espaço, e também da percepção do tempo, tanto por sua existência física, que marca as sensações diante da velocidade, como pelo seu imaginário. [...] O espaço se impõe através das condições que ele oferece para a produção, para a circulação, para a residência, para a comunicação, para o exercício da política, para o exercício das crenças, para o lazer e como condição de “viver bem” (SANTOS, 2002, pag. 55).

Um conceito importante para o entendimento e a discussão sobre o papel das infraestruturas de transporte (e os modos de transporte) no modo de produção capitalista é o conceito de “compressão do espaço-tempo” de Harvey (2014). A compressão do espaço-tempo são processos que revolucionam as qualidades objetivas do espaço e do tempo a ponto de nos forçarem a alterar, às vezes radicalmente, o modo como nós representamos o mundo para nós mesmos (HARVEY, 2014, p. 219).

A “compressão” se caracteriza pelos fortes indícios de que a história do capitalismo tem se caracterizado pela aceleração do ritmo da vida ao mesmo tempo em que as barreiras espaciais foram suprimidas a tal ponto que parece que o mundo encolheu sobre nós (HARVEY, 2014). A figura 1 ilustra o tamanho de algumas representações da Terra frente a alguns tipos de transportes característicos e/ou predominantes de cada época, ilustrando a relação da velocidade dos modos de transporte e o tempo necessário para se percorrer o globo terrestre, percebida pelo “tamanho” da Terra frente à capacidade dos modos.

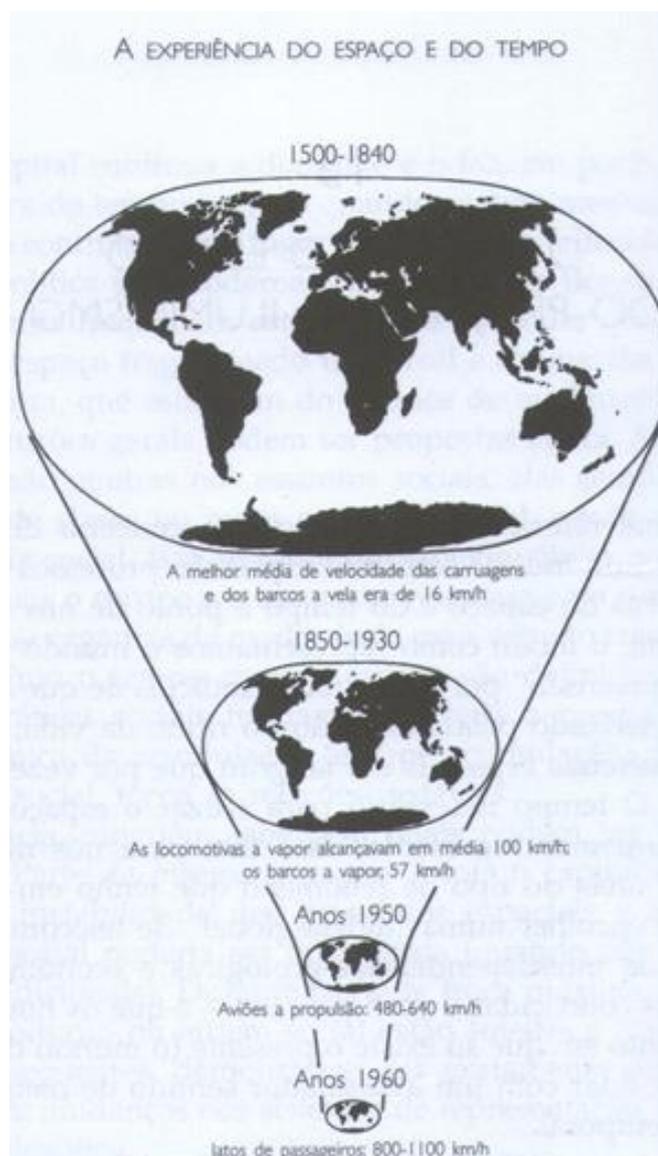


Figura 1: Tamanho relativo das representações Terra frente à velocidade de modos de transporte predominantes e/ou característicos de cada época (HARVEY, 2014).

Sobre a expansão geográfica do capital, Harvey (2005, p. 50) mostra que:

O modo capitalista de produção fomenta a produção de formas baratas e rápidas de comunicação e transporte, para que “o produto direto possa ser realizado em mercados distantes e em grandes quantidades”, ao mesmo tempo em que novas “esferas de realização para o trabalho, impulsionadas pelo capital” possam se abrir. Portanto, a redução nos custos de realização e circulação ajuda a criar espaço novo para a acumulação de capital. Reciprocamente, a acumulação de capital se destina a ser geograficamente expansível, e faz isso pela progressiva redução do custo de comunicação e transporte (HARVEY, 2005, p. 50)

O processo de circulação de capital, de acordo com Harvey (2005, p.129) é um processo contínuo, que pode ser representado pela seguinte equação:

$$M - C \left\{ \begin{array}{l} LP \\ MP \end{array} \right. \dots P \dots C' - M + \Delta m, \text{ etc.}$$

Onde M representa a moeda usada para adquirir mercadorias (representada pela letra C , de commodities), dentre elas a força de trabalho, representada por LP (*labor power*) e os meios de produção, representados por MP (*means of production*). C' representa a mercadoria produzida no final da sequencia da produção (P), sendo que o valor de C' é maior que o valor de C inicial (este último absorvido na produção), onde essa diferença é capturada na forma de Δm , que representa o lucro obtido no processo de circulação. Se há alguma interrupção ou diminuição nesse processo, então a reprodução da vida cotidiana e da acumulação de capital poderá ser afetada, isso se não resultar em caos (HARVEY, 2005, p.129).

Sobre a importância dos processos de circulação nos custos do processo de acumulação de capital, Harvey (2005, pág. 49) argumenta que a circulação possui dois aspectos:

O movimento físico real de mercadorias do lugar de produção ao lugar de consumo, e o custo real ou implícito ligado ao tempo consumido e às mediações sociais (atacadistas, varejistas, operações bancárias e etc.) necessárias para que a mercadoria produzida encontre o seu usuário final (HARVEY, 2005, p. 49).

O primeiro aspecto é integrante do processo produtivo, sendo gerador de valor enquanto o segundo aspecto não o gera, sendo assim uma dedução necessária do lucro obtido na produção (MARX, 2011, 2013).

A indústria de transporte de fato cria valor, pois o ato de levar o produto ao mercado também faz parte do processo produtivo, sendo que do ponto de vista econômico, o ato da produção do “produto só está efetivamente pronto quando está no mercado” (MARX, 2011, p.713). O mesmo autor argumenta que os preços das mercadorias são sensíveis aos custos do transporte e a capacidade de coletar matérias-primas em lugares distantes e enviar os produtos acabados a mercados distantes é afetada por estes custos. Em suma, os custos de circulação por um transporte mais rápido e barato (MARX, 2013), sendo que, num contexto da acumulação de capital o aperfeiçoamento do transporte e da comunicação é visto como algo inevitável e

necessário (HARVEY, 2005), tornando-se importante as condições físicas da troca, para que o capital possa-se impulsionar além de todas as barreiras espaciais (MARX, 2011).

É importante falar sobre o papel da concentração da produção e do capital para a realização. Segundo Harvey (2005):

A racionalização geográfica do processo produtivo depende de vários fatores, como a estrutura mutável do recurso de transporte, das matérias-primas e das demandas do mercado em relação à indústria e da tendência à aglomeração e à concentração do próprio capital (HARVEY, 2005, p.52).

A inovação tecnológica libera a produção das fontes locais de poder, permitindo a concentração da produção em grandes aglomerações urbanas, que servem para anular o espaço pelo tempo (HARVEY, 2005). Além das aglomerações urbanas, podem ser considerados nesta dinâmica os terminais de carga e descarga de mercadorias, como os pátios ferroviários e terminais intermodais.

A expansão do capital para novos espaços de acumulação via a expansão geográfica das atividades econômicas e/ou pelo comércio de longa distância, são processos marcados por contradições e pela falta de continuidade do emprego do capital, diminuindo os rendimentos obtidos e a velocidade da acumulação. O processo de acumulação de capital só se realiza completamente na esfera do consumo. Os mercados mais distantes são mais difíceis de serem atingidos, num processo de circulação mais longo, exigindo que o capital compense as perdas ocasionadas pelas barreiras espaciais pela redução do tempo de circulação ao mínimo possível. O sistema de crédito também pode ser utilizado para a expansão de capital para áreas onde não se existia coisa alguma, compensando as perdas ocasionadas pelo tempo gasto (HARVEY, 2005).

A expansão geográfica do capital acaba por gerar formas e processos sociais intermediários nas novas áreas, como colônias, latifúndios, monoculturas e etc. A expansão do capital têm como tendência destruir e absorver modos de produção não capitalistas, além da absorção das novas áreas e da obtenção/criação de mão-de-obra para os seus usos (HARVEY, 2005). No Matopiba e no Brasil como em geral, as frentes pioneiras e as fronteiras agrícolas são exemplos mesmo em áreas já cartografadas e sob domínio territorial do Estado, onde, teoricamente, ao menos o conhecimento das características físicas, naturais e socioeconômicas já foi obtido minimamente pelo capital.

Para o modo de produção capitalista florescer numa localidade são necessárias uma série de condições específicas, como criação de um ambiente para o trabalho, regulação da propriedade privada, estruturas de transporte e comunicação e de uma força coercitiva, como o Estado, para o cumprimento das legislações. É preciso também uma reforma física, para fixar o capital em investimentos físicos de longo prazo para escoar o capital super-acumulado (LEPIKSON, 2010).

O surgimento de uma estrutura espacial para a expansão do capital acaba por se representar na forma de uma paisagem física e imóvel, de recursos de transporte, instalações fabris e etc. que são impossíveis de serem movidos sem serem destruídos.

Harvey (2014) mostra que nas últimas décadas do século XX aconteceram fortes processos de compressão espaço-temporal com a superação da rigidez do fordismo e com a aceleração da produção, essa alcançada com mudanças organizacionais pela descentralização da produção e adoção de sistemas de entrega “just-in-time”, com produção em pequenos lotes e que reduziram o tempo de giro da produção.

A figura 2 mostra a expansão ferroviária no contexto da França do século XIX, que foi assolada por crises econômicas principalmente nos anos 1840 e viu um boom da criação de ferrovias nos anos seguintes: enormes montantes de trabalhadores desempregados foram empregados na construção de ferrovias e de outras obras que de acordo com o poder público da época tinha como objetivo melhorar a vida dos habitantes (HARVEY, 2015). Além da intensificação da atividade social debatida por Harvey (2005) se viu uma expansão geográfica sem precedentes das atividades econômicas e sociais na França.

Para ilustrar os processos de expansão de capital para novas áreas além da intensificação da atividade social promovida por si, a figura 2 mostra a transformação na rede ferroviária da França, durante o século XIX:

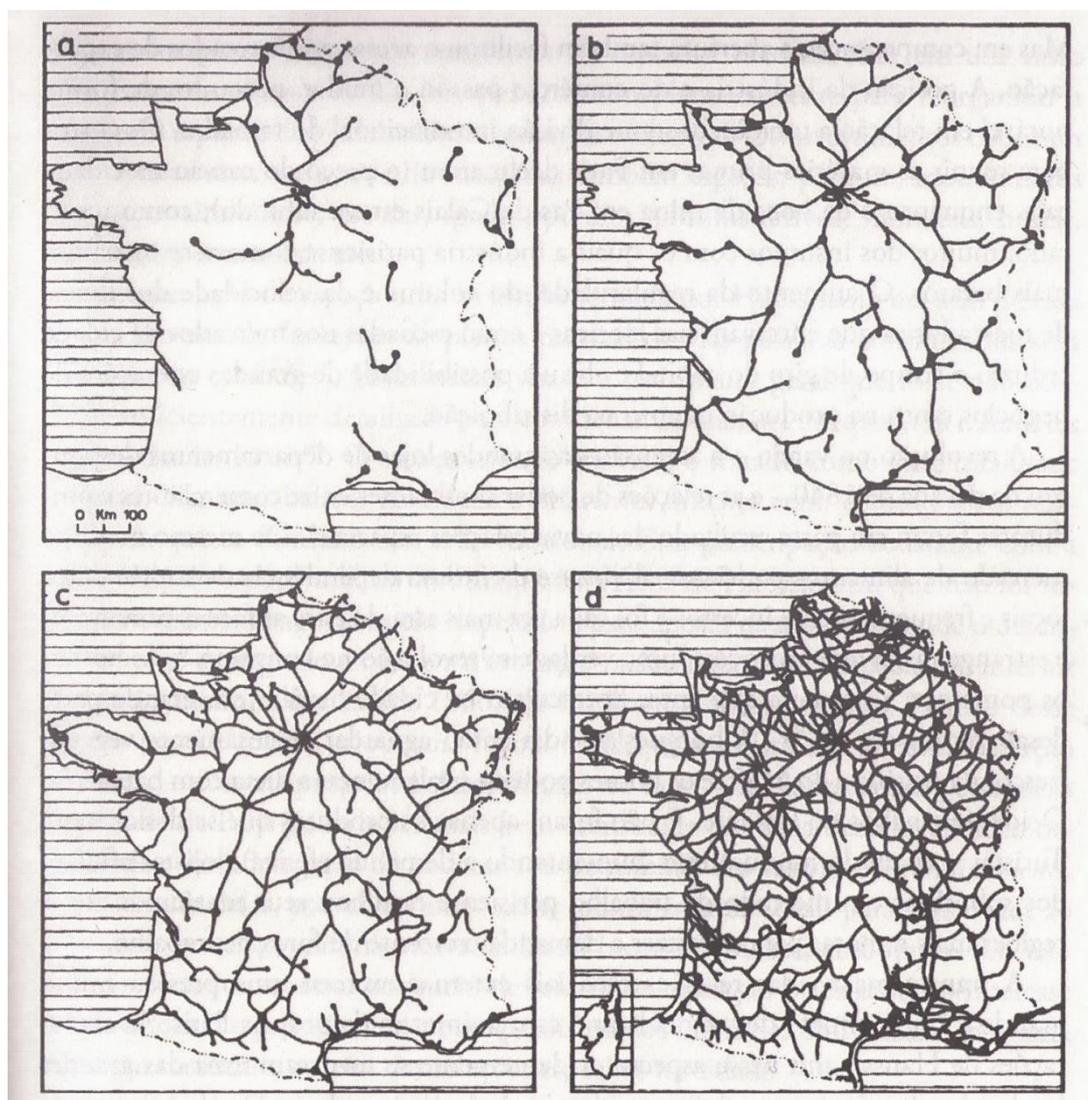


Figura 2: Expansão da rede ferroviária na França no século XIX: (a) 1850, (b) 1860, (c) 1870 e (d) 1890. Fonte: Boussard (1957), Harvey (2015).

No contexto do Matopiba, onde a produção agropecuária apresenta uma crescente nos últimos anos, para os projetos de expansão ferroviária terem sucesso e poderem propiciar uma maior agregação de valor aos produtos a questão logística adquire um papel fundamental para diminuir o custo final da produção ao produtor e conseqüentemente aumentar o seu lucro e a sua acumulação de capital. Contudo é necessário um sistema logístico eficiente, com uma

infraestrutura de transportes adequada ao escoamento da produção da sua fonte aos consumidores finais.

Fajardo (2006) mostra que as atuais redes ferroviárias e hidroviárias de transporte brasileiras não são suficientes para exportar a quantidade produzida de grãos. Lopes *et al.* (2016) complementa que este fato está forçando os produtores a alugar e usar caminhões para transportar estas cargas em mais da metade da produção brasileira de soja, mesmo para longas distâncias, diminuindo a produtividade no geral. Dentre os problemas ocasionados pela infraestrutura logística deficiente para escoamento da produção agrícola no Brasil, além do alto tempo gasto para transporte das cargas, estão as perdas de carga ocorridas no trajeto. O próprio atrito entre os caminhões e o piso da estrada, que por muitas vezes não é asfaltada, faz com que grandes parcelas da carga sejam perdidas dos caminhões.

2.2 Breve análise histórica da expansão da fronteira agrícola no Matopiba

A expansão da fronteira agrícola no Matopiba é resultante e faz parte de uma série de ações, relações e processos propiciados por agentes que agem desde uma escala global. É pautada, sobretudo, na lógica do capital, onde a terra e o custo de oportunidade por ela propiciado passam a ser tratados como mercadoria, por exemplo, com precificação. Baseado nessa lógica, as suas contradições vêm à tona, transformando, assim, a terra em palco de disputa, conflitos e de formação de uma configuração territorial distinta das configurações anteriores.

Pautada no modo de produção capitalista:

“A globalização se caracteriza pelo avanço do capital e dos processos de produção em escala global, expandindo-se na forma de produção de mercadorias para todos os continentes, por sua vez, determinando uma dimensão histórica do mundo em todos os lugares. Suas transformações impactam as manifestações de sociabilidade que o capital conhece e tende a fragilizar as coerências territoriais endógenas”. (SILVA, 2015, p.2).

Ianni (1999) trata a globalização como um processo que rompe a singularidade do cotidiano, quando este é permeado por fluxos materiais e imateriais externos aos lugares. Nestes processos as corporações transnacionais desenvolvem suas ações mais ou menos independentes dos Estados nacionais. Silva (2015, p.2) afirma que, contemporaneamente, “não somente os Estados nacionais refazem a sua geografia interna, como os agentes do

capital globalizado também as produzem, impondo ao/no território sua racionalidade organizacional e suas fragmentações”.

Assim, como outras áreas que sofrem processos de expansão agropecuária, as localidades do Matopiba estão sob a influência de variações do processo de globalização a partir das ações dos agentes hegemônicos em escala-mundo que expandem para os lugares a produção e a fragmentação dos territórios (SILVA, 2015). Cataia (2007) afirma que estas compartimentações espaciais são pautadas a partir das divisões sociais e territoriais do trabalho e das divisões políticas. Como resultado, as compartimentações tanto produzem “especialização produtiva” derivadas da divisão territorial do trabalho, como resultam em novas divisões políticas, que “impulsionam novos poderes políticos-administrativos”. A própria sigla Matopiba, um acrônimo com as iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, pode ser enquadrada nesta lógica, dado que, em nível federal, as delimitações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desta área (MIRANDA *et al.*, 2014) e do Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba (PDA-Matopiba) (BRASIL, 2015) têm a sua intencionalidade pautada em fomento de políticas para o desenvolvimento agropecuário na região.

A expansão agropecuária no Matopiba é, sobretudo, pautada dentro de uma lógica baseada na busca pelas melhores áreas para a produção agrícola, como nas condições naturais mais propícias (solo, vegetação etc.), o menor custo de transporte e a melhor oferta de trabalho, seja em quantidade de trabalhadores, seja na qualificação destes. A compartimentação e fragmentação do espaço geográfico resultam das melhores localizações para o avanço da economia global, cujos agentes globais competem para assegurar os atributos comercializáveis das regiões com o objetivo de territorializar projetos e ações (SILVA, 2015).

Santos (2000, p.39) afirma que:

Os territórios tendem a uma compartimentação generalizada, onde se associam e se chocam o movimento geral da sociedade planetária e o movimento particular de cada fração, regional ou local, da sociedade nacional. Esses movimentos são paralelos a um processo de fragmentação que rouba às coletividades o comando de seu destino, enquanto os novos atores também não dispõem de instrumentos de regulação que interessem à sociedade em seu conjunto. A agricultura moderna, cientifizada e mundializada, tal como assistimos se desenvolver em países como Brasil, constitui um exemplo desta tendência e um dado essencial ao entendimento do que no país constituem a compartimentação e a fragmentação do território (SANTOS, 2000, p.39).

A globalização causa mudanças nos lugares e nas sociedades, que mudam de maneira definitiva o modo de vida das pessoas, rompendo com configurações sociais passadas e revolucionando a vida econômica e social numa região. Os seus impactos causam uma “admiração” pela nova fase da expansão agrícola e pela inserção dos lugares na dinâmica econômica global por parte dos agentes públicos e da agropecuária, dada a ideia de “desenvolvimento”, porém, inicialmente, não são apontadas as questões dilacerantes desses novos processos (SILVA, 2015). As fronteiras agrícolas são frutos desses processo de expansão do capital e da globalização, sendo que este conceito merece uma discussão mais aprofundada.

A ideia de fronteira agrícola apresenta uma evolução ao longo do tempo e é fruto de discussões. Sicsú e Lima (2000) chamam atenção de que é possível encontrar na literatura o entendimento de fronteira agrícola como aquelas regiões relativamente desocupadas e economicamente pouco exploradas que oferecem amplas possibilidades de ocupação produtiva. Estes lugares seriam vazios dotados de recursos naturais ainda não integrados à base econômica capitalista. Sicsú e Lima (2000) afirmam que a fronteira então envolveria basicamente a existência de terras devolutas passíveis de apropriação por camponeses ou pioneiros. O conceito de fronteira agrícola então estaria historicamente centrado na linha de atuação das atividades do setor agrícola nas novas áreas, como atuando na expansão de oferta de alimentos e de matérias primas para as indústrias, porém essa não é a sua única “função”: agrega-se à geração de divisas, que contribui para o financiamento das exportações. Além disso, há a expansão do mercado, ampliando o espaço de atuação do capital e a acumulação capitalista, isso com incentivos ou participação direta do Estado (SICSÚ E LIMA, 2000).

Silva (2015), ao discutir a fronteira agrícola, o faz à luz do conceito de “frente pioneira”, que nasce das pesquisas dos geógrafos sobre a expansão espacial da economia em terras ainda pouco aproveitadas, centrando na formação do território, observando os diversos processos sociais que movimentam a expansão e da alteração da paisagem. Discutindo as dinâmicas da frente pioneira, Silva (2015, p.5) afirma que:

A frente pioneira representa a transformação da terra em mercadoria e o retalhamento desta para os ex-colonos expropriados, através dos mecanismos de aquisição e distribuição de terras. Desse modo, tem-se a inserção das relações capitalistas vinculadas à construção social da mercadoria e uma forma de produção e organização do espaço geográfico. Institui-se nas relações sociais a terra de negócio, a terra com estatuto de propriedade privada, e o comércio de terra resultante da expansão da agricultura capitalista, pois, o trabalho contido (desmates, organização da produção, vilas, estradas e outros investimentos) a valorizava no incipiente do mercado capitalista (SILVA, 2005, p.5).

Para um melhor entendimento sobre as atuais dinâmicas econômicas em macro escala na área dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia é interessante abordar uma breve análise histórica sobre a ocupação humana na região. Moraes (2011) utiliza a expressão “sertão” para descrever aquelas áreas no território brasileiro que ainda não estavam integradas à modernidade e de “fundos territoriais” para descrever áreas de sertão que estavam sendo objetivadas para a sua ocupação.

Diniz (2006), utilizando uma abordagem geopolítica, mostra que a crise de 1929, o estrangulamento externo advindo da Primeira Guerra Mundial e as mudanças ideológicas advindas da Revolução de 1930 colocaram as condições para o surgimento de uma nova política territorial no Brasil, sendo que, com o governo Vargas (1930-1945), se iniciaram os novos programas de colonização agrícola e povoamento das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. A construção de Brasília selou a opção pela matriz rodoviária no Brasil, colocando em evidência a indústria automobilística que se instalava no país. Brasília foi concebida para ser o ponto nodal deste sistema rodoviário, permitindo uma maior integração do Centro-Oeste (e do Tocantins) com o resto do país (sobretudo com o Sul e Sudeste) e colocando a região na rota da expansão da fronteira agrícola (DINIZ, 2006). O Estado, principalmente por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, como demonstra Embrapa Cerrados (2008), e a iniciativa privada também colaboraram no processo de modernização da infraestrutura na

região. Tais fatos causaram uma pressão sem precedentes na história do Brasil para um uso ostensivo agropecuário e de outras atividades econômicas em áreas como as estudadas neste trabalho.

A delimitação formal do território “Matopiba” pela Embrapa foi concluída em 2014, porém as ações governamentais no sentido de estimular a ocupação destas áreas para um uso agropecuário remontam ao final da década de 1970, com o advento do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira Para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER), que foi uma parceria entre os governos do Brasil e do Japão, durando até 2001. O programa tinha como objetivo fundar núcleos de agricultura “moderna”, no interior do país (MATHIAS, 2017), e que expressava uma visão de desenvolvimento: era necessário “desbravar” o interior do país. (MATHIAS, 2017; HAESBAERT, 1995; SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS E SANO, 2015).

Santos *et al.* (2010) afirmam que no início da década de 1970 os avanços das tecnologias de plantio e as características topográficas do Cerrado, que facilitavam a mecanização agrícola, atraíram a atenção dos governantes. Com o avanço das tecnologias de plantio, os latossolos do Cerrado, que antes não eram “interessantes” para a agricultura intensiva, puderam passar por correção de forma a proporcionar uso de maquinário pesado e culturas que ali não eram interessantes de se trabalhar, como, por exemplo, a soja. Santos *et al.* (2010) também afirmam que “para o Estado, o Cerrado abria a possibilidade de se implantar uma agricultura moderna, altamente competitiva e voltada para a produção de commodities agrícolas”. Neste contexto, além do PRODECER foram implantados o Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP) e o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO).

Santos e Sano (2015, p.74) afirmam que

o aumento da área ocupada pelos proprietários, a partir de 1980, marca o início das antigas relações de trabalho (ocupantes) para a (re) construção de uma nova relação capitalista da terra, isto é, de elevado capital necessário para investir na expansão de sua produção à níveis competitivos (SANTOS E SANO, p.74).

Apresentando uma área de abrangência pequena, o PRODECER I foi instalado em municípios de Minas Gerais, e em 1987 o PRODECER II expandiu-se para áreas nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia. Em 1995 o PRODECER III atingiu os estados do Maranhão e do Tocantins (SANTOS *et al.*, 2010). Além disso, o governo adotou uma política de crédito agrícola subsidiado, desapropriação de terras para implantação de projetos e no apoio técnico

fornecido pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e pela Embrapa (SANTOS *et al.*, 2010; EMBRAPA CERRADOS, 2008).

O incentivo federal fez com que pessoas providas do sul do país, especialistas na produção de commodities agrícolas, migrassem para áreas do Cerrado, incluindo o oeste da Bahia, e atuassem nos projetos de colonização do Cerrado. Essas pessoas tinham como objetivo escapar do aumento do preço das terras nos seus estados, exacerbado pela concentração fundiária (MATHIAS, 2017; SANTOS *et al.*, 2010).

Sicsú e Lima (2000) listam três áreas de fronteira agrícola no Nordeste do Brasil onde a ocupação, a infraestrutura e as potencialidades apresentam diferenças, além de serem diferentes em questões logísticas e articulação a fluxos comerciais: o oeste baiano, os cerrados do Piauí e o Pólo Agrícola do Sul no Maranhão.

O oeste baiano é constituído de quatro microrregiões (Barreiras, Cotegipe, Santa Maria da Vitória e Bom Jesus da Lapa) e conta com um quadro mais antigo de colonização e de expansão agropecuária. Em todas as quatro microrregiões a base tecnológica da soja é a mecanização, que exige pouca mão-de-obra, o que não atrai muita migração para esse fim. Sicsú e Lima (2000) projetam, em caso de financiamentos e resolução de problemas de infraestrutura, um rápido crescimento de complexos agroindustriais, tendo o milho, a soja e a fruticultura como base. O oeste baiano apresenta vastas extensões de áreas de chapadas e planaltos com baixa declividade do terreno, o que facilita este uso da terra.

Os cerrados do Piauí também apresentam muitas áreas com chapadas e planaltos, com terras produtivas a preços baixos e baixo custo de mão-de-obra, o que atrai investidores de outros estados. Todavia, os processos de expansão agropecuária nestas áreas ainda são bastante inferiores ao ocorrido no oeste baiano, com pouca introdução de infraestrutura, técnicas de produção e com irregularidades hídricas de 5 a 6 meses por ano (SICSÚ e LIMA, 2000).

O polo agrícola do sul do Maranhão tem passado por grandes transformações, se destacando como produtora de grãos. O Porto de Itaqui, em São Luís é o seu canal de escoamento principal, além de contar com o advento da Ferrovia Norte-Sul. Esta é uma área bastante promissora para o mercado exportador de grãos brutos ou processados em agroindustriais (SICSÚ e LIMA, 2000). Contudo, é grande o volume de caminhões que operam o escoamento de grãos advindos da região de Balsas rumo ao Porto de Barcarena no Pará.

A ação mais recente em nível federal de incentivo à exploração agropecuária das áreas do Matopiba foi à criação do Plano de Desenvolvimento Agrário do Matopiba (PDA-Matopiba). Criado por meio do decreto de lei de número 8447 de 2015 (BRASIL, 2015), por força da presidência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este programa tinha como objetivos o “desenvolvimento e aumento da eficiência da infraestrutura logística relativa às atividades agrícolas e pecuárias”, “apoio à inovação e ao desenvolvimento tecnológico voltados às atividades agrícolas e pecuárias” e a “ampliação e fortalecimento da classe média no setor rural”, a serem desenvolvidos por meio da implementação de instrumentos de mobilidade social para promover a melhoria da renda, do emprego e da qualificação profissional de produtores rurais (BRASIL, 2015). Em 2016, após a abertura do processo de deposição da presidente Dilma Rousseff, o governo anunciou em Palmas (TO) a criação da Agência de Desenvolvimento do Matopiba com a missão de produzir um Plano Diretor de Desenvolvimento da região. O Plano previa investimentos na ordem de R\$ 29 bilhões a R\$ 66 bilhões até o ano 2035, porém após o afastamento da presidente o novo governo desistiu do plano com a justificativa de que não existiam recursos para dar continuidade ao projeto (MATHIAS, 2017).

Sobre o modo de exploração agropecuário no Matopiba, o modelo mais amplamente adotado na agropecuária no Nordeste e Norte do Brasil é o modelo chamado de “Revolução Verde”. Tal modelo, com grande influência política e ideológica americana, correspondia aos interesses das multinacionais produtoras de insumos e equipamentos agrícolas, as quais determinaram os novos padrões tecnológicos e subordinaram os produtores à sua lógica (DINIZ, 2006). Ehlers (1994, p.22) argumenta que:

A Revolução Verde fundamentava-se na melhoria do desempenho dos índices de produtividade agrícola, por meio da substituição dos moldes de produção locais, ou tradicionais, por um conjunto bem mais homogêneo de práticas tecnológicas, isto é, de variedades vegetais geneticamente melhoradas, muito mais exigentes em fertilizantes químicos de alta solubilidade, agrotóxicos com maior poder biocida, irrigação e motomecanização (EHLERS, 1994, p.22).

A Revolução Verde conseguiu um grande aumento da produção total da agricultura. Entre 1950 e 1984 a produção alimentar dobrou e a disponibilidade de alimento por habitante aumentou em 40%. Tais resultados pareciam mostrar que o problema da fome no mundo seria superado pelas novas descobertas agrônômicas (EHLERS, 1994). Este autor também

argumenta que a euforia das “grandes safras” propiciadas pelo advento da Revolução Verde logo cederia lugar a uma série de preocupações relacionada aos seus impactos socioambientais e quanto à sua variabilidade genética. Dentre os efeitos citados como impactos negativos da Revolução Verde estão: a erosão e perda da fertilidade dos solos, a destruição florestal, a dilapidação do patrimônio genético e da biodiversidade, a contaminação dos solos, da água, dos animais silvestres, do homem do campo e dos alimentos.

O Matopiba representa enorme interesse para a economia brasileira devido ao fato das suas localidades serem foco da expansão agropecuária, sendo que a soja desempenha um papel importante para a economia nacional: segundo Souza *et al.* (2014) o fortalecimento da produção agrícola e a instalação de novas indústrias são alguns dos principais vetores econômicos que deram suporte ao grande crescimento econômico que o Brasil viveu em tempos recentes, sendo que poucos países cresceram tanto igual ao Brasil no agronegócio.

Lopes *et al.* (2016) mostram que o Brasil se tornou, em 2013, o maior exportador de soja do mundo e desde então tem mantido esta liderança, dando ao Brasil um papel central no mercado internacional de agricultura, especialmente na soja, e só em 2014 foram exportando 45,6 milhões de toneladas deste grão.

2.3 Geoprocessamento e a modelagem de sistemas ambientais

2.3.1 Geoprocessamento

Os métodos e a análise instrumental utilizadas nesse trabalho utilizaram técnicas de geoprocessamento, produzidas totalmente em sistemas de informações geográficos (SIG). Câmara e Davis (2001, pág.1) descrevem o geoprocessamento como:

A disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (GIS²), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA E DAVIS, 2001, p.1).

² GIS é uma abreviação na língua inglesa para *Geographic Information System*, que em português significa “Sistema de Informações Geográficas”. Apesar do uso da sigla GIS por Câmara e Davis (2001), neste trabalho será usada a sigla SIG, a abreviação do termo traduzido para o português.

A base instrumental dos SIG's são hardwares, computadores e softwares. Por meio de computadores são representados os fenômenos geográficos e que podem ser manuseados por profissionais de diversas áreas do saber. Os SIG's podem ser vistos como uma caixa de ferramenta de processamento de mapas voltada para a solução de modelos, incorporando conceitos do espaço geográfico (SOARES-FILHO, 2000).

Proposto por Gomes e Velho (1995) e adaptado por Câmara e Monteiro (2001), o “paradigma dos quatro universos” oferece um arcabouço conceitual para o entendimento do geoprocessamento e da tradução dos fenômenos percebidos no mundo real para o ambiente computacional. A figura 3 ilustra o paradigma dos quatro universos:

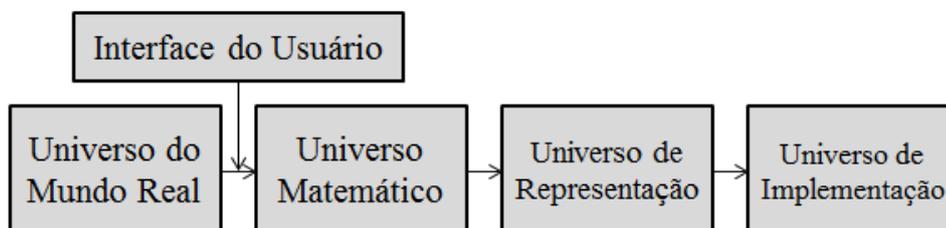


Figura 3: O paradigma dos quatro universos. Fonte: Gomes e Velho (1995), Câmara e Monteiro (2001).

Dentro desse paradigma, o universo do mundo real inclui as entidades e os fenômenos a serem modelados e representados no SIG, como tipos de solo, cadastro de propriedades, dados físicos e etc.. O universo matemático inclui uma definição matemática dos fenômenos e entidades a serem representadas, distinguindo as classes formais de dados geográficos e os especializando nos tipos de dados geográficos existentes. O universo de representação é onde as entidades e fenômenos são representados geometricamente e alfanumericamente no SIG, sendo nessa etapa que há a distinção entre as representações vetoriais e matriciais. Por fim, o universo de implementação é onde a estrutura de dados e algoritmos é escolhida, sendo neste nível onde acontece a codificação e a realização do modelo através de linguagens de programação (GOMES E VELHO, 1995; CÂMARA E MONTEIRO, 2001).

As duas classes grandes de representações geométricas, representação matricial e vetorial, apresentam distinções entre si: a representação vetorial é reduzida a três formas básicas: pontos, linhas e polígonos enquanto a representação matricial é constituída de uma malha quadricular onde, célula a célula, se representa o elemento a ser representado. Em cada célula

se atribui um valor ou código distinto, de tal forma que as suas distinções possam ser reconhecidas pelo computador e pelo SIG (CÂMARA E MONTEIRO, 2001).

No universo da implementação, e já dentro de um SIG, existem duas grandes formas de organização de projetos: a organização baseada em um banco de dados geográficos e a organização baseada em projetos. A organização baseada em projetos é composta de um conjunto de níveis, ou camadas, que varia em número, tipo de formatos e de temas enquanto na organização em banco de dados geográficos o usuário define o esquema conceitual associado às entidades, indicando para cada tipo de dados seus atributos não espaciais e representações geométricas associadas, padronizando, por exemplo, a projeção cartográfica utilizada no projeto. Pela organização baseada em projetos é possível permitir que diferentes variáveis sejam integradas ao banco de dados e que diversos tipos de estudos possam ser realizados (CÂMARA E MONTEIRO, 2001).

Câmara *et al.* (2001), num esforço epistemológico, mostra que o fundamento básico da Ciência da Geoinformação é a “construção de representações computacionais do espaço”. Buscando contribuições de diversos autores e linhas de pensamento na ciência geográfica, Câmara *et al.* (2001) aponta que o conceito de “unidade-área” de Hartshorne (1936) pode ser representado pelos computadores e pelos SIG’s como um polígono fechado, que singulariza cada unidade e as diferencia de outras unidades. Da Geografia Crítica veem as críticas quanto às limitações dos softwares, dos modelos e dos computadores de representar os fenômenos geográficos, considerando a complexidade das escalas envolvidas, das suas contradições internas, das suas diferentes formas e das complexas relações com outros fenômenos geográficos, além da crítica de que a geografia quantitativa estaria associada a uma ideologia associada à expansão do capitalismo.

Este trabalho, considerando e contando com o esforço teórico-metodológico da Geografia Crítica, considera como a sua base o método hipotético-dedutivo, que é usada como base dos trabalhos da Geografia Quantitativa. De acordo com Câmara *et al.* (2001), “a lógica subjacente ao método hipotético-dedutivo é a de que existe uma realidade externa à nossa consciência, e esta realidade pode ser capturada (ainda que de forma aproximada) utilizando os princípios da lógica e da matemática”. Os padrões espaciais dos fenômenos geográficos passam a formar uma base para os estudos quantitativos do espaço, devendo ser validados em campo e por métodos estatísticos. A Geografia Quantitativa (ou Teorético-Quantitativa, ou

ainda mesmo Nova Geografia) têm buscado apoio nos computadores e nos SIG's para os seus trabalhos e suas análises.

Na análise produzida neste trabalho, é entendida a complexidade do mundo e das relações sociais, e essas complexidades representam um forte limitador para as análises produzidas, porém há o entendimento de que é possível um entendimento dos principais fenômenos espaciais que ocorrem na área de estudos propostas via modelagem de dados geográficos.

2.3.2 Modelagem de sistemas ambientais

Um modelo é, antes de tudo, uma representação da realidade, sendo que esta palavra apresenta muitas significações. Christofolletti (1999) afirma que um modelo “de modo geral pode ser compreendido como sendo ‘qualquer representação da realidade’ ou de um aspecto do mundo real que surja como interesse do pesquisador, que possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução”. Partindo desta ideia, uma definição mais completa pode ser observada em HAGGETT e CHORLEY (1967; 1975), onde o modelo é:

“Uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes. Os modelos são aproximações altamente subjetivas, por não incluírem todas as observações ou medidas associadas, mas são valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade”.

Moura (2007) afirma que os modelos “são tentativas de representação simplificada da realidade, através da seleção dos aspectos mais relevantes, na busca de respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis ambientais”.

Christofolletti (1999, p.18) define dois tipos básicos de modelos no campo dos sistemas de informações geográficas: os modelos cartográficos e espaciais. Os modelos cartográficos são representações da realidade que resultam da automação de técnicas manuais de sobreposição e desenhos enquanto os modelos espaciais utilizam de relações matemáticas para descrever as relações das variáveis mapeadas, em processos de interdependência com variáveis de *input* e *output*.

Soares-Filho (2000, pág.1) mostra que:

“A arte da modelagem consiste em decompor o mundo real em uma série de sistemas simplificados para alcançar uma visão sobre as características essenciais de um certo domínio. A representação de modelos pode ser realizada através de vários tipos de linguagem, quer seja matemática, lógica, gráfica ou física (modelo reduzido). Neste processo, passa-se por diversos níveis de abstração, no qual a realidade é reduzida para uma série de modelos, até que a solução do modelo possa ser implementada usando-se do potencial analítico do SIG. Por conseguinte, o SIG produzirá um mapa que será a solução para a formulação da questão ou do modelo de investigação (SOARES-FILHO, 2000, p.1).”

Os SIG's podem ser usados nos modelos de análise espacial para não somente descrever elementos ou fatos, mas também podem ser usados para traçar cenários, simulações de fenômenos, tendências observadas ou julgamentos de condições estabelecidas. O uso do SIG está relacionado à seleção das variáveis de análises, estudos de suas combinações e formulações matemáticas (MOURA, 2007).

Os modelos são pensados e criados a partir da visão do(s) seu(s) autor(es), considerando as suas experiências, discussões, formações e visões de mundo. Um modelo irá representar parte de uma realidade, nunca a realidade completa. Sempre aos modelos estarão associados níveis de incerteza quanto à realidade, dada à impossibilidade de se quantificar, num único modelo, todas as dinâmicas, atores e estruturas que fazem parte e atuam na superfície da Terra e no globo terrestre como um todo ou mesmo numa parte deste globo. Além disso, há o risco do modelo se tornar “superespecializado”, isto é, alcançar um nível de exclusividade de análise de um problema e/ou área que o impede de ser reproduzido ou adaptado para outros problemas e/ou regiões.

Para tentar representar melhor a realidade, diminuindo erros, generalizações, repetições e tudo aquilo que possa diminuir os acertos obtidos nos modelos, Moura (2007, p.2899) mostra que durante a modelagem espacial:

“O sistema é estudado segundo determinado objetivo, e tudo o que não afeta esse objetivo é eliminado. O risco da subjetividade pode ser reduzido com processos de ajuste ou calibração, quando são avaliados os parâmetros envolvidos. Uma vez calibrado, o modelo deve passar por processo de verificação, através de sua aplicação a uma situação conhecida, o que é chamado ‘validação’. Só após a

validação é que um modelo deve ser aplicado em situações que não são conhecidas as saídas do sistema” (MOURA, 2007, p. 2899).”

Os modelos podem ter muitas utilidades para a academia e para o restante da sociedade como um todo: Soares-Filho *et al.* (2003) cita que os modelos têm se tornado um importante instrumento de auxílio ao ordenamento territorial, ao planejamento regional, além de auxiliar a promover ideias comuns, como no exemplo das “mudanças globais e suas consequências ao planeta”. Christofolletti (1999) argumenta que “os modelos são necessários por constituírem pontes entre os níveis de observação e as proposições teóricas”, além da possibilidade de oferecerem certa previsibilidade de tais fenômenos ocorrerem ou não e a simulação de cenários considerando certas condições ou mudanças no ambiente.

Sobre o processo de simulação utilizando modelos, Soares-Filho *et al.* (2003) argumenta que em um processo de simulação é modelada a dinâmica de um sistema, reproduzindo-se em ambiente computacional, a complexidade de seu mecanismo de desenvolvimento, que opera entre trocas entre os componentes ou elementos de um sistema. Este autor também argumenta que uma especial classe de modelos de simulação é representada pelos modelos espaciais ou de paisagem, que simulam mudanças do meio ambiente através do território geográfico, sendo que o uso de tais modelos visa auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e assim determinar como eles evoluem diante de um conjunto de circunstâncias, por fim, com os resultados de um modelo podem-se testar hipóteses sobre possíveis trajetórias do sistema e suas implicações, tais hipóteses sendo chamadas de cenários.

O modelo utilizado nesse trabalho utiliza mapas de uso e cobertura do solo, que analisa, quantifica e representa a superfície através da categoria paisagem. Há inúmeras discussões na Geografia e em outras áreas do saber e não é objetivo deste trabalho fechar uma única definição, mas dado o enfoque teórico-quantitativo deste trabalho foi considerada a visão de Santos (2002, p.66), que define a paisagem como “um conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre o homem e natureza”, sendo a porção da configuração territorial que a visão alcança “a paisagem é transtemporal, juntando objetos passados e presentes, uma construção transversal.

2.4 Revisão de literatura sobre os modos de transporte, a logística e as mudanças de uso e cobertura do solo

As mudanças no uso e cobertura do solo são apontadas como uma das maiores causas de perda de biodiversidade e são também conhecidas por afetar a provisão de serviços ecossistêmicos alterando as funções biológicas da paisagem e os modos de vida e desenvolvimento socioeconômico das populações (SPELLERBERG, 1998; LAPOLA, 2014).

Nas últimas décadas, os estudos sobre as mudanças do uso e cobertura do solo mostram uma crescente complexidade abrangendo várias áreas do saber e procuram compreender questões extremamente complexas, em fenômenos que envolvem atores e variáveis físicos, ambientais, sociais e econômicos. Um número crescente de estudos tem vindo a explorar um grande conjunto de variáveis explicativas para as taxas de conversão do uso do solo com o objetivo de quantificar e prever os padrões futuros de uso e cobertura do solo.

Em revisão bibliográfica a diversas fontes não foram encontrados trabalhos de modelagem geográfica e espacial que quantificasse a influência das infraestruturas ferroviárias de transporte em mudanças de uso e cobertura do solo numa escala como a abordada neste trabalho. Há sim, muitos trabalhos que estudam a influência das rodovias nessas dinâmicas em uma escala de trabalho parecida, como os trabalhos de Soares-Filho (2005), Tian *et al.* (2005), Ye *et al.* (2013), Pazur e Bolliger (2017) O trabalhos de Soares-Filho (2005), por exemplo, estudam a mudanças de uso e cobertura do solo nos estados do Mato Grosso e no Pará, mostrando que há boa correlação da presença das rodovias com as áreas de desmatamento na Amazônia.

A maioria dos trabalhos trata ou do impacto das infraestruturas ferroviárias de transportes nos ecossistemas, biomas, animais e/ou vegetais ou do impacto dessas infraestruturas nas cidades.

Como exemplo de trabalhos que citam a influência das infraestruturas ferroviárias de transporte em mudanças de uso e cobertura em escala urbana se tem os trabalhos de Nicoll *et al.* (2006), Ralha *et al.* (2013), Shen *et al.* (2014), Bhatti *et al.* (2015) e Han *et al.* (2015). O trabalho de Shen *et al.* (2014), além da influência das ferrovias, estuda a influência de uma estação ferroviária de um sistema ferroviário de alta velocidade de Madri, na Espanha.

Alguns desses trabalhos fazem uma abordagem histórica procurando entender, em maior ou menor escala, o papel das infraestruturas ferroviárias de transporte na produção do espaço

e/ou das políticas implantadas pelos Estados ao longo do tempo para essas infraestruturas, como os trabalhos de Skaloš *et al.* (2011), Parcerisas *et al.* (2012), Martí-Henneberg (2013), Martí-Henneberg (2017) e Pazúr e Bolliger (2017). Todos os trabalhos consideram períodos acima de 100 anos de duração, à exceção do trabalho de Pazúr e Bolliger (2017), que estudou as determinantes das mudanças de uso e cobertura do solo na Eslováquia no período de 1980 até 2012.

Sobre o papel das ferrovias nas atividades econômicas, estudando a distribuição espacial de pessoas e serviços, foram destacados os trabalhos de Nicoll *et al.* (2006), que estuda o impacto da reabertura de uma ferrovia sobre a distribuição espacial dos empregos e dos trabalhadores na Escócia e o trabalho de Li *et al.* (2016), que estuda o impacto da rede ferroviária de alta velocidade na distribuição das atividades econômicas de uma região da China.

Numa escala regional de análises, há também trabalhos voltados para o planejamento e ordenamento do território, como o trabalho de Zemp *et al.* (2011), que classificou 1700 estações ferroviárias na Suíça de acordo com suas características e o contexto envolvido para apoio de projetos de planejamento envolvendo estas estações. O trabalho de Karlson *et al.* (2016) teve como objetivo desenvolver métodos para o planejamento do traçado de um corredor ferroviário baseado em critérios relacionados à geologia e à sustentabilidade ecológica enquanto que o trabalho de Abe *et al.* (2014) estudou os fatores mais representativos que poderiam incrementar o aproveitamento de áreas pouco utilizadas com foco na influência de estações ferroviárias, propondo, por exemplo, a sua construção em certas áreas para incentivar a circulação de pessoas e serviços.

Sobre os impactos diretos no ambiente, Trombulak e Frissel (2000) fez uma revisão de literatura para discutir os efeitos ecológicos de rodovias em comunidades terrestres e aquáticas e os principais impactos citados foram a mortalidade durante a construção do modo, os atropelamentos, a modificação do comportamento dos animais por causa da construção e da presença das rodovias (classificados por vezes como positivo e por vezes como negativo), alteração do ambiente químico (como a liberação de metais pesados, carbono, sal e etc.), a dispersão de espécies exóticas, por remoção, extinção e stress dos indivíduos e mudanças no uso humano da água e da terra.

3. ÁREA DE ESTUDOS

Este capítulo tem como objetivo destacar a área de estudos definida e compor uma série de descrições de aspectos humanos, físicos, naturais e vegetacionais no sentido de complementar as análises produzidas no referencial teórico e dar suporte ao entendimento das modelagens produzidas neste trabalho. Foram destacados seis tópicos para descrever e ilustrar os aspectos socioeconômicos, vegetacionais, pedológicos (solos), estruturais (geologia, relevo e geomorfologia), legais (áreas protegidas) e sobre as infraestruturas ferroviárias de transportes consideradas no trabalho. É importante frisar que muitos destes aspectos estão interligados entre si, sendo por muitas vezes correlatos e agindo em complexas relações de causa-efeito, considerando isso, estas descrições não pretendem aprofundar nestas análises, porém tal advertência é necessária para evitar quaisquer entendimentos simplórios sobre estes aspectos.

Foi utilizada como área de estudos a definição de Miranda *et al.* (2014), que considerou características físicas e humanas para a caracterização geográfica do Matopiba, organizada em quadros: quadro agrícola, quadro natural, quadro agrário, quadro de infraestrutura e quadro socioeconômico. Também foram considerados três critérios: a localização das áreas abrangidas pelo bioma Cerrado, a dimensão socioeconômica, considerando principalmente os dados relativos à produção agropecuária e florestal e a infraestrutura da região, considerando a malha viária e a logística. Com base nesses quadros e nesses critérios, a delimitação do Matopiba de Miranda *et al.* (2014) considerou os limites das microrregiões estaduais propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para este trabalho, foram excluídas as microrregiões ao norte do Maranhão que estavam compreendidas pela Ferrovia Carajás, que não é objeto de estudo deste trabalho. Por fim, a figura 4 mostra a área de estudos definida:

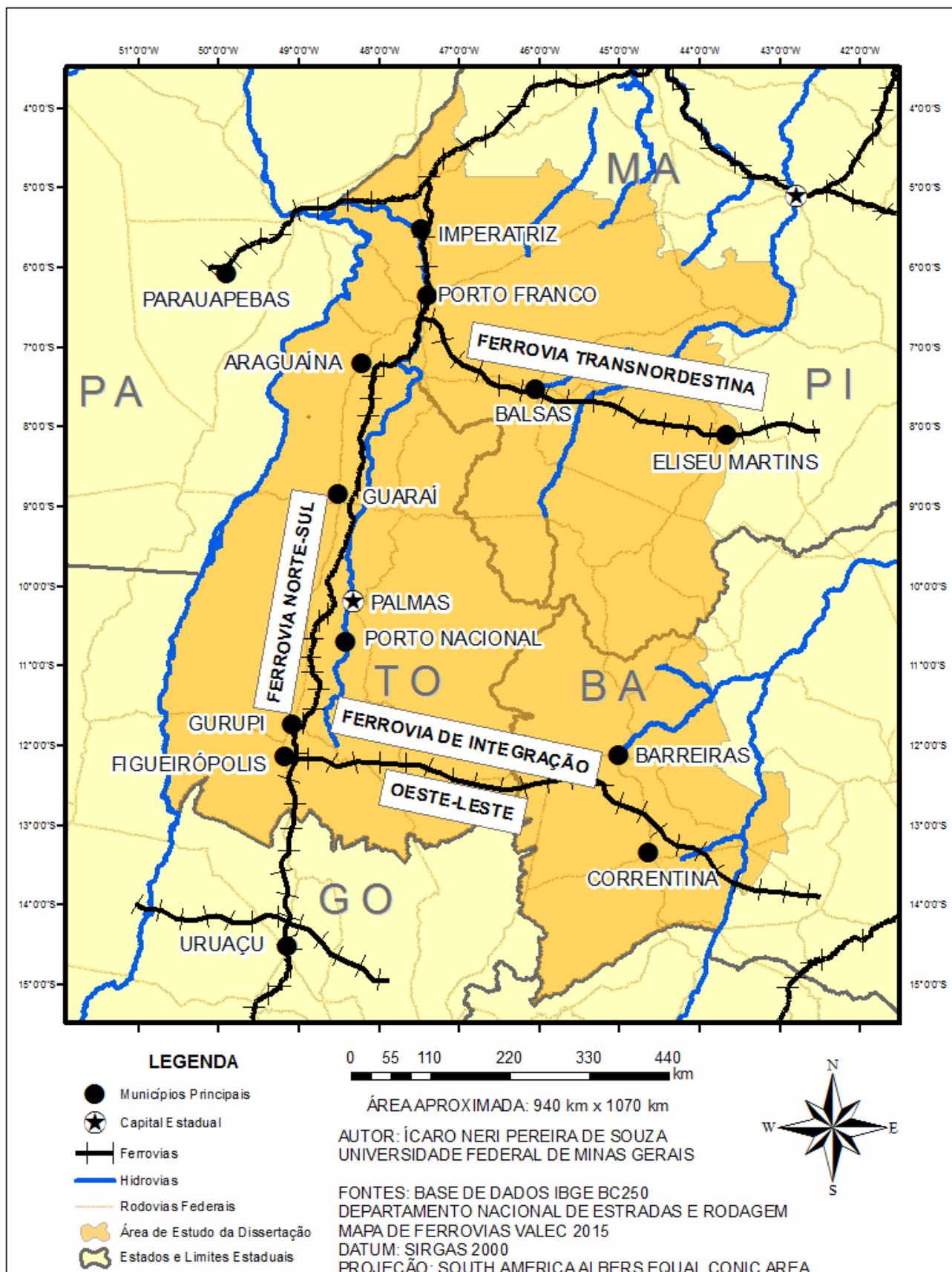


Figura 4: Área de Estudos da Dissertação

3.1 Aspectos socioeconômicos

A área de estudos da dissertação apresenta 261 municípios agrupados em quatro estados: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Com uma população de 3.785.520 pessoas (IBGE, 2010) os seus maiores municípios em população são Imperatriz-MA (247.505 pessoas), Palmas-TO (228.332 pessoas), Araguaína-TO (150.484 pessoas), Barreiras-BA (137.427 pessoas) e Açailândia-MA (104.047 pessoas). O seu tamanho total em quilômetros quadrados é de aproximadamente 650.682 km², comparável a área do Afeganistão e maior que áreas de países como França, Espanha e Alemanha e dos estados de Minas Gerais e da Bahia, por exemplo, sendo a densidade demográfica média de 5.82 pessoas por km², índice que caracteriza a área como pouco povoada.

O Produto Interno Bruto (PIB) total da área estudos é de R\$ 37.510.624.000, sendo os municípios de Palmas-TO, Imperatriz-MA, Araguaína-TO, Luís Eduardo Magalhães-BA, Barreiras-BA, Balsas-PI, Gurupi-TO e Açailândia-MA as localidades com os maiores índices de Produto Interno Bruto (PIB). Estas inclusive são as localidades do Matopiba que apresentam PIB acima de 1 bilhão de reais/ano (IBGE, 2010). As principais atividades econômicas na região são as associadas à agropecuária, como a produção de soja e produção bovina. No geral, os municípios que apresentam as maiores rendas per capita estão localizados no estado do Tocantins, com as cidades de Palmas, Paraíso do Tocantins e Abreulândia apresentando os melhores índices da região. Das 30 cidades com melhores índices renda per capita, 23 estão neste estado.

A figura 5 ilustra a distribuição da população do Matopiba por área dos municípios, definindo faixas de valores para demonstrar a localização dos municípios com maior e menor população total:

POPULAÇÃO DO MATOPIBA POR MUNICÍPIO

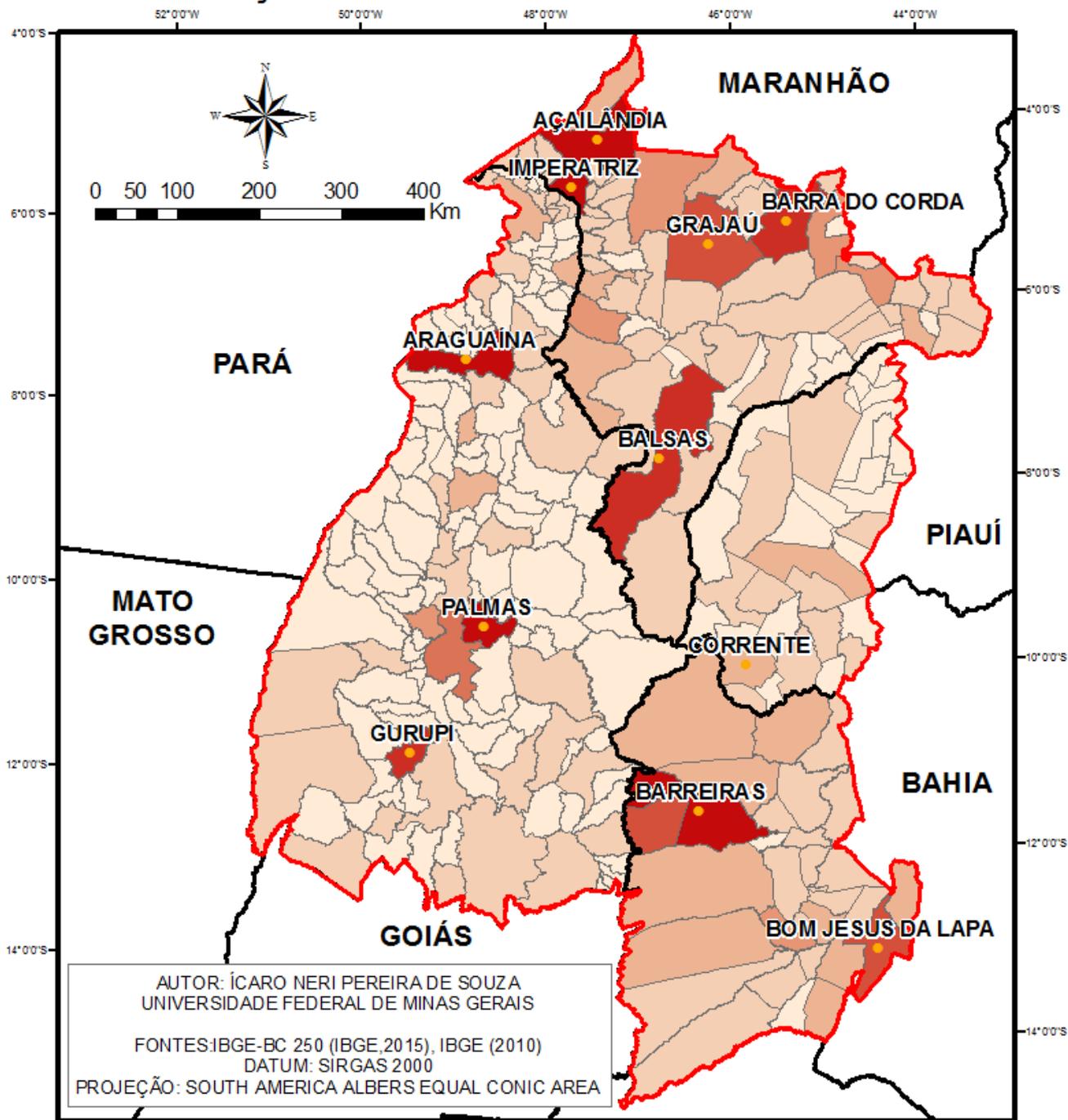


Figura 5: População do Matopiba por município

3.2 Biomas e Vegetação

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil são predominantes a presença de quatro biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (IBGE, 2012). Na área de estudo do trabalho, há uma predominância quase total de áreas do bioma Cerrado.

Segundo Myers *et al.* (2000) a área original do bioma Cerrado ocupava aproximadamente 20% do território brasileiro, com uma extensão de mais de 1.783.200 km², sendo que atualmente ocupa 356.630 km² com apenas 22.000 km² de áreas protegidas. O mesmo autor também define esse bioma como um *hotspot*, ou seja, áreas que concentram um número extraordinário de espécies endêmicas e que estão sob perda de habitat. Lima (2015) argumenta que embora a região dos cerrados tenha sofrido vários esforços de ocupação ao longo de toda a história do Brasil, o seu crescimento foi muito lento até meados do século XX, quando se acelerou o processo de ocupação, enraizado por um conjunto de fatores e programas (DINIZ, 2006).

De acordo com os estudos da Embrapa Cerrados (2008), são apontados como principais impactos da atividade agropecuária na região do bioma Cerrado a degradação dos recursos hídricos e do solo, bem como a perda da biodiversidade e a redução das áreas com a vegetação original. Como impactos positivos os principais apontados são à geração de renda e emprego, e ao incremento da produção agrícola.

IBGE (2012) descreve o Cerrado como:

vegetação xeromorfa, que ocorre sob distintos tipos de clima. Revestem solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos, caméfitos e fanerófitosoligotróficos de pequeno porte, com ocorrência em toda a Zona Neotropical e, prioritariamente, no Brasil Central.

IBGE (2012) ainda subdivide o Cerrado em quatro distintos grupos: Florestada, arborizada, parque e gramíneo-lenhosa. Além de IBGE (2012), Lima (2015) mostra diferenças entre as classificações e denominações sobre este bioma entre distintos autores e entre as populações de diversas localidades do Brasil.

Atualmente a área do total do bioma Cerrado convertida para uso agropecuário é de 40% (Sano *et al.* 2009), sendo que na área de estudos esse uso é de aproximadamente 34% IBGE (2016).

São três os biomas presentes na área de estudos: o bioma Amazônia, Cerrado e Caatinga. 91% da área de estudos estão localizados no bioma Cerrado, com algumas manchas do bioma Caatinga presentes a oeste e com áreas do bioma Amazônia presentes a noroeste do Tocantins e leste do Maranhão.

Quanto aos tipos específicos de vegetações, localizadas no bioma Amazônia, estão as florestas ombrófilas, divididas em densas e abertas, que são parte da região florística amazônica e são vegetações densas, arborizadas, com grande presença de árvores de grande porte em áreas de clima tropical e equatorial (IBGE, 2012).

No bioma Cerrado a maior parte das vegetações é denominada como Savanas, como por exemplo, as vegetações savana arborizada, savana parque, savana estépica e savana gramíneo-lenhosa. Em comum as savanas apresentam árvores de porte médio ou baixo (3 a 10 metros), em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo (IBGE, 2012).

Há também grande presença de florestas estacionais, junto com a savana compõem a região florística do Brasil Central, sendo que as florestas estacionais ocorrem em áreas com solo de origem magmática, mais férteis enquanto que em terrenos areníticos lixiviados e ricos em alumínio trocável ocorrem a savana (IBGE, 2012). Ambas as vegetações estão localizadas em região de clima continental, com dois períodos anuais bem marcados por ocorrência de chuvas e secas. As florestas estacionais se dividem em vegetações decíduais e semidecíduais: as decíduais perdem a maior partedas suas folhas nos períodos secos enquanto as vegetações semidecíduais também apresentam perda de folhagem, porém num patamar menor do que as vegetações decíduais.

Existe também em Matopiba a ocorrência de vegetações secundárias, resultante da intervenção humana para uso da terra, descaracterizando a vegetação primária e as áreas de contato entre vegetações, que são sistemas de transição ou áreas de tensão ecológica, caracterizadas por comunidades florísticas indiferenciadas onde as floras se interpenetram (IBGE, 2012).

Em menor grau ocorrem às formações pioneiras, ou “sistema edáfico de primeira ocupação” (IBGE, 2012), que é a vegetação de primeira ocupação que ocorre em áreas de sedimentos nas praias, restingas, depressões aluviais e planícies fluviais. Além dessas classes existem áreas

caracterizadas como corpos d'água continentais, caracterizados como espelhos d'água de grande porte (como os grandes canais fluviais, por exemplo, o leito do rio Tocantins), as áreas de influência urbana na vegetação, as áreas de florestamento/reflorestamento com eucalipto e as classificações associadas à produção agropecuária, como as culturas cíclicas, as culturas permanentes e a produção pecuária. A figura 6 mostra o mapa vegetacional do Matopiba:

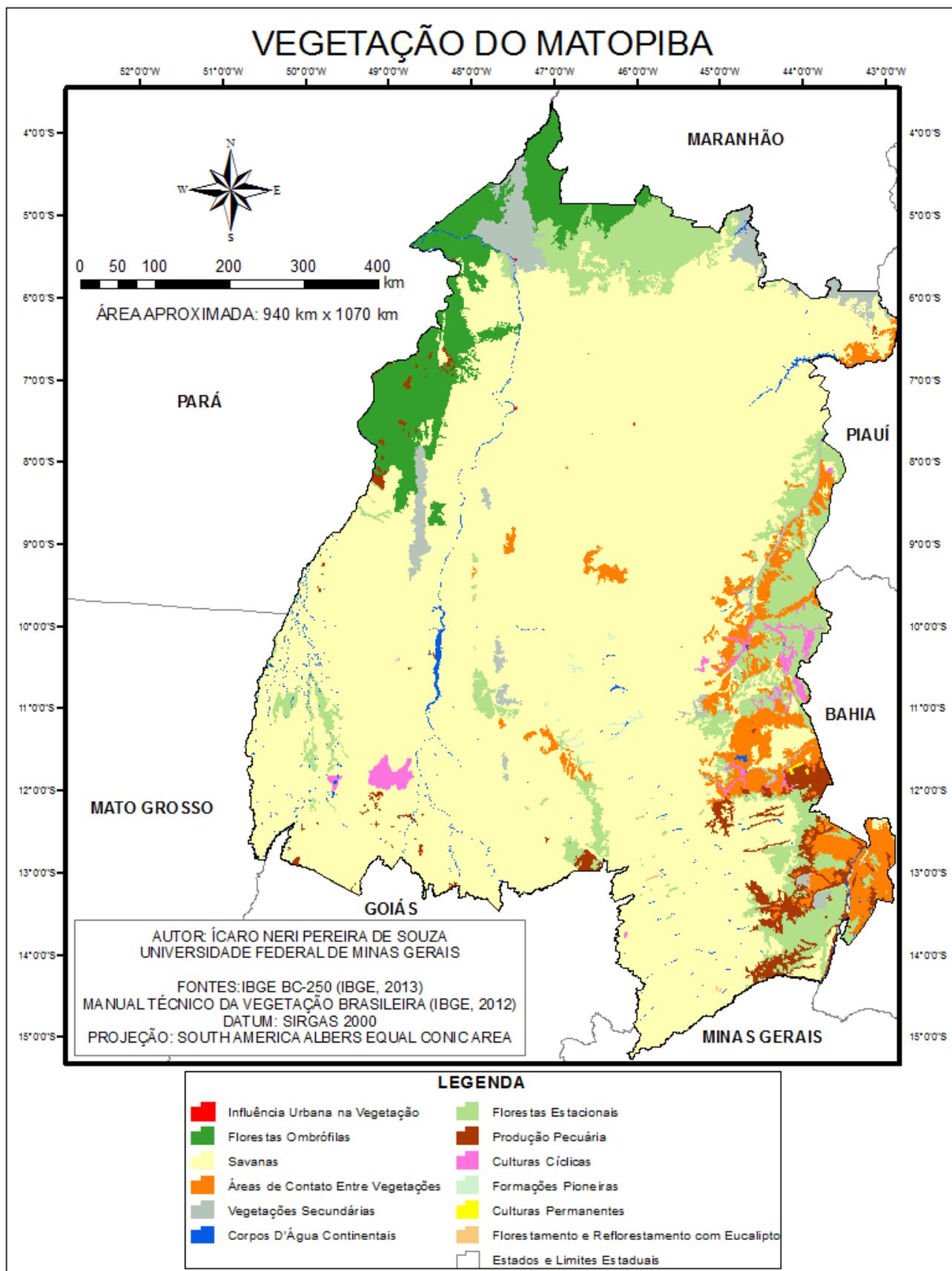


Figura 6: Mapa vegetacional do Matopiba

3.3 Solos

Na área de estudos os solos predominantes são na ordem: os Latossolos, os Neossolos e os Plintossolos, mas também há grande presença de Argissolos, Luvisolos, Chernossolos e Gleissolos.

Dentre os Latossolos, há grande ocorrência de Latossolos Amarelos Distróficos, e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (EMBRAPA, 2006). Os Latossolos, no geral, são solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, além de homogeneidade de características ao longo do perfil (IBGE, 2015b). Os Latossolos Amarelos Distróficos são a classe de solo com maior presença na área de estudos, geralmente cultivados com grande diversidade de lavouras, apesar de sua baixa fertilidade. São considerados distróficos por sua baixa saturação de bases (a distrofia também indica que o solo apresenta baixa fertilidade) (IBGE, 2015b).

Segunda classe de uso do solo mais presente na área de estudos, os Neossolos são de acordo com IBGE (2015b) “solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (com menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico” além de satisfazer alguns requisitos:

ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A; ausência de horizonte A chernozêmico conjugado a horizonte cálcico ou C carbonático; ausência de horizonte glei (exceto nos casos de solos com texturas areia ou areia franca, dentro de 50 cm do solo ou entre 50 cm e 120 cm, se os horizontes sobrejacentes apresentarem mosqueados de redução em quantidade abundante e ausência de horizonte plúntico dentro de 40 cm, ou 200 cm da superfície se imediatamente abaixo de horizonte A, E ou precedidos de coloração pálida, varieagada ou mosqueados em quantidade abundante (IBGE, 2015b).

Dentre os Neossolos, os que apresentaram maior presença na região foram os Neossolos Quartzarenicos Orticos, que são solos profundos e arenosos, muito expressivos no Brasil, comuns na região litorânea e em alguns estados do Nordeste, do Centro-Oeste e do Norte e que não apresentam restrições ao uso e manejo agrícola (ao contrário dos hidromórficos, que apresentam restrições à drenagem). Contudo, assim como os solos hidromórficos, os Neossolos Quartzarenicos Orticos são geotecnicaamente caracterizados como “solos moles”, e por consequência dificultam a implantação de infraestruturas e fundações de grande porte em

engenharia. Também foram muito verificados os Neossolos Litólicos Distrofícos, que ocorrem em relevos muito acidentados de morrarias e serras (IBGE, 2015b).

Por fim, os Plintossolos são caracterizados principalmente pela presença expressiva de plintização, com ou sem cangas. Na área de estudos os principais plintossolos encontrados são os Plintossolos Pétricos Concrecionários. A figura 7 mostra o mapa pedológico do Matopiba:

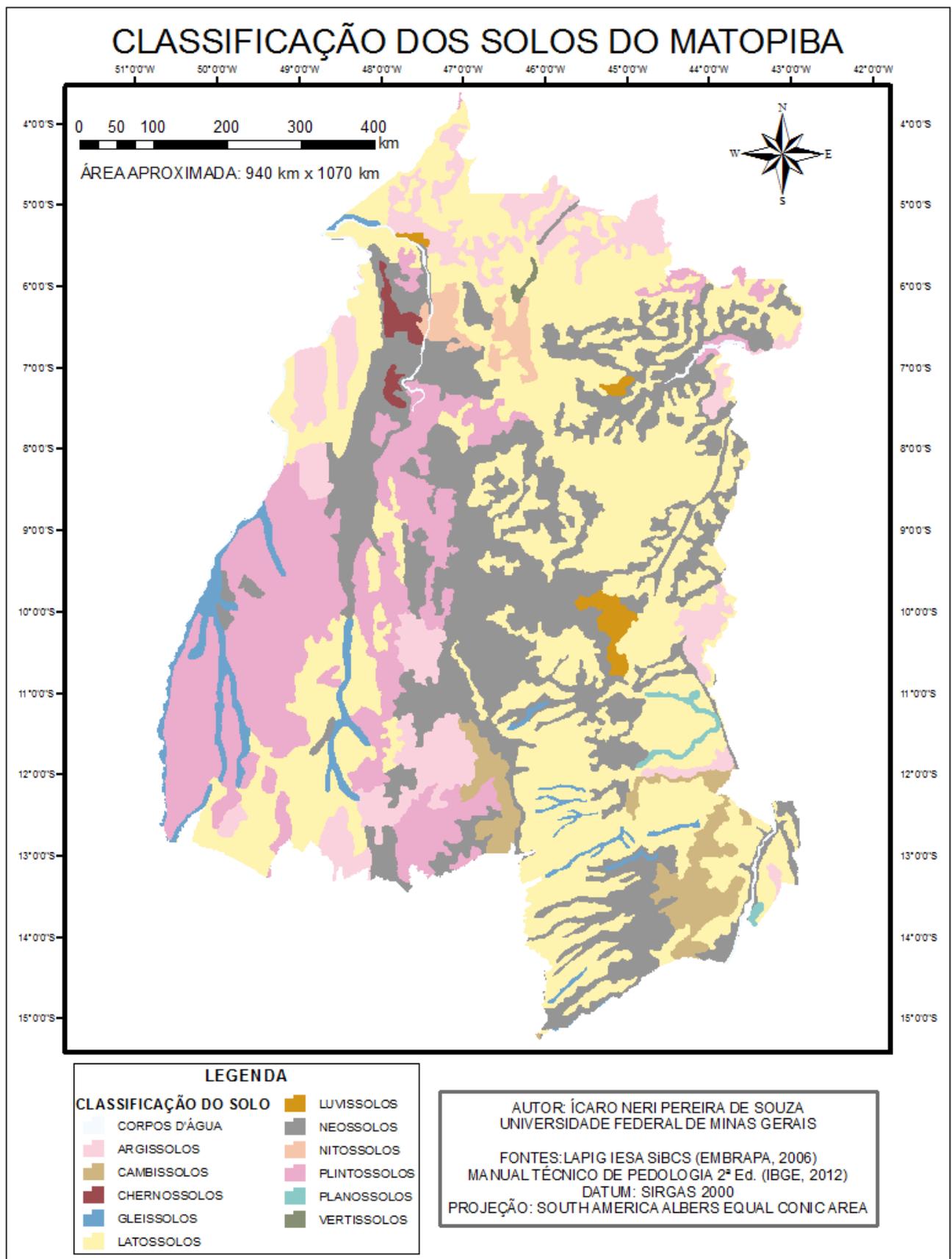


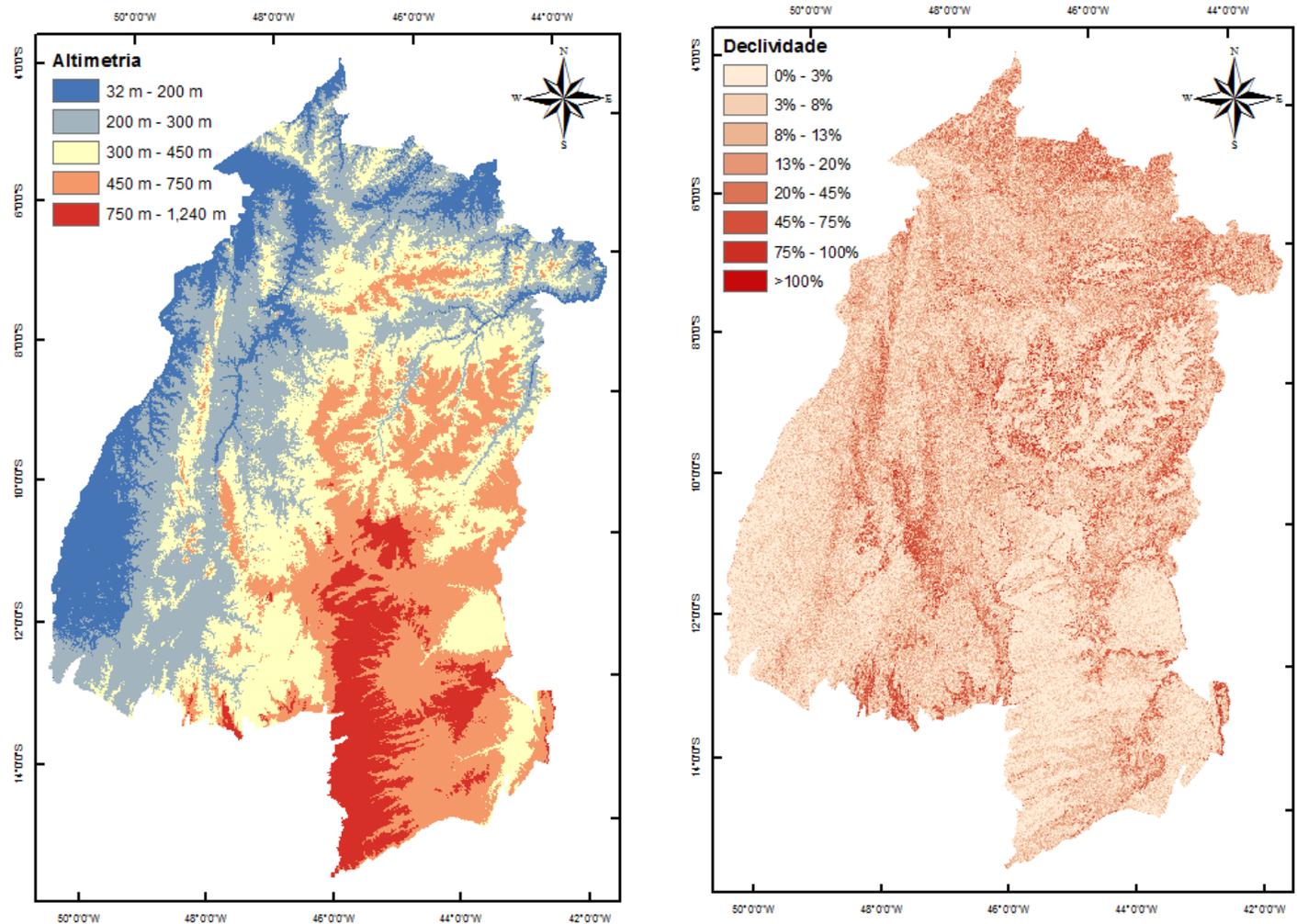
Figura 7: Classificação pedológica do Matopiba

3.4 Geologia, Relevo e Geomorfologia

A área de estudos apresenta suas maiores altimetrias nas chapadas e planaltos do oeste da Bahia; na Serra das Traíras, ao sul do Tocantins e na Serra do Lajeado, que se localiza na porção central também do Tocantins. As menores altitudes desta área se localizam em áreas de planícies, como a Ilha do Bananal, a sudoeste do Tocantins; as planícies dos rios Tocantins e Araguaia, sobretudo na região do Bico do Papagaio, nas divisas do Tocantins com Pará e Maranhão e outras planícies de outros cursos d'água ao norte da área de estudos, nos estados do Maranhão e do Piauí. Quanto à declividade, a maior parte da área de estudos está localizada em áreas de relevo considerados planas (de 0% a 3% de declividade) e suave ondulado (3% a 8% de declividade). No oeste da Bahia e ao sul dos estados do Piauí e Maranhão, onde estão localizadas algumas das áreas com maior altimetria da área de estudos, há predomínio de baixas declividades, sendo que nessas áreas há predominância de relevos classificados como Chapadas e Platôs (CPRM, 2008). A figura 8 foi produzida com base em dados fornecidos pelo ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM)³ e mostra a altimetria e a declividade no Matopiba:

³ ASTER GDEM é um produto do METI e da NASA (ASTER GDEM is a product of METI and NASA).

ALTIMETRIA E DECLIVIDADE DO MATOPIBA



AUTOR: ÍCARO NERI PEREIRA DE SOUZA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FONTES DOS DADOS: ASTER GDEM (METI E NASA, 2011), EMBRAPA (1979), LEPSCH (1991)
DATUM: SIRGAS 2000
PROJEÇÃO: SOUTH AMERICA ALBERS EQUAL CONIC AREA

Figura 8: Altimetria e Declividade do Matopiba

Em relação às unidades geomorfológicas, há o predomínio de unidades classificadas como colinas, chapadas, planaltos, superfícies aplainadas e planícies fluviais. As colinas são um relevo pouco dissecado, com vertentes predominantemente convexas e topos amplos e arredondados. A deposição de sedimentos se dá em planícies aluviais relativamente amplas. As amplitudes de relevo e declividades são moderadas e a densidade de drenagem é moderada a alta. As principais unidades presentes na área de estudos são os domínios de colinas amplas e suaves e domínios de colinas dissecadas e morros (CPRM, 2008).

Segundo CPRM (2008, p.37), os planaltos são:

“superfícies pouco acidentadas, constituindo grandes massas de relevo arrasadas pela erosão, posicionadas em cotas mais elevadas que as superfícies adjacentes. Quando modelados em rochas sedimentares antigas, recebem a denominação de ‘chapadas’, que são superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, incipientemente dissecados”.

Estes relevos apresentam amplitudes de relevos e declividades baixas a moderadas, geralmente com solos profundos e bastante lixiviados, com baixo índice de fertilidade.

As superfícies aplainadas, ou superfícies de aplainamento, são superfícies com baixo índice de declividade e levemente onduladas, geradas a partir do arrasamento dos terrenos. Estas superfícies no geral apresentam tantos planaltos mais elevados quanto grandes extensões das depressões interplanálticas do território brasileiro. Há boa ocorrência de relevos residuais isolados (*inselbergs*) (CPRM, 2008). Na área de estudos há grande presença de superfícies aplainadas conservadas e degradadas.

Por fim, as planícies fluviais são áreas de transporte e depósito de sedimentos e resultantes de acumulação de sedimentos fluviais, marinhos ou flúvio-marinhos, sujeita a inundações periódicas, sendo o leito maior da calha dos rios. Na área de estudos se destacam as unidades denominadas planícies fluviais ou flúvio-lacustres. A tabela 1 mostra os tamanhos das áreas das unidades geomorfológicas do Matopiba enquanto a figura 9 mostra a localização destas:

Tamanho das unidades Geomorfológicas do Matopiba por área em km ²	
Unidade Geomorfológica	Área (km ²)
Domínio de Colinas Amplas e Suaves	130379.25
Chapadas e Platôs	107099.86
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	72563.73
Superfícies Aplainadas Degradadas	67991.18
Superfícies Aplainadas Conservadas	53292.22
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	49710.1
Vales Encaixados	44166.29
Planaltos e Baixos Platôs	29366.56
Domínio de Morros e de Serras Baixas	28376.69
Tabuleiros Dissecados	24419.86
Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos	18630.84
Domínio Montanhoso	12585.16
Escarpas Serranas	5495.88
Tabuleiros	2964.74
Inselbergs	1591.89
Terraços Fluviais	130.51

Tabela 1: Tamanho das unidades Geomorfológicas do Matopiba por área em km²

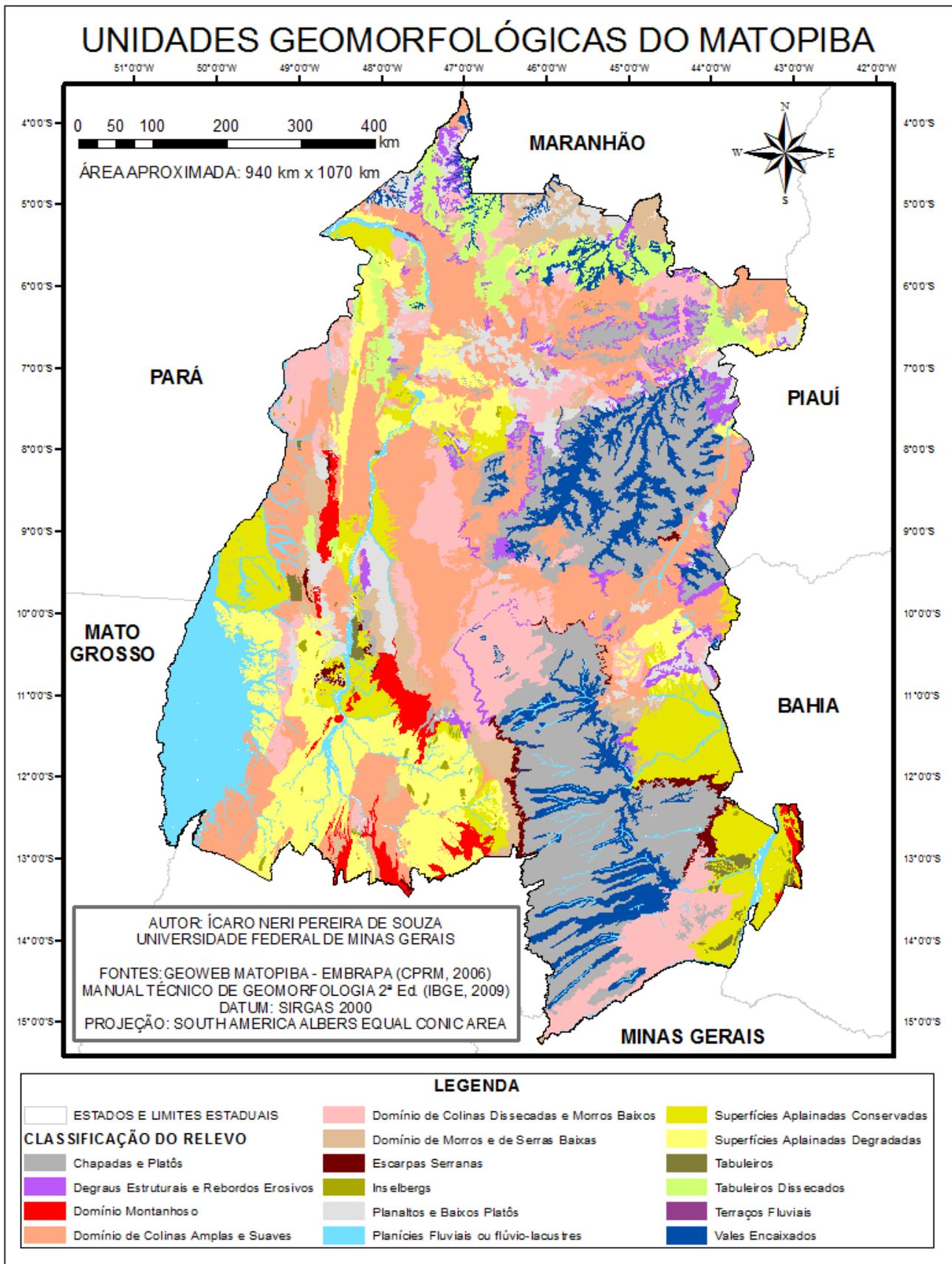


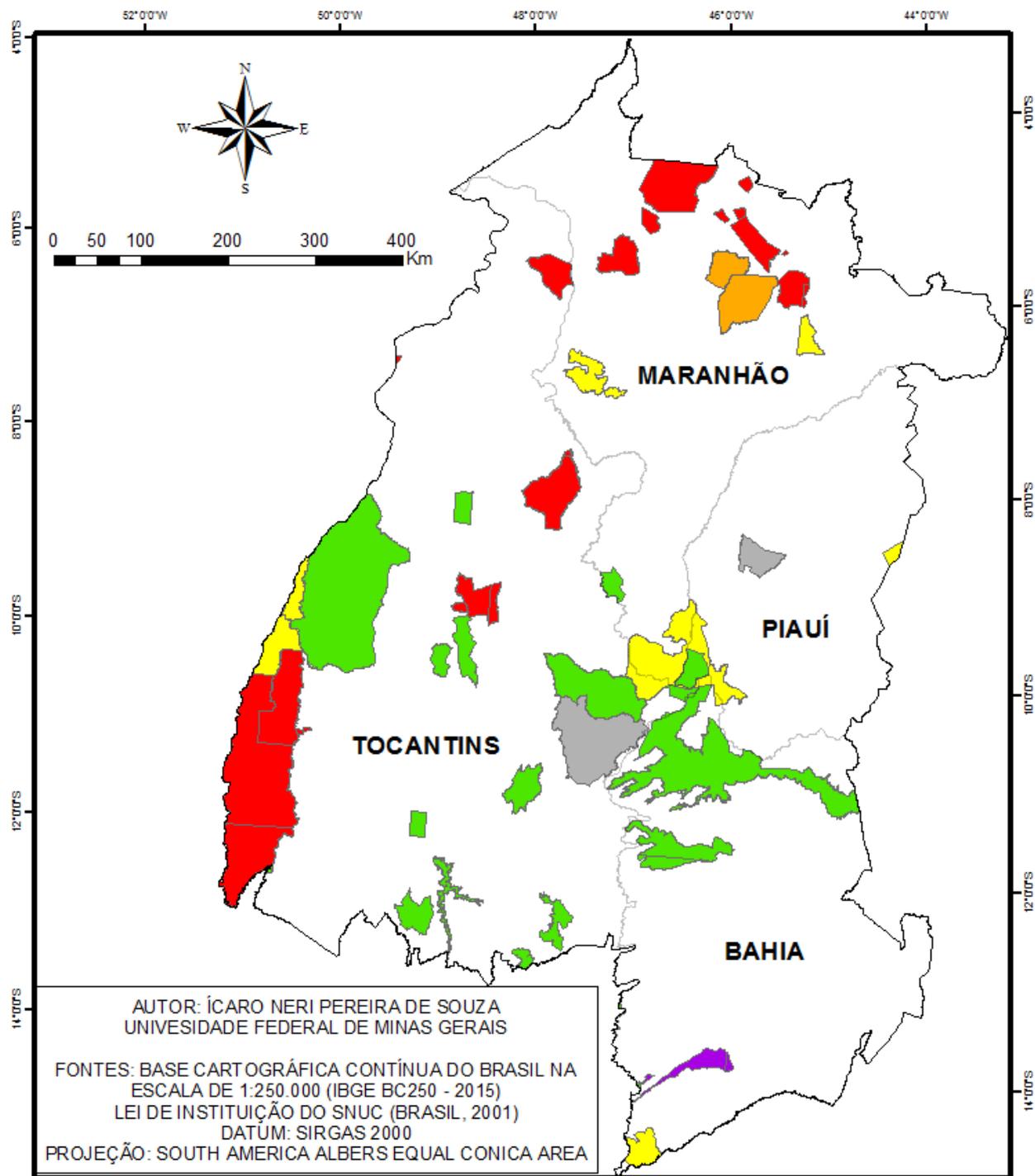
Figura 9: Unidades Geomorfológicas do Matopiba

3.5 Áreas Protegidas

Foram consideradas como áreas protegidas todas aquelas áreas que foram demarcadas em alguma categoria do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000) e do Programa Nacional de Áreas Protegidas (PNAP) (BRASIL, 2006). As unidades de conservação (UC) se dividem em dois grupos distintos: Unidades de Proteção Integral, com o objetivo de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos na Lei 9985 de 2000 (BRASIL, 2000) e Unidades de Uso Sustentável, cujo objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Na área de estudos, integrando o grupo Unidades de Proteção Integral estão presentes áreas categorizadas como Estação Ecológica, Parque Nacional e Refúgio da Vida Silvestre e integrando o grupo Unidades de Uso Sustentável estão presentes as áreas definidas como Áreas de Proteção Ambiental (APA). Também existem nas área de estudos áreas definidas como Terras Indígenas (Regularizadas e Homologadas), que estão ajuizadas sob o decreto de lei 5758 de 13 de abril de 2006 (BRASIL, 2006), pelo PNAP.

A figura 10 mostra a localização das áreas protegidas pelo SNUC e pelo PNAP no Matopiba:

ÁREAS PROTEGIDAS PELO SNUC E PELO PNAP NO MATOPIBA



LEGENDA

Limites Estaduais	Áreas de Proteção Ambiental
Área de Estudos	Estações Ecológicas
Terras Indígenas Homologadas	Refúgios da Vida Silvestre
Terras Indígenas Regularizadas	Parques Nacionais e Estaduais

Figura 10: Áreas protegidas pelo SNUC e pelo PNAP no Matopiba

3.6 Infraestrutura rodoferroviária de transportes

Na área de estudos existem duas ferrovias em operação, ou em tráfego: as Ferrovias Norte-Sul (FNS) e Carajás, sendo esta última excluída da dissertação devido à diminuta presença na área de estudos, se comparada às outras ferrovias, além desta infraestrutura estar privatizada. Existem também duas ferrovias com Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) concluído, porém ainda em projeto, a Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e planejada, a Ferrovia Transnordestina, sendo que na área de estudos está considerada como pertencente à Ferrovia Transnordestina a EF-232 – Ligação da FNS com Ferrovia Transnordestina (VALEC, 2015; BRASIL 2010). Foram considerados também os terminais intermodais, futuramente presentes no eixo da FIOL e os pátios ferroviários, presentes no eixo da Ferrovia Norte-Sul.

De acordo com Brasil (2010) a área de estudos apresenta aproximadamente 54575 km de rodovias, com 10765 km de rodovias pavimentadas. A principal rodovia da área de estudos é a BR-153, que liga Marabá-PA a Aceguá-RS, e que no Tocantins é conhecida como Rodovia Belém-Brasília.

Sobre a Ferrovia Norte-Sul, segundo Campos (2015), após alguns projetos ferroviários serem recusados desde o século XIX pelo parlamento brasileiro pela falta de recursos disponíveis para a sua implantação e com a opção dos governos brasileiros pela matriz rodoviária, sobretudo a partir da década de 1930, foi apenas na segunda metade da década de 1980 em que as discussões acerca da construção de uma ferrovia que interligasse as regiões centrais do Brasil se fazem presentes: a Ferrovia Norte-Sul. Com viés desenvolvimentista:

o objetivo era percorrer os estados de Goiás, Tocantins e Maranhão, chegando ao Porto de Itaquí (MA), com o objetivo de reduzir custos de transporte para o escoamento da produção, obtendo ganhos de competitividade no mercado nacional e internacional (CAMPOS, 2015).

O objetivo era fazer a ligação da Estrada de Ferro Carajás em Açailândia (MA) ao entroncamento da Rede Ferroviária Federal, em Luziânia (GO) (ADORNO, 1999). Devido à situação econômica no Brasil nos idos da década de 1980, várias obras públicas foram paralisadas, mas apesar disto em 1988 a Ferrovia Norte-Sul passou a ser

construída, inicialmente saindo de Açailândia (MA) em direção a Imperatriz (MA) (CAMPOS, 2015). Sua primeira operação comercial foi em 1989, entre os municípios de Açailândia e Imperatriz. Suas obras foram paralisadas em 1989, devido a cortes no orçamento federal, sendo reiniciado durante o governo do presidente Itamar Franco (1992-1995). Suas obras seguiram até o ano de 2002, chegando ao município de Aguiarnópolis (TO), sendo paralisadas em 2002. No ano de 2008 foi finalizado o trecho até Araguaína (TO) (CAMPOS, 2015). Atualmente, o trecho até Anápolis (GO) está concluído, porém não em operação.

A Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL) que fará entroncamento com a Ferrovia Norte-Sul em Figueirópolis (TO) e seguirá até Ilhéus (BA), passando por Barreiras (BA) e Caetité (BA), segundo Almeida *et al.* (2011) tem como objetivo proposto no seu projeto:

Formar um corredor de transporte para intensificar a funcionalidade do Porto de Ponta da Tulha e ainda se constituir em mais uma logística para os portos do norte do país, contemplados pela Ferrovia Norte-Sul e Estrada de Ferro Carajás.

Mas com a ressalva de que:

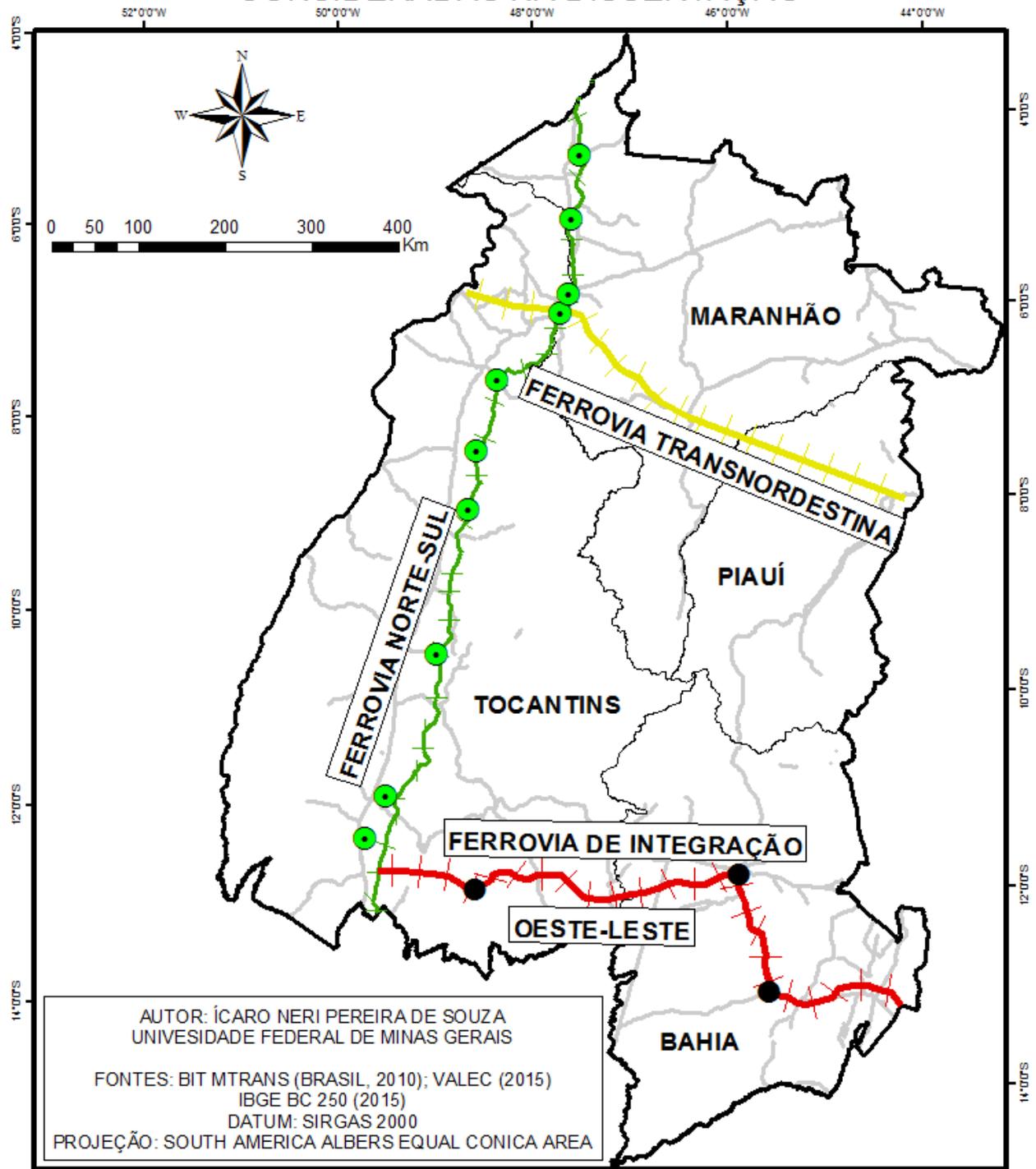
em outra direção entende-se que se trata de um corredor para o escoamento da Soja e demais produtos voltados ao agronegócio e para a extração de riquezas minerais (ALMEIDA *et al.*, 2011).

Segundo VALEC (2015) a FIOL apresenta status “em construção” no trecho entre Ilhéus (BA) e Barreiras (BA) e com Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) concluído entre Barreiras (BA) e Figueirópolis (TO).

A Ferrovia Transnordestina, idealizada desde o tempo do Brasil Império, teve no ano de 1999, pela Companhia Ferroviária do Nordeste S.A. (CFN) o início do planejamento da sua construção, sendo que o seu traçado foi aprovado em 2002 (BRANCO, 2014). Em 2006 a implementação da ferrovia teve início, sendo que em 2013 havia 383 km de trilhos construídos (BRASIL, 2013). A data de conclusão total prevista por Brasil (2013) é setembro de 2016, segundo o seu executor a Concessionária Transnordestina Logística (TLSA).

Quando a ferrovia estiver concluída, seu traçado será de 1728 km ligando Eliseu Martins (PI) ao Porto de Suape, em Suape (PE) e Salgueiro (PE) ao Porto de Pecém, em São Gonçalo do Amarante (CE) (BRASIL, 2013). A figura 11 mostra as infraestruturas de transportes do MATOPIBA e que foram consideradas nesse trabalho.

INFRAESTRUTURAS FERROVIÁRIAS DE TRANSPORTE CONSIDERADAS NA DISSERTAÇÃO



LEGENDA

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Terminais Intermodais Pátios Ferroviários Ferrovia em Projeto Ferrovia em Operação | <ul style="list-style-type: none"> Ferrovia Planejada Rodovias Pavimentadas Limites Estaduais Área de Estudos |
|---|---|

Figura 11: Infraestruturas ferroviárias de transportes consideradas no trabalho

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse capítulo descreve os dados, o ferramental e a metodologia empregada no trabalho. Inicialmente são apresentados os dados e suas fontes, dados estes que após tratamento e pré-processamento dão origem às variáveis introduzidas no modelo. Por sua vez, o modelo recorre a características geográficas e contextuais das variáveis, interpretadas como regras que personalizam o uso de cada variável em um sistema integrado em ambiente SIG. Por fim, são apresentados os procedimentos de saída do modelo, responsáveis pela geração de cenários preditivos expressos em mapas temáticos analíticos.

O fluxograma abaixo ilustra de forma sintetizada as quatro etapas principais do desenvolvimento do trabalho, e que serão descritas em detalhes seguir. :

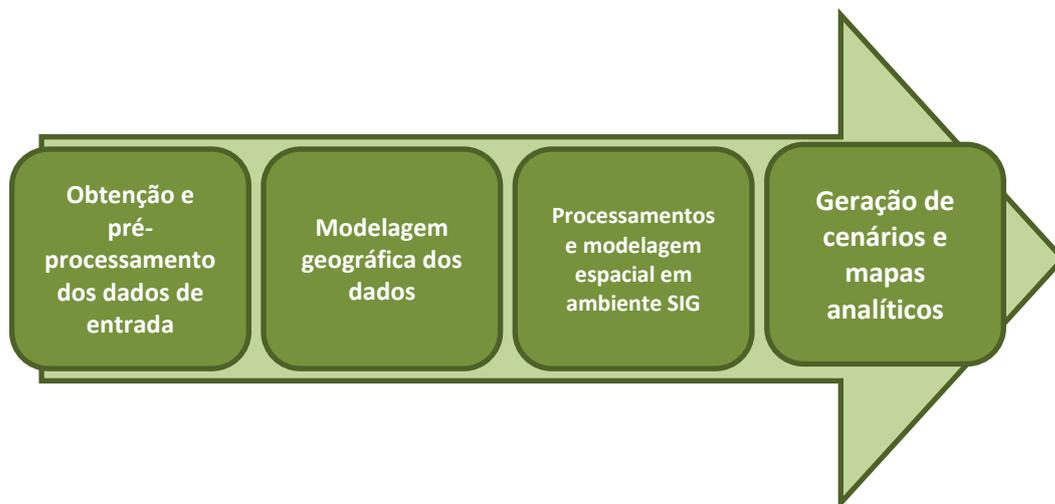


Figura 12: Etapas propostas no trabalho

4.1 Ferramentas utilizadas

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada nas metodologias de Soares-Filho *et al.* (2003) e Soares-Filho *et al.* (2009). Foram utilizados os softwares Microsoft Excel, ArcGIS e Dinamica EGO (RODRIGUES *et al.*, 2007). A simulação foi feita com base em análises dos mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016) e nos mapas do modelo OTIMIZAGRO Soares-Filho *et al.* (2016).

No software ArcGis foram feitas os processamentos iniciais, ou os pré-processamentos, dos dados de entrada utilizados na pesquisa e a modelagem geográfica destes, que consiste na preparação dos dados obtidos e recortados para a modelagem espacial e os processamentos executados no software Dinamica EGO. O software Microsoft Excel foi utilizado como software de apoio para a preparação e análise de dados modelados e processados no restante do trabalho. Os tópicos a seguir descrevem as referências e a metodologia da pesquisa.

4.2 Mapas de referência utilizados na modelagem

A base das análises foram os mapas de uso e cobertura do solo do IBGE (2016), para os anos de 2000, 2010 e 2012, de abrangência nacional e que foram recortadas para a área de estudos da dissertação. Esses mapas são resultado do projeto “Mudanças na cobertura e uso da Terra” e tem como objetivo monitorar as alterações na cobertura e uso da terra do Brasil a cada dois anos (IBGE, 2016).

Esse projeto tem como objetivo “monitorar as alterações na cobertura e uso da terra do Brasil a cada dois anos” e os seus resultados têm como objetivo “subsidiar avaliações e fornecer suporte técnico às políticas públicas, além de servir como insumo a estudos ambientais, observando-se, nesses casos, os limites impostos pela escala de referência do presente trabalho”. A metodologia de confecção dos produtos finais do projeto contou com a construção de um modelo de dados, capaz de armazenar dados georreferenciados de todo o país, em seguida são criados projetos específicos para todas as 46 folhas que refletem o recorte do mapeamento ao milionésimo do território brasileiro.

O próximo passo é a obtenção de imagens de satélites dos sensores MODIS e LANDSAT 8, seguindo o ano de referência a ser mapeado (a última edição foi o ano 2014, neste trabalho foram usados os mapas gerados para os anos 2000, 2010 e 2012) de melhor qualidade visual possível, em alguns casos são usados dados do sensor RapidEye e de mapas temáticos do projeto RADAMBRASIL, PRODES e TERRA CLASS, desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e EMBRAPA.

Após isso, no software Spring, é desenvolvida a identificação das mudanças a partir do mapa anterior gerado na série, o mapa temático produzido nas 46 folhas são revisados e combinados num projeto único, de abrangência nacional. Algumas incorporações são feitas utilizando dados à parte e é gerado o produto final para o ano de referência do projeto.

Executado totalmente em ambiente SIG, e considerando a categoria geográfica “Paisagem”, este trabalho foi baseado na construção e análise de dados em formato matricial, ou raster, onde os pixels das imagens assumem valores distintos e passam a ter a possibilidade de serem representados e/ou entendidos pelos usuários e pelos leitores como aspectos da realidade, sendo que estes pixels assumem a mesma resolução espacial para todo o projeto (resolução esta que representa a área total que este pixel “cobre” a superfície”).

A figura 13 mostra a localização das classes de e cobertura do solo na área de estudos para os anos de 2000, 2010 e 2012, mapas de referência utilizados na configuração e calibração do modelo.

Classificação do uso e cobertura do solo no Matopiba para os anos 2000, 2010 e 2012

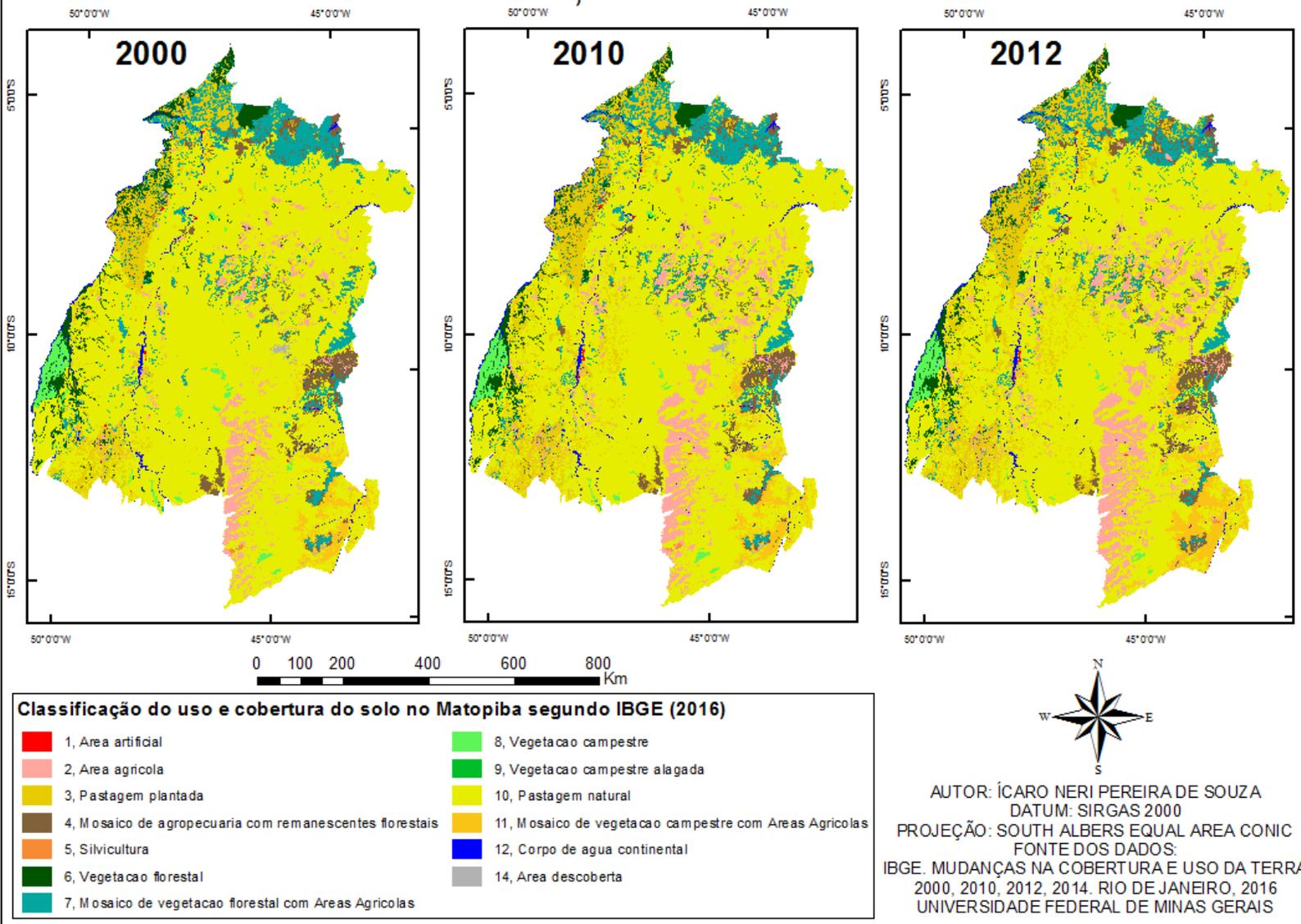


Figura 13: Classes de uso e cobertura do solo do Matopiba de acordo com IBGE (2016)

4.3 Obtenção e pré-processamento dos dados de entrada

A etapa de obtenção e pré-processamento dos dados de entrada contou com a obtenção dos dados geográficos a serem analisados no trabalho e o seu processamento em ambiente SIG de forma a obter uma adequação dos dados a um padrão necessário para os restantes das análises.

Foram utilizados dados livres, de fontes públicas e privadas, totalizando 196 variáveis, referentes a temáticas e fenômenos sobre o quadro socioeconômico, infraestrutura, agropecuária, quadro agrário, atividades econômicas, dados naturais e legislação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Os dados levantados e utilizados como variáveis no modelo foram obtidos, por exemplo, em consultas a base de dados do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG) (disponível em: <http://bit.ly/2trxGKh>); da plataforma GeoWebMatopiba, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), (disponível em: <http://bit.ly/2trGVKs>) e da Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000 (BC250), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (disponível em: <http://bit.ly/2vNdeoj>). Com exceção da base BC250 do IBGE, as demais fontes, além de produzirem conteúdo próprio, também disponibilizam dados de outras fontes. Todos os dados utilizados para caracterizar as variáveis de entrada do modelo e suas respectivas fontes, formatos, escalas e datas estão listadas no apêndice 1 deste trabalho.

Os dados de entrada são, por essência, espaciais e, originalmente, sua abrangência geográfica extrapola os limites impostos para a área de estudo. Neste sentido, o primeiro passo para otimizar o custo computacional do modelo foi promover um recorte desses dados de acordo com a abrangência geográfica do estudo. Também, foi feita uma seleção prévia das variáveis que seriam utilizadas na modelagem: todas aquelas que apresentavam baixa incidência na área de estudos e que não caracterizam essencialmente uma carga padrão que influencie ou seja influenciada pelo modo ferroviário, como por exemplo culturas locais de subsistência e produção pontual de frutas foram excluídas da pesquisa.

Ocorre que nem todos os dados de entrada são dados explicitamente geográficos, como os dados em formatos tabulares, os quais demandam associações com outros os dados geográficos para terem suas informações espacializadas. A formatação dos dados de entrada é essencial para o desenvolvimento do modelo a padronização do sistema geodésico de

referência e sistema de projeção cartográfica dos dados envolvidos. O presente trabalho utilizou como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas parametrizado para a presente data (SIRGAS 2000), sistema oficial para projetos em vigor no Brasil. Quanto à projeção cartográfica, adotou-se o modelo cônico equivalente, possibilitando que, mesmo para uma área de vasta extensão territorial, as coordenadas possam ser computadas em medidas lineares (unidades métricas) e não angulares (latitude/longitude). Assim, todos os dados geográficos utilizados como entrada no modelo foram reprojados cartograficamente utilizando ferramentas disponíveis na plataforma ESRI ArcGIS para atenderem ao padrão descrito acima.

Ainda sobre a formatação dos dados, outra etapa fundamental é a padronização do formato matricial (raster), formato este requerido para a modelagem espacial utilizada na plataforma Dinamica EGO. Assim, as variáveis que não estavam em formato matricial (raster), foram convertidas para tal, em processos de modelagens geográficas dos dados, descritos no próximo tópico.

4.4 Modelagem geográfica dos dados

A etapa de modelagem geográfica dos dados é uma etapa no qual os dados previamente obtidos e já padronizados foram processados e convertidos em formato raster (imagem em pixels e não mais em formato vetorial, em pontos, linhas e polígonos), sendo que tal etapa se deu no software ArcGIS. Foi utilizada a resolução espacial de 100 metros GSD (do inglês *Ground Sample Distance*), onde cada pixel apresenta 100 metros de lado (10.000 m² ou 1 Ha) medidos no terreno. Neste procedimento os dados foram modelados de forma a poderem ser analisados no software Dinamica EGO, cuja arquitetura foi desenvolvida apenas para processamentos de variáveis em formato matricial. As variáveis correspondem a superfícies geográficas de diferentes temas que são trabalhados de forma integrada no modelo. Essas variáveis são obtidas à partir da modelagem inicial dos dados utilizando ferramentas de geoprocessamento. A relação completa da modelagem geográfica dos dados usados nas modelagens deste trabalho encontra-se no apêndice 3 da dissertação.

A modelagem dos dados foi feita a partir de quatro técnicas de processamento de dados em ambiente SIG:

1. Criação de classes de distância euclidianas medidas à partir das feições geográficas de interesse, como infraestrutura ferroviária, hidrografia, unidades de conservação ou pontos definidos como pátios ferroviários. O resultado é uma superfície contínua que informa a cada pixel a distância medida em metros deste em relação a feição mais próxima.
2. Interpolação de dados, técnica utilizada para produzir uma superfície contínua a partir de dados espacialmente discretos. Dentre as diferentes técnicas de interpolação existentes este trabalho adotou a krigagem, como, por exemplo, para se produzir a variável de entrada população total da área de estudos a partir do dado população por município, em formato vetorial por pontos.
3. Reclassificação, técnica simples utilizada para adequar dados já disponíveis em formato matricial para um padrão definido de classes. Esse procedimento foi utilizado, por exemplo, na modelagem do mapa de declividades do terreno, dado originalmente disponível em intervalo contínuo e que necessitou ser categorizado em um número limitado de classes de declividade (inclinações de rampas) para atribuição de regras referentes a utilização da superfície pela agricultura mecanizada;
4. Conversão vetor-raster, técnica simples e que possibilitou utilizar alguns dos dados em sua forma e dimensões originais, como, por exemplo, os polígonos das classes de geomorfologia (relevo), porém convertidos em células no formato matricial.

A criação de classes de distância das variáveis foi feita primordialmente em variáveis qualitativas, que apresentavam um formato vetorial linear (como estradas e ferrovias, por exemplo) além de polígonos que representam áreas protegidas do SNUC (como as terras indígenas) e pontos, como armazéns. Essa modelagem foi feita de modo que, no processamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG, fosse possível verificar a influência, ou não, das variáveis na mudança da cobertura e uso do solo a partir da distância das mudanças destas variáveis, de modo a verificar possíveis correlações considerando as distâncias.

A figura 14 a seguir é um exemplo de um mapa de distância gerado, sendo esse exemplo um mapa de distância a partir da Ferrovia Norte-Sul considerando intervalos de 50 quilômetros:

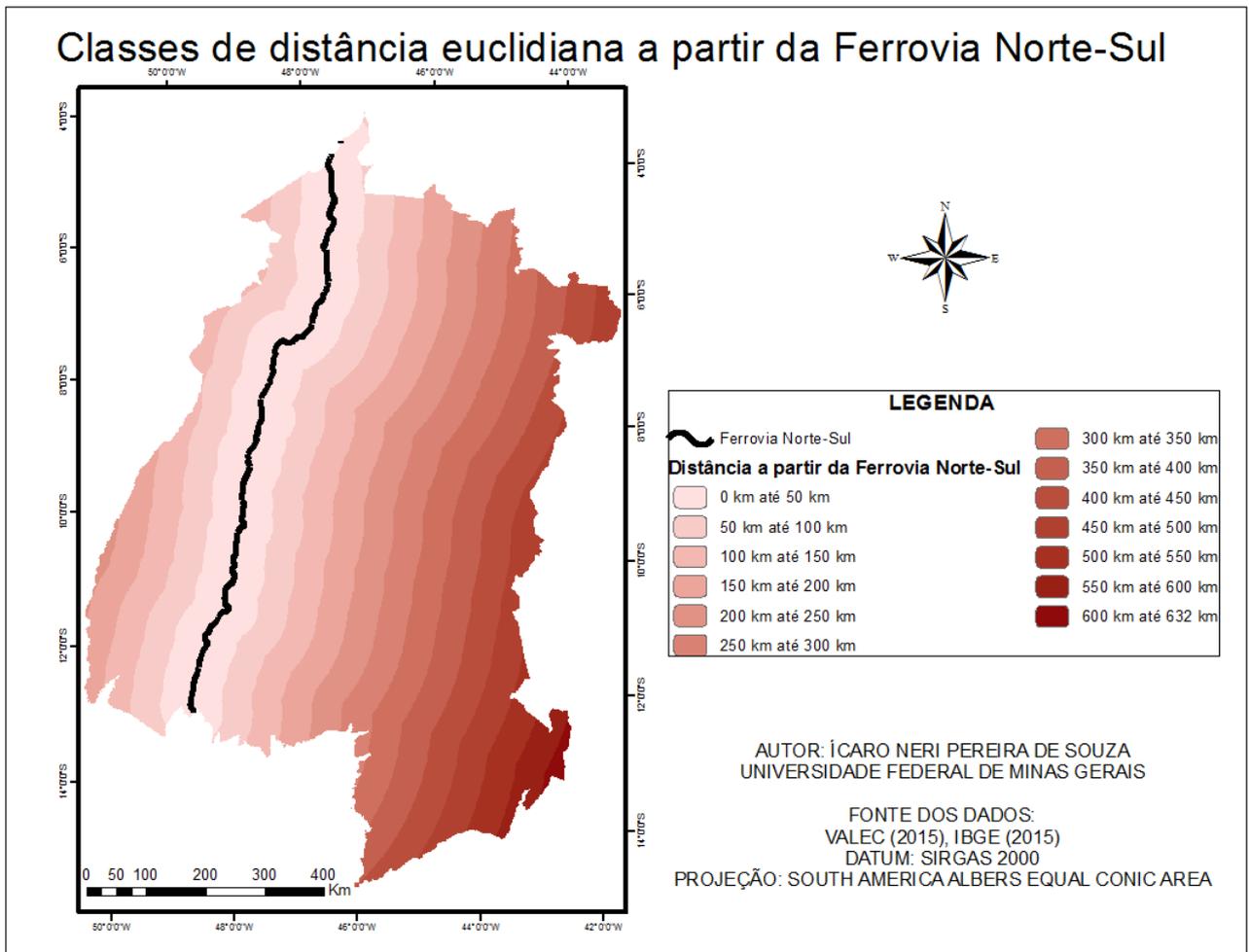


Figura 14: Classes de distância à partir da Ferrovia Norte-Sul, sendo cores mais claras representando áreas mais próximas à ferrovia enquanto cores mais escuras, áreas mais longínquas.

Para a interpolação de dados, neste trabalho foi utilizada a krigagem como técnica estimadora. A krigagem é uma técnica geoestatística que tem por objetivo aperfeiçoar a qualidade da interpolação, levando em consideração informações chave calculadas a partir da variância, da posição e da distribuição dos elementos da amostra. Segundo Yamamoto e Landim (2013) a krigagem pode ser definida como:

“um processo geoestatístico de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou tempo, com base em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica. Pode ser comparado com os métodos tradicionais de estimativa por médias ponderadas ou por médias móveis, mas a diferença fundamental é que somente a krigagem apresenta estimativas não tendenciosas e a mínima variância associada ao valor estimado” (YAMAMOTO E LANDIM, 2013).

A interpolação por krigagem foi feita de modo à espacializar valores de variáveis quantitativas pontuais em toda a superfície de maneira contínua. Esse processo permite que sejam atribuídos valores em pixels em áreas que anteriormente não apresentavam valores permitindo assim estender as análises geográficas em ambiente SIG para toda a área de estudo. O emprego da interpolação de dados espaciais é justificado pela necessidade de prover ao modelo informações confiáveis computadas a partir de dados espacialmente escassos e heterogeneamente distribuídos. Como base teórica para as análises geoestatísticas foram utilizados os conceitos e discussões produzidos por Yamamoto e Landim (2013).

A ferramenta chave para a interpolação por krigagem é o variograma: a função variograma, que mede a variância do incremento, mede a variação do valor de uma variável em relação às restantes da mesma amostragem. Levando-se em conta a possibilidade de que os valores dos pontos presentes no espaço possam estar relacionados, pode-se supor que a influencia do valor de um ponto numa área pode ser menor ou maior dependendo, além do seu valor, da distância do ponto adjacente mais próximo. Considerando pontos como X_1 e X_2 , os seus valores e a distância entre eles, são possíveis fazer inferências estatísticas dos valores da variável em áreas onde não há informação (YAMAMOTO E LANDIM, 2013).

Os fenômenos espaciais considerados, cujas variáveis representativas foram obtidas de diversas fontes, e que estão distribuídos em pontos na área de estudos (com os dados por município, por exemplo), tiveram os seus variogramas modelados utilizando o operador “ArcGis Geostatistical Analyst” no software ESRI ArcGis. Para isso, e considerando somente as variáveis contínuas⁴, foi verificada a existência de anisotropia ou isotropia, a direção principal de variabilidade dos dados e o seu ângulo ortogonal. Na modelagem do variograma, também foram descritos os atributos que determinam a sua função, tais como o efeito pepita, o patamar, o ajuste, e a amplitude do variograma.

No processo de interpolação por krigagem, no caso do conjunto de variáveis apresentarem distribuição normal dos dados ou com z negativo ou assimetria negativa, foi feita a krigagem ordinária, ou seja, sem transformação dos dados. Onde a distribuição teve assimetria positiva pode ter havido a necessidade de se fazer a transformação dos dados para evitar a influência de poucos valores altos na estimativa dos pontos de vizinhança, sendo que todas as

⁴ As variáveis pontuais discretas, ou com distinções qualitativas ou de classes, tiveram mapas matriciais gerados a partir de modelagem das distâncias euclidianas dos pontos.

transformações alteraram a média e a variância dos dados das distribuições originais. São três os tipos de transformações de dados abordadas por Yamamoto e Landim (2013): a gaussiana, baseada na distribuição normal; a logarítmica, quando a distribuição dos dados das variáveis é lognormal e a indicadora, transformação não-linear, baseada em valores de corte, semelhante a uma distribuição de Bernoulli.

Neste trabalho foi utilizada os sistemas de krigagem simples (ou estacionário) e ordinária para determinar os ponderadores e pesos associados a cada um dos pontos estimadores (YAMAMOTO E LANDIM, 2013). Enquanto na krigagem simples é utilizada a estimativa ponderada de um local não amostrado em relação aos dois pontos mais próximos a krigagem ordinária é a krigagem simples mais a krigagem da média, onde é estimada a média em torno de uma região caracterizada por n pontos mais próximos, calculando assim o valor médio de uma superfície não valorada.

A figura 15 é um exemplo de interpolação utilizando a krigagem:

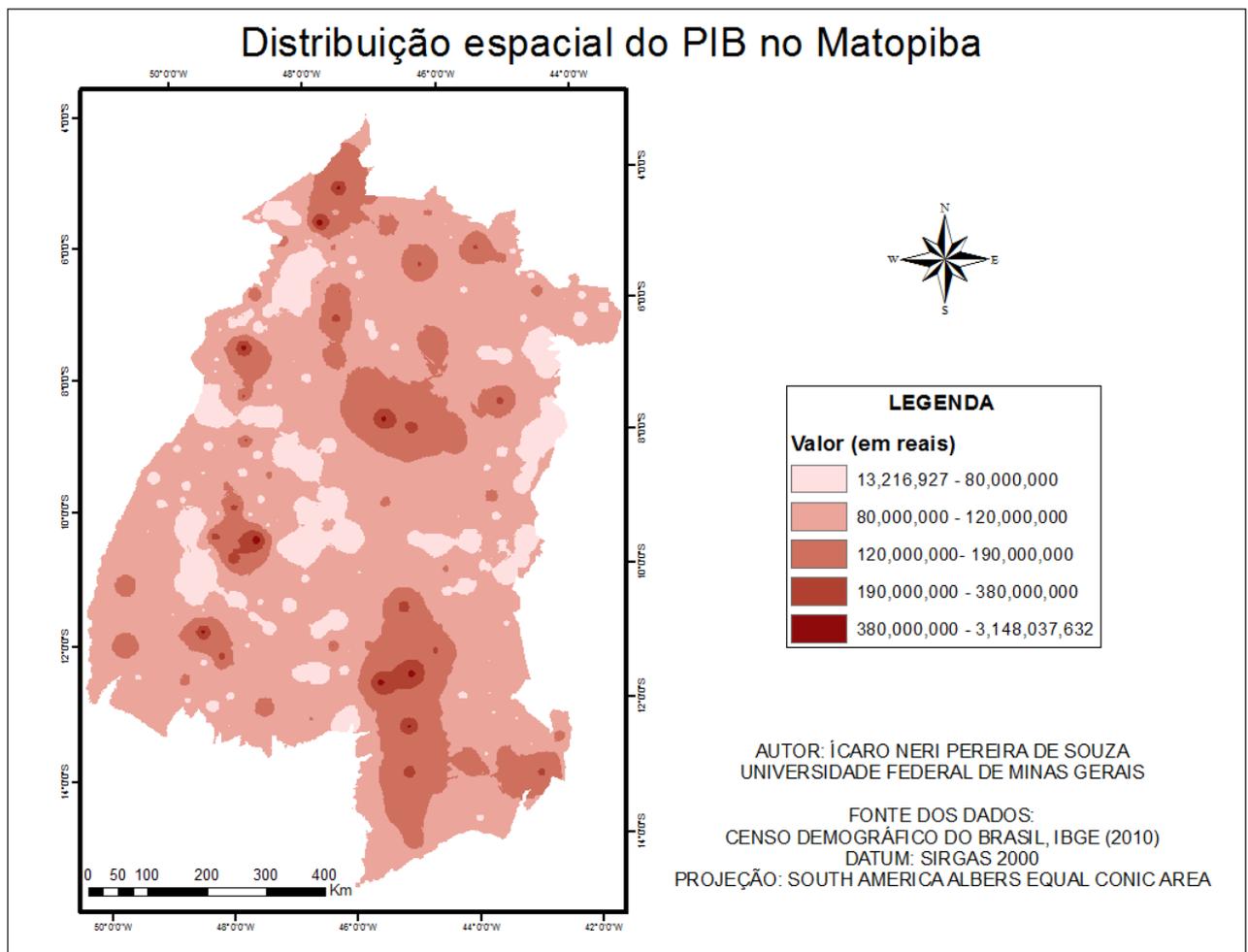


Figura 15: Distribuição espacial do Produto Interno Bruto (PIB) do Matopiba calculada via interpolação por Krigagem. As áreas com coloração mais escura apresentam PIB's maiores do que as áreas com coloração mais claras.

A criação dos rasters baseados em classes com base nos valores observados nas variáveis se deu em variáveis quantitativas e qualitativas de forma a agregar valores distintos em classes predefinidas. Como exemplo, foram unidos em classes únicas valores de declividade, que, inicialmente variavam de 0.01% até 100%, mas que no novo mapa foram unidos em classes de declividade, desde relevo plano (0 a 3%) até relevo montanhoso (acima de 75%). A figura 16 é uma imagem que representa a declividade na área de Matopiba, sendo os valores mais claros representando áreas de menor declividade e os valores mais escuros representando valores com maior declividade:

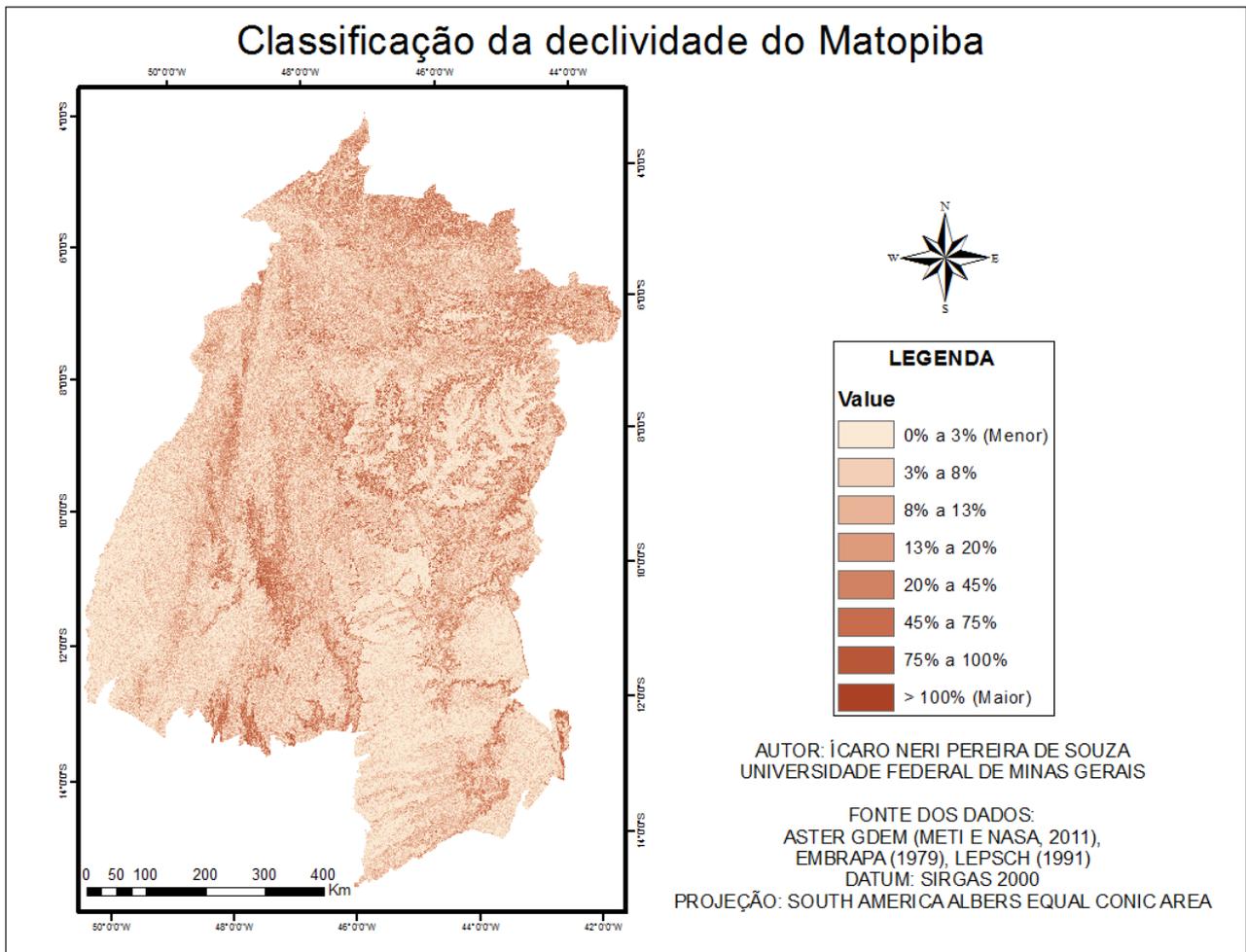


Figura 16: Classificação da declividade do Matopiba. As áreas mais escuras são áreas que apresentam maior declividade no relevo em detrimento das áreas com coloração mais clara.

Por fim, algumas variáveis qualitativas e quantitativas não tiveram nenhum tipo de processamento que agregasse valores, que os classificassem de acordo com alguma distância ou que fizesse alguma interpolação. Essas variáveis foram simplesmente convertidas de formato vetorial para formato raster, de acordo com a informação presente na sua fonte original. Foram convertidas nesse processo, por exemplo, as variáveis que continham a classificação pedológica do Matopiba, a localização das áreas com perda de cobertura vegetal e entre outras. A figura 17 é uma representação das unidades geomorfológicas do Matopiba, onde os polígonos em formato vetorial que delimitavam a área de cada unidade foram diretamente convertidos para formato raster, sendo que as cores representam cada unidade:

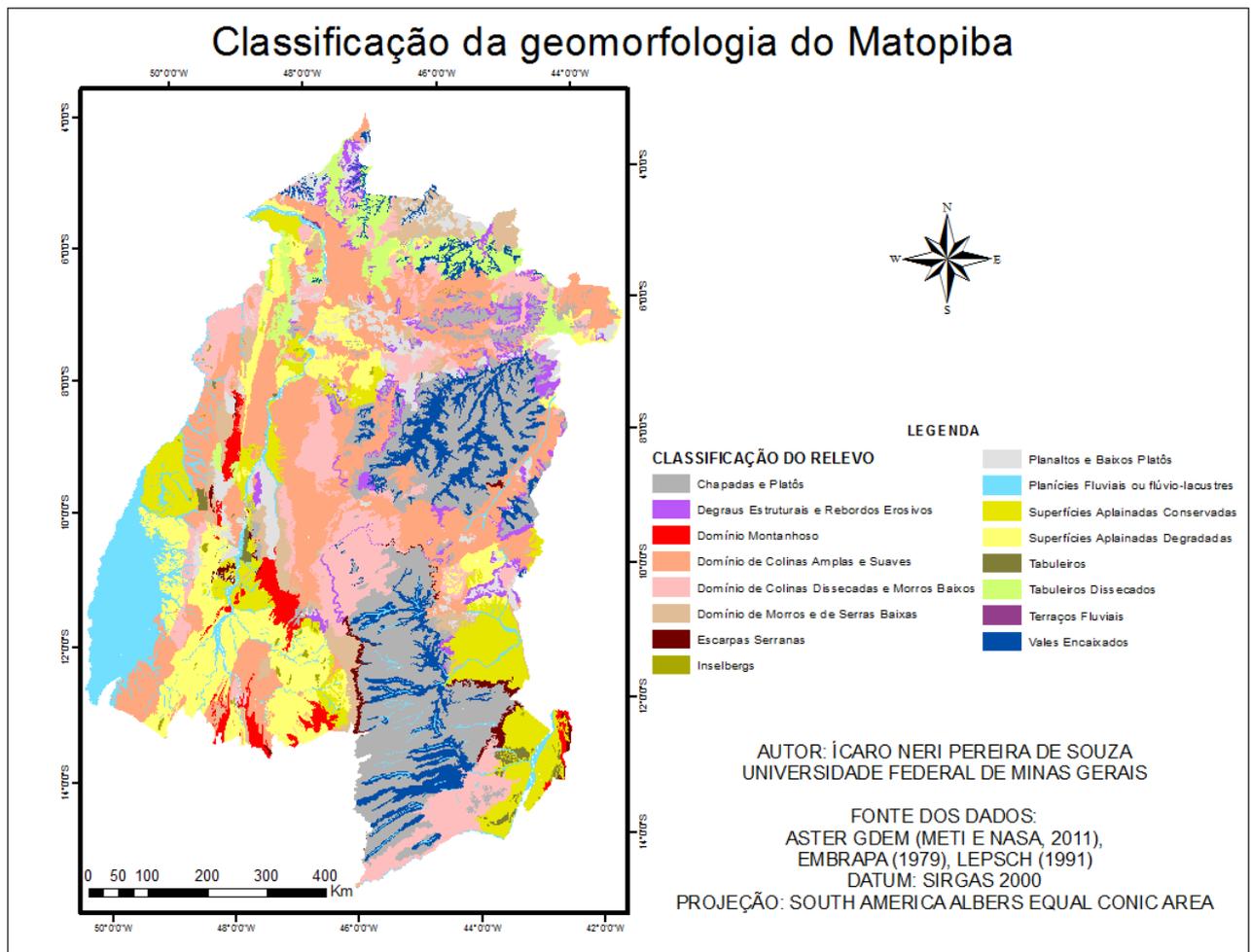


Figura 17: Classificação geomorfológica do Matopiba. Cada cor representa uma distinta unidade geomorfológica.

4.5 Processamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG

A etapa de processamento e modelagem espacial dos dados é a etapa no qual os dados passaram por uma série de análises e processamentos no software Dinamica EGO, buscando avaliar, dentre outras coisas, os padrões de mudanças de uso do solo, as variáveis que influenciaram tais mudanças e a quantificação da influência de cada variável nas mudanças da paisagem.

O modelo desenvolvido neste trabalho é chamado “modelo espacialmente explícito”, ou modelo de paisagem, baseado em mapas de uso e cobertura do solo (SOARES-FILHO *et al.* 2003). Neste trabalho foi produzida uma modelagem determinística: nesta modelagem as relações são previsíveis, ou calculáveis, entre o conjunto de variáveis independentes e dependentes a partir da qual as suas conseqüências podem ser deduzidas pela argumentação matemática. Ao contrário dos modelos determinísticos, os modelos probabilísticos ou estocásticos têm como característica além do uso de expressões que envolvem variáveis,

parâmetros e constantes matemáticas, o uso de um ou mais componentes aleatórios resultantes de flutuações imprevisíveis dos dados de observação ou experimentação (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Além disto, a modelagem utilizada neste trabalho é uma modelagem dinâmica: onde as mudanças ao longo do tempo e interações podem ser simuladas e o tempo é um fator a ser considerado. Em modelos estáticos, as simulações procuram analisar os processos independentes do tempo (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Utilizando os mapas de uso e cobertura do solo fornecido por IBGE (2016) e das variáveis e da modelagem descritas nos apêndices 1e 3 dessa dissertação, foram desenvolvidos uma série de processamentos no software Dinamica EGO, de modo a quantificar e especializar as mudanças na cobertura e uso do solo do Matopiba, além de entender o papel das variáveis nessas mudanças e a geração de diferentes cenários, considerando o papel das infraestruturas de transporte.

A modelagem desenvolvida neste trabalho foi toda desenvolvida em *softwares*, em ambiente virtual, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Esta modelagem conta com o uso de computadores, por meio de cálculos matemáticos e formulações desenvolvidas utilizando dados geográficos e bancos de dados georreferenciados. A simulação foi baseada nos mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016) e do modelo OTIMIZAGRO (SOARES-FILHO *et al.* 2016).

Segundo Soares-Filho *et al.* (2016, p.3):

O Otimizagro é um modelo espacialmente explícito que abrange todo o território brasileiro e que simula o uso do solo, as mudanças de uso e cobertura do solo, silvicultura, desmatamento, rebrota e as emissões de carbono associadas sob vários cenários de demanda por agricultura e desmatamento para o Brasil. O modelo simula nove culturas atuais (i.e. soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, trigo, feijão, arroz, mandioca e tabaco), incluindo cultura única e dupla; cinco culturas perenes (café arábica, café robusta, laranja, banana e cacau) e florestas plantadas. O modelo foi desenvolvido na plataforma Dinamica EGO (SOARES-FILHO *et al.*, 2016, p.3, tradução nossa).

O modelo OTIMIZAGRO apresenta uma simulação para o uso futuro da terra da expansão agropecuária baseado em projeção para o ano 2024, extrapolado para a data de 2030, usando tendências históricas verificadas no período 1994 e 2013.

O fluxograma apresentado na Figura 18 ilustra os passos utilizados nesta etapa do trabalho:

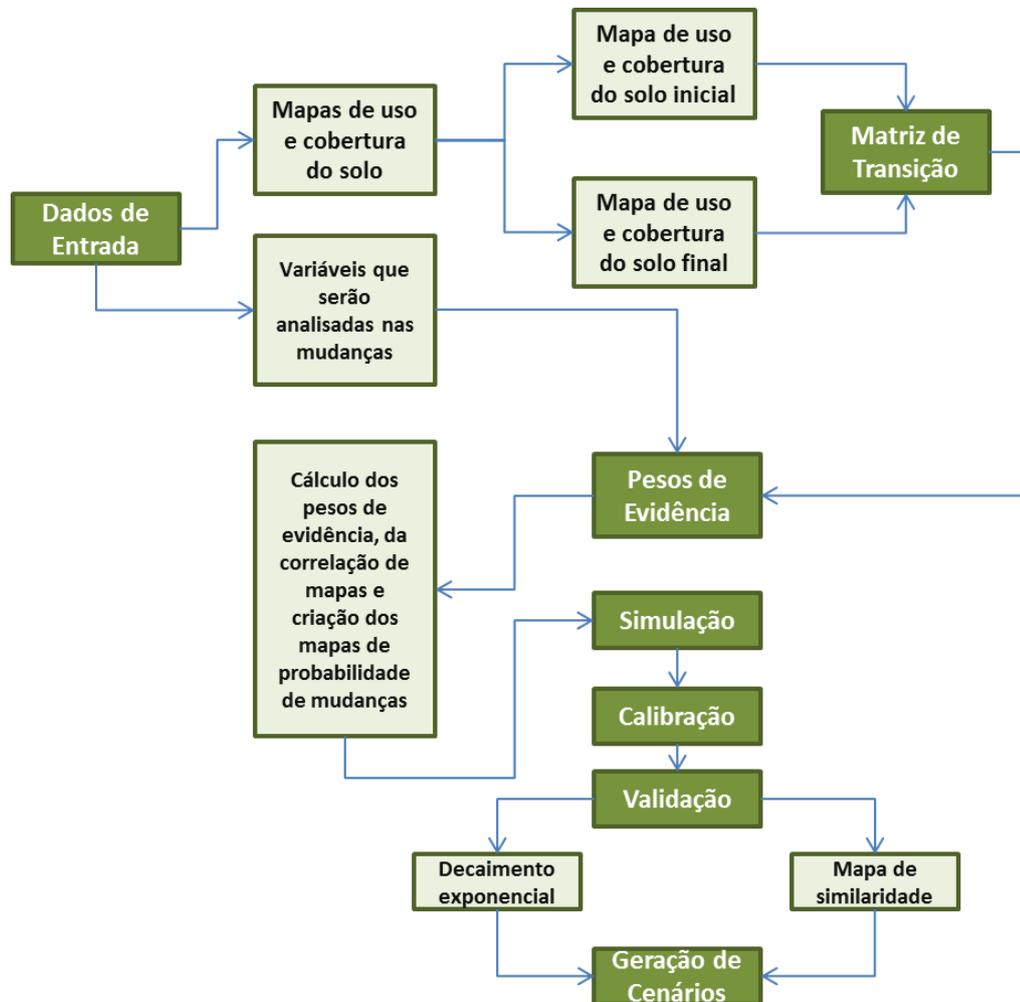


Figura 18: Passos do processamento e modelagem espacial dos dados em ambiente SIG

4.5.1 Definição das classes

Todo o contexto da modelagem preconizado neste trabalho tem como origem os mapas de cobertura e uso do solo publicados pelo IBGE referente aos anos 2000, 2010 e 2012 (vide seção 4.2). Originalmente os mapas cobrem todo o território nacional e concentram 14 classes temáticas de padrões de cobertura e uso do solo. Contudo, 13 das 14 classes foram identificadas na área de estudo, sendo que 11 apresentaram mudanças de uso do solo. As

únicas classes que não apresentaram nenhuma mudança foram as classes “área úmida” e “corpo d’água continental”.

As classes de uso do solo que tiveram mudanças consideradas no trabalho foram: Área artificial, área agrícola, pastagem com manejo, mosaico de área agrícola com remanescentes florestais, silvicultura, vegetação florestal, mosaico de atividade florestal com atividade agrícola, vegetação campestre, pastagem natural, mosaico de área agrícola com remanescentes campestres e áreas descobertas. Uma descrição das classes de uso do solo consideradas está no apêndice B dessa dissertação. Vale ressaltar que, mesmo entendendo que algumas das classes acima apresentadas possam acarretar duplicidade ou subjetividade na interpretação das informações, o presente trabalho optou em utilizar a tipologia oficialmente proposta pelo IBGE. Como justificativa, acredita-se que o modelo aqui descrito possa ser replicado ou aperfeiçoado em novos estudos, e que qualquer tentativa de padronização de novas classes temáticas diferentes das oficiais pode desestimular o uso do modelo.

4.5.2 Cálculo das matrizes de transição entre as classes

Os dados de referência de uso e cobertura do solo para as três datas distintas (2000, 2010 e 2012) foram utilizados para computar a matriz de transição das classes para cada variável estudada. Os cálculos levaram em consideração a possível influência das infraestruturas ferroviárias de transporte presentes e planejadas para a região, como a Ferrovia Norte-Sul à Oeste, a Ferrovia Transnordestina na porção norte e Ferrovia da Integração Oeste-Leste na porção sul..Foram então geradas as matrizes de transição de mudanças do uso do solo (para todo o período analisado e para ano a ano). A matriz de transição apresentou duas taxas: uma líquida, que representa as mudanças totais entre as classes de uso do solo para todo o período analisado, e uma bruta, especificada por unidade de área para o período de tempo (SOARES-FILHO *et al.*, 2009).

4.5.3 Cálculo dos pesos de evidência

Com as matrizes de transição calculadas e considerando também as variáveis modeladas anteriormente foram então verificados os pesos de cada uma destas variáveis em cada uma das mudanças de classe utilizando o cálculo de "pesos de evidência" (GOODACRE, 1993; BONHAM-CARTER, 1994). Esse cálculo indicou a relação entre a localização, à distância da variável ou o valor da variável na mudança de uma classe de uso e cobertura do solo para outra. Este é a principal parte da dissertação, pois este método, se não consegue indicar com

definir com 100% de certeza a influencia de variáveis em fenômenos espaciais, ao menos fornece subsídios para análises nesses sentido, possibilitando estudar, compreender e levantar questões quanto ao papel das infraestruturas ferroviárias de transporte nas mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba.

O método de pesos de evidência é um método bayesiano no qual o efeito de uma variável espacial em uma transição é calculado independentemente de uma solução combinada (SOARES-FILHO *et al.* 2009). Singer e Kouda (1999) afirmam que a proposta do método de pesos de evidência é produzir mapas mostrando a probabilidade de existência de determinadas categorias e a incerteza associada das probabilidades estimadas. Para explicar como funciona o método Singer e Kouda (1999) usam o exemplo de um depósito mineral: Numa pequena área denominada por A numa região há um depósito mineral denominado por D e uma evidência E associada com esse depósito. Tal evidência pode ser, por exemplo, um tipo de rocha. Um aspecto chave da exploração mineral e da avaliação de recursos pode ser expresso como a probabilidade de (P) que a área A contenha um depósito D dado que A contenha a evidência E. A “tradução matemática” pode ser descrita assim:

$$P \{A \text{ contém depósito } D \mid A \text{ contém evidência } E\}$$

Em resumo, Singer e Kouda (1999) explicam que a probabilidade de existência de evidência E seria a proporção de todas as áreas contendo a evidência E. Por exemplo, se em três áreas D duas contém ou estão presentes em áreas com a evidência E, a probabilidade de um tipo de rocha influenciar na existência de um depósito mineral é de 0.67 (67%). Soares-Filho (*et al.*, 2009) descreve a fórmula de pesos de evidência quando existem mais de uma variável a ser analisada como possível evidência de uma transição de classes de uso e cobertura do solo:

$$P\{i \rightarrow j \mid B \cap C \cap D \dots \cap N\} = \frac{e^{\sum w_N}}{1 + e^{\sum w_N}}$$

Onde: $i \Rightarrow j$ é uma mudança de uso e cobertura do solo, sendo i e j classes, e B,C,D o conjunto de dados espaciais a serem medidos na localização x,y e representados pelo seu peso W_+^N

Segundo Soares-Filho (*et al.* 2003) o peso de evidência de uma variável numa transição representa a influência de cada faixa de valores de certa variável (como por exemplo, a distância para uma variável, o tipo de solo e etc.) nas probabilidades espaciais de transição.

Pode se analisar, por exemplo, a influência da distância para um pátio ferroviário na mudança de classe de vegetação florestal para uso agrícola.

As análises sobre as influências das variáveis pelo método de pesos de evidência, dentre outras análises, serão feitas utilizando o software Dinamica EGO (RODRIGUES *et al.* 2007). Com o objetivo de ser uma plataforma para modelagem de mudanças ambientais, este software utiliza a abordagem orientada ao espaço de autômatos celulares, que segundo Soares-Filho (*et al.* 2003):

“correspondem a engenhos compostos por conjuntos de células que imprimem determinados movimentos, assemelhando-se a seres animados. Em geral, o mecanismo de autômatos celulares consiste num arranjo n-dimensionais de células, no qual o estado de cada célula depende de seu estado prévio e de um conjunto de regras de transição, de acordo com um arranjo específico de uma certa vizinhança, sendo todas as células atualizadas simultaneamente a passos discretos de tempo”.

Assim, o software Dinamica EGO faz simulações que propiciam mudanças no espaço e no tempo dos dados analisados, possibilitando assim análises que quantifiquem o papel de cada variável e de cada mancha simulada em todo este processo analisando inclusive cenários diferentes do que verificado na modelagem desenvolvida.

Para se calcular os pesos de evidência foram selecionados valores em cada uma das variáveis para se definir o intervalo considerado para o cálculo: como por exemplo, foi selecionado o valor de 100 metros como intervalo mínimo de análise para as variáveis modeladas em distância euclidiana. As variáveis categóricas, ou seja, aquelas variáveis definidas por classes, ou categorias (como as classes de declividade, a vegetação ou a classificação pedológica) tiveram as suas análises baseadas nas classes ou categorias contidas na variável.

Com o cálculo e a análise dos pesos de evidência concluídos foi analisada a correlação entre os mapas. De acordo com Soares-Filho *et al.*(2009, p.69) “a única suposição necessária ao método dos Pesos de Evidência é que os mapas de entrada devem ser espacialmente independentes”, ou seja, não apresentando correlação espacial entre si. Neste caso, algumas variáveis correlatas devem ser excluídas, para não enviesar o cálculo dos pesos de evidência. No software Dinamica EGO o operador “*Determine Weights of Evidence Correlation*” executa testes em pares em mapas categóricos para verificar a independência. São

empregados os métodos Chi², Crammers, Contingência, Entropia e Joint Information Uncertainty (BONHAM-CARTER, 1994; SOARES-FILHO *et al*, 2009).

Com os cálculos dos pesos de evidência concluídos foram executadas as simulações de uso e cobertura do solo, as validações e as simulações dos cenários das modelagens.

4.5.4 Simulações dos cenários de referências e validação do modelo

Com o peso das variáveis parametrizado a etapa posterior do trabalho foi a geração de uma simulação para a área estudada para a data final de análise a ser definida. Foram geradas simulações a partir do ano 2000 tanto para o ano de 2010 e quanto para o ano de 2012. Tais simulações foram usadas posteriormente para a validação do modelo gerado e também para um procedimento de diminuição das distorções observadas no mapa simulado com a “realidade” (o mapa de uso e cobertura do solo de IBGE, 2016), processo esse chamado de “calibração”. No *software* Dinamica EGO existem dois parâmetros que controlam a transição empregada nas simulações: os *functores* *Patcher* e *Expander*. A função *Expander* é responsável pela expansão ou contração de manchas⁵ previamente existentes de certa classe de uso do solo enquanto a função *Patcher* destina-se para a criação de novas manchas (DELANEZE *et al.*, 2011). No presente trabalho, entende-se como manchas, por exemplo, os pontos de surgimento de alguma classe de uso e cobertura do solo definida em IBGE (2016), e que com as iterações desenvolvidas no modelo, podem permanecer na forma e no local e ao longos dos anos, podem desaparecer, aumentarem de tamanho ou se deslocarem ao longo do tempo.

No procedimento de calibração, que utiliza a lógica *Fuzzy* (Hagen, 2003) para a sua validação, ou seja, a comparação do mapa gerado a partir da simulação via ambiente SIG com o mapa do uso do solo da área estudada na data final de análise, foram gerados mapas de similaridade e diferença e a comparação resulta numa janela de decaimento exponencial, que mostra os índices de similaridade do mapa modelado com o mapa real do estado em janelas de tamanhos de 1x1 pixels, 3x3 pixels, 5x5 pixels, 7x7 pixels, 9x9 pixels e 11x11 pixels. A lógica *Fuzzy*, segundo Oliveira (2013), pode ser definida como uma metodologia de caracterização de classes, que por várias razões não tem ou não podem definir limites rígidos entre as classes. A validação por lógica *Fuzzy* indicou as áreas onde o modelo utilizado teve maior ou menor

⁵ O conceito geográfico de mancha está relacionado a estudos de ecologia da paisagem. Manchas correspondem a pequenas porções isoladas que se contrastam com os corredores (feições da paisagem que estão interligadas) e também com a matriz dominante (objetos predominantes na cena e que correspondem a formação contínua).

índice de acerto, sendo considerada a sua média final e uma análise ocular para verificar a validade do modelo. Caso apresente muitos erros ou janelas de similaridade consideradas baixas ou não satisfatória, terão que ocorrer mudanças nos pesos das variáveis utilizadas no trabalho e até mesmo destas variáveis até se chegar num nível aceitável de calibração. Também foram utilizadas como validação a análise dos tamanhos das classes geradas e a sua localização.

4.6 Geração de cenários e de mapas analíticos

Por fim foram gerados mapas simulando a paisagem futura para a área de estudos, utilizando as classes de uso do solo definidas por IBGE (2016), tanto considerando uma modelagem “limpa”, sem nenhuma calibração feita para dar ênfase ao peso da infraestrutura ferroviária de transportes (mas, se necessário, com calibrações feitas para aperfeiçoar o modelo de forma a este responder melhor à realidade) e tanto considerando uma modelagem com pesos de evidência alterados para dar ênfase ao papel das infraestruturas de transporte no futuro, simulando, por exemplo, como que poderia se dar algumas mudanças no uso e cobertura do solo caso da influência de um terminal intermodal ser aumentada. Os resultados foram comparados ao trabalho de Soares Filho *et al.* (2016).

Foram geradas duas modelagens: uma calibrada para o ano 2010, contando com 52 variáveis, e que foi uma primeira tentativa de compreender as mudanças de uso e cobertura do solo na área de estudos e a sua relação com as variáveis fornecidas no modelo. A segunda modelagem, calibrada para o ano 2012, contou com 67 variáveis e resultou de adequações e observações produzidas a partir dos resultados obtidos da modelagem calibrada para o ano 2010. Foram adicionadas variáveis principalmente fornecidas pelo modelo Otimizagro (SOARES-FILHO *et al.*, 2016) para o ano 2013 e que dizem respeito principalmente à produção agropecuária.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das discussões feitas e da metodologia abordada foram gerados dois modelos para a análise da mudança do uso e cobertura do solo no Matopiba, e para geração de cenários considerando uma maior influência das infraestruturas ferroviárias de transportes. O primeiro modelo gerado foi calibrado para o ano 2010 e validado para os anos 2010 e 2012 e serviu para uma seleção das variáveis e verificação de tendências de transições de classes de uso e cobertura do solo. A segunda modelagem serviu como o modelo espacial definitivo para este trabalho, frutos de melhorias na modelagem e seleção das variáveis a partir das análises e resultados vistos no segundo modelo. Ambos as modelagens serão conjuntamente analisadas para este trabalho, e os detalhes sobre as mesmas serão descritos nos próximos tópicos. Os primeiros resultados deste trabalho dizem respeito à quantificação das mudanças no uso e cobertura do solo no Matopiba.

5.1 Quantificações das mudanças do uso e cobertura do solo no Matopiba

Foram calculadas as matrizes de transição para as mudanças no uso e cobertura do solo para a área de estudos, no qual essas matrizes representam as taxas de mudanças de uma classe de cobertura do solo para outra.

Na área de estudos houve uma tendência geral de diminuição das áreas vegetadas em detrimento do crescimento das áreas com maior uso agropecuário. A classe de uso e cobertura do solo que, percentualmente, mais ganhou área, foi a classe Área Agrícola, codificada como "classe 2", enquanto que a classe que em área mais ganhou área em quilômetros quadrados foi a classe Pastagem com manejo, codificada como "3", que segundo IBGE (2016), "são locais destinados ao pastoreio de gado e outros animais, formados mediante plantio de forragens perenes, sujeitos a interferências antrópicas de alta intensidade, como limpeza da terra (destocamento e despedramento, calagem e adubação)".

A tabela 2 mostra, na área de estudos, o tamanho de cada classe de uso e cobertura do solo em quilômetros quadrados (km²) para os anos 2000, 2010 e 2012:

Classe	(Área km ²) 2000	(Área km ²) 2010	(Área km ²) 2012	Diferença 2000-2012	%2000-2012
1	874,27	1047,38	1063,57	189,3	21,65%
2	28677,63	43366,29	56118,9	27441,27	95,69%
3	42632,36	64615,57	73727,3	31094,94	72,94%
4	25216,24	26780,22	29399,1	4182,86	16,59%
5	392,41	340,78	367,55	-24,86	-6,34%
6	21505,34	16584,33	16160,1	-5345,24	-24,86%
7	50674,19	47446,74	42036,5	-8637,69	-17,05%
8	8923,58	7865,82	7111,29	-1812,29	-20,31%
9	20,45	20,45	20,45	0	0,00%
10	451812,81	420037,21	395020	-56792,81	-12,57%
11	11823,8	14421,31	21502,1	9678,3	81,85%
12	7188,67	7188,67	7188,67	0	0,00%
14	940,82	967,8	967,54	26,72	2,84%

Tabela 2: Tamanho das áreas em quilômetros quadrados das classes de uso e cobertura do solo na área de estudos para os anos de 2000, 2010 e 2012. Legenda: 1- Área Artificial, 2- Área Agrícola, 3- Pastagem com Manejo, 4- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais, 5- Silvicultura, 6- Vegetação Florestal, 7- Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola, 8- Vegetação Campestre, 10- Pastagem Natural, 11- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres, 12- Corpo d'água Continental, 14- Áreas Descobertas

Para o período 2000-2010 foram detectadas 68 mudanças entre classes de cobertura do solo na área de estudos, sendo que 12 destas mudanças apresentaram taxas relativas a perda ou ganho em área superiores a 1%. A tabela 3 mostra as mudanças de uso e cobertura do solo superior a 1%.

Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2010				Classe
Inicial	Final	Taxa	Área (km ²)	
5	2	13,45%	52,78	2. Área agrícola
8	10	11,83%	1055,66	3. Pastagem com manejo
6	3	8,83%	1898,92	4. Mosaico de área agrícola com remanescentes florestais
6	7	8,33%	1791,39	5. Silvicultura
5	10	7,04%	27,63	6. Vegetação florestal
7	3	6,56%	3324,23	7. Mosaico de vegetação florestal com área agrícola
6	4	5,09%	1094,62	8. Vegetação campestre
10	3	3,56%	16084,54	10. Pastagem natural
7	4	3,15%	1596,24	
10	2	3,08%	13915,83	
4	3	3,08%	776,66	
4	2	1,61%	405,98	

Tabela 3: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2010

Também foram calculadas transições para os períodos 2000-2012, base para o modelo calibrado para o ano de 2012. A tabela 4 mostra todas as transições ocorridas para este período que foram superiores a 1% da área da classe anterior:

Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2012				Classe
Inicial	Final	Taxa	Área (km ²)	
5	2	64,78%	254,22	1. Área artificial
8	10	20,09%	1792,89	2. Área agrícola
7	4	10,32%	5227,58	3. Pastagem com manejo
6	3	9,98%	2145,37	4. Mosaico de área agrícola com remanescentes florestais
7	3	9,54%	4833,67	5. Silvicultura
6	7	8,99%	1932,33	6. Vegetação florestal
5	10	6,73%	26,41	7. Mosaico de vegetação florestal com área agrícola
4	3	5,76%	1452,05	8. Vegetação campestre
10	2	5,72%	25853,31	10. Pastagem natural
10	3	5,04%	22777,93	11. Mosaico de área agrícola com remanescentes campestres
6	4	5,03%	1081,25	
4	2	2,51%	632,73	
10	11	2,15%	9711,03	
1	4	1,15%	10,08	
7	2	1,05%	530,27	

Tabela 4: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo acima de 1% para o período 2000/2010

Em relação às mudanças de classe, houve uma intensificação de certas mudanças no período 2010-2012 a ponto que, nos últimos dois anos analisados (referentes ao período 2010-2012), certas transições foram mais intensas do que nos 10 anos anteriores. A tabela 5 mostra, respectivamente, a taxa da classe de uso e cobertura do solo inicial que sofreu transição para uma classe final no período 2000/2012, o total em quilômetros quadrados de área que representa esta mudança, a área alterada no período 2000/2010, a área alterada no período 2010/2012 e por fim a porcentagem em que as mudanças no período 2010/2012 representaram na totalidade da transição de classe:

Mudanças de classe de uso e cobertura do solo para os períodos de 2000 a 2010 e a 2012 por área e porcentagem						
Inicial	Final	Taxa (00/12)	Area (km ²) 2000/2012	Area (km ²) 2000/2010	Area (km ²) 2010/2012	% (2000/2010-2012)
5	2	64,78%	254,22	52,78	201,44	79,24%
8	10	20,09%	1792,89	1055,66	737,23	41,12%
7	4	10,32%	5227,58	1596,24	3631,34	69,47%
6	3	9,98%	2145,37	1898,92	246,45	11,49%
7	3	9,54%	4833,67	3324,23	1509,44	31,23%
6	7	8,99%	1932,33	1791,39	140,94	7,29%
5	10	6,73%	26,41	27,63	-1,22	-4,60%
4	3	5,76%	1452,05	776,66	675,39	46,51%
10	2	5,72%	25853,31	13915,83	11937,48	46,17%
10	3	5,04%	22777,93	16084,54	6693,39	29,39%
6	4	5,03%	1081,25	1094,62	-13,37	-1,24%
4	2	2,51%	632,73	405,98	226,75	35,84%
10	11	2,15%	9711,03	2620,51	7090,52	73,02%
1	4	1,15%	10,08	2,27	7,81	77,45%
7	2	1,05%	530,27	207,76	322,51	60,82%

Tabela 5: Mudanças de classe de uso e cobertura do solo para os períodos de 2000/2010, 2000/2012 e 2010/2012. Legenda: 1- Área Artificial, 2- Área Agrícola, 3- Pastagem com Manejo, 4- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais, 5- Silvicultura, 6- Vegetação Florestal, 7- Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola, 8- Vegetação Campestre, 10- Pastagem Natural, 11- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres

A partir das análises das distintas transições entre os períodos analisados se percebe que, por exemplo, 79,24% das mudanças da classe "Silvicultura" para "Área Agrícola" se deu no período 2010/2012, enquanto 46,17% das mudanças "Pastagem Natural" também para área agrícola ocorrerem nesse período. Os dados indicam que as mudanças de uso e cobertura do solo de classes que representam áreas naturais ou vegetadas para classes que representam uso agropecuário se intensificaram no período 2010/2012.

Dada essa dinâmica distinta de transição de classes entre os períodos analisados, os modelos propostos para esse trabalho tomaram caracteres também distintos: primeiro com um cenário conservador, quando calibrado para o ano de 2010, na medida em que as transições foram menos abruptas, e posteriormente com cenário intensificado, quando calibrado para o ano de 2012, ano em que se notam mudanças mais acentuadas.

Em relação à localização espacial das transições, para ilustrar esta dinâmica na área de estudos, foram selecionadas cinco classes que melhor explicam as mudanças: área agrícola, pastagem com manejo, mosaico de vegetação florestal com área agrícola, pastagem natural e mosaico de área agrícola com remanescentes campestre. A seleção dessas classes foi baseada

no tamanho e na porcentagem da área afetada, bem como por melhor representarem as áreas agrícolas e vegetadas.

5.2 Descrição geográfica analítica das classes e suas respectivas transformações

A descrição geográfica analítica das classes de cobertura do solo e de suas respectivas transformações foi um passo vital para a formulação da base de conhecimento utilizado na modelagem apresentada neste trabalho. Questões como “onde”, “quando” e “quanto” foram fundamentais para a formulação do modelo.

A classe "área agrícola" apresenta três principais áreas de localização e expansão: uma localizada ao sul dos Estados do Maranhão e do Piauí, outra localizada ao oeste do Estado da Bahia e por fim uma área localizada no estado do Tocantins, com diversas manchas espalhadas em torno do Rio Tocantins e do traçado da Ferrovia Norte-Sul. A classe "área agrícola", segundo IBGE (2016), corresponde a áreas onde "mais de 75% do polígono é ocupado por lavouras temporárias e lavouras permanentes [...] sendo a terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e *commodities* do agronegócio [...]. Podendo ser representada por zonas agrícolas heterogêneas ou extensas áreas de *plantations*."

A classe "pastagem com manejo" é a classe que representa as áreas com destinação ao pastoreio de gado e de outros animais, com vegetação herbácea cultivada (IBGE, 2016). Com forte presença no estado do Tocantins, sua localização se dá, no ano 2000, principalmente ao sul e a noroeste deste estado, além da porção leste do Maranhão. No mapa do ano de 2010 há um espraiamento e surgimento de novas manchas ao centro do Tocantins e no ano de 2012 há, além do aumento das áreas anteriormente existentes, a criação de novas e expressivas manchas ao centro-oeste do Tocantins e ao rumo do sul do Estado do Maranhão.

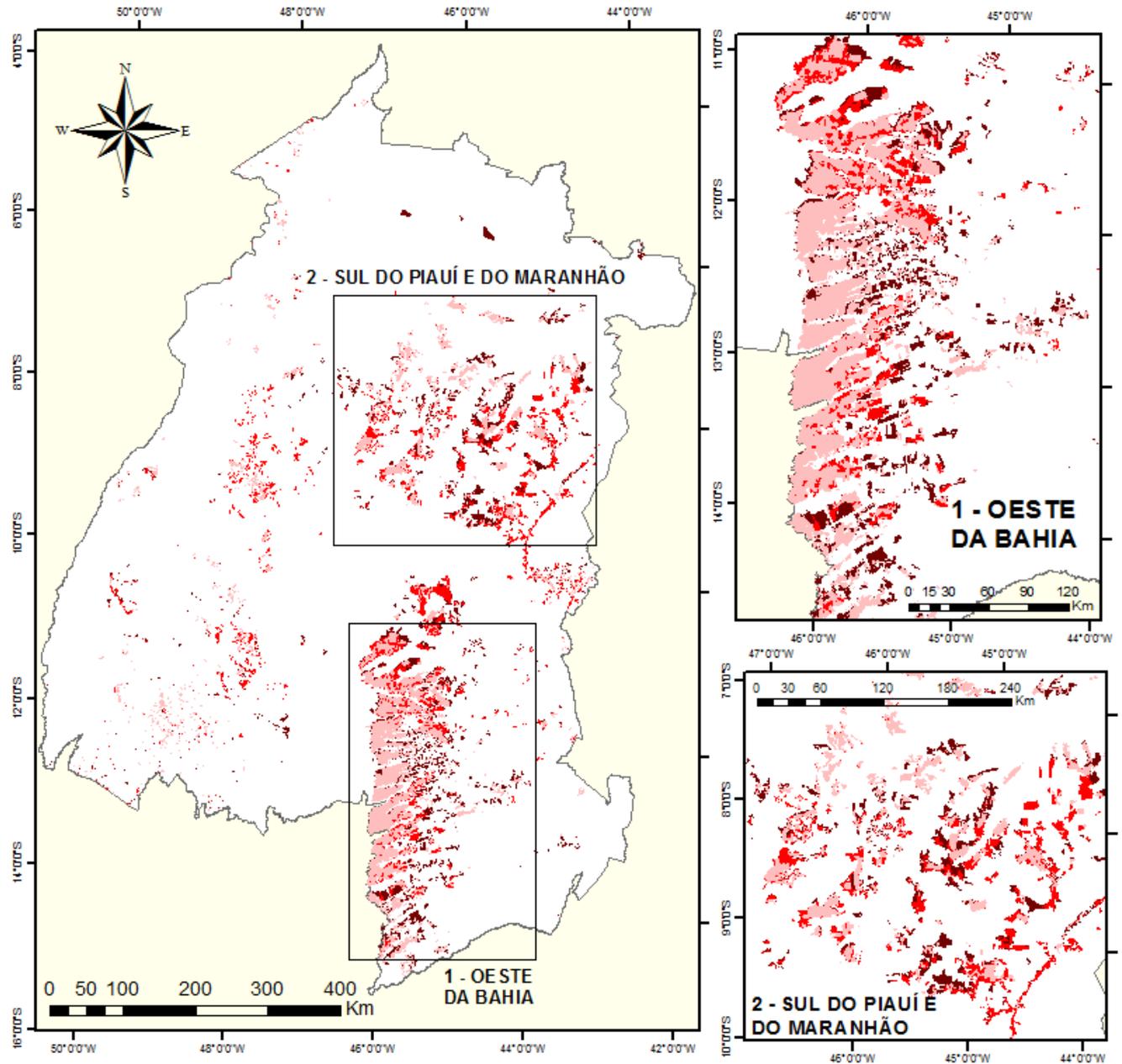
A classe "mosaico de vegetação florestal com área agrícola" é a classe que representa as áreas "que contenham mais de 50% e menos de 75% do polígono ocupado com vegetação florestal e o restante ocupado por mosaicos de lavouras temporárias [...], lavouras permanentes e/ou silvicultura" (IBGE, 2016), sendo assim, uma classe que representa a localização de áreas que apresentam um considerável índice de conservação das áreas vegetadas. É uma classe cujas áreas estão espalhadas principalmente no Estado do Maranhão, no Estado do Tocantins (em torno da planície do Rio Tocantins e do traçado da Ferrovia Norte-Sul) e também ao sul

do Piauí, além de manchas na Bahia. Está havendo uma diminuição destas áreas, sendo que no período 2000/2012 suas áreas diminuíram em 17,05%.

A classe "pastagem natural" é a "área ocupada por vegetação campestre (natural) sujeita a pastoreio e outras interferências antrópicas de baixa intensidade" (IBGE, 2016). Essa é a classe que, junto com a classe "vegetação campestre" mostra a localização das áreas das vegetações do bioma Cerrado na área de estudo. É a classe que mais perdeu área no período 2000/2012, com perdas de 56792,81 km², que representam 12,57% da área que essa classe ocupava no ano 2000. Sua localização se dá praticamente em toda a área de estudo, só não estando presente principalmente nas áreas com manchas agrícolas ao oeste do estado da Bahia, nas áreas com vegetação florestal na Ilha do Bananal, no estado do Tocantins, e nas áreas de pastoreio representadas pela classe "pastagem com manejo". Suas perdas territoriais se dão principalmente no Estado da Bahia, a oeste e ao centro, e no sul dos estados do Maranhão e Piauí. Representando principalmente áreas do bioma Cerrado, essa classe apresentou grandes perdas territoriais, e mesmo a classificação de IBGE (2016), utilizando a nomenclatura "pastagem natural" ao invés de algum nome que visasse o caráter vegetacional dessas áreas, mostra a intencionalidade do poder público juntamente com agentes privados de apresentar uma ocupação da mesma para usos humanos, no que diz respeito à agricultura.

A classe "mosaico de áreas agrícolas com remanescentes campestres" representa as áreas que "contenham mais de 50% e menos de 75% do polígono ocupado para agricultura, pastagens e/ou silvicultura e o restante ocupado por remanescentes campestres" (IBGE, 2016). Sua localização principal se dá ao centro do Estado da Bahia. Foi uma classe que apresentou um enorme crescimento no período 2010/2012: sua área saltou de 14421,31 km² no ano 2010 para 21502,1 km² no ano 2012, representando um aumento de 81,85%. As figuras 19, 20, 21, 22 e 23 mostram a localização espacial das classes de uso e cobertura do solo descritas anteriormente nos anos 2000, 2010 e 2012:

Localização da classe "Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012



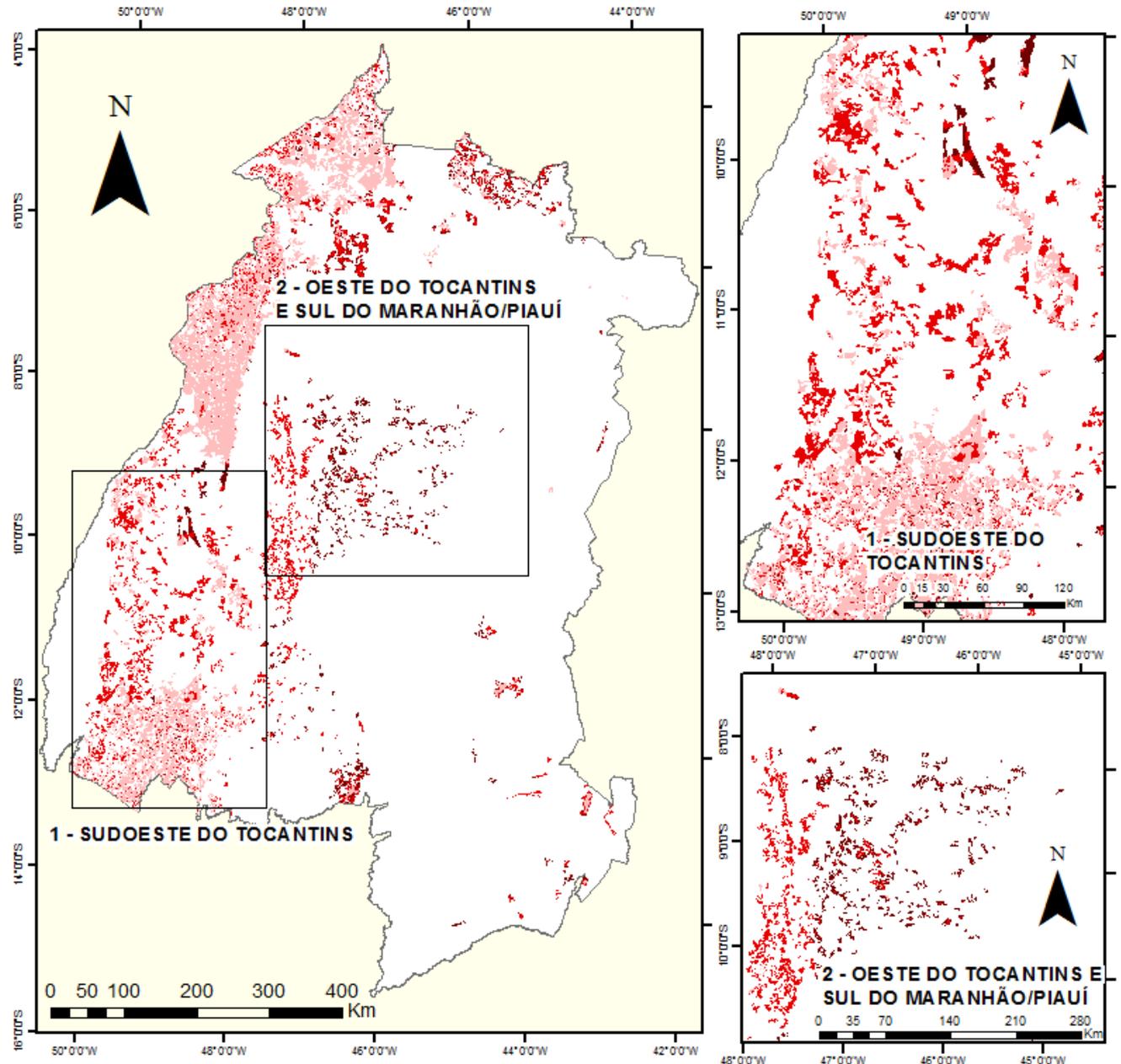
LEGENDA

- Ano 2000 - Área Agrícola
- Ano 2010 - Área Agrícola
- Ano 2012 - Área Agrícola
- Área de Estudos da Dissertação

Autor: Ícaro Neri Pereira de Souza
Universidade Federal de Minas Gerais
Datum: SIRGAS 2000
Projeção: South America Albers Equal Conic Area
Fonte dos dados:
IBGE. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra
2000 - 2010 - 2012 - 2014. Rio de Janeiro. 2016

Figura 19: Localização da classe "Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012

Localização da classe "Pastagem com Manejo" nos anos 2000, 2010 e 2012



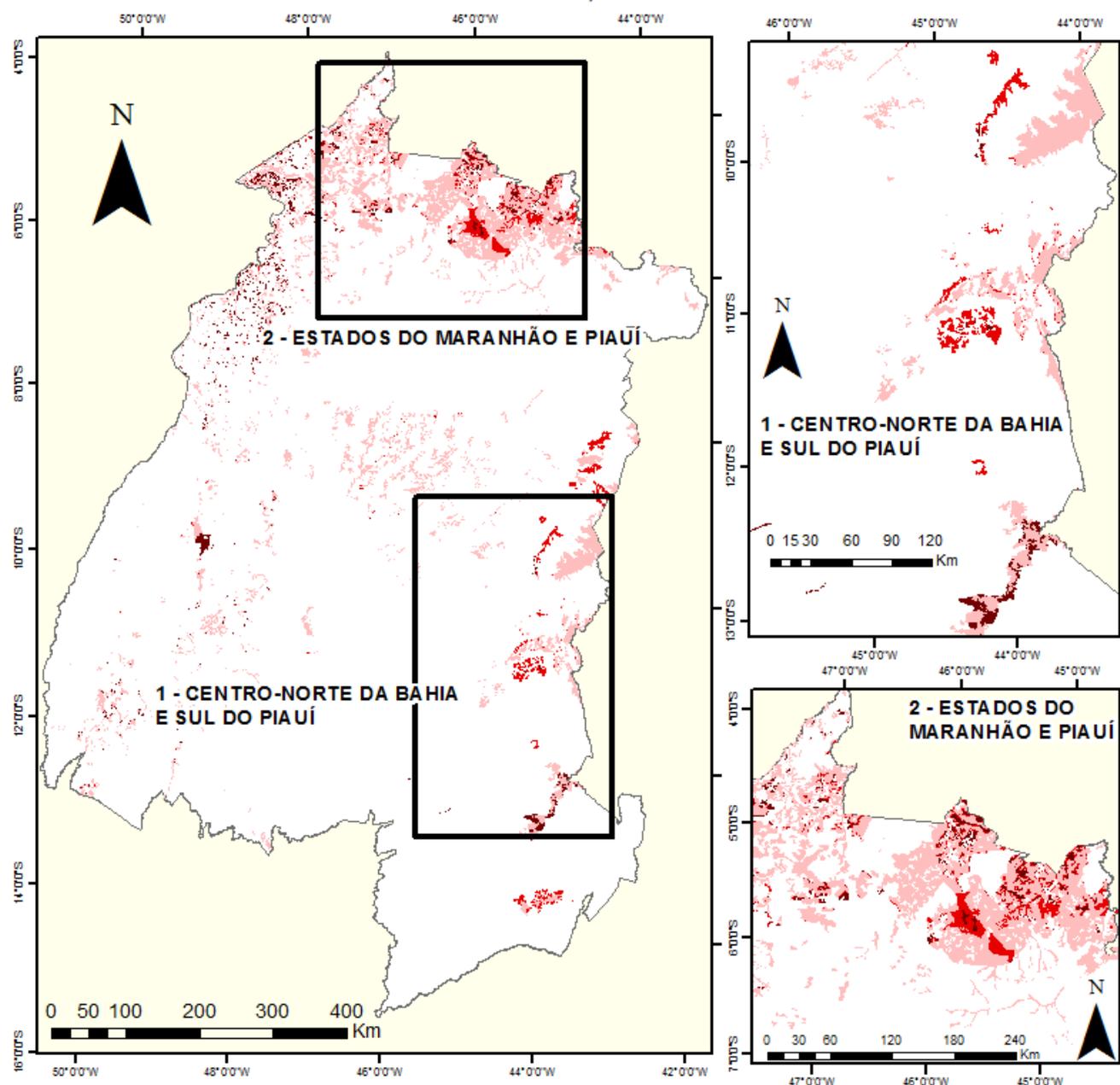
LEGENDA

- Ano 2000 - Pastagem com Manejo
- Ano 2010 - Pastagem com Manejo
- Ano 2012 - Pastagem com Manejo
- Área de Estudos da Dissertação

Autor: Ícaro Neri Pereira de Souza
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Datum: SIRGAS 2000
 Projeção: South America Albers Equal Conic Area
 Fonte dos dados:
 IBGE. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra
 2000 - 2010 - 2012 - 2014. Rio de Janeiro. 2016

Figura 20: Localização da classe "Pastagem com Manejo" nos anos 2000, 2010 e 2012

Localização da classe "Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012



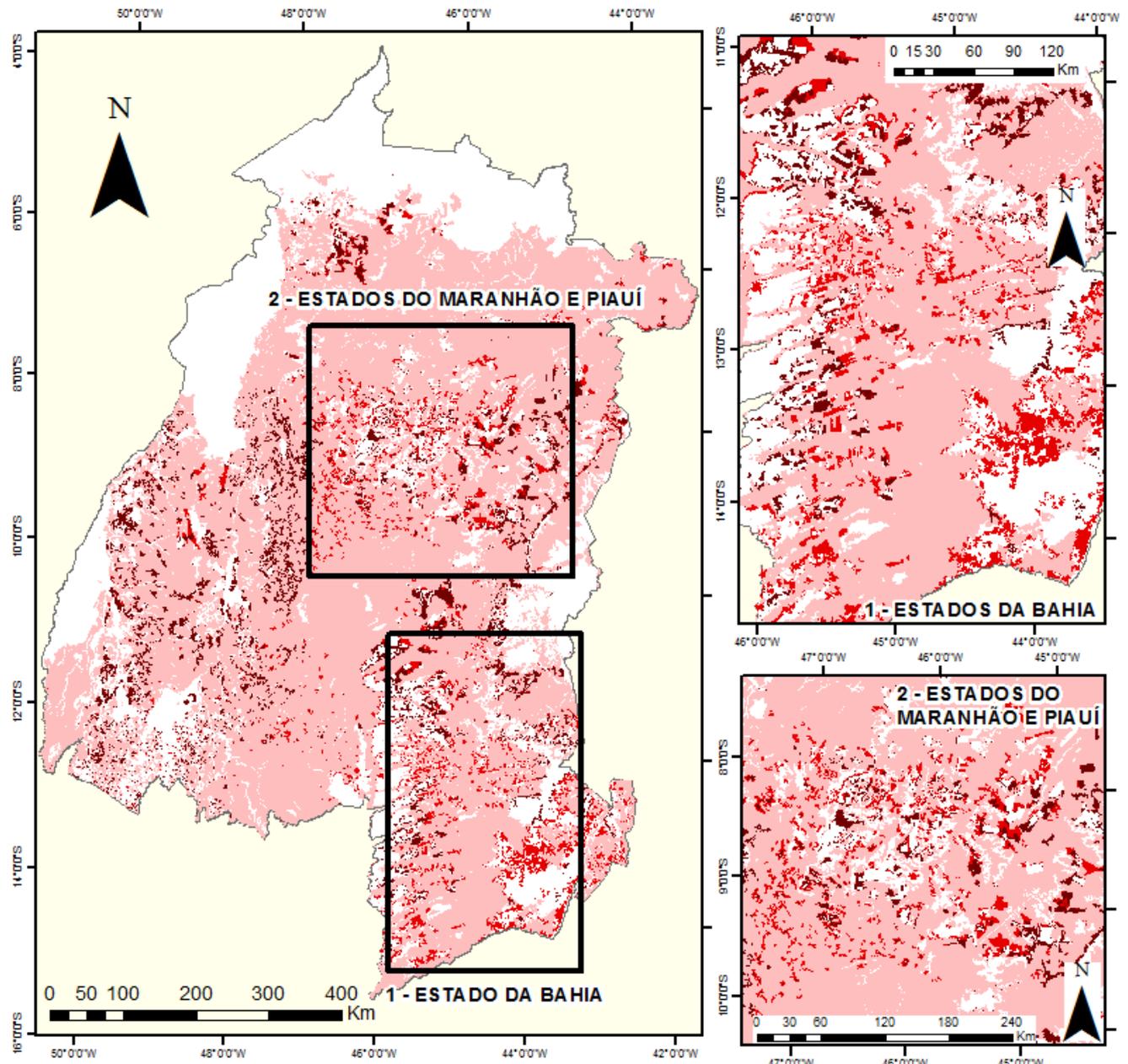
LEGENDA
MO SAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL
COM ÁREA AGRÍCOLA

- Ano 2012
- Ano 2010
- Ano 2000
- Área de Estudos da Dissertação

Autor: Ícaro Neri Pereira de Souza
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Datum: SIRGAS 2000
 Projeção: South America Albers Equal Conic Area
 Fonte dos dados:
 IBGE. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra
 2000 - 2010 - 2012 - 2014. Rio de Janeiro. 2016

Figura 21: Localização da classe "Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola" nos anos 2000, 2010 e 2012

Localização da classe "Pastagem Natural" nos anos 2000, 2010 e 2012



LEGENDA

- Ano 2012 - Pastagem Natural
- Ano 2010 - Pastagem Natural
- Ano 2000 - Pastagem Natural
- Área de Estudos da Dissertação

Autor: Ícaro Neri Pereira de Souza
Universidade Federal de Minas Gerais
Datum: SIRGAS 2000
Projeção: South America Albers Equal Conic Area
Fonte dos dados:
IBGE. Mudanças na Cobertura e Uso da Terra
2000 - 2010 - 2012 - 2014. Rio de Janeiro. 2016

Figura 22: Localização da classe "Pastagem Natural" nos anos 2000, 2010 e 2012

Localização da classe "Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres" nos anos 2000, 2010 e 2012

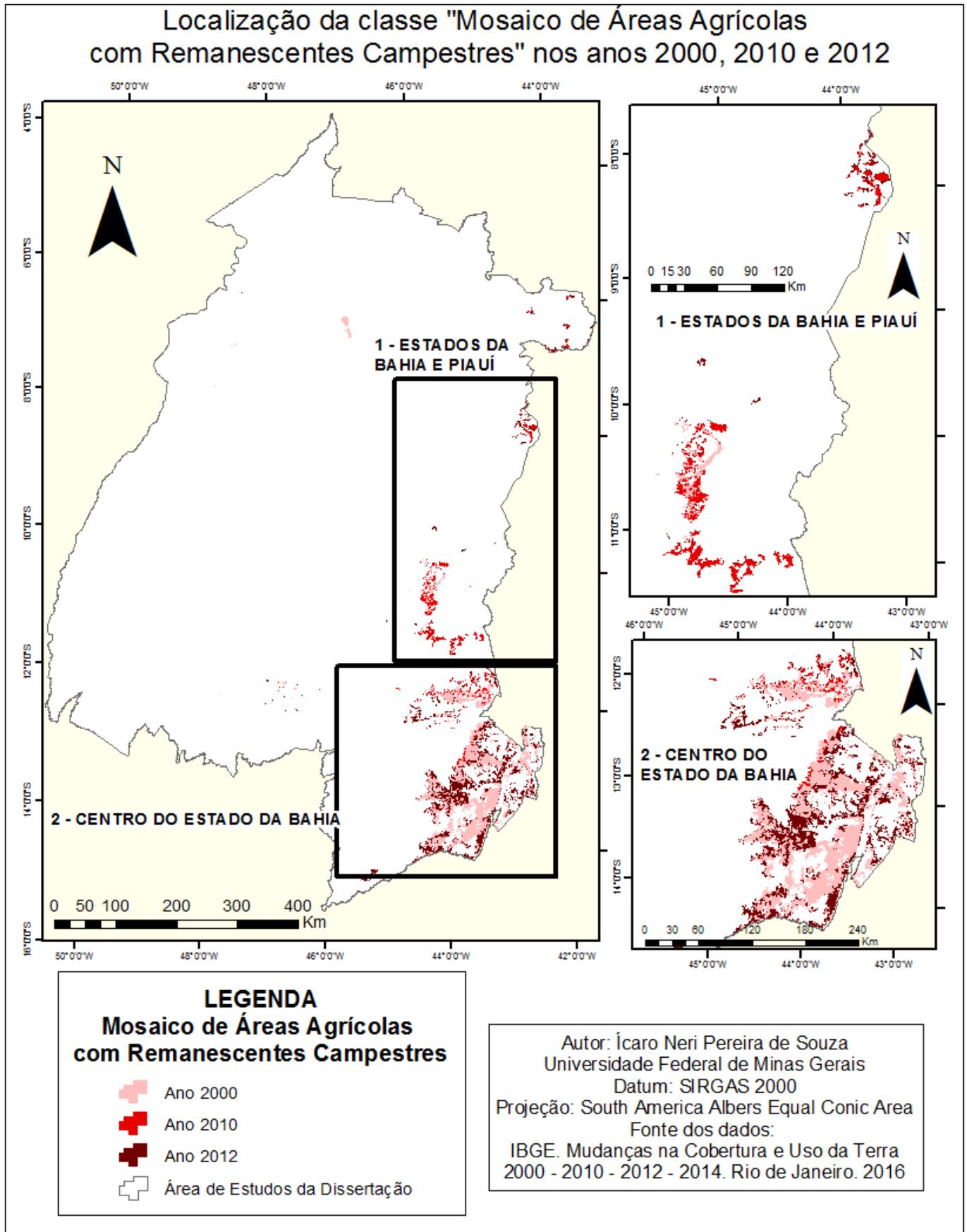


Figura 23: Localização da classe "Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres" nos anos 2000, 2010 e 2012

5.3 Modelo calibrado para o ano 2010

O modelo calibrado considerando o mapa de uso e cobertura da Terra de IBGE (2016) para o ano 2010 contou com 52 variáveis, listadas no apêndice 3 desta dissertação, nos quais estas variáveis foram distribuídas em sete categorias: variáveis socioeconômicas, sobre infraestrutura, produção agropecuária, quadro agrário, atividades econômicas, dados naturais e áreas protegidas (SNUC). Tais variáveis trazem distintas representações da área de estudos, tentando espacializar dados e informações referentes aos usos da terra, às dinâmicas físicas, vegetacionais, biogeográficas, e que tentam explicar a distribuição espacial da população e das distintas distribuições e dinâmicas socioeconômicas. Estas variáveis foram selecionadas a partir de uma listagem com mais de 200 variáveis, considerando critérios que contavam a distribuição espacial destas variáveis na área de estudos, a presença ou não desses dados na área de estudos e a suas respectivas quantificações na mesma. Esses dados, servindo de entrada no modelo, foram selecionados, numa análise quantitativa, para tentar explicar ao máximo as mudanças de uso e cobertura do solo presentes nos mapas de IBGE (2016).

Considerando as transições de classes de cobertura e uso do solo para o ano de 2010, onde foi verificado uma tendência de redução das áreas vegetadas e aumento das áreas agrícolas, esse modelo foi validado para tal data e também para o ano 2012. À partir deste ponto foram desenvolvidas simulações de cenários para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040. Apesar das metodologias de classificação de cobertura e uso do solo serem diferentes, o mapa do ano 2030 foi comparado ao mapa preditivo pra 2030 de cobertura e uso do solo computado pelo OTIMIZAGRO por Soares-Filho *et al.* (2016) com o objetivo de verificar e comparar as tendências de uso e cobertura da terra para esse ano presentes nos modelos. Como explicado no tópico "quantificações das mudanças no uso e cobertura do solo no Matopiba" esse modelo acabou tomando um viés conservacionista, ou menos agressivo em relação às áreas vegetadas do que o modelo calibrado para o ano de 2012.

Após a quantificação das transições entre as classes, foram calculados os "pesos de evidência" das variáveis nessas mudanças, seguindo a metodologia de Bonham-Carter (1994). É necessário explicar que esta é uma metodologia quantitativa, que chegou aos seus resultados considerando cálculos matemáticos sobre os pixels tanto das variáveis quanto das classes em ambiente SIG, não trazendo uma explicação de nenhum outro viés, ou de nenhuma outra vertente que não pelas variáveis utilizadas no modelo..

5.3.1 Análise descritiva dos resultados do modelo calibrado para 2010

As variáveis que mais repulsaram as mudanças de uso e cobertura do solo rumo ao uso voltado à agropecuária foram algumas que representam áreas do SNUC (BRASIL, Lei 9.985, 2000), como as terras indígenas (registradas e homologadas), refúgio da vida silvestre e parque nacional. Algumas infraestruturas apresentaram forte repulsão a essas mudanças, como as termelétricas, obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)⁶ em execução, e linhas de transmissão futuras. Os armazéns de silos e graneleiros também apresentaram repulsão à maioria dessas mudanças de uso e cobertura do solo, porém apresentaram boa atratividade à transição entre as classes Pastagem Natural e Área Agrícola. Também apresentaram forte repulsão às essas mudanças as áreas com declividade elevada.

Em relação às infraestruturas de transporte, a classe terminais intermodais repulsou fortemente as transições de pastagem natural para área agrícola e pastagem com manejo em um raio de 25 quilômetros, enquanto atraiu a retração da classe “vegetação florestal” em detrimento das mesmas classes área agrícola e pastagem com manejo. A classe pátios ferroviários atraiu fortemente as mudanças das classes vegetação campestre para pastagem natural (num raio de 75 quilômetros), vegetação florestal para mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais (em um raio de quatro quilômetros, com grande influencia nos primeiros 100 metros) e vegetação florestal para pastagem com manejo (também em um raio de quatro quilômetros, com grande força nos primeiros 500 metros).

A classe rodovias pavimentadas também apresentou destaque: teve papel de atração na transição da classe vegetação florestal para as classes área agrícola, pastagem com manejo, mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais e mosaico de vegetação florestal com área agrícola, sempre numa distância de 15 km a 30 km desta variável. Além disso esta classe teve papel de atração nas transições da classe pastagem natural para as classes área agrícola e pastagem com manejo.

Sobre o papel das ferrovias, a classe referente à Ferrovia Norte-Sul, que junto com a Ferrovia Carajás são as únicas ferrovias já existentes na área de estudos, teve papel de atração nas mudanças da classe pastagem natural para pastagem com manejo (numa distância de até 150 quilômetros); da classe vegetação campestre para pastagem natural (com forte influência em

⁶ Programa criado em 2007 que teve como objetivo estimular o crescimento do PIB através em investimento estatal em obras de infraestrutura, como exemplo aeroportos, redes de esgoto, ferrovias, geração de energia e etc.

um raio de 30 quilômetros); da classe vegetação florestal em detrimento das classes mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola (num *buffer* de 8 quilômetros), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (num *buffer* de 9 quilômetros) e pastagem com manejo (também em um *buffer* de 9 quilômetros). A Ferrovia Norte-Sul teve papel de repulsão da transição da classe mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola para mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais (até 25 quilômetros).

A Ferrovia Transnordestina, que não está construída e sim com o Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) concluído (VALEC, 2015) apresentou repulsão para as mudanças de classe de pastagem natural para área agrícola e pastagem com manejo (até 22 quilômetros) e vegetação campestre para pastagem natural, todas mudanças de cunho ampliador de atividades agropecuárias. Porém, a variável referente ao traçado da Ferrovia Transnordestina atraiu mudanças de uso e cobertura da terra a partir da classe vegetação florestal para as classes pastagem com manejo, mosaicos de áreas agrícolas e remanescentes florestais e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola. Também houveram mudanças atraídas pela ferrovia desde a classe mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola para as classes pastagem com manejo e mosaico de área agrícola com remanescentes florestais.

A Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL), que também está classificada por VALEC (2015) como EVTEA concluído, repulsou as transições de classe de uso e cobertura do solo da classe pastagem natural para pastagem com manejo e área agrícola (por volta de 55 quilômetros para ambas as transições), porém apresentou atração forte para as mudanças de vegetação florestal para as classes mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola (fortíssimo até 8 quilômetros, forte atração até 50 km), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (fortíssimo até 200 metros, forte até 50 km), pastagem com manejo (fortíssimo até 1600 metros, forte até 50 quilômetros) e área agrícola (muito forte até 11 quilômetros, forte até os 50 km). Pode-se concluir que a variável que representa o futuro traçado da FIOL apresentou forte atratividade para a retração da vegetação florestal.

Em relação à atratividade das variáveis, apresentaram atração com mudanças de uso e cobertura do solo rumo a uma intensificação das atividades agropecuárias as variáveis declividade baixa, localização da base fundiária do Brasil (propriedades rurais), áreas de pastagem (com exceção das transições da classe pastagem natural para as classes área agrícola

e pastagem com manejo), altitude baixa e altitude elevada: essa última para as transições da classe vegetação campestre para a classe pastagem natural; mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola para mosaico de atividades agrícolas e pastagem natural para áreas agrícolas, essa última correlacionada fortemente com a classe de relevo Chapadas e Platôs, no Oeste da Bahia e em áreas ao sul dos estados do Maranhão e do Piauí.

Quanto as variáveis categóricas, aquelas em que os pesos de evidência não foram medidos nem por distância da transição de classe e nem por outros valores quantitativos, como renda e tamanho de área afetada, as classes mais significativas nas transições mostram que, no geral, as áreas mais afetadas foram aquelas com os solos mais férteis e áreas com classes de vegetação relacionadas à atividade agropecuária. A listagem com todas as variáveis categóricas influentes em cada transição de classe para a modelagem calibrada para o anos 2010 e 2012 pode ser vista no apêndice 4 deste trabalho.

As tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 mostram o nível e área de influência dos pesos de evidência das variáveis relativas às infraestruturas ferroviárias de transportes e às rodovias pavimentadas nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba verificadas no modelo calibrado para o ano 2010. Para diferir o nível do peso de evidência em muito forte e forte foram definidos no software Dinamica EGO um intervalo de pesos entre 0 e 25, tanto para atração e quanto para repulsão, aqueles intervalos que superaram o grau 10 foram considerados muito fortes e entre 5 e 10 fortes. O nível de influência limite representa a distância do buffer em km onde a variável exerceu peso na mudança de uso e cobertura do solo com significância.

Pesos de evidência observados da variável "Terminais Intermodais" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba – Modelo calibrado para 2010							
Transições		Comportamento	Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo	
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
10	3	Repulsão	26 km		87 km	10	Pastagem Natural
10	2	Repulsão			85 km	6	Vegetação Florestal
6	3	Atração	50 km	114 km	114 km	3	Pastagem com Manejo
6	2	Atração	111 km	224 km	224 km	2	Área Agrícola

Tabela 6: Pesos de evidência observados da variável “Terminais Intermodais” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

Pesos de evidência observados da variável "Pátios Ferroviários" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Comportamento	Nível de Influência			Classe	Uso e Cobertura do Solo
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite		Variável
8	3	Atração	50 km	75 km	190 km	8	Vegetação Campestre
6	4	Atração	100 m	4 km	87 km	6	Vegetação Florestal
6	3	Atração	500 m	4 km	85 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
						3	Pastagem com Manejo

Tabela 7: Pesos de evidência observados da variável "Pátios Ferroviários" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

Pesos de evidência observados da variável "Rodovias Pavimentadas" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Comportamento	Nível de Influência			Classe	Uso e Cobertura do Solo
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite		Variável
10	3	Atração			38 km	10	Pastagem Natural
10	2	Atração			1300 m	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola
6	2	Atração			18 km	6	Vegetação Florestal
6	3	Atração			18 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
6	4	Atração			22 km	3	Pastagem com Manejo
6	7	Atração			24 km	2	Área Agrícola

Tabela 8: Pesos de evidência observados da variável "Rodovias Pavimentadas" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Norte-Sul" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Comportamento	Nível de Influência			Classe	Uso e Cobertura do Solo
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite		Variável
10	3	Atração			150 km	10	Pastagem Natural
8	10	Atração	23 km	30 km	160 km	8	Vegetação Campestre
6	7	Atração			8 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola
6	4	Atração			9 km	6	Vegetação Florestal
6	10	Atração			9 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
7	4	Repulsão			25 km	3	Pastagem com Manejo

Tabela 9: Pesos de evidência observados da variável "Rodovias Pavimentadas" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Transnordestina" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Comportamento	Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo	
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
10	2	Repulsão			1000 m	10	Pastagem Natural
10	3	Repulsão			22 km	8	Vegetação Campestre
8	2	Repulsão			11 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola
7	3	Atração			70 km	6	Vegetação Florestal
7	4	Atração			146 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
6	3	Atração			180 km	3	Pastagem com Manejo
6	4	Atração			6 km	2	Área Agrícola
6	7	Atração			174 km		
4	2	Repulsão			193 km		

Tabela 10: Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Transnordestina" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Comportamento	Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo	
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
10	2	Repulsão			55 km	10	Pastagem Natural
10	3	Repulsão			55 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola
6	7	Atração	8 km	50 km	50 km	6	Vegetação Florestal
6	4	Atração	200 m	50 km	50 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
6	3	Atração	1600 m	50 km	50 km	3	Pastagem com Manejo
6	2	Atração	11 km	50 km	50 km	2	Área Agrícola

Tabela 11: Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2010.

5.3.2 Resultados das simulações a partir do modelo calibrado para 2010

Depois da análise dos pesos de evidência foram feitas as simulações de uso e cobertura do solo com data inicial no ano 2000 e com data final nos anos 2010 e 2012. Com os mapas simulados, foram feitas as validações. O mapa simulado para o ano 2010 apresentou 41% na quinta janela, utilizando decaimento exponencial, de acerto em relação ao mapa real enquanto mapa simulado para o ano de 2012 apresentou 39% de acerto. Ambos apresentaram respectivamente 40% e 37% de acerto total considerando os mapas de similaridade utilizando a lógica *fuzzy* (HAGEN, 2003). Considerando que, para o ano 2012, houve um aumento expressivo das classes relativas à produção agropecuária e uma diminuição das classes que

representam as vegetações existentes quando comparado ao ano 2010, esse modelo apresentou um melhor ajuste a um cenário conservacionista em detrimento a um cenário intensificando de transições para classes que representam a produção agropecuária.

Também foi gerada uma simulação considerando um cenário onde as infraestruturas ferroviárias de transporte tivessem um peso grande em todas as principais mudanças de uso e cobertura do solo, isso foi feito alterando os pesos daquelas transições onde isto foi anteriormente verificado de modo a atingir um limiar padrão e revertendo pesos onde esta influencia foi negativa ou nula, respeitando o padrão delimitado anteriormente. Neste cenário foram selecionadas todas as transições que superaram 100 km² de mudança de classe e as transições abaixo disto que corresponderam aos estudos relativos aos objetivos específicos deste trabalho. A tabela 12 mostra todas as transições onde os pesos de evidência foram alterados.

Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2010			
Inicial	Final	Área (km ²)	Classe
10	3	16084,54	1. Área artificial
10	2	13915,83	2. Área agrícola
7	3	3324,23	3. Pastagem com manejo
10	11	2620,51	4. Mosaico de área agrícola com remanescentes florestais
6	3	1898,92	5. Silvicultura
6	7	1791,39	6. Vegetação florestal
7	4	1596,24	7. Mosaico de vegetação florestal com área agrícola
6	4	1094,62	8. Vegetação campestre
8	10	1055,66	10. Pastagem natural
4	3	776,66	11. Mosaico de área agrícola com remanescentes campestres
4	2	405,98	
7	2	207,76	
10	1	180,73	
6	2	124,73	
5	2	52,78	
10	4	45,18	
10	7	45,18	
5	10	27,63	

Tabela 12: Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2010

O mapa para o ano de 2010 gerado nesse cenário obteve um acerto de 32% na quinta janela (contra 41% sem a edição dos pesos) em relação ao mapa real enquanto que o mapa de 2012 para esse cenário obteve um acerto de 39%. O acerto para o ano 2012 foi praticamente igual ao mapa simulado sem alterações nos pesos. Isto mostra que, considerando estas variáveis e esta calibração, as variáveis que representam as infraestruturas ferroviárias de transporte, existentes e operacionais ou não, possuem correlação e ajudam explicar as dinâmicas de uso e cobertura do solo no sentido da retração vegetacional e aumento das áreas de produção agropecuária.

Também foi feita a validação considerando o tamanho das áreas de cada classe de uso e cobertura do solo real e simulada, com os pesos de evidência gerados na modelagem e também com os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012. Na validação do modelo em múltiplas janelas utilizando o mapa real do ano de 2010 a modelagem calibrada para o ano de 2010 com os pesos editados apresentou um ajuste praticamente igual do que a mesma modelagem sem a edição dos pesos de evidência, o que poderia supor que este modelo teria um viés mais intensificador de mudanças, no sentido da expansão agropecuária e retração vegetacional, porém a análise da tabela 7 mostra que o contrário aconteceu, com uma tendência mais conservacionista de transições. Esta observação abre uma lacuna para discutir a hipótese das infraestruturas ferroviárias de transporte estarem induzindo as mudanças para mais perto de si em detrimento de possibilitar uma expansão. A tabela 13 mostra um comparativo do tamanho das classes geradas para os anos 2010 e 2012 com e sem a edição dos pesos de evidência com o tamanho das classes verificadas nos mesmos anos nos mapas reais produzidos por IBGE (2016).

Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2010

Classe	Ano 2010 (em km ²)			Ano 2012 (em km ²)		
	Real	Sem Edição	Editados	Real	Sem Edição	Editados
1	1047.38	1047.59	1047.63	1063.57	1080.67	1080.67
2	43366.29	43381.9	43381.99	56118.9	46198.67	46198.67
3	64615.57	64616.26	64616.15	73727.3	68791.36	68791.36
4	26780.22	26780.37	26780.3	29399.1	27043.05	27043.05
5	340.78	340.26	340.43	367.55	335.93	335.93
6	16584.33	16584.55	16584.31	16160.1	15744.78	15744.78
7	47446.74	47446.61	47446.71	42036.5	46789	46789
8	7865.82	7850.8	7850.63	7111.29	7652.43	7652.43
9	20.45	20.45	20.45	20.45	20.45	20.45
10	420037.2	420036.06	420036.2	395020	413947.42	413947.42
11	14421.31	14420.91	14421.23	21502.1	14916.78	14196.78
12	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67
14	967.8	968.14	967.92	967.54	973.36	973.36

Tabela 13: Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2010

Não houve nenhuma diferença no tamanho das classes geradas nos mapas tanto com os pesos editados quanto sem os respectivos pesos para o ano 2012. As classes obtiveram exatamente o mesmo tamanho, porém uma análise visual dos mapas permite verificar que a simulação para o ano 2012 com a edição dos pesos apresentou uma maior concentração de certas classes em torno das infraestruturas ferroviárias do que outras, principalmente as classes área agrícola e pastagem com manejo. Este seria um resultado esperado, pois a modificação dos pesos de evidência atrairia as classes modificadas para próximo das variáveis onde houve um incremento. Porém o interessante é observar que não houve uma maior tendência de aumento ou diminuição do tamanho da área para os anos 2010 e 2012, e sim uma reconfiguração espacial. É importante frisar que, como demonstrando no referencial teórico deste trabalho, as dinâmicas envolvidas no uso e ocupação do solo em Matopiba atendem e reproduzem as dinâmicas do modo de produção capitalista e atende a fluxos e processos de produção de mercadorias, circulação e consumo numa escala espacial muito maior. Pela teoria, não seria somente a instalação de uma ou outra infraestrutura que iria alterar consideravelmente a dinâmica de uso e ocupação do solo desta área se for considerada a questão da escala dos fenômenos espaciais, posto que muitos destes fenômenos ocorrem inclusive em escala global.

O importante para este trabalho é entender como que as infraestruturas ferroviárias de transporte poderiam interagir com as outras variáveis e modificar, individualmente, a localização das classes de uso e cobertura do solo em situação de operacionalidade. Com isso, devemos atentar que em questões tão complexas uma variável irá conseguir, de forma isolada, quantificar e explicar todas as dinâmicas e mudanças que ocorrem em uma área, mais uma vez, devido à questão das escalas e complexidade de relações entre os atores envolvidos nos fenômenos. Isto posto, a figura 24 mostra os mapas real, simulado com os pesos de evidência editados, dando maior ênfase as infraestruturas ferroviárias de transporte, e não editados, para o ano 2010 enquanto a figura 25 mostra os mapas real, simulado com os pesos de evidência editados, dando maior ênfase as infraestruturas ferroviárias de transporte, e não editados, do modelo calibrado para o ano de 2010 simulado o ano 2012:

Simulação de uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2010 - Modelo calibrado para 2010

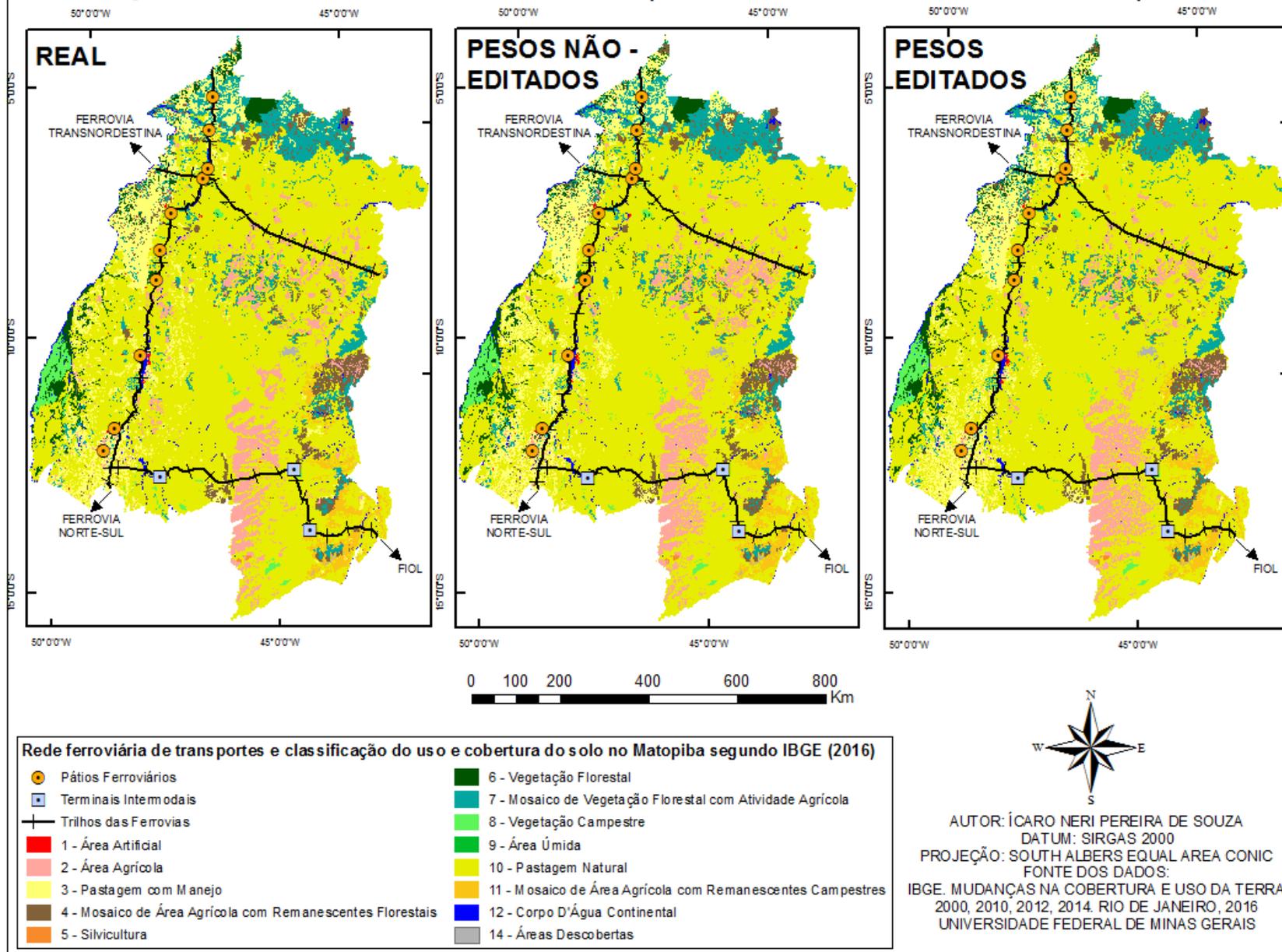


Figura 24: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2010 – Modelo calibrado para o ano 2010

Simulação de uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 - Modelo calibrado para 2010

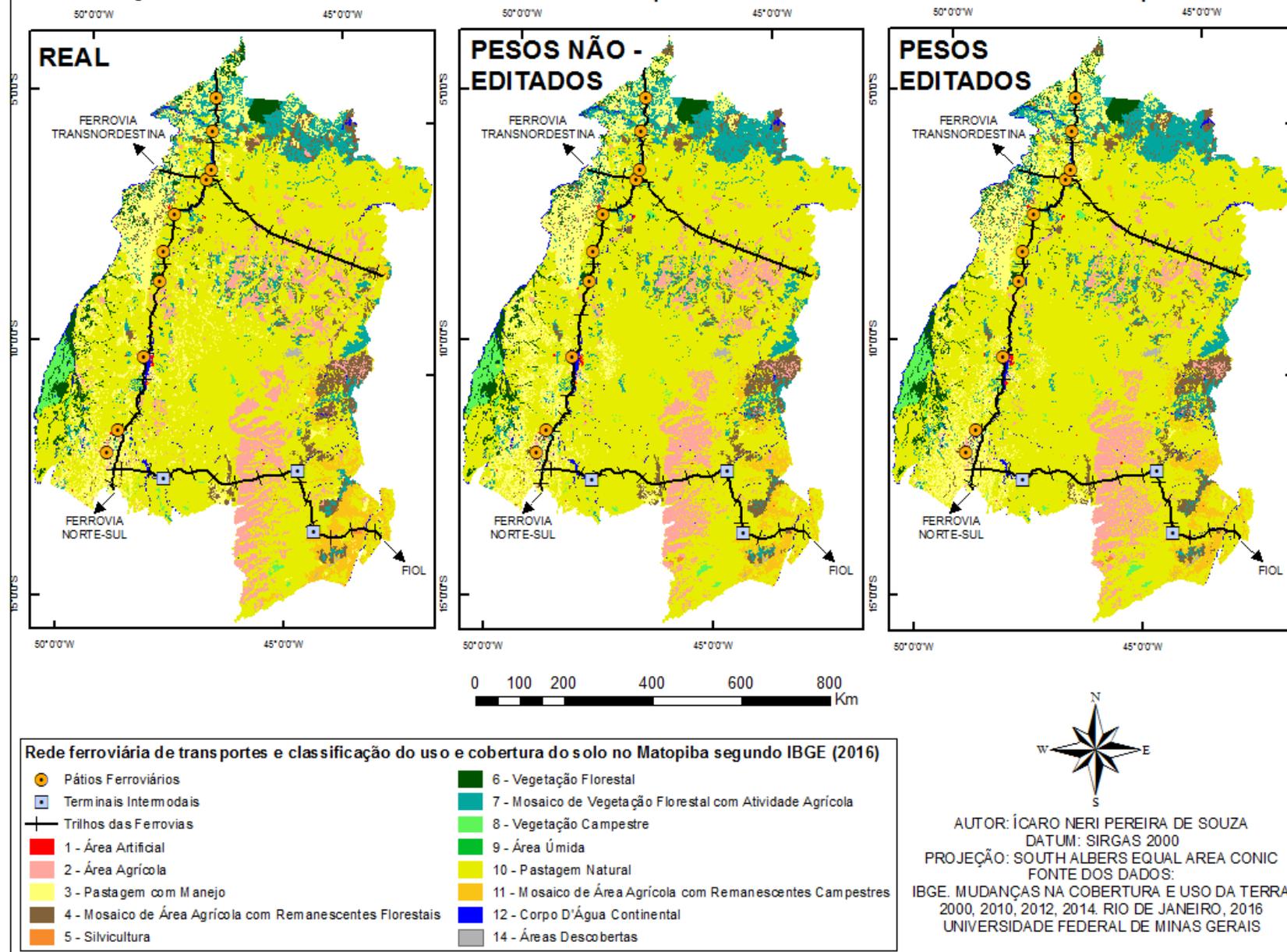


Figura 25: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 – Modelo calibrado para o ano 2010

Além das análises em múltiplas janelas e do tamanho das áreas geradas uma forma de validação é a análise dos mapas de similaridade de transição de classes de uso e cobertura do solo, gerados no *software* Dinamica EGO utilizando à lógica *fuzzy* (HAGEN, 2003).

Embora pouco perceptíveis na visualização, às diferenças entre os mapas apresentados nas Figuras 22 e 23 ilustradas anteriormente existem e suas respectivas quantificações fazem parte do escopo deste trabalho. De forma a ilustrar as diferenças, a figura 26 mostra a similaridade observada entre o mapa real e os mapas gerados pelos modelos com os pesos de evidência editados e não editados para o ano 2010 e a figura 27 mostra a similaridade observada para os mesmos mapas simulados para o ano 2012:

Similaridade de mudanças de classe de uso e cobertura do solo com os pesos de evidencia editados e não editados (ano 2010) - Modelo calibrado para o ano 2010

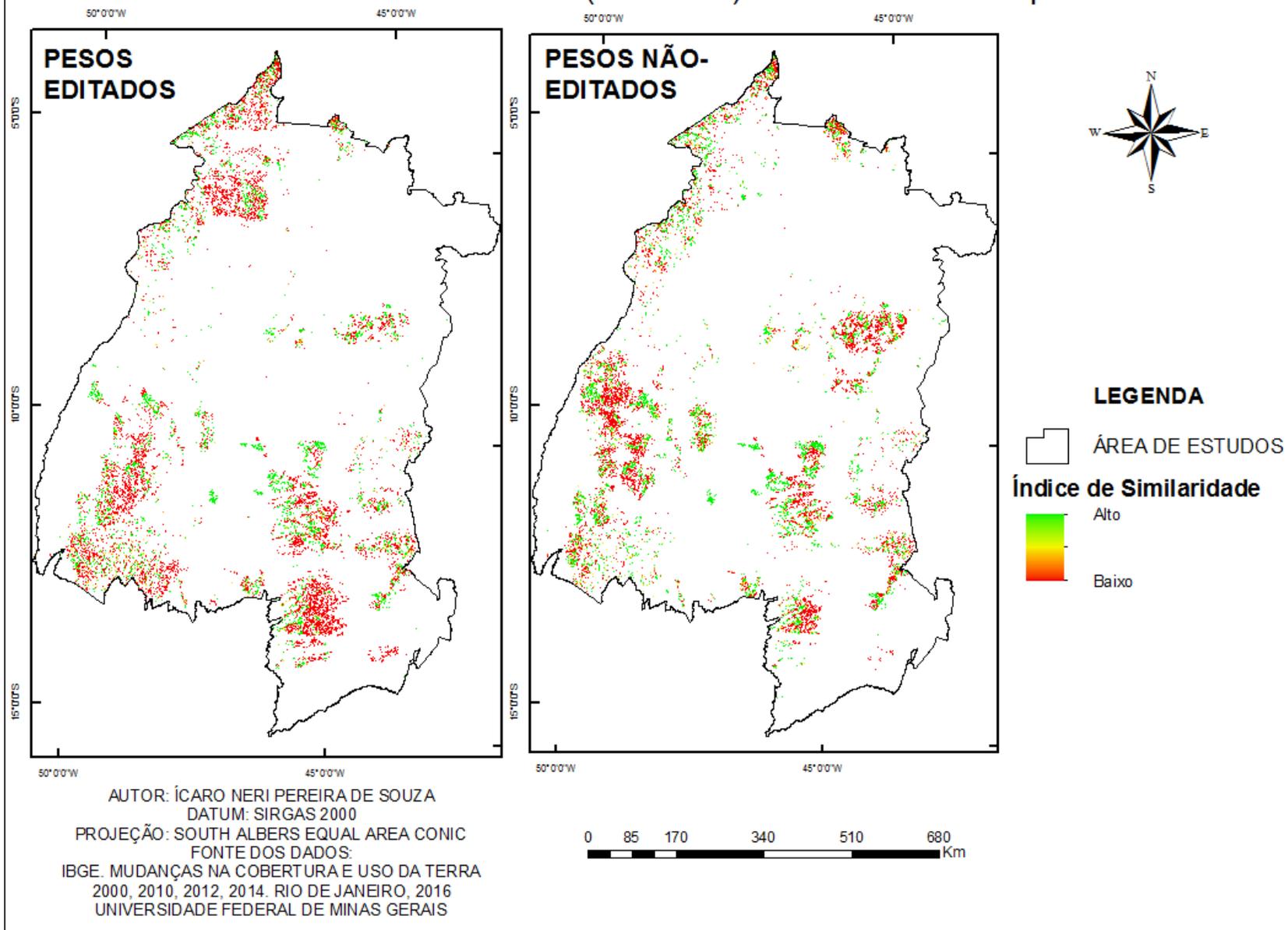


Figura 26: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2010) – Modelo calibrado para o ano 2010

Similaridade de mudanças de classe de uso e cobertura do solo com os pesos de evidencia editados e não editados (ano 2012) - Modelo calibrado para o ano 2010

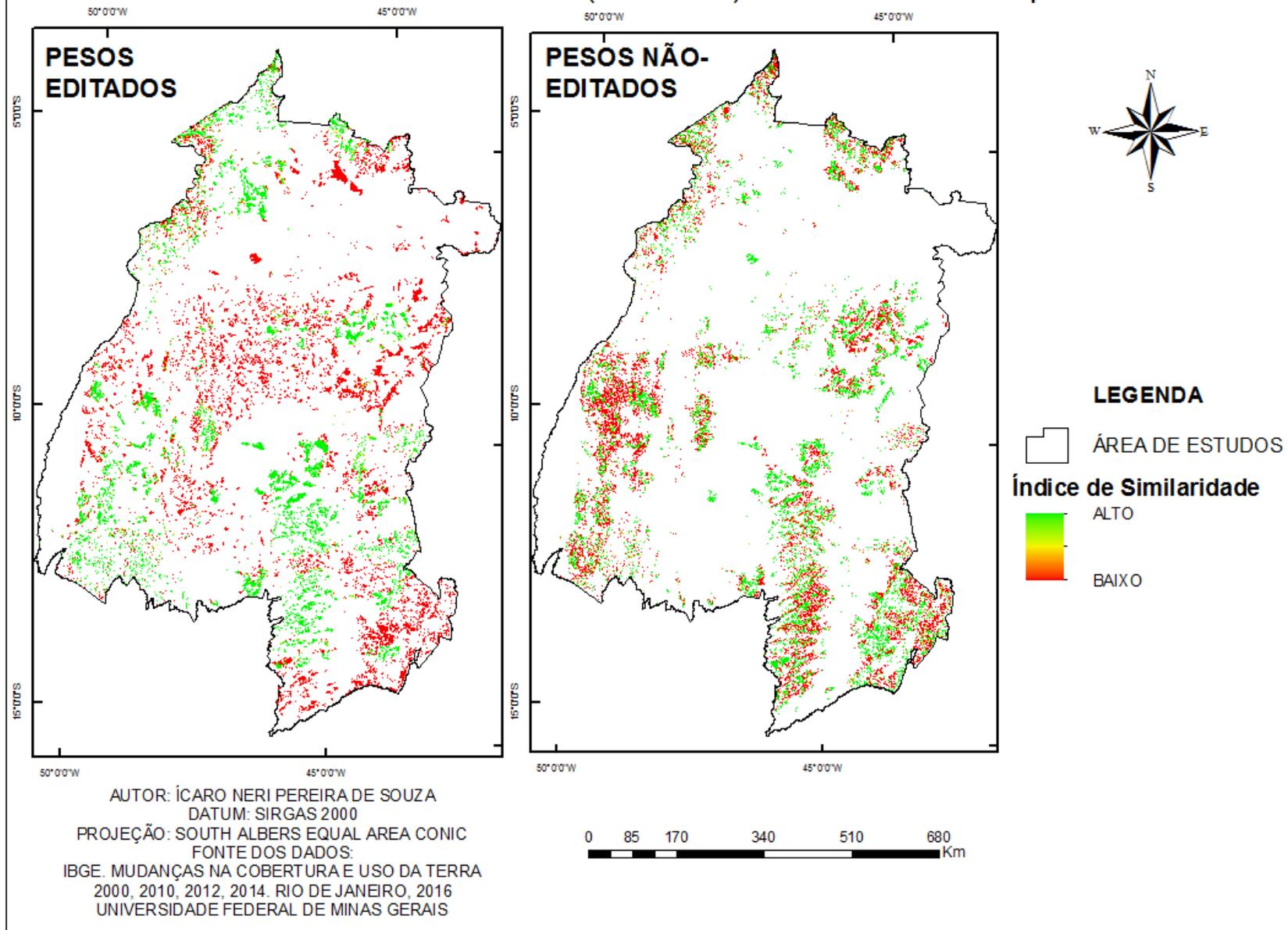


Figura 27: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2010

Os mapas de similaridade mostram um maior acerto das transições de classes observadas nos mapas simulados com pesos de evidências alterados em relação às transições reais quando as transições ocorrem mais próximo das infraestruturas ferroviárias de transporte, sobretudo para o ano 2012. Os resultados mostram que para o ano 2012 houve uma intensificação das mudanças de classe de caráter expansionista das atividades agrícolas, por consequência acarretando transformações na paisagem em regiões mais distantes das ferrovias. Para o ano 2010 os resultados mostram a concentração das alterações na cobertura e uso do solo em regiões mais próximas às ferrovias..

Em relação aos mapas simulados para o ano 2012 os desacertos (falsos alarmes) foram analisados e também apresentaram o mesmo caráter: o mapa com os pesos das infraestruturas ferroviárias alterados apresentou maior desacerto na medida em que as mudanças ocorreram mais longe dessas infraestruturas, enquanto o mapa com os pesos não-editados esse desacerto foi menor. A figura 28 é uma adaptação da figura 27 porém com as infraestruturas ferroviárias inclusas, para ilustrar um pouco do papel da rede ferroviária nas mudanças de uso e cobertura do solo.

Com os pesos de evidência analisados e as validações concluídas foram geradas simulações futuras para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com e sem a edição dos pesos de evidência pelo modelo calibrado para o ano 2010. As figuras 29 e 30 mostram as simulações futuras de uso e cobertura do solo considerando os cenários sem incremento dos pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte e com o incremento destes pesos, respectivamente:

A rede ferroviária de transportes e o índice de similaridade de mudanças de uso e cobertura do solo na simulação para o ano 2012 - Modelo calibrado para o ano 2010

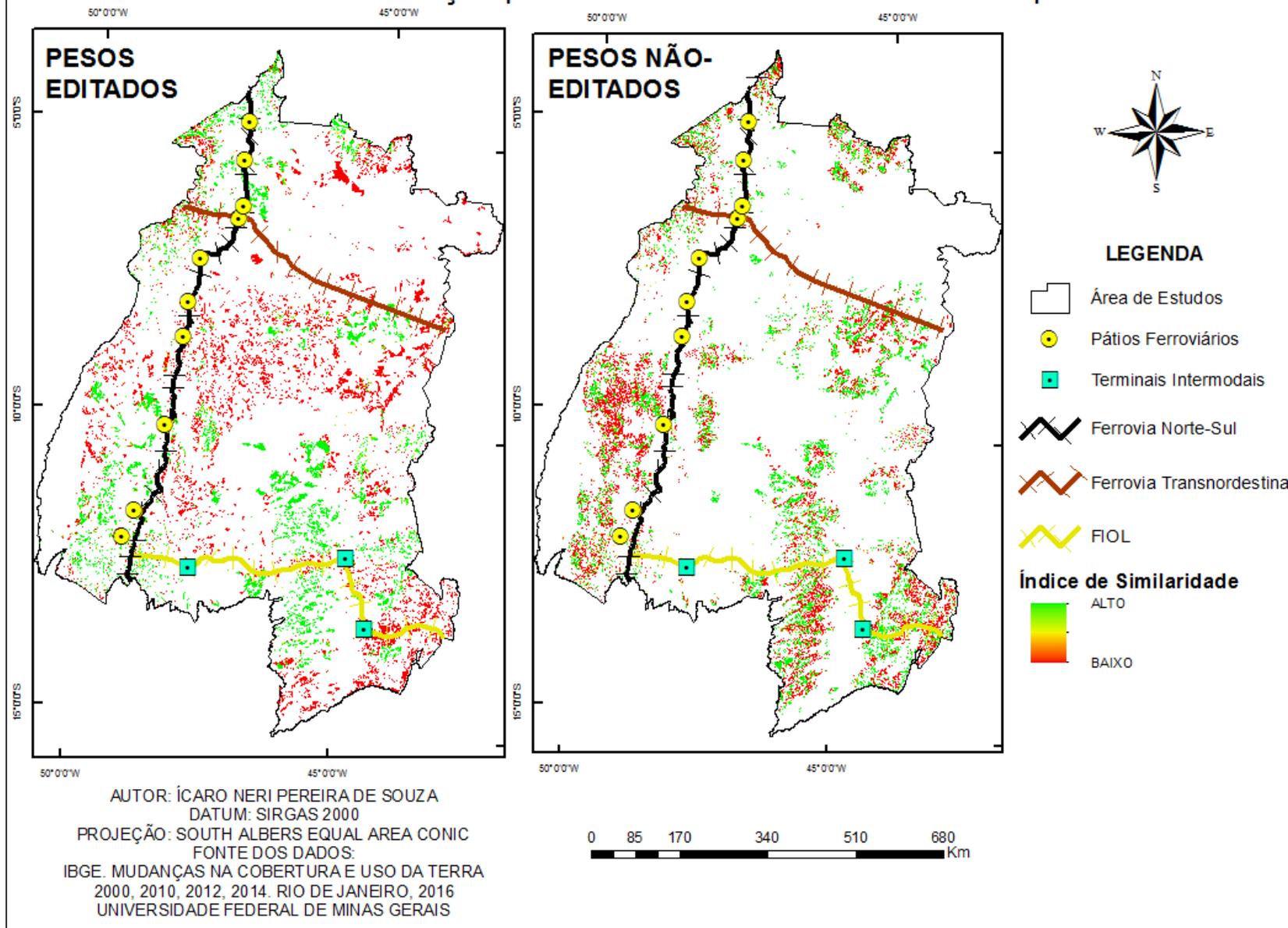


Figura 28: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado e a rede ferroviária (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2010

Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados - Modelo calibrado para o ano 2010

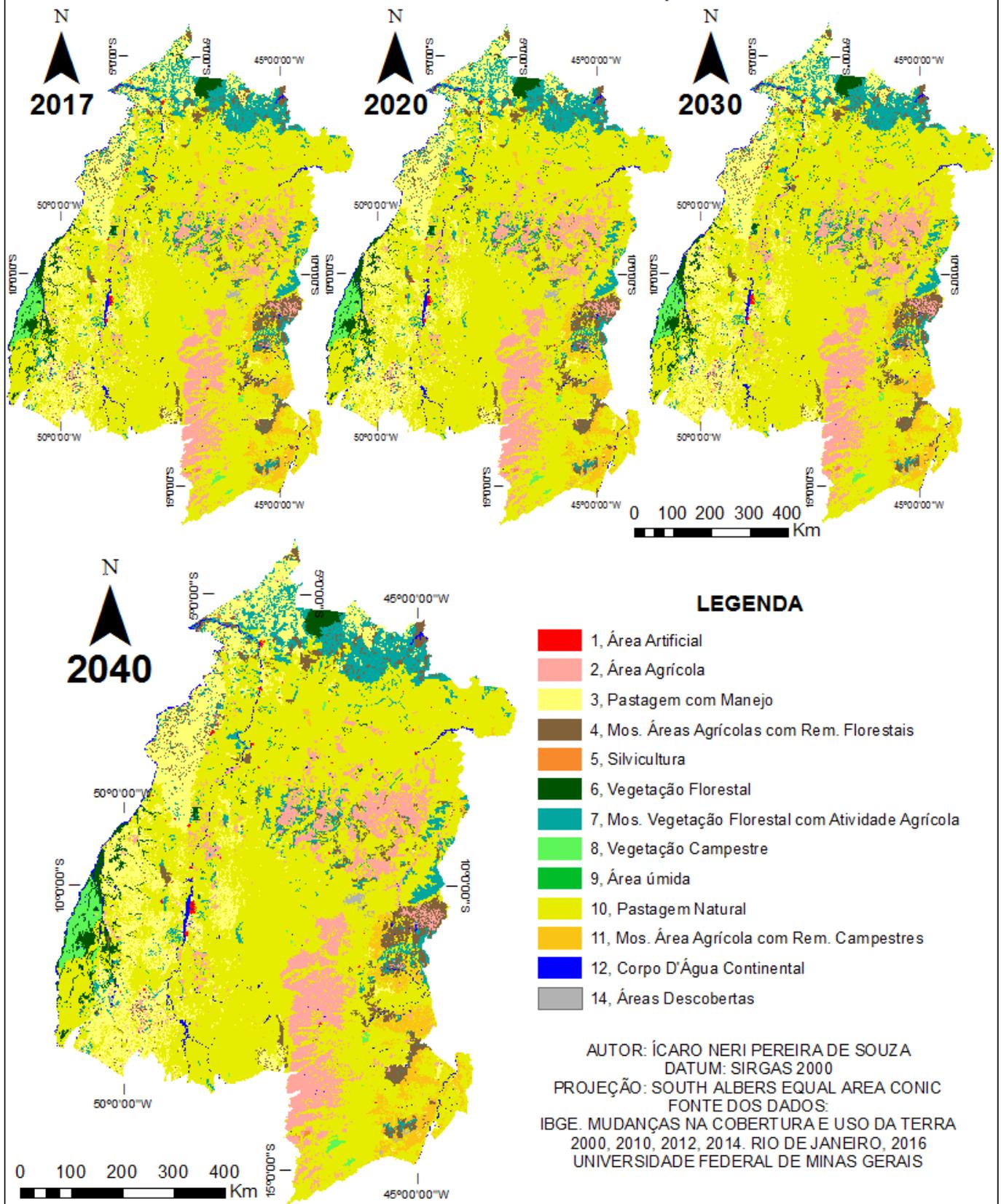


Figura 29: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2010

Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados - Modelo calibrado para o ano 2010

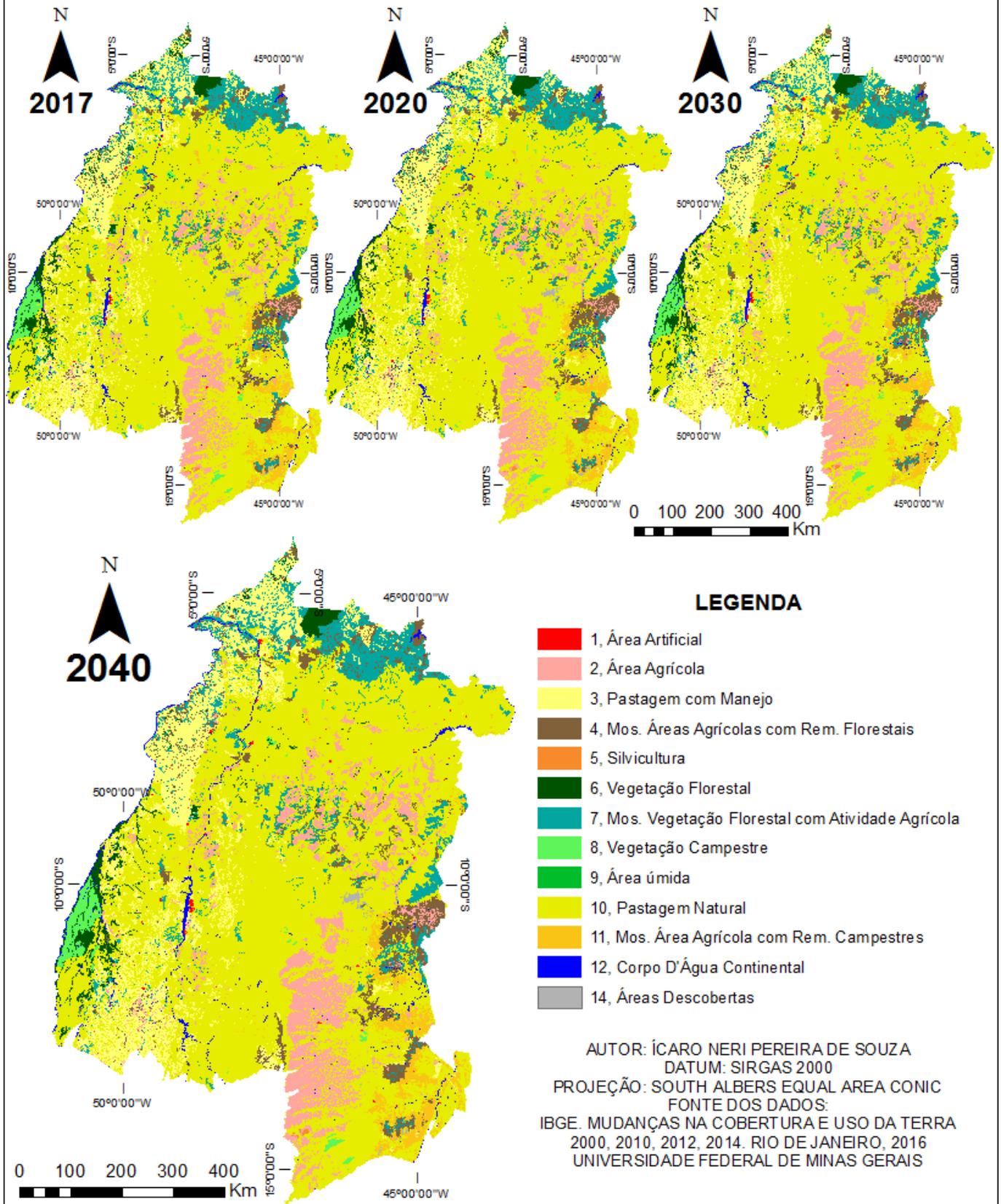


Figura 30: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2010

Por fim, o tamanho das classes geradas pelas simulações mostram que o modelo com os pesos de evidência alterados para o modelo calibrado para o ano de 2010 provocou uma diminuição do tamanho das classes associadas à produção agropecuária. As tabelas 14 e 15 mostram o tamanho gerado de classes em cada um dos anos considerado na simulação futura:

Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em Km ² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010						
Classe	Ano 2010	Ano 2012	Ano 2017	Ano 2020	Ano 2030	Ano 2040
1	1047.59	1080.67	1176.66	1207.73	1238.33	1268.46
2	43381.9	46198.67	54396.44	57057.1	59680.04	62264.88
3	64616.26	68791.36	80898.26	84799.33	88635.07	92405.77
4	26780.37	27043.05	27741.97	27947.33	28109.27	28153.64
5	340.26	335.93	324.72	320.73	314.45	306.12
6	16584.55	15744.78	13472.14	12790.06	12174.14	11771.17
7	47446.61	46789	44809.08	44149.26	43490.68	42758.38
8	7850.8	7652.43	7100.8	6921.63	6815.81	6816.13
9	20.45	20.45	20.45	20.45	20.45	20.45
10	420036.06	413947.42	396205.19	390460.93	384732.42	378988.96
11	14420.91	14916.78	16360	16826.28	17285.37	17737.33
12	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67
14	968.14	973.36	988.19	993.07	997.87	1002.61

Tabela 14: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010

Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em Km ² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010						
Classe	Ano 2010	Ano 2012	Ano 2017	Ano 2020	Ano 2030	Ano 2040
1	1047.63	1080.67	1113.08	1145.15	1176,66	1192,24
2	43381.99	46198.67	48959.99	51697.58	54396,44	55731,51
3	64616.15	68791.36	72895.25	76930.67	80898,26	82857,03
4	26780.3	27043.05	27290.29	27523.13	27741,97	27846,3
5	340.43	335.93	332.78	328.75	324,72	322,73
6	16584.31	15744.78	14947.4	14190.59	13472,14	13126,66
7	47446.71	46789	46129.72	45469.47	44809,08	44479,07
8	7850.63	7652.43	7473.41	7284.7	7100,8	7010,64
9	20.45	20.45	20.45	20.45	20,45	20,45
10	420036.15	413947.42	407947.78	420033.73	396205,19	393322,6
11	14421.23	14916.78	15405.59	15886.45	16360	16594,03
12	7188.67	7188.67	7188.67	7188.67	7188,67	7188,67
14	967.92	973.36	978.16	983.23	988,19	990,64

Tabela 15: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2010

5.4 Modelo calibrado para o ano 2012

De forma análoga à calibração para o ano base 2010, o modelo calibrado para 2012 contou com 67 variáveis computadas à partir de informações extraídas do mapa de uso e cobertura da Terra de IBGE (2016) para o ano base 2012. As variáveis, listadas no apêndice 3 desta dissertação, foram distribuídas em sete categorias: variáveis socioeconômicas, sobre infraestrutura, produção agropecuária, quadro agrário, atividades econômicas, dados naturais e áreas protegidas (SNUC). Esta modelagem foi abastecida, em sua maioria, por variáveis que também compuseram o modelo calibrado para o ano 2010, porém com algumas modificações: Algumas variáveis foram combinadas (como as que variáveis que dizem respeito às diversas classes de Armazéns), outras excluídas, outras modificadas e por fim outras foram adicionadas. As variáveis que não constavam no modelo anterior foram obtidas principalmente no modelo Otimizagro (Soares Filho *et al.*, 2016), com dados do ano 2013, e que trazem variáveis relativas à vegetação, áreas protegidas pelo SNUC e, principalmente, dados relativos à localização da produção agrícola.

5.4.1 Análise descritiva dos resultados do modelo calibrado para 2012

Considerando as transições para o ano 2012, onde o ritmo das mudanças de uso e cobertura do solo foram mais intensos em relação a uma expansão do uso relativo à atividade agropecuária e diminuição das áreas vegetadas/naturais, este modelo pode trazer cenários mais intensivos neste sentido do que o mapa do ano 2010 para IBGE (2016).

Dadas esse cenário, foram verificados pelo método pesos de evidência (BONHAM-CARTER, 1994) que as variáveis relacionadas ao SNUC (BRASIL, Lei 9.985, 2000), como localização de refúgios da vida silvestre, terras indígenas (registradas e homologadas), parques nacionais, savanas em áreas protegidas, estação ecológica, florestas em áreas protegidas e áreas de proteção ambiental (APA) foram variáveis majoritariamente repulsivas às mudanças de uso e cobertura do solo de cunho intensificador das atividades agropecuárias. Além destas variáveis, as variáveis aeródromo com asfalto concluído, altitude elevada, declividade alta, população rural baixa, produção de soja por município, queimadas por município, e linhas de transmissão futuras também tiveram este papel. A mudança de transição de classe de uso e cobertura do solo (IBGE, 2016) de pastagem natural para área agrícola, porém, não foi afastada por nenhuma das variáveis anteriormente citadas, e as transições de vegetação

campestre para pastagem natural e de algumas outras transições para área agrícola também foram exceções.

As variáveis que apresentaram grande atração para todas ou para a maioria das transições de cunho intensificador da atividade agrícola foram: áreas com alto índice de aptidão para a cultura de soja, áreas urbanas (menos mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais para áreas agrícolas, pastagem natural para áreas agrícolas, vegetação florestal para áreas agrícolas e mosaico de vegetação florestal com área agrícola para silvicultura), áreas de pastagem (menos as transições mosaico de área agrícola com remanescentes florestais, mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola e pastagem natural para áreas agrícolas), produção de banana, áreas com floresta plantada, produção de mandioca, propriedades rurais, e rodovias (pavimentadas e não pavimentadas).

Quanto ao papel das infraestruturas ferroviárias de transporte nesta dinâmica, os resultados indicam que a FIOLE apresentou forte peso na retração da classe vegetação florestal para as classes área agrícola, com 11 quilômetros sob peso muito forte e peso forte até a distância de 50 km; pastagem com manejo, com peso fortíssimo até a distância de 1,6 km e forte até 50 km; mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais, com peso fortíssimo até 200 m e forte até 50 km e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola, com peso fortíssimo nos primeiros 8 km e forte até 50 km da sua localização. Outra mudança de classe para qual esta variável apresentou peso alto, mas para repulsão de transição, foi a mudança de mosaico de vegetação florestal com área agrícola para silvicultura. Além disso, a FIOLE, apesar de não apresentar peso alto, apresentou peso de evidência considerável para atrair as mudanças da classe pastagem natural para mosaico de área agrícola com remanescentes campestres (120 km), pastagem com manejo (80 km) e área agrícola (70 km).

A Ferrovia Norte-Sul apresentou peso muito forte para as mudanças da classe mosaico de áreas agrícolas com remanescentes florestais para as classes área agrícola e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola, ambas no sentido de repulsão. Também houve forte peso para as mudanças de vegetação campestre para pastagem natural (fortíssimo até 23 km, forte até 131 km), pastagem natural para mosaico de atividade agrícola com remanescentes campestres e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola para silvicultura (fortíssimo até 51 km, forte até 90 km), as duas últimas no sentido de repulsão. Também houve correlação com as mudanças da classe pastagem natural para área agrícola

(repulsão até 211 km) e pastagem com manejo (atração até 150 km). Quanto às mudanças envolvendo a classe vegetação florestal, esta classe sofreu retração para a classe área agrícola (com a ferrovia exercendo peso de atração até 7 km), pastagem com manejo (até 90 km), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (até 100 km) e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola (até 6 km).

A Ferrovia Transnordestina apresentou correlação muito alta, no sentido de atração, para as mudanças de transição de classe de vegetação campestre para pastagem natural em 20 km, e total até 73 km. Esta ferrovia também apresentou peso de atração para a retração da classe vegetação florestal em detrimento das classes pastagem com manejo (167 km), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (160 km) e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola (172 km).

Em relação aos pátios ferroviários, esta classe apresentou fortes pesos de evidência para a retração da classe vegetação florestal para as classes área agrícola (fortíssimo até 4 km, final até 36 km), pastagem com manejo (fortíssimo até 500 m, forte até 4 km e final e em 86 km), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (fortíssimo até 100 metros, forte até 4 km e final em 86 km). A transição de vegetação florestal para mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola teve peso de retração nesta variável em até 27,5 km. Também houve forte peso de evidência, no sentido de atração, para a transição vegetação campestre para pastagem natural (fortíssimo até 48 km, forte até 82 km).

Finalizando as análises quanto aos pesos obtidos pelas infraestruturas ferroviárias de transporte nas transições de uso e cobertura do solo de para uma intensificação das atividades agropecuárias os terminais intermodais apresentaram peso alto para a retração da classe vegetação florestal para as classes área agrícola (fortíssimo até 111 km, limite em 206 km), pastagem com manejo (fortíssimo até 50 km, forte até 114 km), mosaico de área agrícola com remanescentes florestais (fortíssimo até 50 km, forte até 115 km) e mosaico de vegetação florestal com atividade agrícola (fortíssimo até 100 km, forte até 114 km e final em 211 km). Também houve peso forte na retração da classe silvicultura em detrimento da classe área agrícola (fortíssimo até 25 km, forte até 50 km) e vegetação campestre para pastagem natural (fortíssimo até 4 km, forte até 6 km, total em 100 km).

No geral as variáveis correspondentes às localizações atuais e futuras das infraestruturas ferroviárias de transporte, de acordo com VALEC (2015), apresentaram comportamento semelhante quanto à retração da classe vegetação florestal e algumas outras mudanças rumo a um uso do solo voltado para a atividade agropecuária. Nota-se que a influência das ferrovias na indução das áreas agrícolas computadas pelas mudanças de classes de cobertura e uso do solo atinge distâncias que são viabilizadas através do transporte rodoviário. Esses resultados permitem por exemplo que sejam investigadas as localizações ideais para instalação de silos, pátios ferroviários e terminais de transbordo de cargas.

As tabelas 16, 17, 18, 19 e 20 mostram o nível e área de influência dos pesos de evidência das variáveis relativas às infraestruturas ferroviárias de transportes e às rodovias pavimentadas nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba verificadas no modelo calibrado para o ano 2012. Assim como no modelo calibrado para o ano 2010, para diferir o nível do peso de evidência em muito forte e forte foram definidos no software Dinamica EGO um intervalo de pesos entre 0 e 25, tanto para atração e quanto para repulsão, aqueles intervalos que superaram o grau 10 foram considerados muito fortes e entre 5 e 10 fortes. O nível de influência limite representa a distância do buffer em km onde a variável exerceu peso na mudança de uso e cobertura do solo com significância.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010							
Transições		Comportamento	Nível de Influência			Classe	Uso e Cobertura do Solo
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite		Variável
6	2	Atração	11 km	50 km	50 km	11	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres
6	3	Atração	1600 m	50 km	50 km	10	Pastagem Natural
6	4	Atração	200 m	50 km	50 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola
6	7	Atração	8 km	50 km	50 km	6	Vegetação Florestal
10	11	Atração			120 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
10	3	Atração			80 km	3	Pastagem com Manejo
						2	Área Agrícola

Tabela 16: Pesos de evidência observados da variável “Ferrovia de Integração Oeste Leste (FIOL)” nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Norte-Sul" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo		
Inicial	Final	Comportamento	Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
4	2	Repulsão				10	Pastagem Natural
4	7	Repulsão				8	Vegetação Campestre
10	11	Repulsão				7	Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola
10	2	Repulsão			211 km	6	Vegetação Florestal
10	3	Atração			150 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
6	2	Atração			7 km	3	Pastagem com Manejo
6	3	Atração			90 km	2	Área Agrícola
6	4	Atração			100 km		
6	7	Atração			6 km		

Tabela 17: Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Norte-Sul" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.

Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Transnordestina" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010

Transições		Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo		
Inicial	Final	Comportamento	Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
8	2	Atração	20 km		73 km	8	Vegetação Campestre
6	3	Atração			167 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola
6	4	Atração			160 km	6	Vegetação Florestal
6	7	Atração			162 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
						3	Pastagem com Manejo
						2	Área Agrícola

Tabela 18: Pesos de evidência observados da variável "Ferrovia Transnordestina" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.

Pesos de evidência observados da variável "Pátios Ferroviários" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba - Modelo calibrado para 2010							
Transições		Comportamento	Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo	
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
6	2	Atração	4 km		36 km	10	Pastagem Natural
6	3	Atração	500 m	4 km	86 km	8	Vegetação Campestre
6	4	Atração	100 m	4 km	86 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola
6	7	Retração			27,5 km	6	Vegetação Florestal
8	10	Atração	48 km	82 km	82 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
						3	Pastagem com Manejo
						2	Área Agrícola

Tabela 19: Pesos de evidência observados da variável "Pátios Ferroviários" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.

Pesos de evidência observados da variável "Terminais Intermodais" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba							
Transições		Comportamento	Nível de Influência			Uso e Cobertura do Solo	
Inicial	Final		Muito Forte	Forte	Limite	Classe	Variável
6	2	Atração	111 km		206 km	10	Pastagem Natural
6	3	Atração	50 km	114 km	114 km	8	Vegetação Campestre
6	7	Atração	100 km	114 km	211 km	7	Mosaico de Vegetação Florestal com Área Agrícola
6	4	Atração	50 km	115 km	115 km	6	Vegetação Florestal
5	2	Atração	25 km	50 km		5	Silvicultura
8	10	Atração	4 km	6 km	114 km	4	Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais
						3	Pastagem com Manejo
						2	Área Agrícola

Tabela 20: Pesos de evidência observados da variável "Pátios Ferroviários" nas principais mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba no modelo calibrado para o ano 2012.

5.4.2 Resultados das simulações à partir do modelo calibrado para 2012

Depois da análise dos pesos de evidência foram feitas as simulações de uso e cobertura do solo com data inicial no ano 2000 e data final no ano 2012, sendo o produto gerado para o ano 2010 também utilizado nas análises. Com os mapas simulados, foram feitas as validações. O mapa gerado para o ano 2012 apresentou 47% de acerto na quinta janela, utilizando decaimento exponencial, em relação ao mapa real de IBGE (2016) para o ano 2012. O modelo gerado para o ano 2010 teve o seu mapa simulado para essa data um acerto de 41%, houve um incremento de 6% de acerto entre os modelos nas suas simulações. O mapa gerado para o ano 2010 no modelo calibrado para o ano 2012 teve um acerto de somente 28%. Esses resultados reforçam a tese de que houve uma expansão da atividade agropecuária na região, pois o mapa gerado para um cenário de intensificação de mudanças conseguiu ter uma baixa confiabilidade para simular um cenário onde as mudanças foram menos intensas. O mapa gerado para o ano 2012 teve no 45% de acerto total em relação ao mapa real enquanto o mapa gerado para o ano 2010 teve somente 27,4%, quando considerado os mapas de similaridade gerados utilizando a lógica *fuzzy* (HAGEN, 2003).

Assim como no modelo calibrado para o ano 2010, foi gerada uma simulação considerando um cenário onde as infraestruturas ferroviárias de transporte tivessem um peso grande em todas as principais mudanças de uso e cobertura do solo, sendo que isso foi feito alterando os pesos daquelas transições onde isto foi anteriormente verificado de modo a atingir um limiar padrão e revertendo pesos onde esta influencia foi negativa ou nula, respeitando o padrão delimitado anteriormente. Neste cenário foram selecionadas todas as transições que superaram 100 km² de mudança de classe e as transições abaixo disto que corresponderam aos estudos relativos aos objetivos específicos deste trabalho. A tabela 21 mostra todas as transições onde os pesos de evidência foram alterados na modelagem calibrada utilizando mapa do ano 2012 de IBGE (2016):

Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2012			
Inicial	Final	Área (km ²)	Classe
10	2	25853,31	1. Área artificial
10	3	22777,93	2. Área agrícola
10	11	9711,03	3. Pastagem com manejo
7	4	5227,58	4. Mosaico de área agrícola com remanescentes florestais
7	3	4833,67	5. Silvicultura
6	3	2145,37	6. Vegetação florestal
6	7	1932,33	7. Mosaico de vegetação florestal com área agrícola
8	10	1792,89	8. Vegetação campestre
4	3	1452,05	10. Pastagem natural
6	4	1081,25	11. Mosaico de área agrícola com remanescentes campestres
4	2	632,73	
7	2	530,27	
5	2	254,22	
10	1	190,56	
6	2	173,63	
7	5	118,28	
4	7	110,63	
10	4	45,57	
10	7	38,67	

Tabela 21: Transições de classes onde os pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte foram alterados no modelo calibrado para o ano 2012

Os mapas gerados neste cenário para os anos 2012 e 2010 tiveram 45% e 26% respectivamente de acerto na quinta janela de similaridade, contra 47% e 28% sem a edição dos pesos de evidência. O acerto total 44% e 25% nos produtos gerados para os anos de 2012 e 2010, respectivamente, quando considerado os mapas de similaridade.

Também foi feita a validação para o tamanho das áreas de cada classe uso e cobertura do solo real e simulada com os pesos de evidências gerados no software Dinamica EGO usando a metodologia de BONHAM-CARTER (1993) e com os pesos de evidências editados. Houve um desajuste grande em relação ao tamanho real das classes para o ano 2010, evidenciando ainda mais as diferenças das tendências de uso e cobertura do solo nos mapas reais de 2010 e 2012 e novamente o modelo com os pesos editados foi mais conservacionista, no sentido de diminuição das transições de classes, do que o modelo sem edição de pesos de evidência. A tabela 22 mostra a comparação dos tamanhos das classes de uso e cobertura do solo entre os mapas real, simulado e simulado com os pesos de evidência alterados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2012:

Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2012						
Classe	Ano 2010 (em km ²)			Ano 2012 (em km ²)		
	Real	Sem Edição	Editados	Real	Sem Edição	Editados
1	1047,38	1034,64	988,65	1063,57	1064,33	1019,5
2	43366,29	51739,24	45139,82	56118,9	56014,15	49565,04
3	64615,57	68861,29	613314,25	73727,3	73746,85	66375,13
4	26780,22	28818,05	27858,77	29399,1	29417,23	28507,65
5	340,78	459,26	379,6	367,55	508,63	430,31
6	16584,33	16948	18203,15	16160,1	16159,69	17356,46
7	47446,74	43375,42	45457,2	42036,5	42036,95	44059,37
8	7865,82	7326,45	7772,76	7111,29	7043,35	7472,28
9	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
10	420037,21	403957,56	417763,23	395020	395002,23	408510,89
11	14421,31	19990,17	17639,15	21502,1	21512,48	19215,6
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	967,8	963,36	956,87	967,54	967,56	961,22

Tabela 22: Comparativo do tamanho das classes de uso e cobertura do solo dos mapas real e simulado com e sem os pesos de evidência editados para os anos 2010 e 2012 no modelo calibrado para o ano 2012

Com o tamanho das classes nos modelos simulados verificado, percebe-se que, além da tendência do modelo sem a edição dos pesos de evidência de ser mais conservador nas transições de classe, e além do modelo para o ano de 2012 apresentar um cenário mais intensivo de mudanças, o tamanho das classes geradas para esta data, sem a edição dos pesos de evidência, foi praticamente idêntico ao tamanho real, à exceção da classe 5 (silvicultura). O modelo não teve boa resposta à essa classe, pois como demonstrado na tabela 2 (no tópico que discutiu a transição de classes) houve uma tendência de diminuição do tamanho dessa classe para o ano 2010 e um aumento do tamanho desta para o ano 2012.

Além das análises em múltiplas janelas e do tamanho das áreas geradas uma forma de validação é a análise dos mapas de similaridade de transição de classes de uso e cobertura do solo, gerados no *software* Dinamica EGO utilizando à lógica *fuzzy* (HAGEN, 2003).

Como resultado final das modelagens produzidas, a figura 31 mostra os mapas real, simulado com os pesos de evidência editados, dando maior ênfase às infraestruturas ferroviárias de transporte, e não editados, para o ano 2012. A figura 32 mostra a similaridade observada entre os mapas real e os mapas gerados pelos modelos com os pesos de evidência editados e não editados para o ano de 2012:

Simulação de uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 - Modelo calibrado para 2012

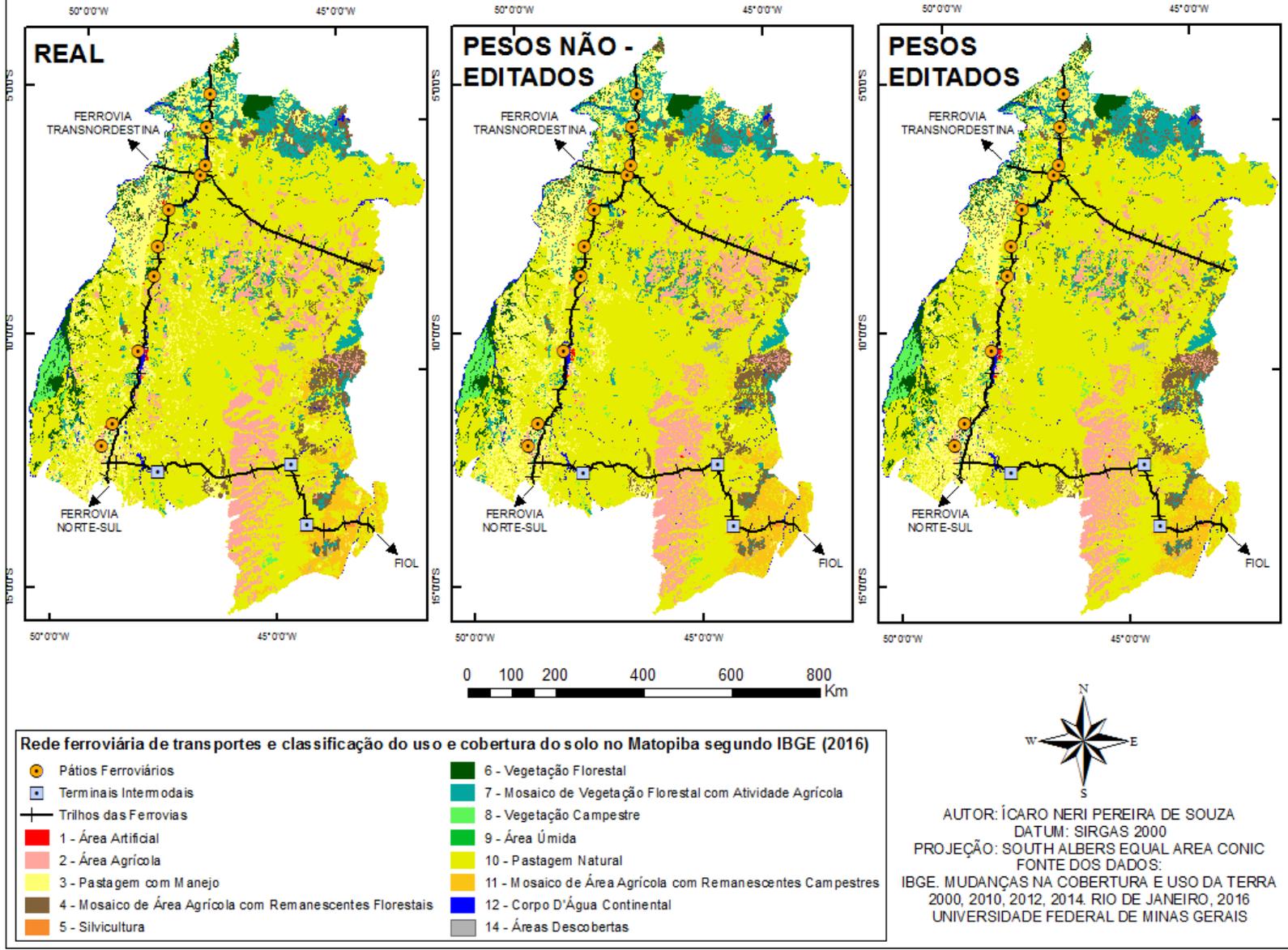


Figura 31: Simulação do uso e cobertura do solo no Matopiba no ano 2012 – Modelo calibrado para o ano 2012

Similaridade de mudanças de classe de uso e cobertura do solo com os pesos de evidência editados e não editados (ano 2012) - Modelo calibrado para o ano 2012

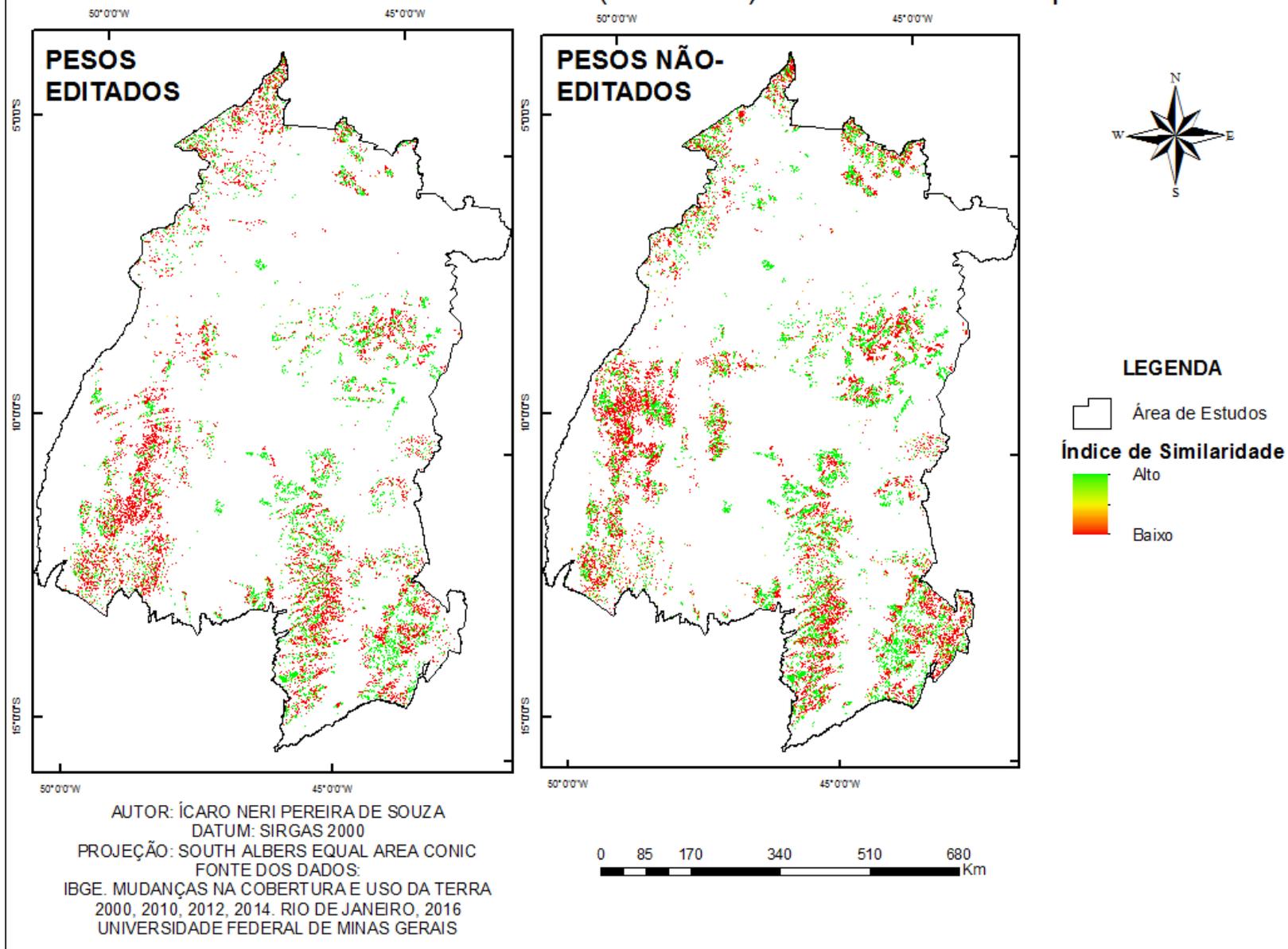


Figura 32: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2012

Os mapas de similaridade mostram que o mapa com os pesos de evidência editados fez com que as transições de uso e cobertura do solo se localizassem mais no entorno das infraestruturas de transporte, principalmente no eixo da Ferrovia Norte-Sul, que além dos trilhos conta uma série de pátios ferroviários. É possível verificar que houve um grande índice de erro nessa simulação, mostrando que para o ano 2012 não houve uma concentração das atividades agropecuárias no entorno desta ferrovia. Visualmente é possível perceber também que houve menos transições na área ao sul da Ferrovia Transnordestina no mapa de similaridade com os pesos editados em relação ao mapa sem a edição dos pesos. Por fim, é possível verificar um maior acerto do modelo no sudeste da área de estudos, numa área já localizada na área central do estado da Bahia.

Com os pesos de evidência analisados e as validações concluídas foram geradas simulações futuras para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com e sem a edição dos pesos de evidência pelo modelo calibrado para o ano 2012.

A figura 33 é uma adaptação da figura 32 porém com as infraestruturas ferroviárias de transporte inclusas enquanto as figuras 34 e 35 mostram as simulações futuras de uso e cobertura do solo considerando os cenários sem incremento dos pesos das infraestruturas ferroviárias de transporte e com o incremento destes pesos, respectivamente:

A rede ferroviária de transportes e o índice de similaridade de mudanças de uso e cobertura do solo na simulação para o ano 2012 - Modelo calibrado para o ano 2012

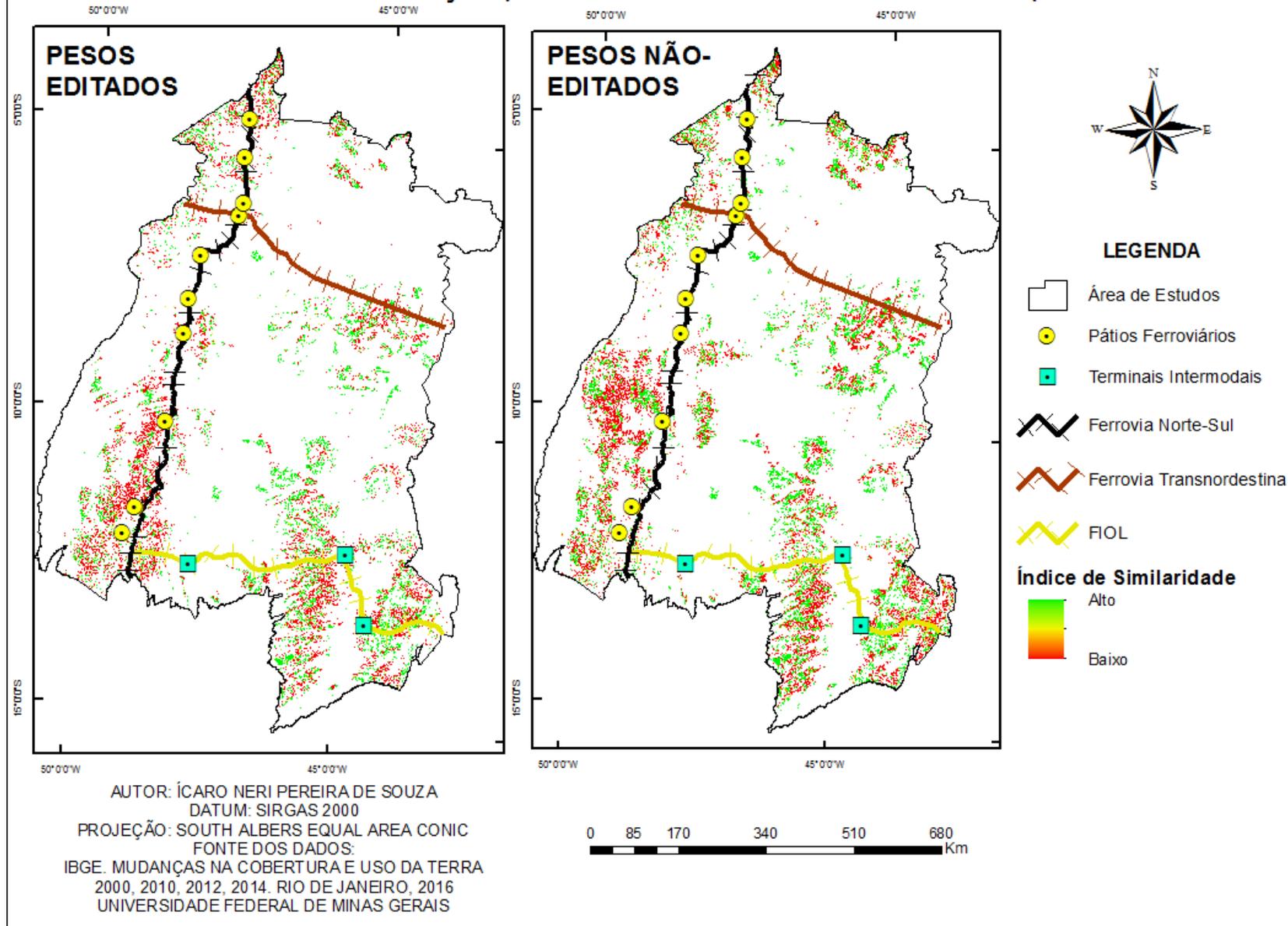


Figura 33: Similaridade de mudanças de classes entre os mapas real e simulado e a rede ferroviária (ano 2012) – Modelo calibrado para o ano 2012

Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados - Modelo calibrado para o ano 2012

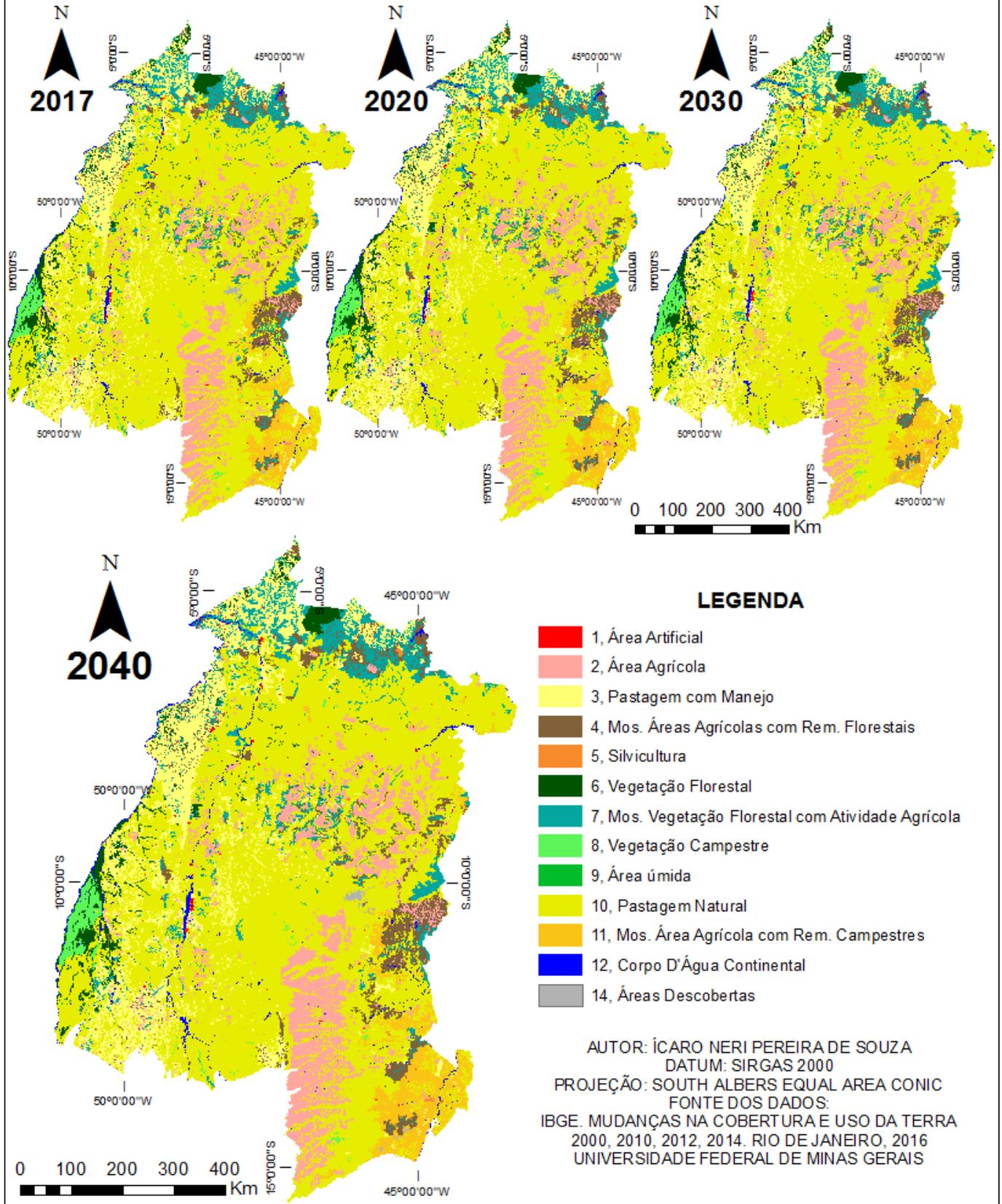


Figura 34: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 sem os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2012

Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados - Modelo calibrado para o ano 2012

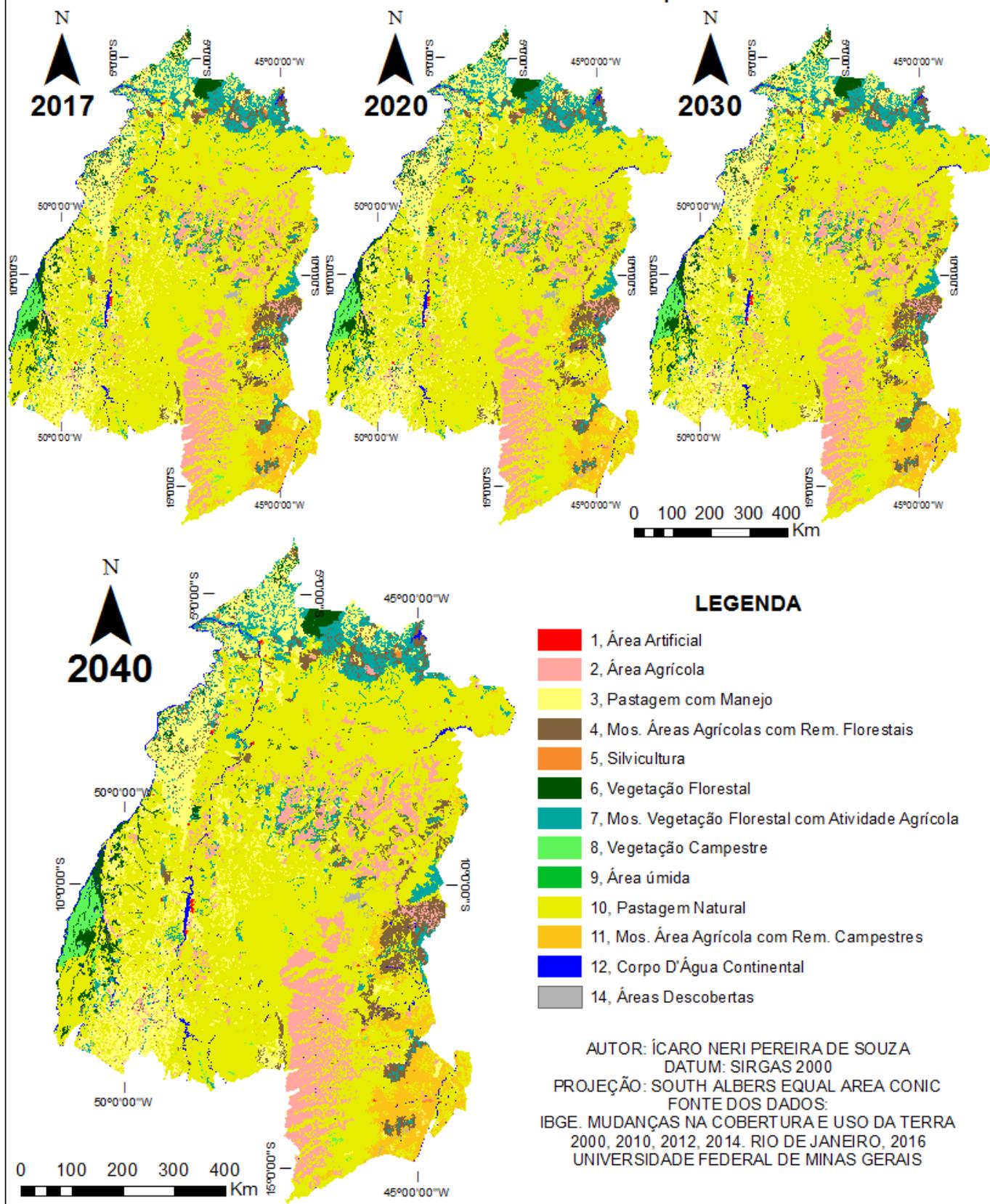


Figura 35: Simulações para os anos 2017, 2020, 2030 e 2040 com os pesos de evidência alterados – Modelo calibrado para o ano 2012

O tamanho das classes geradas pelas simulações mostram que o modelo com os pesos de evidência alterados para o modelo calibrado para o ano de 2012, assim como no modelo calibrado para o ano 2010, provocou uma diminuição do tamanho das classes associadas à produção agropecuária. Porém, no modelo com os pesos editados, há um crescimento que praticamente igual o tamanho das áreas das classes em relação ao observado no modelo sem a edição dos pesos no ano 2040. As tabelas 23 e 24 mostram o tamanho gerado de classes em cada um dos anos considerado na simulação futura:

Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012						
Classe	Ano 2010	Ano 2012	Ano 2017	Ano 2020	Ano 2030	Ano 2040
1	1034,64	1064,33	1092,51	1106,71	1120,75	1134,61
2	51739,24	56014,15	60311,49	62370,5	64406,86	66420,94
3	68861,29	73746,85	78499,4	80843,8	83160,85	85450,91
4	28818,05	29417,23	29957,51	30221,9	30476,6	30721,89
5	459,26	508,63	405,73	428,3	450,76	473,63
6	16948	16159,69	15408,56	15046	14691,94	14346,23
7	43375,42	42036,95	40736,2	40100,2	39473,51	38856,01
8	7326,45	7043,35	6836,53	6703,19	6572,46	6444,29
9	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
10	403957,56	395002,23	386264,6	381959	377701,87	373491,29
11	19990,17	21512,48	22989,24	23719,9	24442,13	25155,94
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	963,36	967,56	971,68	973,71	975,72	977,71

Tabela 23: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km² sem a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012

Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km ² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012						
Classe	Ano 2010	Ano 2012	Ano 2017	Ano 2020	Ano 2030	Ano 2040
1	988,65	1019,5	1064,51	1092,51	1120,75	1134,61
2	45139,82	49565,04	56310,66	60309,9	64403,6	66418,19
3	613314,25	66375,13	73489,61	78499,4	83160,86	85450,92
4	27858,77	28507,65	29414,51	29957,5	30476,6	30721,89
5	379,6	430,31	380,03	406,93	453,34	475,66
6	18203,15	17356,46	16108,56	15408,6	14691,94	14346,23
7	45457,2	44059,37	42756,7	40736,2	39473,51	38856,01
8	7772,76	7472,28	7052,23	6836,53	6572,46	6444,29
9	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
10	417763,23	408510,89	395122,12	386265	377702,54	373491,29
11	17639,15	19215,6	21254,24	22989,2	24442,13	25155,95
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	956,87	961,22	967,26	971,68	975,72	977,71

Tabela 24: Projeção do tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km² com a edição dos pesos de evidência no modelo calibrado para o ano 2012

5.5 Análises comparativas entre os modelos calibrados para os anos base 2010 e 2012

Os modelos produzidos apresentaram no geral tamanhos de área de classe de uso e cobertura do solo muito semelhante em relação ao mapa real de IBGE (2016) quando utilizada o mapa simulado referente ao ano de calibração: o mapa calibrado sem a edição dos pesos de evidência para fortalecer a influência das infraestruturas ferroviárias para o ano 2010 apresentou o tamanho das classes idêntico ao tamanho do mapa real para a mesma data e o mesmo aconteceu para o modelo calibrado para o ano 2012. Houve, porém, diferenças quanto ao tamanho das classes nos modelos com pesos de evidência editados. As tabelas 25 e 26 mostram o tamanho das classes de uso e cobertura do solo, nos anos 2010 e 2012, gerados pelos modelos calibrados para os anos 2010 e 2012:

Tamanho das classes em km ² nos modelos produzidos para os anos 2010 com e sem a edição dos pesos de evidência						
Classe	Tamanho das classes geradas para o ano 2010 sem os pesos editados			Tamanho das classes geradas para o ano 2010 com os pesos editados		
	Real	2010*	2012*	Real	2010*	2012*
1	1047,38	1047,59	1034,64	1047,38	1047,63	988,65
2	43366,29	43381,9	51739,24	43366,29	43381,99	45139,82
3	64615,57	64616,26	68861,29	64615,57	64616,15	613314,25
4	26780,22	26780,37	28818,05	26780,22	26780,3	27858,77
5	340,78	340,26	459,26	340,78	340,43	379,6
6	16584,33	16584,55	16948	16584,33	16584,31	18203,15
7	47446,74	47446,61	43375,42	47446,74	47446,71	45457,2
8	7865,82	7850,8	7326,45	7865,82	7850,63	7772,76
9	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
10	420037,21	420036,06	403957,56	420037,21	420036,2	417763,23
11	14421,31	14420,91	19990,17	14421,31	14421,23	17639,15
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	967,8	968,14	963,36	967,8	967,92	956,87

* Data utilizada como referência para calibração

Tabela 25: Tamanho das classes em km² nos modelos produzidos para o ano 2010 com e sem a edição dos pesos de evidência

Tamanho das classes em km ² nos modelos produzidos para os anos 2012 com e sem a edição dos pesos de evidência						
Classe	Tamanho das classes geradas para o ano 2012 sem os pesos editados			Tamanho das classes geradas para o ano 2012 com os pesos editados		
	Real	2010*	2012*	Real	2010*	2012*
1	1063,57	1080,67	1064,33	1063,57	1080,67	1019,5
2	56118,9	46198,67	56014,15	56118,9	46198,67	49565,04
3	73727,3	68791,36	73746,85	73727,3	68791,36	66375,13
4	29399,1	27043,05	29417,23	29399,1	27043,05	28507,65
5	367,55	335,93	508,63	367,55	335,93	430,31
6	16160,1	15744,78	16159,69	16160,1	15744,78	17356,46
7	42036,5	46789	42036,95	42036,5	46789	44059,37
8	7111,29	7652,43	7043,35	7111,29	7652,43	7472,28
9	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45
10	395020	413947,42	395002,23	395020	413947,42	408510,89
11	21502,1	14916,78	21512,48	21502,1	14196,78	19215,6
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	967,54	973,36	967,56	967,54	973,36	961,22

* Data utilizada como referência para calibração

Tabela 26: Tamanho das classes em km² nos modelos produzidos para o ano 2012 com e sem a edição dos pesos de evidência

5.5.1 Comparativo entre a edição ou não dos pesos de evidência das infraestruturas ferroviárias de transporte

Houve uma tendência no modelo calibrado para o ano 2010 de o tamanho das classes geradas serem praticamente iguais nas modelagens geradas com e sem a edição dos pesos de evidência, enquanto no modelo calibrado para o ano 2012 houve uma tendência da simulação feita com os pesos editados. Em ambas as modelagens, porém, houve uma tendência de reorganização espacial das classes associadas à produção agropecuária, sobretudo as classes área agrícola e pastagem com manejo em torno dos pátios ferroviários, terminais intermodais e do traçado das ferrovias. Esta tendência já era esperada, pois a edição dos pesos de evidência deu atratividade para essas infraestruturas, porém o que chamou atenção foi em que nenhum momento estas classes sofreram incremento no seu tamanho, ou mantiveram em relação à modelagem sem a edição dos pesos de evidência ou até mesmo retraíram. Além disso, como pontuado anteriormente neste trabalho, os modelos para gerados usando como base o mapa real de IBGE (2016) para o ano 2012 foram mais intensos no que diz respeito às mudanças de classe de uso e cobertura do solo que representam atividades agropecuárias. As figuras 36 e 37 mostram os mapas gerados para os anos 2012 sem e com os pesos de evidência editados:

Mapas simulados para o ano 2012 nos modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência

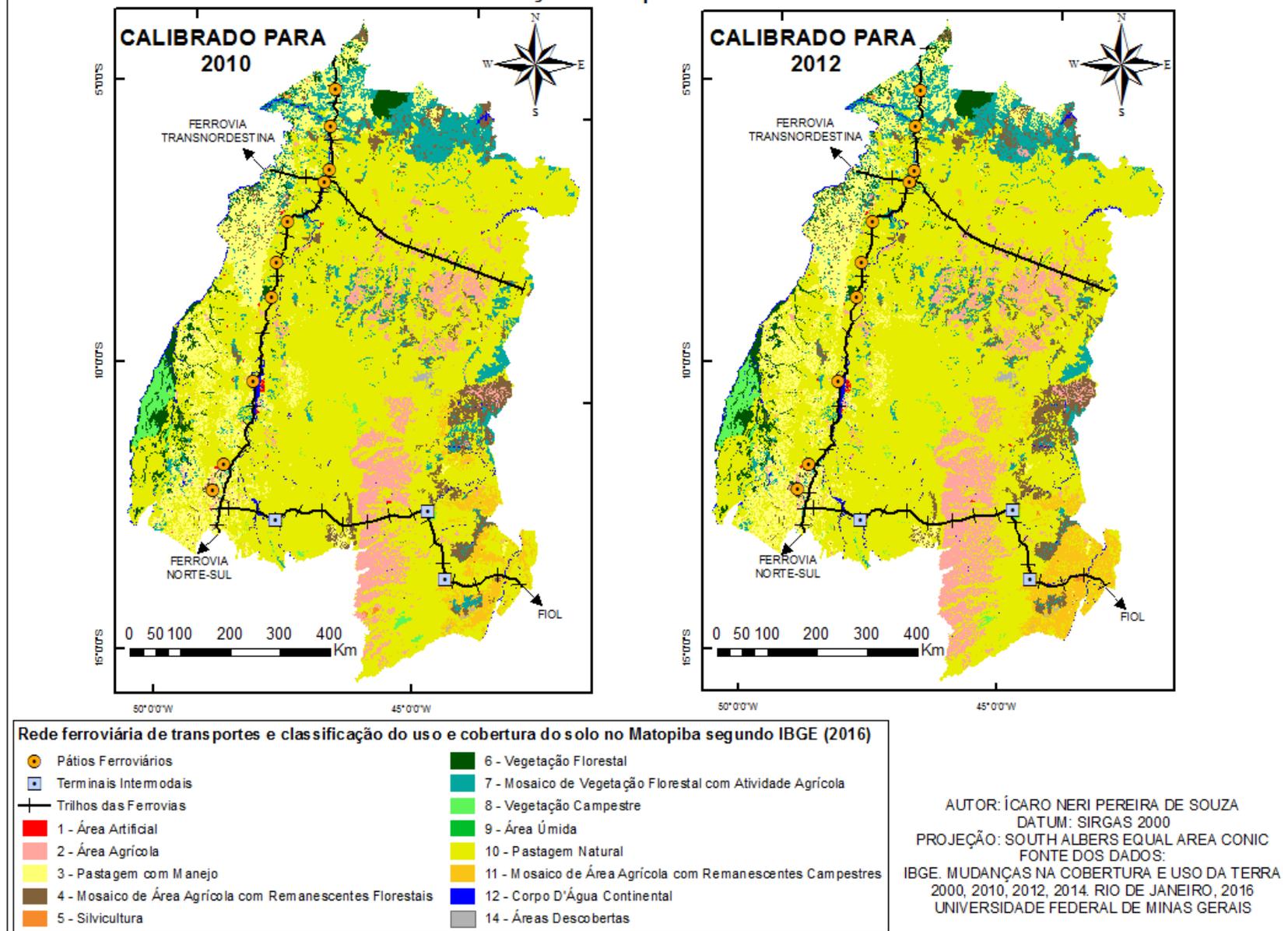


Figura 36: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2012 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência

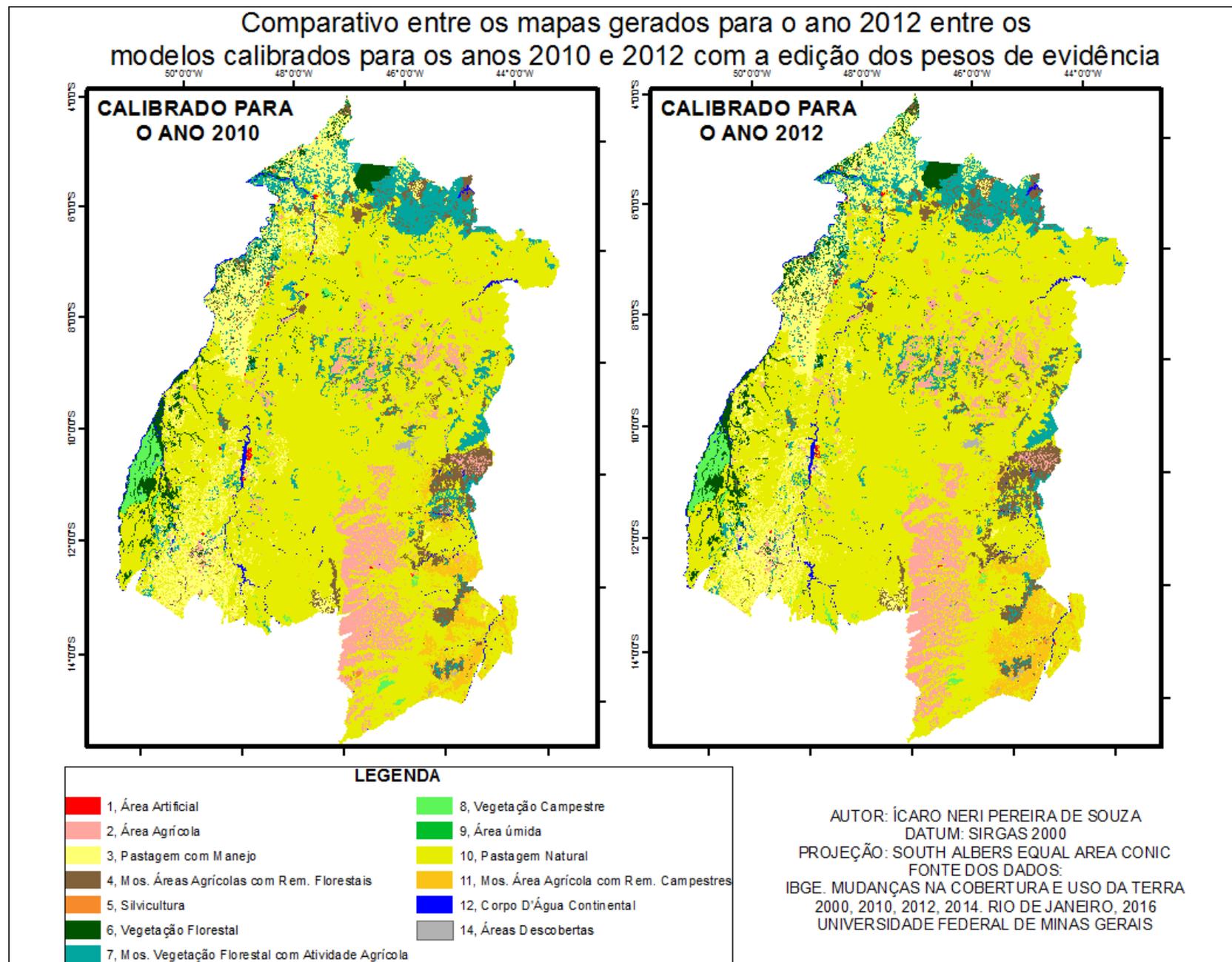


Figura 37: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2012 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com a edição dos pesos de evidência

5.5.2 Comparativo entre as projeções dos modelos para o ano 2040

No geral, as áreas afetadas pelo crescimento da classe área agrícola foram as mesmas em todos os modelos: Oeste da Bahia, sul do Maranhão e Piauí e pequenas manchas em torno do leito do Rio Tocantins e da Ferrovia Norte-Sul. A classe mosaico de áreas agrícolas com remanescentes campestres teve um forte crescimento no período 2010-2012 no sudeste da área de estudos, chegando próximo à porção central do estado da Bahia. A tabela 27 mostra o tamanho das classes de uso e cobertura do solo em km² projetadas para o ano 2040 nos modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com e sem a edição dos pesos de evidência:

Tamanho das classes de uso e cobertura do solo (em km ²) projetado para o ano 2040 nos modelos calibrados para 2010 e 2012 sem e com edição dos pesos de evidência				
Classe	Ano de referência para calibração (sem edição dos pesos)		Ano de referência para calibração (com edição dos pesos)	
	2010	2012	2010*	2012*
1	1268,46	1134,61	1192,24	1134,61
2	62264,88	66420,94	55731,51	66418,19
3	92405,77	85450,91	82857,03	85450,92
4	28153,64	30721,89	27846,3	30721,89
5	306,12	473,63	322,73	475,66
6	11771,17	14346,23	13126,66	14346,23
7	42758,38	38856,01	44479,07	38856,01
8	6816,13	6444,29	7010,64	6444,29
9	20,45	20,45	20,45	20,45
10	378988,96	373491,29	393322,6	373491,29
11	17737,33	25155,94	16594,03	25155,95
12	7188,67	7188,67	7188,67	7188,67
14	1002,61	977,71	990,64	977,71

Tabela 27: Tamanho das classes de uso e cobertura do solo (em km²) projetado para o ano 2040 nos modelos calibrados para 2010 e 2012 sem e com edição dos pesos de evidência. Legenda: 1- Área Artificial, 2- Área Agrícola, 3- Pastagem com Manejo, 4- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Florestais, 5- Silvicultura, 6- Vegetação Florestal, 7- Mosaico de Vegetação Florestal com Atividade Agrícola, 8- Vegetação Campestre, 10- Pastagem Natural, 11- Mosaico de Áreas Agrícolas com Remanescentes Campestres, 12- Corpo d'água Continental, 14- Áreas Descobertas

A modelagem que apresentou o cenário mais conservacionista no sentido de repulsão de mudanças de classe foi o cenário para o ano 2040 com os pesos de evidência modificados simulados no modelo calibrado para o ano 2010, enquanto os cenários mais incentivadores destas mudanças foram os simulados no modelo calibrado para o ano 2012, com e sem a edição dos pesos de evidência. Considerando os maiores acertos neste modelo na sua calibração, tanto pela validação por múltiplas janelas e pela similaridade total, e as diferenças reais de tendência de uso e cobertura do solo observadas no mapa de calibração deste modelo

em relação ao mapa utilizado para calibração do modelo do ano de 2010, pode se concluir que, a modelagem onde as mudanças foram mais intensas está menos sujeita a grandes mudanças devidas às alterações promovidas na influência das infraestruturas de transporte do que a modelagem onde as mudanças foram menores. As figuras 38 e 39 mostram as simulações de uso e cobertura do solo para o ano 2040 a partir das modelagens calibradas para os anos 2010 e 2012 sem e com a alteração dos pesos de evidência das variáveis relativas à infraestrutura ferroviária de transportes:

Mapas simulados para o ano 2040 nos modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência

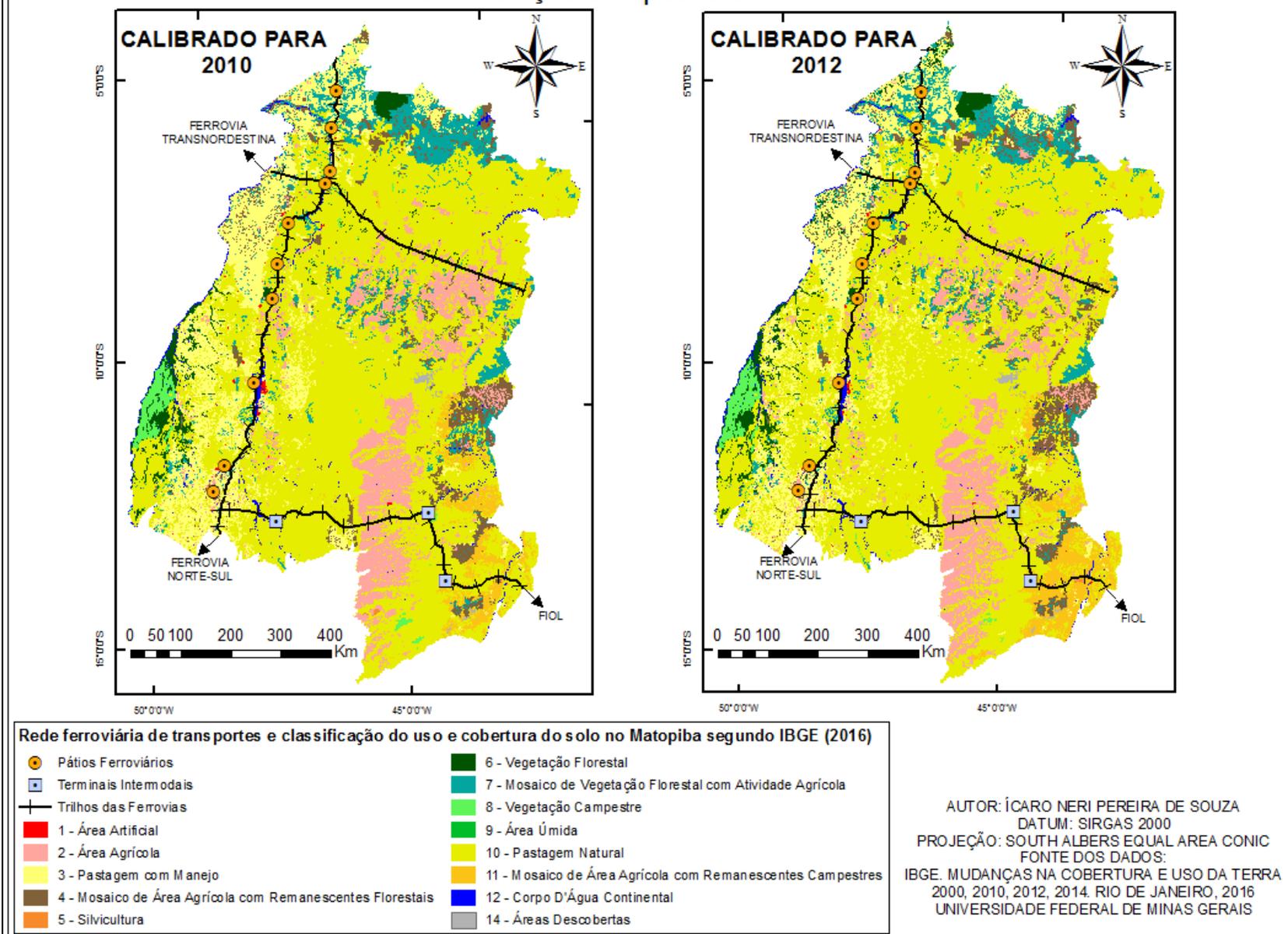


Figura 38: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2040 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 sem a edição dos pesos de evidência

Mapas simulados para o ano 2040 nos modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com a edição dos pesos de evidência

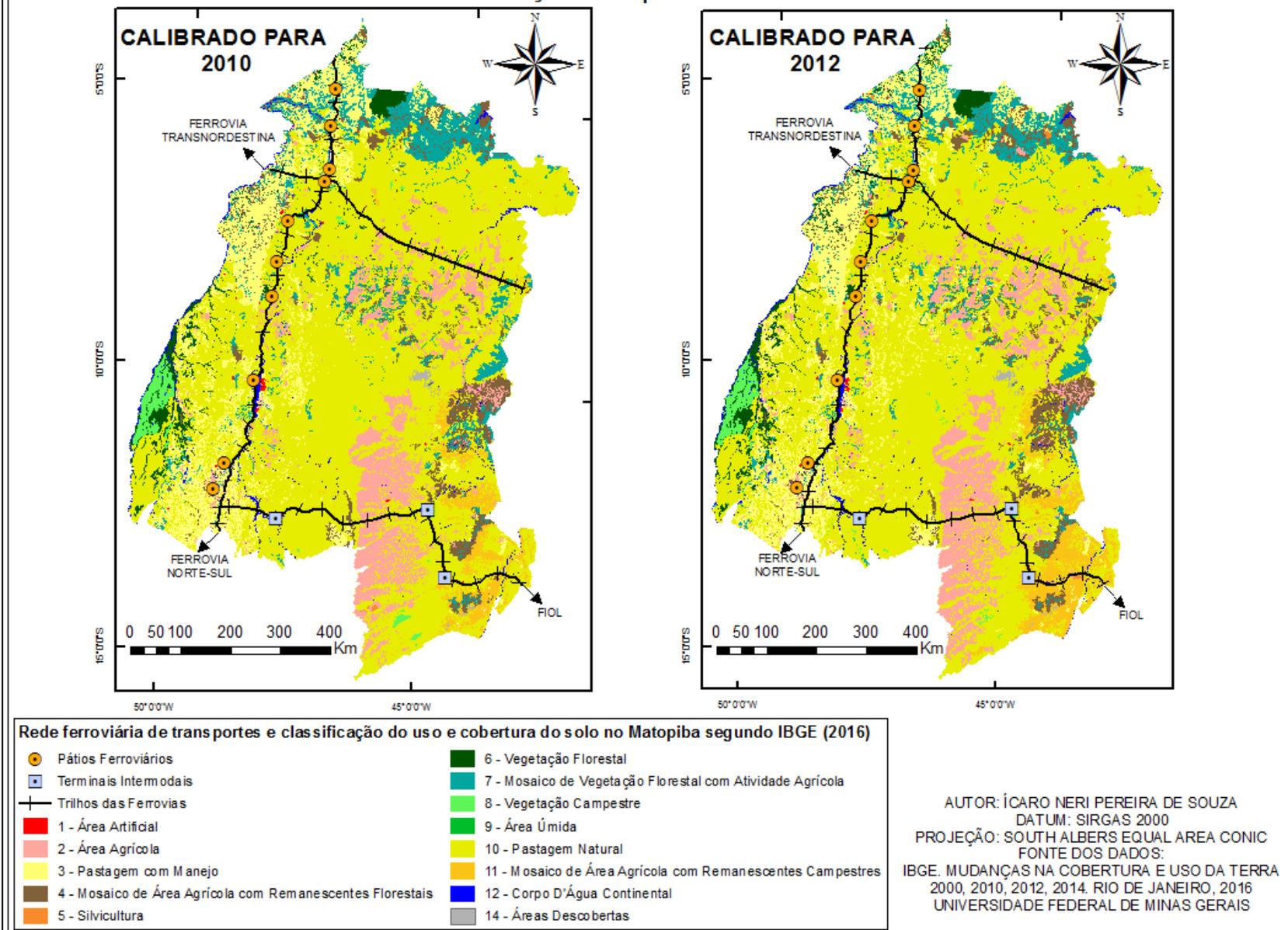


Figura 39: Comparativo entre os mapas gerados para o ano 2040 entre os modelos calibrados para os anos 2010 e 2012 com a edição dos pesos de evidência

5.6 Comparação com o mapa gerado pelo modelo Otimizagro para o ano 2030

Neste tópico foi gerada uma comparação entre os mapas gerados para o ano 2030 deste trabalho e pelo modelo OTIMIZAGRO SOARES-FILHO *et al.* (2016) sendo este ano escolhido por ser o ano final de geração de simulação de mapas neste modelo. Considerando que as metodologias de classificação do uso e cobertura do solo feitas por IBGE (2016) e utilizadas pelo modelo OTIMIZAGRO são diferentes, passando desde a escolha dos sensores até a padronização das classes, não foi objetivo desse tópico fazer uma validação dos mapas simulados para o ano 2030 com o mapa gerado pelo modelo OTIMIZAGRO, e sim comparar a localização das manchas de produção agrícola gerada pelos modelos e verificar tendências.

Para fins comparativos, as classes relacionadas à produção agropecuária foram combinadas no mapa gerado pelo modelo OTIMIZAGRO de forma a poder comparar com as manchas geradas pela modelagem gerada para os mapas reais de IBGE (2016). Foram combinadas as seguintes classes: soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, arroz, trigo, feijão, café arábica, café robusta, laranja, mandioca, banana, cacau, fumo, milho, soja e milho safrinha, soja e trigo, milho e trigo, feijão e feijão, soja e feijão e milho e feijão.

Foi verificado que a localização das classes combinadas de produção agropecuária no modelo Otimizagro, no geral, foram bem parecidas com as modelagens geradas neste trabalho, porém o modelo Otimizagro gerou classes de produção agrícola mais fortemente no entorno do leito do rio Tocantins e da Ferrovia Norte-Sul do que os mapas simulados nesta pesquisa. A título de visualização, a figura 40 mostra a localização das áreas agrícolas geradas no modelo Otimizagro e as áreas agrícolas geradas nos mapas com peso de evidência modificado para incremento da influência das infraestruturas ferroviárias de transporte no modelo calibrado para o ano 2012:

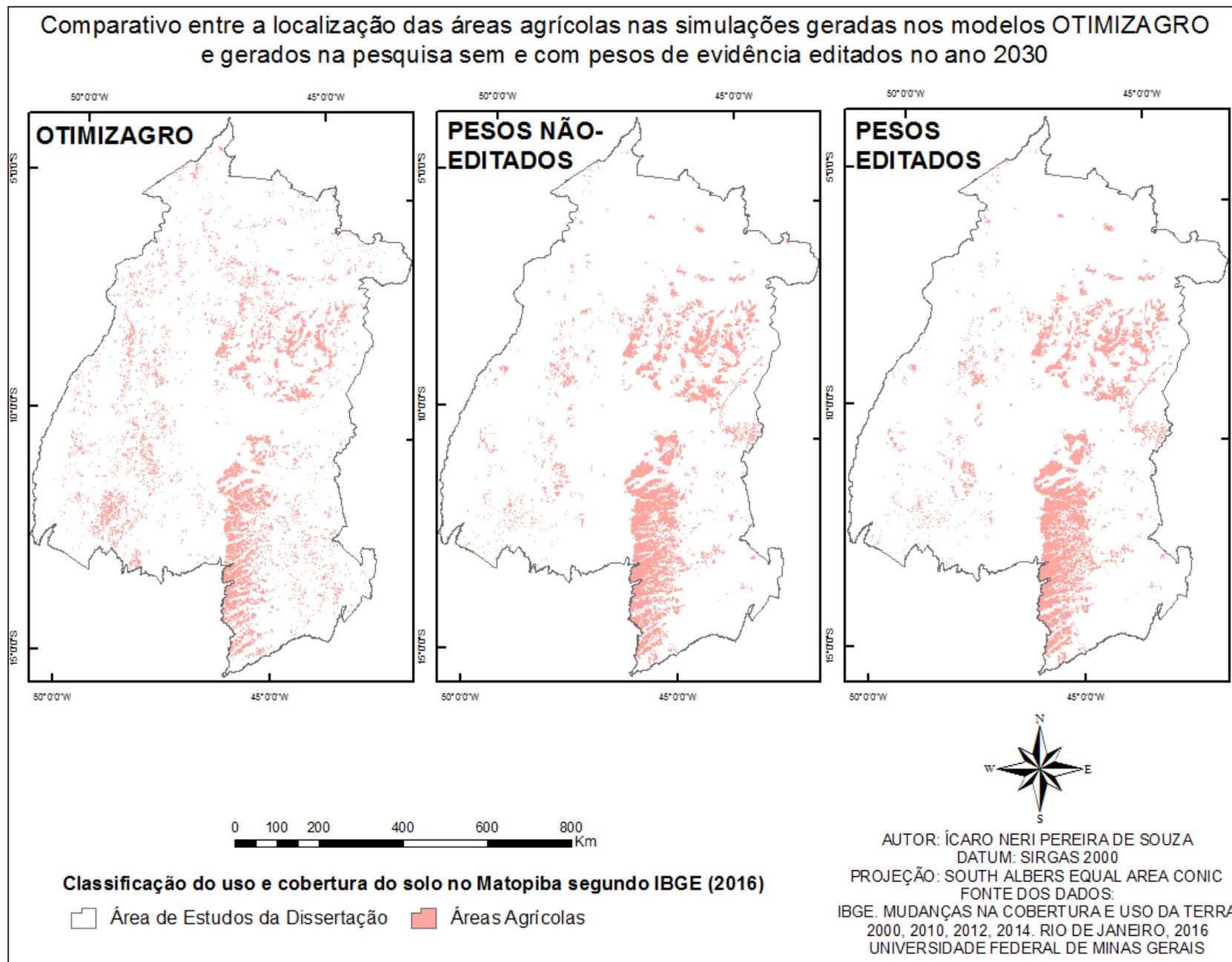


Figura 40: Comparativo entre a localização das áreas agrícolas nas simulações geradas nos modelos OTIMIZAGRO e gerados na pesquisa sem e com os pesos de evidência editados no ano 2030

As tendências verificadas nos três modelos mostram concentração das atividades agropecuárias em áreas do oeste da Bahia, sul do Maranhão e Piauí e no eixo da Ferrovia Norte-Sul e rio Tocantins, áreas já tradicionais de produção agropecuária no Matopiba.

À exceção das áreas agrícolas, não há como fazer muitas análises entre os modelos por causa das distintas metodologias aplicadas para classificação de uso e cobertura do solo, ficando algumas definições meio dúbias. Porém, pode se perceber que as manchas geradas para as classes referentes à vegetação e pastagem se concentram de em áreas semelhantes nos três mapas simulados, mostrando que as diferentes metodologias de classificação do uso do solo e de simulação futura apresentaram tendências parecidas. A figura 41 mostra uma comparação entre as três simulações:

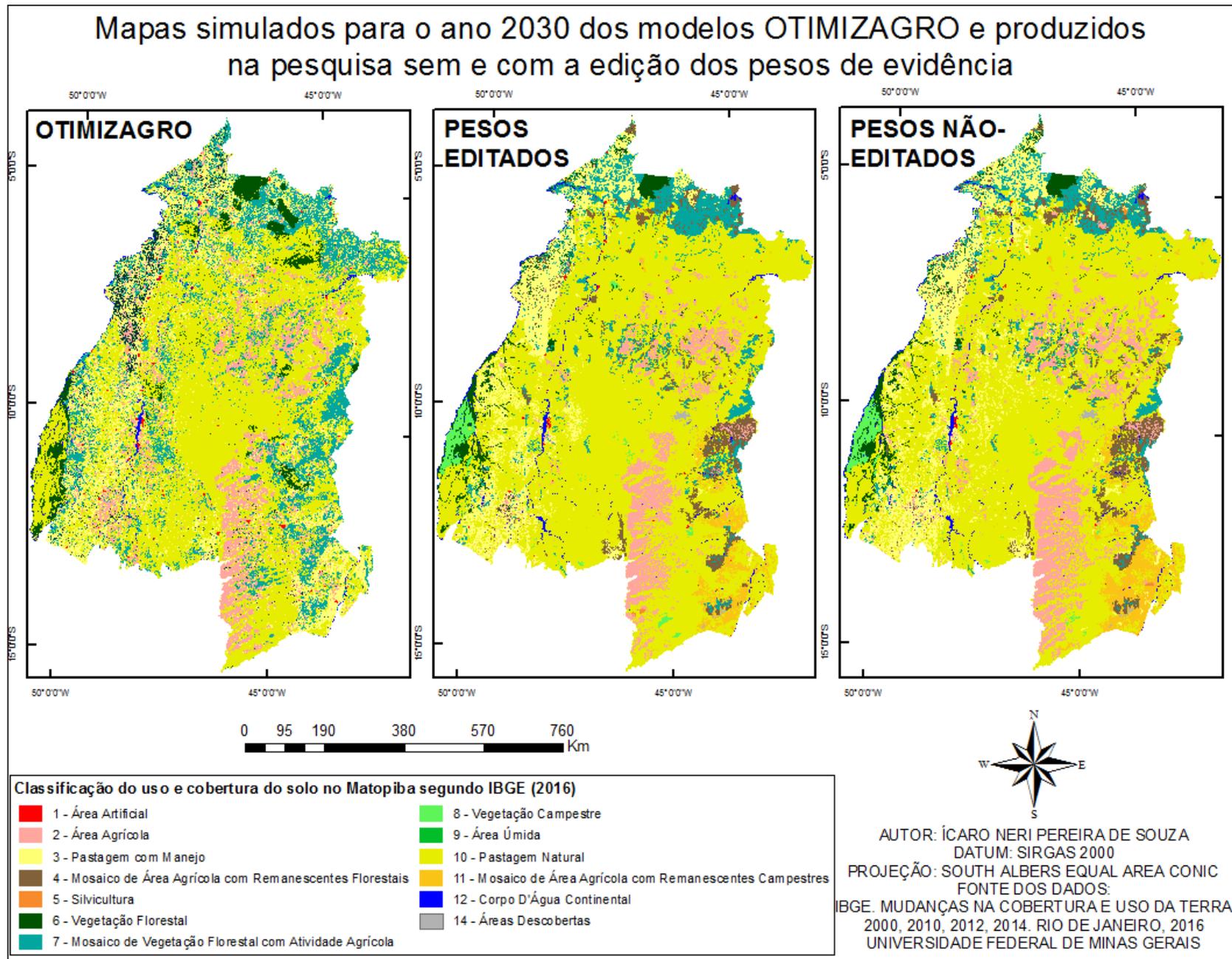


Figura 41: Mapas simulados para o ano 2030 dos modelos OTIMIZAGRO e produzidos na pesquisa sem e com a edição dos pesos de evidência

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão da fronteira agrícola no Matopiba é uma realidade, assim como é a expansão dos modais ferroviários na região e as mudanças na paisagem. O entendimento das dinâmicas de uso e cobertura do solo fornece subsídios para o estudo de complexas relações humanas e sociais, sendo estes estudos aplicáveis a diversas áreas do conhecimento. A possibilidade de se representar dinâmicas humanas e naturais em classes, baseado em um pensamento sistêmico, permite a espacialização, qualificação e quantificação de certos aspectos da realidade, possibilitando um olhar abrangente sobre complexas relações e fomentar um conhecimento mais completo do mundo e das relações que ocorrem sobre e na superfície da Terra.

Este trabalho propôs uma metodologia baseada nos trabalhos de Soares-Filho (*et al.* 2003) e Soares-Filho *et al.* (2009), todavia buscando a confecção de uma modelagem que explicasse as mudanças de uso e cobertura do solo no Matopiba e a sua relação com as infraestruturas ferroviárias de transporte existentes, bem como as infraestruturas em construção e em planejamento. na área. Esta metodologia, baseada no método de pesos de evidência (GOODACRE, 1993; BONHAM-CARTER, 1994) resultou em dois modelos que foram capazes de levantar vários aspectos destas mudanças, além de fazer simulações futuras para o uso e cobertura do solo.

Sob a análise dos pesos de evidência, algumas ponderações devem ser feitas: [1] neste trabalho, esta metodologia não traz respostas quanto a relações de causa-efeito ou correlações entre as mudanças e as variáveis utilizadas, todavia a metodologia analisa a relação da localização espacial das variáveis ou do valor do fenômeno geográfico com a localização espacial das mudanças ocorridas; [2] em se tratando de modelagem de fenômenos geográficos variando no espaço e no tempo, uma mesma variável pode ter comportamentos distintos em dois períodos de tempo diferentes no que diz respeito ao peso verificado da mesma em relação a uma transição de classe de uso e cobertura do solo.

A hipótese do trabalho, que diz respeito às infraestruturas ferroviárias de transportes como elemento indutor de transformações no uso e cobertura do solo da região mostrou ser

verdadeira. A modelagem demonstrou que, os cenários com os pesos de evidência alterados simulando uma operacionalidade dos modos ferroviários ainda não operacionais apresentou um bom ajuste no modelo calibrado para o ano 2012, onde as transições de classes de uso e cobertura do solo estavam mais intensas rumo a uma expansão da atividade agropecuária. O modelo calibrado para o ano base 2010, que apresenta um cenário conservador se comparado ao ano base 2012, teve um ajuste menos acentuado. Isso pode indicar maior aderência entre as mudanças mais expressivas na paisagem, como ampliação da área agrícola, motivadas por projetos ferroviários e políticas recentes do Governo Federal como lançamentos do Programa Nacional de Logística e Transportes (PNLT) de 2010, e Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI) de 2012.

O modelo demonstrou que, em muitas transições entre as classes de uso e cobertura do solo, principalmente no que diz respeito à retração da vegetação em prol da expansão agropecuária, os modais ferroviários, existentes ou não, apresentaram pesos fortes e consideráveis atraindo estas transições. A princípio, esses resultados, responderiam sim a essas hipóteses, porém esses fatos sozinhos não são capazes de responder a questões tão complexas.

Contudo, com base na expansão da atividade agropecuária em áreas relativamente próximas aos modos ferroviários existentes e planejados, a questão que surge é se o planejamento dos modais ferroviários estaria acompanhando a expansão agropecuária ou a expansão agropecuária é quem estaria agindo numa especulação sobre a localização das ferrovias? A literatura nos mostra que a primeira hipótese é a mais correta, porém, para o futuro a modelagem feita neste trabalho levanta a possibilidade de outras relações serem levantadas nessas dinâmicas. Deve-se levar em conta questões políticas e logísticas nestas dinâmicas, como a questão da atração gravitacional de ferrovias e contextos econômicos e sociais, porém neste trabalho o que foi analisado foi a relação geral das mudanças de uso e cobertura do solo com a rede ferroviária de transportes, numa escala macro, tentando entender as possibilidades gerais de mudanças, não aprofundando nos contextos analisados.

No que diz respeito ao bioma Cerrado estar perdendo áreas devido à expansão agropecuária, os resultados do trabalho, analisando os períodos entre 2000-2010 e entre 2000-2012, mostram claramente que há supressão de áreas de cerrado, resultados esses que corroboram com encontrados no trabalho de Lima (2015). O aumento da expansão agropecuária no período 2010-2012 em relação ao período 2000-2010 foi tão contundente que foram

desenvolvidos cenários conservador e intensivo da expansão agropecuária explorando as diferenças de uso e cobertura do solo verificada nos períodos 2000-2010 e 2000-2012.

Sobre a modelagem de sistemas ambientais também algumas considerações hão de ser feitas: [1] o uso de modelos matemáticos, econométricos e espaciais ajudam a entender as complexas dinâmicas físicas e humanas e as suas relações que ocorrem na realidade, porém não são capazes de responder sozinhos a estas questões. As próprias ponderações ao uso dos pesos de evidência é uma reflexão quanto a isso. [2] sempre haverá incertezas relativas aos modelos devido à impossibilidade de se transformar tudo que pode ser analisado no mundo em variáveis explicativas em um modelo, que é uma representação limitada da realidade. Ocorre também a dificuldade dese criar modelos isentos de erros quanto à representação dos fenômenos geográficos. É louvável e recomendável o uso de modelos para análises da realidade e para o planejamento, porém estes serão melhores analisados quando usados como ferramentas e métodos, e não como o resultado final em si.

As melhorias futuras da modelagem deste trabalho devem incluir o constante aperfeiçoamento das variáveis usadas no modelo, sempre tentando representar melhor a realidade dado o contexto de cada época e até mesmo para pontuar as diferenças em relação aos períodos anteriores, além de contar com a atualização dos mapas de referência para o uso e cobertura do solo, disponibilizados por IBGE (2016). Também é recomendado o aperfeiçoamento da metodologia e o estudo de modelos que estudem as dinâmicas relativas à expansão agropecuária, ao bioma cerrado e às infraestruturas de transporte.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, S. et al. Study on the factors to transform underused land focusing on the influence of railway stations in central areas of Japanese Local cities. **Land Use Policy**, [S.L], v. 41, p. 344-356. 2014.

ADORNO, L. F. M. **Ferrovias Norte-Sul: na trilha da questão regional**. Palmas, TO. Unitins, 1999.

ALMEIDA, M.C.C., SOUZA, S.T., SANTANA, M.R.C. O traçado da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e os impactos socioambientais no município de Tanhaçu-BA. In.: **VIII ENCONTRO BAIANO DE GEOGRAFIA/ X SEMANA DE GEOGRAFIA DA UESB**, 2011. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.uesb.br/eventos/ebg/anais/8h.pdf>.

BHATTI, S. S. et al. A multi-scale modeling approach for simulating urbanization in a metropolitan region. **Habitat International**, [S.L], v. 50, p. 354-365. 2015.

BONHAM-CARTER, G. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. New York: Pergamon, 1994. 398 p.

BOUSSARD, J. **Atlas historique et culturel de la France**. Paris, Elsevier, 1957

BRANCO, D. B. K. **Impactos da ferrovia transnordestina na exportação de manga e uva do vale submédio do São Francisco**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste. 2014.

BRASIL. **Decreto n. 5.758, de 13 de abril de 2006**. Institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas - PNAP, seus princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, e dá outras providências.

_____. **Decreto n. 8.447, de 6 de maio de 2015**. Dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a criação de seu Comitê Gestor.

_____. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

_____. Ministério do Planejamento. **8º Balanço do Programa de Aceleração do Crescimento**, 2013.

_____. Ministério dos Transportes. **Banco de Informações e Mapas de Transportes. 2010.**

Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/01-inicial/index.html>

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos básicos em ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. Fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CAMPOS, F. R. **A influência da ferrovia Norte-Sul no desenvolvimento regional do território goiano.** 2015. 158 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais. 2015.

CATAIA, M. A relevância das fronteiras no período atual: unificação técnica e compartimentação política dos territórios. **Scripta Nova (Barcelona)**, v. XI, p. 21, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1999. 236 p.

CPRM - **Mapa Geodiversidade do Brasil, escala 1:2.500.000,** Legenda Expandida, ilustrada, CD-ROM/SIG, Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Secretaria de Geologia, 12 Mineração e Transformação Mineral - SGM, Ministério de Minas e Energia - MME, Brasília, 2008.

DELANEZE, M. et al. Modelagem espacial utilizando autômato celular aplicada à avaliação das mudanças do uso e cobertura da terra no entorno da faixa de dutos Rio de Janeiro Belo Horizonte. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** 2011, Curitiba-PR. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011. p. 5909-5916.

DINIZ, B. P. C. **O grande Cerrado do Brasil Central: geopolítica e economia.** 2006. 231 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 2006.

EHLERS, E. M. **O quê se entende por agricultura sustentável?**. 1994. 165 f. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo. 1994.

EMBRAPA. – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

EMBRAPA CERRADOS. **IV Plano Diretor da Embrapa Cerrados 2008 - 2011 - 2023 / Embrapa Cerrados - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 42 p.**

FAJARDO, A.P.C. **Uma Contribuição ao Estudo do Transporte Intermodal – Otimização da Expansão Dinâmica das Redes Intermodais do Transporte de Soja Produzida no Estado de Mato**. 2006. 204 f. Tese (DOUTORADO). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 2006

FORMAN, R. et al. **Road ecology: science and solutions**. [S.L.]: Island Press, 2003. 504 p.

GOMES, J.M.; VELHO, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio de Janeiro, SBM, 1995.

GOODACRE, A. et al. A statistical analysis of the spatial association of seismicity with drainage patterns and magnetic anomalies in western Quebec: **Tectonophysics**, v. 217,n. 3-4, 1993. p. 285-305.

HAESBAERT, R. **“Gaúchos” no Nordeste: modernidade, des-territorialização e identidade**. Tese de Doutorado em Geografia. São Paulo: FFLCH-USP, 1995.

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.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R.J. Modelos, paradigmas e a Nova Geografia. In Modelos físicos e de informação em Geografia. Rio de Janeiro, **Livros Técnicos e Científicos**. p. 1-19. 1975

HAGGETT, P.; CHORLEY, R.J. **Models, paradigms and the New Geography**. In **Models and Geography**. Londres, Methuen & Co. 1967.

HAN, H; YANG, C.; SONG, J. Scenario Simulation and the Prediction of Land Use and Land Cover Change in Beijing, China. **Sustainability**, [S.L], n. 7, p. 4260-4279, abr. 2015.

HARTSHORNE, R. **Propósitos e Natureza da Geografia**. São Paulo, Hucitec (trad.1966), 1936.

HARVEY, D. A geografia da acumulação capitalista: uma reconstrução da teoria marxista. In: DAVID HARVEY. **A produção capitalista do espaço**. São Paulo: Annablume: 2005. p. 49-73.

_____. **Condição Pós-Moderna: Uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 25ª ed. São Paulo: Edições Loyola. 2014.

_____. **Paris: Capital da Modernidade**. São Paulo: Boitempo. 2015

IANNI, O. **Teorias da globalização**. 5 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999. 228 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua do Brasil – 1:250000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

_____. **Base Cartográfica Contínua do Brasil – 1:250000 – Versão 2**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

_____. **Censo Demográfico no Brasil**. Resultados do Universo. Rio de Janeiro: IBGE; 2010

_____. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ªed revisada e ampliada. 2009. 175p.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ªed revisada e ampliada. 2012. 271p.

_____. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ªed revisada e ampliada. 2015b. 430p.

_____. **Mudanças na Cobertura e Uso da Terra 2000 – 2010 – 2012 - 2014**. Rio de Janeiro, 2016. 33p.

IBISCH, P. L. et al. A global map of roadless areas and their conservation status. **Science**, [S.L], v. 354, p. 1423-1427, dez. 2016.

KARLSON, M. et al. Design and evaluation of railway corridors based on spatial ecological and geological criteria. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [S.L], v. 46, p. 207-228, jul. 2016.

LAPOLA, D. M. et al. Pervasive transition of the brazilian land-use system. **Nature climate change**, [S.L.], v. 4, p. 27-35, jan. 2014.

LEPIKSON, J. A. P. **A lógica da acumulação capitalista na prática hodierna: crescimento, crises e ajustes espaciais**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. 2010

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso**. 5a Aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LI, X. et al. Exploring the impact of high speed railways on the spatial redistribution of economic activities - Yangtze River Delta urban agglomeration as a case study. **Journal of Transport Geography**, [S.L], v. 57, p. 194-206. 2016.

LIMA, T. C. **Modelagem dos vetores de mudança na paisagem no bioma cerrado**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. 2014.

LOPES, H. S; LIMA, R. S.; FERREIRA, R. C. A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean. **Custos e Agronegócio (Online)**, [S.L], v. 12, n. 4, p. 90-109, out./dez. 2016. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v12/OK%205%20optimization.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

MARTÍ-HENNEBERG, J. European integration and national models for railway networks (1840–2010). **Journal of Transport Geography**, [S.L], v. 26, p. 126-138. 2013.

_____. The influence of the railway network on territorial integration in Europe (1870-1950). **Journal of Transport Geography**, [S.L], v. 62, p. 160-171. 2017.

MARX, K. **Grundrisse: manuscritos econômicos de 1857-1858: esboços da crítica da economia política**. São Paulo: Boitempo; RJ: Editora UFRJ. 2011

_____. **O Capital: Crítica da Economia Política**. São Paulo: Boitempo. 2013. Livro I: O processo de produção do capital.

MATHIAS, M. **Matopiba: na fronteira entre a vida e o capital**. ESCOLA POLITÉCNICA DE SAÚDE JOAQUIM VENÂNCIO. [S.L.]. 2017. Disponível em: <<http://www.epsjv.fiocruz.br/noticias/reportagem/Matopiba-na-fronteira-entre-a-vida-e-o-capital>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

MIRANDA, E. E.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A.. Nota Técnica 1: Proposta de

delimitação territorial do Matopiba. **GITE EMBRAPA**, Campinas, mai. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/gite/publicacoes/NT1_DelimitacaoMatopiba.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2017.

MORAES, A. C. R. **Geografia histórica do Brasil: Capitalismo, território e periferia**. São Paulo: Annablume, 2011. (Geografias e Adjacências).

MOURA, A. C. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios**. Anais XXIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2899-2906.

MYERS, N. et al, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, fev. 2000.

NICOLL, E. J.; ARAMU, A.; SIMMONS, D. C. Land-use/transport interaction modelling of the Bathgate-Airdrie railway opening. **Proceedings of the European Transport Conference 2006**, PRTC: London. 2006.

OLIVEIRA, A. L. S. **Modelagem espacial de predição de riscos de incêndio com lógica fuzzy, comparação e validação**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. 2013.

PARCERISAS, L. et al. Land use changes, landscape ecology and their socioeconomic driving forces in the Spanish Mediterranean coast (El Maresme County, 1850–2005). **Environmental Science & Policy**, [S.L], v. 23, p. 120-132. 2012.

PAZÚR, R; BOLLIGER, J. Land changes in Slovakia: Past processes and future directions. **Applied Geography**, [S.L], v. 85, p. 163-175. 2017.

RALHA, C. G. et al. A multi-agent model system for land-use change simulation. **Environmental Modelling & Software**, [S.L], v. 42, p. 30-46. 2013.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 13. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brazil, 2007

SANO, et.al. **Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+**. Anais XIV. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1199-1206.

SANTOS, C. A. P.; SANO, E. E. Formação da Frente de Expansão, Frente Pioneira e Fronteira Agrícola no Oeste da Bahia. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 68-83, set./dez. 2015.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp. 2002. 384 p.

_____. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 3 ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Record, 2000. 174 p.

SANTOS, M. A. et al. **O Cerrado brasileiro: notas para estudo**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, n.387, 2010, 15p.

SHEN, Y. et al. Assessing High-Speed Rail's impacts on land cover change in large urban areas based on spatial mixed logit methods: a case study of Madrid Atocha railway station from 1990 to 2006. **Journal of Transport Geography**, [S.L], v. 41, p. 184-196. 2014.

SICSÚ, A. B.; LIMA., J. P. R. Fronteiras Agrícolas no Brasil: A lógica de sua ocupação recente. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 109-138, jul. 2000.

SILVA, R. G. C. Amazônia globalizada: da fronteira agrícola ao território do agronegócio - o exemplo de Rondônia. **Confins (Online)**, [S.L], n. 23, mar. 2015.

SINGER, D. A., KOUDA, R. A comparison of weights-of-evidence methods and probabilistic neural networks. **Natural Resources Research**, v. 8, no. 4, p. 287-298. 1999.

SKALOS, J. et al. Using old military survey maps and orthophotograph maps to analyse long-term land cover changes e Case study (Czech Republic). **Applied Geography**, [S.L], v. 31, p. 426-438. 2011.

SOARES FILHO, B.S.; RODRIGUES, H., COSTA, W. **Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO**. Centro de Sensoriamento Remoto (IGC/ UFMG) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2009. Disponível em: http://www.csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica_EGO_guidebook.pdf. Acesso em: 03.03.2017

SOARES-FILHO, B. S. et al. Brazil's Market for Trading Forest Certificates. **PLOS ONE**, [S.L.], abr. 2016.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; 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. D. Valeriano, D. (Org.). **Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais**. Belém: Editora Museu Paraense Emílio Goeldi 1 ed., v.1, 2003a. p. 100.

SOARES-FILHO, B.S. Análise das mudanças de cobertura do solo no norte do Mato Grosso, Brasil. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril. 2005. INPE, 2005. p. 3357-3364.

SOUZA, I. N. P.; ARAÚJO, F. R. N, NÓBREGA, R. A. A. Modelagem de dados geográficos para otimização do estudo de um corredor ferroviário entre Paracatu-MG e Ipatinga-MG. **XVIII Congresso Anual de Pesquisa em Transportes da ANPET**. Curitiba. 2014.

SPELLERBERG, I.F. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. **Global Ecology And Biogeography**, v.7, 1998; 333p.

TIAN, X. Y. et al. Surface modelling of human population distribution in China. **Ecological Modelling**. [S.L.], v. 181, p. 461-478. 2005.

TROMBULAK, S; C.; FRISSELL, C. A. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. **Conservation Biology**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 18-30, fev. 2000.

VALEC. **Ferrovias VALEC** (pdf). 2015. Disponível em: http://www.valec.gov.br/acoes_programas/Downloads/MapaFerroviasValec_15-06-2015.pdf.

YE, Y. et al. Research on the influence of site factors on the expansion of construction land in the Pearl River Delta, China: By using GIS and remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, [S.L.], v. 21, p. 366-373. 2013.

ZEMP, S. et al. Classifying railway stations for strategic transport and land use planning: Context matters!. **Journal of Transport Geography**, [S.L.], v. 19, p. 670-679. 2011.

APÊNDICE 1 – DADOS DE ENTRADAS UTILIZADOS NO TRABALHO

DADOS	FONTES	FORMATOS	ESCALAS	DATAS
Abacaxi	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Aerodromos do Brasil	LAPIG IESA - IBGE	VETORIAL	1:1.000.000	2009
Afloramento	GEOBANK CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Agricultura Anual	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2014
Algodão herbáceo (em caroço)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Alho	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Altimetria	ASTER GDEM - NASA	VETORIAL	PIXEL = 30 M	2012
Ameaçados de Morte	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Amendoim (em casca)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Aptidão para a cultura de soja	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Aquicultura	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Área de Proteção Ambiental	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Área Edificada (Manchas Urbanas)	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Área Urbana	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Áreas de inundação do Brasil	LAPIG IESA - IBGE	VETORIAL	1:1.000.000	2014
Áreas de Pastagem do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2015
Áreas de Queimadas do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2002 a 2014
Áreas em Conflito	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Áreas prioritárias para intensificação de rebanho bovino	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Armazéns	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Bateria Silos	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Chapéu Chinês	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Convencional	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Depósito	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015

Armazéns - Estrutural	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Graneleiro	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Armazéns - Silos	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2015
Arroz	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Arroz (em casca)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Assassinados no Campo	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Assentamentos Rurais	LAPIG IESA - INCRA	VETORIAL	1:250.000	2015
Bacias Sedimentares	ANP	VETORIAL		2006
Banana	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Banana (cacho)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Base Fundiária do Brasil	LAPIG IESA - INCRA	VETORIAL	1:250.000	2015
Biomás	GEOWEB Matopiba - Diretoria de Geociencias e Embrapa Solos	VETORIAL		2004
Biomás	IBGE - BC250	VETORIAL		
Biomassado Brasil - Abaixo do Solo	LAPIG IESA - NASA	Raster	Pixel = ~ 1 km	2000
Biomassado Brasil - Acima do Solo	LAPIG IESA - NASA	Raster	Pixel = ~ 1 km	2000
Biomassa acima e abaixo do solo	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Biomassa do Brasil - Acima do Solo - 2008	LAPIG IESA - WRCA	Raster	Pixel = 500m	2008
Blocos de Exploração de Óleo e Gás	GEOWEB MATOPIBA - ANP/BDEP	VETORIAL		2015
Borracha (látex coagulado)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Bovinos - Abatidos	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2006
Bovinos - Rebanho	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2014
Cacau (em amêndoa)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Café (em grão) Arábica	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Café (em grão) Total	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Café Arábica	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Caminho Carroçável	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Cana de Açúcar	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Cana-de-açúcar	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014

Capacidade de Suporte das Pastagens do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2016
Casas de Força do Brasil	LAPIG IESA - ANEEL	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Castanha de caju	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Centrais Geradoras Hidrelétricas	LAPIG IESA - ANEEL	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Cobertura Vegetal da Amazônia	LAPIG IESA - MMA BRASIL	VETORIAL	1:250.000	2002
Cobertura Vegetal da Caatinga	LAPIG IESA - MMA BRASIL	VETORIAL	1:250.000	2002
Cobertura Vegetal do Cerrado	LAPIG IESA - MMA BRASIL	VETORIAL	1:250.000	2002
Coco-da-baía	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Comunidades Tradicionais	LAPIG IESA - FUND. PALMARES	VETORIAL	1:250.000	NÃO INFORMADO
Conflitos por Água	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Conflitos por Terra	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Curvas de Nível	GEOWEB MATOPIBA	VETORIAL		
Declividade	ASTER GDEM - NASA	VETORIAL	Pixel = 30m	2014
Dutovia	GEOWEB Matopiba - DNIT e ANP	VETORIAL		2015
Estabelecimentos Agropecuários	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2006
Estação Ecológica	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Estresse Hídrico		VETORIAL		
Estrutura	GEOBANK CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Extração Vegetal	SIDRA - IBGE			
Fava (em grão)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Feijão	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Feijão (em grão)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Ferrovia dos Carajás	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Ferrovia Norte Sul - Darcinópolis/Araguaína	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Ferrovia Norte Sul - Em Implementação	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Ferrovia Norte Sul - Em Operação	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Ferrovia Norte Sul - Trecho Aprovado	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Ferrovias em Projeto - FIOLE	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010

Ferrovias Planejadas - Transnordestina	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Floresta	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Floresta Plantada	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Florestas	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Florestas em AP	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Focos de Calor do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:1.000.000	2000 a 2014
Formas de Relevo	CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2006
Geodiversidade	GEOWEB Matopiba - CPRM	VETORIAL	1:2.500.000	2015
Geomorfologia		VETORIAL		
Goiaba	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Hidrogeologia	CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2014
Hidrografia	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Hidrografia	GEOBANK CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Hidrografia	GEOWEB Matopiba - ANA	VETORIAL	1:1.000.000	2008
Hidrografia Margem Dupla	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Hidrovias - Navegação Inexpressiva	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Hidrovias - Navegação Principal	BIT - Mtrans	VETORIAL		2010
Horticultura e floricultura	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
IDH	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
Imóveis Rurais Certificados	GEOWEB Matopiba - INCRA e SIGEF	VETORIAL		2015
Índice de Desmatamento e Regeneração		VETORIAL		
Laranja	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Lavoura permanente	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Lavoura temporária	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Lavouras Permanentes	SIDRA - IBGE	VETORIAL	1:250.000	2006/2014
Lavouras Temporárias	SIDRA - IBGE	VETORIAL	1:250.000	2006/2014
Leite	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2006
Limão	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014

Linhas de Transmissão - Existentes	LAPIG IESA - ANEEL	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Linhas de Transmissão - Futuras	LAPIG IESA - ANEEL	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Litologia	GEOBANK CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Lotes de Assentamentos	LAPIG IESA - INCRA	VETORIAL	1:250.000	2015
Mamão	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Mamona (baga)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Mandioca	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Mandioca	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Manga	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Maracujá	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Massas d'Água do Brasil (Tipo Lagoa)	LAPIG IESA - IBGE	VETORIAL	1:1.000.000	2009
Matadouros e Frigoríficos do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	NÃO SE APLICA	2014
Melancia	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Milho (em grão)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Obras do PAC - Ação Preparatória	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Concluído	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Em Contratação	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Em Execução	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Em Licitação (Obras)	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Em Licitação (Projeto)	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Obras do PAC - Em Obras	GEOWEB MATOPIBA - Ministério do Planejamento	VETORIAL		2015
Ocupações Retomadas	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Parques	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Pastagens Cultivadas nos Municípios do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2010
Pastagens Degradadas nos Municípios do Brasil	LAPIG IESA	VETORIAL	1:250.000	2010
Pátios Ferroviários	VALEC	VETORIAL		2015
Pecuária e criação de outros animais	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Pequenas Centrais Hidrelétricas	GEOWEB Matopiba - ANEEL	VETORIAL		2015

Perda de cobertura vegetal por ano	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Perda de cobertura vegetal por ano - Acumulado	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Pesca	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
PIB	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	
Pistas de Pouso	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Pivôs Centrais	LAPIG IESA - EMBRAPA	VETORIAL	1:500.000	2013
População Indígena Rural	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
População Indígena Total	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
População Indígena Urbana	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
População Rural	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
População Total	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
População Urbana	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
Portos e Terminais	GEOWEB Matopiba	VETORIAL		2015
Potencial Agrícola do Brasil	IBGE	VETORIAL	1:5.000.000	2002
Precipitação Média	WORLDCLIM - GEOWEB Matopiba	RASTER	Pixel = ~ 1 km	1950 - 2000
Produção florestal - florestas nativas	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Produção florestal - florestas plantadas	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Produtividade do Brasil	LAPIG IESA	Raster	Pixel = ~ 1 km	2000 a 2013
Propriedades rurais	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Rebanho Suíno				
Rebrota nas Pastagens do Brasil	LAPIG IESA - PROBIO	RASTER	PIXEL: 250 M	MÉDIA = 2000 A 2013
Recursos Minerais	GEOBANK CPRM	VETORIAL	1:1.000.000	2010
Reflectância da Superfície		VETORIAL		
Regiões Hidrográficas	GEOWEB MATOPIBA - ANA	VETORIAL		2003
Remanescentes da Vegetação Nativa	NGeo - ICMBIO	VETORIAL	10x10 km por quadrícula	2009
Renda Média/Per Capita	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010

Renda Per Capita Média Rural	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
Renda Per Capita Média Urbana	IBGE/SIDRA	Tabular	1:250.000	2010
Reserva Extrativista	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Reservatórios de Usinas Hidrelétricas	GEOWEB Matopiba - ANEEL	VETORIAL		2015
Resistência à Seca nas Pastagens do Brasil	LAPIG IESA - PROBIO	RASTER	PIXEL: 250 M	MÉDIA = 2000 A 2013
Rodovias - Leito Natural	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Rodovias - Pavimentadas	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Rodovias - Pavimento Desconhecido	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Rodovias - Pavimento Solto	IBGE	VETORIAL	1:250.000	2015
Savanas	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Savanas em AP	Otimizagro	RASTER	Pixel = 500m	2013
Sementes, mudas e outras formas de propagação vegetal	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Soja (em grão)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Solos	LAPIG IESA - Embrapa	VETORIAL	1:5.000.000	2011
Solos (Nível 1 Hierárquico)	GEOWEB Matopiba - Embrapa Solos	VETORIAL	1:5.000.000	2011
Solos (Nível 2 Hierárquico)	GEOWEB Matopiba - Embrapa Solos	VETORIAL	1:5.000.000	
Sorgo (em grão)	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Status da Vegetação	GEOWEB Matopiba - IBGE/DGC/CREN	VETORIAL	1:1.000.000	2015
Tangerina	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Temperatura Máxima Média	WORLDCLIM - GEOWEB Matopiba	RASTER	Pixel = ~ 1 km	1950 - 2000
Temperatura Média	WORLDCLIM - GEOWEB Matopiba	RASTER	Pixel = ~ 1 km	1950 - 2000
Temperatura Mínima Média	WORLDCLIM - GEOWEB Matopiba	RASTER	Pixel = ~ 1 km	1950 - 2000
Terras Indígenas	IBGE BC 250	VETORIAL	1:250.000	2015
Títulos Minerários por Estado	GEOWEB MATOPIBA - DNPM	VETORIAL		2015
Tomate	SIDRA IBGE	TABULAR	POR MUNICIPIO	2006 a 2014
Trabalho Escravo	LAPIG IESA - CPT	VETORIAL	1:250.000	2014
Trechos de Massa d'água do Brasil (Tipo represa)	LAPIG IESA - IBGE	VETORIAL	1:1.000.000	2014

Unidade animal por hectare	CSR Maps	RASTER	Pixel = 500m	2013
Usinas de Bioenergia	GEOWEB Matopiba - ANEEL	VETORIAL		2011
Usinas Hidrelétricas	GEOWEB Matopiba - ANEEL	VETORIAL		2015
Usinas Termoelétricas	GEOWEB Matopiba - ANEEL	VETORIAL		2015
Vegetação	IBGE - BC250	VETORIAL	1:250.000	2013
Vigor Vegetativo nas Pastagens do Brasil	LAPIG IESA - PROBIO	RASTER	PIXEL: 250 M	MÉDIA = 2000 A 2013
Terminais Intermodais	VALEC	VETORIAL		2015

APÊNDICE 2 – DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DE IBGE (2016)

CLASSE 1 – ÁREA ARTIFICIAL

Mais de 75% do polígono ocupado com uso urbano, estruturado por edificações e sistema viário, onde predominam superfícies artificiais não-agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transportes, redes de energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e edificações que podem, em alguns casos, estar situadas em áreas peri-urbanas. Também pertencem a essa classe aldeias indígenas e áreas de lavra de mineração. As áreas urbanizadas podem ser contínuas ou descontínuas.

CLASSE 2 – ÁREA AGRÍCOLA

Mais de 75% do polígono é ocupado por lavouras temporárias e lavouras permanentes, irrigadas ou não, sendo a terra utilizada para a produção de alimentos, fibras e *commodities* do agronegócio. Inclui todas as terras cultivadas, que podem estar plantadas ou em descanso e também as áreas alagadas cultivadas. Pode ser representada por zonas agrícolas heterogêneas ou extensas áreas de *plantations*.

CLASSE 3 – PASTAGEM COM MANEJO

Área predominantemente ocupada por vegetação herbácea cultivada. São locais destinados ao pastoreio do gado e outros animais, formados mediante plantio de forragens perenes, sujeitos a interferências antrópicas de alta intensidade, como limpeza da terra (destocamento e despedramento), calagem e adubação.

CLASSE 4 – MOSAICO DE ÁREAS AGRÍCOLAS COM REMANESCENTES FLORESTAIS

Área que contenha mais de 50% e menos de 75% do polígono utilizado para agricultura, pastagens e/ou silvicultura e o restante ocupado por remanescentes florestais. Podem ocorrer, em menor proporção, outras formações vegetais (herbáceas e arbustivas).

CLASSE 5 – SILVICULTURA

Área caracterizada pelo cultivo de florestas plantadas com espécies exóticas. Nesta classe mais de 75% do polígono deve ser ocupado por silvicultura.

CLASSE 6 – VEGETAÇÃO FLORESTAL

Mais de 75% do polígono ocupado por florestas. Consideram-se *florestais* as formações arbóreas com porte superior a 5 metros de altura, incluindo-se aí as áreas de Floresta Densa (estrutura florestal com cobertura superior contínua), de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo com cipó, bambu, palmeira ou sororoca), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio), além da Floresta Ombrófila Mista (estrutura florestal que compreende a área de distribuição natural da *Araucaria angustifolia*, elemento marcante nos estratos superiores, que geralmente forma cobertura contínua). Inclui outras feições em razão de seu porte superior a 5 m de altura, como a Savana florestada, Campinarana florestada, Campinarana arborizada e os Manguezais.

CLASSE 7 – MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA

Área que contenha mais de 50% e menos de 75% do polígono ocupado com vegetação florestal e o restante ocupado por mosaicos de lavouras temporárias, irrigadas ou não, lavouras permanentes, pastagens e/ou silvicultura.

CLASSE 8 – VEGETAÇÃO CAMPESTRE

Mais de 75% do polígono ocupado por formações não-arbóreas (campestres). Entende-se como campestres as diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. Incluem-se nessa categoria as Savanas, Estepes, Savanas Estépicas, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Encontram-se disseminadas por diferentes regiões fitogeográficas, compreendendo diferentes tipologias primárias: estepes planaltinas, campos rupestres das serras costeiras e campos hidroarenosos litorâneos (restinga), conforme o Manual Técnico de Uso da Terra (2013).

CLASSE 9 – ÁREA ÚMIDA

Área ocupada por vegetação natural herbácea (cobertura de 10% ou mais), permanentemente ou periodicamente inundada por água doce ou salobra (estuários, pântanos, etc). Inclui os terrenos de charcos, pântanos, campos úmidos, entre outros. O período de inundação deve ser de no mínimo 2 meses por ano. Pode ocorrer vegetação arbustiva ou arbórea, desde que estas ocupem área inferior a 10% do total.

CLASSE 10 – PASTAGEM NATURAL

Área ocupada por vegetação campestre (natural) sujeita a pastoreio e outras interferências antrópicas de baixa intensidade

CLASSE 11 – MOSAICO DE ÁREAS AGRÍCOLAS COM REMANESCENTES CAMPESTRES

Área que contenha mais de 50% e menos de 75% do polígono utilizado para agricultura, pastagens e/ou silvicultura e o restante ocupado por remanescentes campestres. Podem ocorrer, em menor proporção, formações vegetais arbóreas

CLASSE 12 – CORPO D'ÁGUA CONTINENTAL

Inclui todas as águas interiores, como rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares. Também engloba corpos d'água naturalmente fechados (lagos naturais) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais de água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica).

CLASSE 14 – ÁREAS DESCOBERTAS

Esta categoria engloba os afloramentos rochosos, penhascos, recifes e terrenos com processos de erosão ativos. Inclui locais de extração abandonados e sem vegetação, onde 75% da superfície é coberta por rochas, blocos e detritos. Também inclui as dunas, litorâneas e interiores, e acúmulo de cascalho ao longo dos rios.

**APÊNDICE 3 – DADOS USADOS E MODELAGEM GEOGRÁFICA NOS MODELOS
CALIBRADOS PARA OS ANOS 2010 E 2012**

MODELO CALIBRADO PARA O ANO 2010

VARIÁVEL	FORMATO ORIGINAL	MODELAGEM DOS DADOS
Aeródromos Asfalto Concluído	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Aeródromos Não-Asfaltados	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Área Edificada	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Altimetria	RASTER	VALOR DA VARIÁVEL
APA	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Áreas de Agricultura (Soja, Milho e Algodão)	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Áreas de Pastagem	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Armazéns Silos	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Armazéns Convencional	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Armazéns Graneleiro	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Armazéns Bateria Silos	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Base Fundiária do Brasil -	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Declividade	RASTER	CATEGORIAS
Desmatamento acumulado	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Desmatamento mais recente por Município	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Ferrovia em Projeto (FIOL)	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia Norte Sul	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia dos Carajás	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia Planejadas (Transnordestina)	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Hidrelétricas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Hidrovias Navegáveis	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Índice de Desenvolvimento Humano	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Linhas de transmissão existentes	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL

Linhas de transmissão futuras	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Litologia	VETORIAL	CATEGORIAS
Obras do PAC Ação Preparatória	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC Em Execução	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC - Em Obras	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC - Em Licitação	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC Concluídas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Parques SNUC	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Pátios Ferroviários	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
PIB por Município	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Pivôs Centrais	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
População Rural	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
População Total	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
População Urbana	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Produção de Soja	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Queimadas por Município	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Remanescentes da Vegetação Nativa	VETORIAL	CATEGORIAS
Renda Per Capita	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Rodovias Pavimentadas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Relevo	VETORIAL	CATEGORIAS
Refúgio da Vida Silvestre	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Solos	VETORIAL	CATEGORIAS
Terminais Intermodais	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Termoelétricas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Terras Indígenas Homologadas e Registradas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Vegetação	VETORIAL	CATEGORIAS
Status da Vegetação	VETORIAL	CATEGORIAS

MODELO CALIBRADO PARA O ANO 2012

VARIÁVEL	FORMATO ORIGINAL	MODELAGEM DOS DADOS
Aeródromos asfalto concluído	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Aeródromos outros	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Algodão	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Altitude	RASTER	VALOR DA VARIÁVEL
APA	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Aptidão para a cultura de soja	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Área Urbana	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Áreas com prioridade de conservação no Brasil	RASTER	CATEGÓRICAS
Áreas de pastagem	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Áreas prioritárias para intensificação de rebanho bovino	RASTER	CATEGÓRICAS
Armazéns	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Arroz	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Banana	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Biomassa acima e abaixo do solo	VETORIAL	VALOR DA VARIÁVEL
Café Arábica	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Cana de Açúcar	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Declividade	RASTER	CATEGÓRICAS
Desmatamento mais recente	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Estação ecológica	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Feijão	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia Carajás	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia FIOCRUZ	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia Norte-Sul	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Ferrovia Transnordestina	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Floresta Plantada	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Florestas	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL

Florestas em AP	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Hidrelétricas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Hidrovias navegáveis	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
IDH	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Linhas de transmissão existentes	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Linhas de transmissão futuras	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Litologia	VETORIAL	CATEGÓRICAS
Mandioca	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Milho	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC concluídas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC em execução	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Obras do PAC em obras	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Parques SNUC	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Pátios ferroviários	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Perda de cobertura vegetal por ano	RASTER	CATEGÓRICAS
Áreas Perda de cobertura vegetal por ano - Acumulado	RASTER	CATEGÓRICAS
PIB por município	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
População rural	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
População total	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
População urbana	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Produção de soja	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Propriedades rurais	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Queimadas mais recentes	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Refúgio da vida silvestre	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Relevo	VETORIAL	CATEGÓRICAS
Remanescentes da vegetação nativa	VETORIAL	CATEGÓRICAS
Renda per capita	TABULAR	INTERPOLAÇÃO
Rios principais	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Rodovias não-pavimentadas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Rodovias pavimentadas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Savanas	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL

Savanas em AP	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Soja	RASTER	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Solos	VETORIAL	CATEGÓRICAS
Termelétricas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Terminais intermodais	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Terras indígenas homologadas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Terras indígenas registradas	VETORIAL	DISTÂNCIA DA VARIÁVEL
Unidade animal por hectare	RASTER	VALOR DA VARIÁVEL
Vegetação	VETORIAL	CATEGÓRICAS

APÊNDICE 4 – PESOS DE EVIDÊNCIA DAS VARIÁVEIS CATEGÓRICAS
MODELO CALIBRADO PARA O ANO 2012

**MOSAICO DE ÁREA AGRÍCOLA COM REMANESCENTES FLORESTAIS PARA
ÁGRICOLA (CLASSE 4 PARA CLASSE 2)**

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Baixa

Litologia: Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse/ Granodiorito gnáissico/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficicos

Vegetação: Vss.TN - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional, Acc.C - Culturas Ciclicas em Floresta Estacional Decidual, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana,

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para Conservação: Muito Alta*, Insuficiente Conhecida*

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Alta, Insuficientemente conhecida.

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Sedimento detrito-laterítico, Laterita/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Siltito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Xisto/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Serpentinito/ Trondhjemitto, Gnaisse, Granito/ Arenito, Conglomerado/ Clorita xisto, Quartzo xisto/ Filito/ Granodiorito, Monzogranito/ Gabro/ Areia, Argila, Silte/ Gnaisse, Rocha calcissilicática/ Ortognaisse tonalítico/ Migmatito/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamictito, Metamarga, Metassiltito/ Clorita xisto, Conglomerado, Mármore/ Trondhjemitto, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzo monzodiorito/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado/ Sericita filito carbonoso, Metabasalto/ Calcarenito, Siltito, Marga/ Metarcóseo, Metassiltito/ Mármore, Metamarga, Metassiltito/ Charnockito, Charnoenderbitto, Enderbitto, Gnaisse/ Metargilito, Metassiltito/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito/ Metadiorito/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito/ Xisto carbonático, Mica xisto/ Areia, Areia arcoseana/ Silexito, Metacalcário, Metassiltito/ Folhelho, Siltito, Marga/ Metapelito/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga/ Calcarenito, Dolomito

Relevo: Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso, Inselbergs, Domínio de Morros e de Serras Baixas, Escarpas Serranas, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres.

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Cambissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Latossolos Vermelhos Distroficos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, AGUA, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos, Neossolos Litolicos Eutroficos, Luvisolos Cromicos Palicos, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos, Nitossolos Vermelhos Distroficos, Vertissolos Haplicos Orticos

Vegetação: Quase todas as vegetações

MOSAICO DE ÁREA AGRÍCOLA COM REMANESCENTES FLORESTAIS PARA PASTAGEM COM MANEJO (CLASSE 4 PARA CLASSE 3)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Intermediária

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficientemente conhecida

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Areia, Argila, Silte/ Gnaiss, Rocha calcissilicática/ Calcarenito, Siltito, Marga/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga/ Metapelito/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga/ Quartzo sienito, Quartzo monzonito, Monzonito*

Relevo: Domínio Montanhoso, Inselbergs, Planaltos e Baixos Platôs, Domínio de Morros e Serras Baixas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros*

Solos: Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos

Vegetação: Acc.S - Culturas Cíclicas em Savana, Ap.SN - Pecuária (pastagens) em Contato Savana/Floresta Estacional, Ap.C - Pecuária (pastagens) em Floresta Estacional Decidual, Ap.F - Pecuária (pastagens) em Floresta Estacional Semidecidual, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas, Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Snc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Pequena, Prioridade Alta, Prioridade Máxima*

Áreas Prioritárias para Conservação: Muito alta*

Litologia: Areia/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Siltito*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Xisto/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito*/ Serpentinito/ Trondhjemitito, Gnaisse, Granito*/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Arenito, Conglomerado/ Clorita xisto, Quartzo xisto/ Filito/ Granodiorito, Monzogranito*/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascalho*/ Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz*/ Migmatito*/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse*/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Granodiorito gnáissico*/ Ortognaisse*/ Xisto, Filito*/ Metagranito, Metatonalito*/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito*/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamictito, Metamarga, Metassiltito*/ Clorita xisto, Conglomerado, Mármore*/ Trondhjemitito, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzo monzodiorito*/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Sericita filito carbonoso, Metabasalto*/ Metarcóseo, Metassiltito*/ Mármore, Metamarga, Metassiltito*/ Charnockito, Charnoenderbitito, Enderbitito, Gnaisse*/ Metargilito, Metassiltito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito/ Metadiorito*/ Calcarenito, Dolomito

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Superfícies Aplainadas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Escarpas Serranas, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Latossolos Amarelos Distroficos, Cambissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Latossolos Vermelhos Distroficos*, Planossolos Haplicos Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, AGUA*, Neossolos Litolicos Eutroficos*, Luvisolos Cromicos Palicos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*, Acc.C - Culturas Ciclicas em Floresta Estacional Decidual*, Acc.F - Culturas Ciclicas em Floresta Estacional Semidecidual*, Acc.SN - Culturas Ciclicas em Contato Savana/Floresta Estacional*, Ap.TN - Pecuaria (pastagens) em Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional*, As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana, Vsb.C - Vegetacao Secundaria so com palmeiras em Floresta Estacional Decidual, SNe/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Estacional*, Acp.C - Culturas Permanentes em Floresta Estacional Decidual*, Ap.A - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Aberta*, Ap.D - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa*, Ca - Floresta Estacional Decidual Aluvial*, Cm - Floresta Estacional Decidual Montana*, Cmu - Floresta Estacional Decidual Montana dossel uniforme*, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial*, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana*, Corpo d agua continental, Pa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre*, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva*, Pahs - Formacao Pioneira

com influencia fluvial e/ou lacustre herbacea sem palmeiras*, SNt - Contato Savana/Floresta Estacional*, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sa - Savana Arborizada, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sd - Savana Florestada*, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria*, SNC/Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNC/Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNC/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNC/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNC/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, Sp - Savana Parque*, Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria*, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria, STc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica*, STc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica*, Tas - Savana-Estepica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria*, Vsp.A - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Ombrofila Aberta, Vsp.C - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Vsp.F - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual, Vsp.SN - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Contato Savana/Floresta Estacional*, Vss.C - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Vss.F - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual*, STc/Tas - Savana-Estepica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica*, STNt - Contato Savana/Savana-Estepica*, STt - Contato Savana/Savana-Estepica*, TNt - Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional

MOSAICO DE ÁREA AGRÍCOLA COM REMANESCENTES FLORESTAIS PARA MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA (CLASSE 4 PARA CLASSE 7)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Granodiorito gnáissico/ Ortognaisse/ Xisto, Filito/ Metagrano, Metatonalito/

Relevo: Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficados, Plintossolos Haplicos Distroficos

Vegetação: Acc.C - Culturas Cíclicas em Floresta Estacional Decidual, Vsb.C - Vegetacao Secundaria so com palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas, Fm - Floresta Estacional

Semidecidual Montana, Vsp.C - Vegetação Secundária com palmeiras em Floresta Estacional Decidual

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Alta*

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficientemente conhecida*, Muito alta*

Litologia: Areia/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Arenito*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Siltito*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito*/ Xisto*/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito*/ Serpentinito*/ Trondhjemitó, Gnaíse, Granito*/ Arenito, Conglomerado*/ Clorita xisto, Quartzo xisto*/ Filito*/ Granodiorito, Monzogranito*/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascalho*/ Areia, Argila, Silte*/ Gnaíse, Rocha calcissilicática*/ Ortognaíse tonalítico*/ Migmatito*/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito*/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito*/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamicrito, Metamarga, Metassiltito*/ Clorita xisto, Conglomerado, Mármore*/ Trondhjemitó, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzo monzodiorito*/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Sericita filito carbonoso, Metabasalto*/ Calcarenito, Siltito, Marga/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga*/ Metarcóseo, Metassiltito*/ Mármore, Metamarga, Metassiltito*/ Charnockito, Charnoenderbitó, Enderbitó, Gnaíse*/ Metargilito, Metassiltito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzó sienito, Monzogranito*/ Metadiorito*/ Anfibolito, Gnaíse granítico, Gnaíse granodiorítico*/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito*/ Xisto carbonático, Mica xisto*/ Areia, Areia arcoseana*/ Silexito, Metacalcário, Metassiltito*/ Folhelho, Siltito, Marga*/ Metapelito*/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga*/ Calcarenito, Dolomito*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso*, Inselbergs*, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Superfícies Aplainadas Conservadas, Escarpas Serranas*, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos*, Latossolos Amarelos Distroficos, Cambissolos Haplicos Tb Distroficos*, Neossolos Quartzarenicos Orticos*, Latossolos Vermelhos Distroficos*, Planossolos Haplicos Eutroficos*, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios*, AGUA*, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos*, Neossolos Litolicos Eutroficos*, Luvisolos Cromicos Palicos*, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação: Quase todas as classes de vegetação que não atraíram as mudanças referentes a esta transição de uso e cobertura do solo apresentaram forte repulsão a essa mudança.

SILVICULTURA PARA ÁREA AGRÍCOLA (CLASSE 5 PARA CLASSE 2)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina:

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Arenito conglomerático, Pelito

Relevo: Chapadas e Platôs

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos*

Vegetação: Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria*

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima*

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Arenito, Folhelho, Siltito*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito*/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita*/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves*, Superfícies Aplainadas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos*, Superfícies Aplainadas Conservadas*, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados*

Solos: Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos*, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos*, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos

Vegetação: Ap.C - Pecuaria (pastagens) em Floresta Estacional Decidual*, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana*, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas*, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, SNc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Estacional*, Vss.TN - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional*

SILVICULTURA PARA PASTAGEM NATURAL (CLASSE 5 PARA CLASSE 10)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina:

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Metarcóseo, Metassiltito*

Relevo: Chapadas e Platôs

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos

Vegetação: Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima*

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano*/ Arenito, Folhelho, Siltito*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito*/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves*, Superfícies Aplainadas Degradadas*, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos*, Superfícies Aplainadas Conservadas*, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados*

Solos: Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos*, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos*

Vegetação: Ap.C - Pecuaria (pastagens) em Floresta Estacional Decidual*, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana*, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas*, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana*, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria*, SNe/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Estacional*, Vss.TN - Vegetação Secundária sem palmeiras em Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional*

VEGETAÇÃO FLORESTAL PARA ÁREA AGRÍCOLA (CLASSE 6 PARA CLASSE 2)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Máxima, Prioridade Alta, Prioridade Mínima

Áreas Prioritárias para Conservação: Muito alta*

Litologia: Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Areia, Argila, Cascalho/ Gnaisse, Rocha calcissilicática/ Ortognaisse tonalítico/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito*/ Anfibolito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico*

Relevo: Chapadas e Platôs, Planaltos e Baixos Platôs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Superfícies Aplainadas Conservadas

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, AGUA, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos

Vegetação: Acc.S - Culturas Ciclicas em Savana, Ap.S - Pecuaria (pastagens) em Savana, As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana, Ap.D - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sa - Savana Arborizada, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sp - Savana Parque, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Pequena, Prioridade Intermediária

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Serpentinó*/ Trondhjemito, Gnaisse, Granito*/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita*/ Arenito, Conglomerado/ Clorita xisto, Quartzo xisto*/ Filito/ Granodiorito, Monzogranito*/ Areia, Argila, Silte/ Arenito, Conglomerado, Siltito*/ Areia, Siltito*

Relevo: Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso*, Inselbergs*, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas*, Escarpas Serranas*, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros*

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Latossolos Vermelhos Distroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos*, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*, Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipós*, Ap.SO -Pecuaria (pastagens) em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, Snc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana*, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente*, Corpo d agua continental, Pa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre*, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva*, SOc/Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipos em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sd - Savana Florestada, Sgf - Savana Gramineo-Lenhosa

com floresta-de-galeria*, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria*, SNc/Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, SOc/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, Vsp.A - Vegetação Secundária com palmeiras em Floresta Ombrofila Aberta*, Vss.C - Vegetação Secundária sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual*, Vss.D - Vegetação Secundária sem palmeiras em Floresta Ombrofila Densa, Vss.F - Vegetação Secundária sem palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual*

VEGETAÇÃO NATURAL PARA PASTAGEM COM MANEJO (CLASSE 6 PARA CLASSE 3)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Máxima, Prioridade Alta, Prioridade Intermediária

Áreas Prioritárias para Conservação: Muito alta

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Arenito, Argilito, Siltito/ Xisto/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Serpentinó/ Trondhjemitó, Gnaisse, Granito/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Arenito, Conglomerado/ Clorita xisto, Quartzo xisto/ Ortognaisse tonalítico/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito*/ Biotita-muscovita-quartzo xisto*/ Metadiorito*/ Anfibólito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico*/ Xisto carbonático, Mica xisto*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Domínio Montanhoso, Inselbergs, Planaltos e Baixos Platôs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Superfícies Aplainadas Conservadas, Vales Encaixados

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Distrofícos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distrofícos, AGUA, Gleissolos Haplicos Ta Distrofícos

Vegetação: Ap.S - Pecuária (pastagens) em Savana, As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana, Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipós, Ap.SO - Pecuária (pastagens) em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Ap.A - Pecuária (pastagens) em Floresta Ombrofila Aberta, Ap.D - Pecuária (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sd - Savana Florestada em

Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sa - Savana Arborizada, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, SOc/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Ombrofila

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Pequena

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Areia/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Granodiorito, Monzogranito*/ Arenito, Conglomerado, Siltito/ Areia, Siltito

Relevo: Chapadas e Platôs*, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso, Domínio de Morros e Serras Baixas, Escarpas Serranas, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Latossolos Vermelhos Distroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos*, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios*, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*,SNC/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*,Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente, Corpo d agua continental, Pa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre*, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva, SOc/Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipos em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sd - Savana Florestada, Sgf - Savana Gramineo-Lenhosa com floresta-de-galeria, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria, SNC/Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Contato Savana/Floresta Estacional, SNC/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional, SNC/Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNC/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional, SNC/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, Sp - Savana Parque*,Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria, Vss.C - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Vss.F - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual*

VEGETAÇÃO FLORESTAL PARA MOSAICO DE ÁREA AGRÍCOLA COM REMANESCENTES FLORESTAIS (CLASSE 6 PARA CLASSE 4)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Máxima, Prioridade Alta, Prioridade Intermediária

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficientemente conhecida*, Muito alta

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Xisto/ Arenito, Conglomerado/ Ortognaisse tonalítico/ Quartzo-mica xisto*/ Metargilito, Metassiltito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito*/ Biotita-muscovita-quartzo xisto*/ Metadiorito*/ Anfibolito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico*/ Xisto carbonático, Mica xisto*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Domínio Montanhoso, Superfícies Aplainadas Degradadas, Vales Encaixados

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficados, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficados, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficados, AGUA, Gleissolos Haplicos Ta Distroficados

Vegetação: Acc.SN - Culturas Cíclicas em Contato Savana/Floresta Estacional, Ap.TN - Pecuária (pastagens) em Contato Savana-Estepica/Floresta Estacional, Ap.D - Pecuária (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sa - Savana Arborizada, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Snc/Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Contato Savana/Floresta Estacional, SOc/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Ombrofila

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Pequena

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Areia/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Serpentinítico/ Filito/ Granodiorito, Monzogranito*/ Areia, Argila, Cascalho*/ Areia, Argila, Silte/ Arenito, Conglomerado, Siltito*/ Areia, Siltito*/ Gnaisse, Rocha calcissilicática

Relevo: Chapadas e Platôs*, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Inselbergs, Planaltos e Baixos Platôs, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos*, Domínio de Morros e Serras Baixas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Escarpas Serranas*, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Latossolos Amarelos Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Latossolos Vermelhos Distroficos*, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos*, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*, Acc.S - Culturas Ciclicas em Savana, Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipós, Acc.ST - Culturas Ciclicas em Contato Savana/Savana-Estepica*, SNc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*, Ap.A - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Aberta, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana, Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente*, Corpo d agua continental, Pa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre*, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva, SOc/Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipos em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, SOc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sd - Savana Florestada, Sgf - Savana Gramineo-Lenhosa com floresta-de-galeria, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria*, SNc/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, Sp - Savana Parque*, Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria*, Vsp.A - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Ombrofila Aberta*, Vss.C - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual*, Vss.D - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Ombrofila Densa*, Vss.F - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual*

VEGETAÇÃO FLORESTAL PARA MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA (CLASSE 6 PARA CLASSE 7)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Máxima, Prioridade Intermediária

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Siltito/ Xisto/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Serpentinito/ Trondhjemitito, Gnaiss, Granito/ Arenito, Conglomerado/ Granodiorito, Monzogranito/ Ortognaisse tonalítico/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito*/ Anfibolito, Gnaiss granítico, Gnaiss granodiorítico*/ Xisto carbonático, Mica xisto*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Inselbergs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros Dissecados

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficados, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficados, AGUA, Gleissolos Haplicos Ta Distroficados

Vegetação: Ap.S - Pecuária (pastagens) em Savana, As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana, Ap.A - Pecuária (pastagens) em Floresta Ombrofila Aberta, Ap.D - Pecuária (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Ds - Floresta Ombrofila Densa Submontana, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Sa - Savana Arborizada, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, SOc/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Ombrofila

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Pequena, Prioridade Alta

Áreas Prioritárias para Conservação: Muito alta*

Litologia: Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Areia/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Filito/ Areia, Argila, Cascalho*/ Areia, Argila, Silte/ Arenito, Conglomerado, Siltito/ Areia, Siltito*/ Gnaiss, Rocha calcissilicática*

Relevo: Chapadas e Platôs, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso, Planaltos e Baixos Platôs, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas, Escarpas Serranas, Vales Encaixados, Tabuleiros

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficados, Latossolos Amarelos Distroficados, Latossolos Vermelhos Distroficados*, Neossolos Litólicos Distroficados, Plintossolos Haplicos Distroficados, Plintossolos Petricos Concrecionários, Neossolos Flúvicos Tb Distroficados*, Neossolos Quartzarenicos Hidromórficos,

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*, Acc.S - Culturas Cíclicas em Savana*, Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipós, Ap.SO - Pecuária (pastagens) em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, SNc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em

Contato Savana/Floresta Estacional, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas, Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente*, Corpo d agua continental, Pa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre*, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva, SOc/Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipos em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Ombrofila, Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Sd - Savana Florestada, Sgf - Savana Gramineo-Lenhosa com floresta-de-galeria, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria, SNc/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, Sp - Savana Parque, Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria, Vsp.A - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Ombrofila Aberta, Vss.C - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Vss.D - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Ombrofila Densa, Vss.F - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual*

MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA PARA ÁREA AGRÍCOLA (CLASSE 7 PARA CLASSE 2)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina:

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Areia/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz/ Metagranodiorito, Metamonzogranito, Metassienogranito/ Arenito, Conglomerado, Siltito/ Ortognaisse tonalítico/ Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga*/ Biotita-muscovita-quartzo xisto/ Anfibolito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico

Relevo: Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Superfícies Aplainadas Conservadas, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Tabuleiros

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelhos Distroficos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos

Vegetação: Acc.C - Culturas Ciclicas em Floresta Estacional Decidual, Acc.S - Culturas Ciclicas em Savana, Ap.SN - Pecuaria (pastagens) em Contato Savana/Floresta Estacional,

As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana, Acp.C - Culturas Permanentes em Floresta Estacional Decidual, Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana, SOc/Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipos em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SNc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Estacional, SNc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional, Sp - Savana Parque, STc/Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica, Vsp.F - Vegetação Secundária com palmeiras em Floresta Estacional Semidecidual, STt - Contato Savana/Savana-Estepica

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima*, Prioridade Máxima*

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficientemente conhecida*, Alta*

Litologia: Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Conglomerado, Xisto aluminoso, Quartzo metarenito/ Xisto/ Serpentinó* / Trondhjemitó, Gnaisse, Granito*/ Clorita xisto, Quartzo xisto*/ Granodiorito, Monzogranito*/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascalho/ Areia, Argila, Silte/ Nefelina sienito*/ Areia, Siltito*/ Xisto magnésiano, Clorita xisto, Cloritito, Formação ferrífera bandada, Serpentinó, Grafita xisto, Talco xisto, Piroxenito, Muscovita-biotita xisto*/ Gnaisse, Rocha calcissilicática/ Charnockito, Charnoenderbitó, Enderbitó, Metagabronorito*/ Metagranito, Metagranodiorito, Metassienogranito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito*/ Gnaisse, Kinzigito*/ Quartzo diorito, Metadiorito, Metanortosito*/ Migmatito*/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito*/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Granodiorito gnáissico*/ Ortognaisse/ Xisto, Filito/ Metagranito, Metatonalito/ Trondhjemitó, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzo monzodiorito*/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Calcarenito, Siltito, Marga*/ Mármore, Metamarga, Metassiltito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito, Monzogranito*/ Metadiorito*/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito*/ Xisto carbonático, Mica xisto*/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito, Muscovita-biotita-quartzo xisto*/ Folhelho, Siltito, Marga*/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga*/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito*/ Calcarenito, Dolomito*/ Quartzo sienito, Monzonito*

Relevo: Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Domínio Montanhoso*, Inselbergs*, Planaltos e Baixos Platôs, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas, Escarpas Serranas*, Terraços Fluviais*

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos, Neossolos Litólicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Neossolos Litólicos Eutroficos*, Latossolos Vermelhos Distroféricos*, Luvisolos Cromícos Palícos*, Neossolos Quartzarenícos Hidromórficos*, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos*, Luvisolos Cromícos

Orticos*, Chernossolos Argiluvicos Orticos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação: Aa - Floresta Ombrofila Aberta Aluvial*, Acc.F - Culturas Ciclicas em Floresta Estacional Semidecidual*, Ap.S - Pecuaria (pastagens) em Savana*, Asc - Floresta Ombrofila Aberta Submontana com cipós*, Vsb.C - Vegetacao Secundaria so com palmeiras em Floresta Estacional Decidual*, SNc/Sp - Savana Parque em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*, Ap.A - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Aberta*, Ap.C - Pecuaria (pastagens) em Floresta Estacional Decidual*, Ap.D - Pecuaria (pastagens) em Floresta Ombrofila Densa*, Ca - Floresta Estacional Decidual Aluvial*, Cm - Floresta Estacional Decidual Montana, Cmu - Floresta Estacional Decidual Montana dossel uniforme*, Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana, Da - Floresta Ombrofila Densa Aluvial, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas, Db - Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas*, Dse - Floresta Ombrofila Densa Submontana com dossel emergente, Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial*, Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente*, Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana, Paa - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre arbustiva*, Pahs - Formacao Pioneira com influencia fluvial e/ou lacustre herbacea sem palmeiras*, SOc/As - Floresta Ombrofila Aberta Submontana em Contato Savana/Floresta Ombrofila, SOc/Sa - Savana Arborizada em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, SOc/Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, SOc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Ombrofila*, Sa - Savana Arborizada, Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Sd - Savana Florestada, Sgf - Savana Gramineo-Lenhosa com floresta-de-galeria*, Sgs - Savana Gramineo-Lenhosa sem floresta-de-galeria*, SNc/Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Fae - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria em Contato Savana/Floresta Estacional*, SNc/Sd - Savana Florestada em Contato Savana/Floresta Estacional, Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria, Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria, STc/Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica*, Vsp.A - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Floresta Ombrofila Aberta*, Vsp.SN - Vegetacao Secundaria com palmeiras em Contato Savana/Floresta Estacional*, Vss.C - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Estacional Decidual, Vss.D - Vegetacao Secundaria sem palmeiras em Floresta Ombrofila Densa*, STc/Tas - Savana-Estepica Arborizada sem palmeiras e sem floresta-de-galeria em Contato Savana/Savana-Estepica*

MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA PARA PASTAGEM COM MANEJO (CLASSE 7 PARA CLASSE 3)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Baixa

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Siltito/ Xisto/ Serpentinito/ Trondhjemitó, Gnaisse, Granito/ Arenito, Conglomerado/ Clorita xisto, Quartzó xisto/ Filito/ Granodiorito, Monzogranito/ Nefelina sienito/ Anfibólito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico

Relevo: Planaltos e Baixos Platôs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Domínio de Morros e Serras Baixas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficó, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficó, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficó, Gleissolos Haplicó Ta Distroficó

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Intermediária, Prioridade Alta, Prioridade Máxima

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida*, Alta*

Litologia: Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascalho/ Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz*/ Metagranodiorito, Metamonzogranito, Metassienogranito/ Areia, Siltito*/ Xisto magnésiano, Clorita xisto, Cloritito, Formação ferríferá bandada, Serpentinito, Grafita xisto, Talco xisto, Piroxenito, Muscovita-biotita xisto*/ Charnockito, Charnóenderbitó, Enderbitó, Metagabronorito/ Metagranito, Metagranodiorito, Metassienogranito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzó sienito*/ Gnaisse, Kinzigito*/ Quartzó diorito, Metadiorito, Metanortosito/ Sienogranito, Monzogranito*/ Ortognaisse tonalítico/ Migmatito*/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse*/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Granodiorito gnáissico*/ Ortognaisse*/ Xisto, Filito*/ Metagranito, Metatonalito*/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito*/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamictito, Metamarga, Metassiltito*/ Trondhjemitó, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzó monzodiorito*/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Calcarenito, Siltito, Marga*/ Mármore, Metamarga, Metassiltito*/ Metadiorito*/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito*/ Xisto carbonático, Mica xisto/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito, Muscovita-biotita-quartzó xisto*/ Folhelho, Siltito,

Marga*/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito*/ Calcarenito, Dolomito*/ Quartzo sienito, Monzonito*

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Domínio Montanhoso, Inselbergs, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Escarpas Serranas, Terraços Fluviais*

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Latossolos Amarelos Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Latossolos Vermelhos Distroficos, Planossolos Haplicos Eutroficos*, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, Neossolos Litolicos Eutroficos*, Latossolos Vermelhos Distroferricos, Luvisolos Cromicos Palicos*, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Luvisolos Cromicos Orticos, Chernossolos Argiluvicos Orticos, Nitossolos Vermelhos Distroficos, Vertissolos Haplicos Orticos

Vegetação:

MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA PARA MOSAICO DE ÁREA AGRÍCOLA COM REMANESCENTES FLORESTAIS (CLASSE 7 PARA CLASSE 4)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima, Prioridade Pequena

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida

Litologia: Areia/ Arenito, Folhelho, Siltito/ Xisto/ Serpentinio/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Arenito, Conglomerado/ Granodiorito, Monzogranito/ Nefelina sienito/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse/ Xisto, Filito/ Metagranito, Metatonalito/ Calcarenito, Siltito, Marga/ Mármore, Metamarga, Metassiltito/ Folhelho, Siltito, Marga/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga/ Migmatito, Ortognaisse*/ Calcarenito, Dolomito

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Domínio Montanhoso, Superfícies Aplainadas Degradadas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Escarpas Serranas, Vales Encaixados

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, AGUA, Gleissolos Haplicos Ta Distroficos

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Intermediária, Prioridade Alta, Prioridade Máxima

Áreas Prioritárias para Conservação: Alta*

Litologia: Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascvalho/ Areia, Argila, Silte/ Metagranodiorito, Metamonzogranito, Metassienogranito*/ Arenito, Conglomerado, Siltito*/ Xisto magnésiano, Clorita xisto, Cloritito, Formação ferrífera bandada, Serpentinó, Grafita xisto, Talco xisto, Piroxenito, Muscovita-biotita xisto*/ Gnaisse, Rocha calcissilicática*/ Areia, Siltito*/ Charnockito, Charnoenderbitó, Enderbitó, Metagabronorito*/ Metagranito, Metagranodiorito, Metassienogranito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzó sienito*/ Gnaisse, Kinzigito*/ Quartzó diorito, Metadiorito, Metanortosito*/ Sienogranito, Monzogranito*/ Ortognaisse tonalítico*/ Migmatito*/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Granodiorito gnáissico*/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamictito, Metamarga, Metassiltito*/ Trondhjemitó, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzó monzodiorito*/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzó sienito, Monzogranito*/ Biotita-muscovita-quartzó xisto*/ Metadiorito/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito*/ Xisto carbonático, Mica xisto/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito, Muscovita-biotita-quartzó xisto*/ Areia, Areia arcoseana/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito*/ Quartzó sienito, Monzonito*

Relevo: Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Inselbergs, Planaltos e Baixos Platôs, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas, Tabuleiros, Terraços Fluviais

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distrofícos, Neossolos Quartzarenícos Ortícos, Latossolos Vermelhos Distrofícos, Neossolos Litolícos Distrofícos, Plintossolos Haplicos Distrofícos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distrofícos, Neossolos Litolícos Eutrofícos*, Latossolos Vermelhos Distroferrícos*, Luvisolos Cromícos Palícos*, Neossolos Quartzarenícos Hidromorfícos*, Luvisolos Cromícos Ortícos*, Chernossolos Argiluvícos Ortícos*, Nitossolos Vermelhos Distrofícos*, Vertissolos Haplicos Ortícos*

Vegetação:

MOSAICO DE VEGETAÇÃO FLORESTAL COM ATIVIDADE AGRÍCOLA PARA SILVICULTURA (CLASSE 7 PARA CLASSE 5)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano

Relevo: Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados

Solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficicos

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Baixa*, Prioridade Intermediária*, Prioridade Alta*, Prioridade Máxima*

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida*, Alta*

Litologia: Quase todas as classes de litologia

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs*, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros*, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres*, Domínio Montanhoso*, Inselbergs*, Planaltos e Baixos Platôs*, Superfícies Aplainadas Degradadas, Domínio de Morros e Serras Baixas*, Superfícies Aplainadas Conservadas*, Escarpas Serranas*, Tabuleiros*, Terraços Fluviais*

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficicos*, Neossolos Quartzarenicos Orticos*, Latossolos Vermelhos Distroficicos*, Planossolos Haplicos Eutroficicos*, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficicos*, Neossolos Litolicos Distroficicos*, Plintossolos Haplicos Distroficicos*, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficicos*, Plintossolos Petricos Concrecionarios*, AGUA*, Neossolos Fluvicos Tb Distroficicos*, Neossolos Litolicos Eutroficicos*, Latossolos Vermelhos Distroferricos*, Luvisolos Cromicos Palicos*, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Luvisolos Cromicos Orticos*, Chernossolos Argiluvicos Orticos*, Nitossolos Vermelhos Distroficicos*, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação:

VEGETAÇÃO CAMPESTRE PARA PASTAGEM NATURAL (CLASSE 8 PARA CLASSE 10)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade Mínima*, Prioridade Intermediária, Prioridade Alta*.

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida*

Litologia: Arenito, Folhelho, Siltito*/ Arenito/ Arenito, Argilito, Siltito*/ Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Areia, Argila, Cascalho*/ Ortognaisse tonalítico/ Migmatito/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito/ Filito, Quartzito aluminoso, Metaconglomerado*/ Clorita xisto, Conglomerado, Mármore*/ Trondhjemitto, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzito monzodiorito/ Metarcóseo, Metassiltito*/ Mármore, Metamarga, Metassiltito/ Sienitóide, Quartzito sienito, Nefelina

sienito/ Biotita-muscovita-quartzo xisto*/ Conglomerado, Filito, Metassilito, Albitito/ Areia, Areia arcoseana/ Metapelito

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Domínio Montanhoso, Superfícies Aplainadas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas, Superfícies Aplainadas Conservadas*, Escarpas Serranas*, Vales Encaixados

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios,

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade baixa.

Áreas Prioritárias para Conservação: Alta

Litologia: Areia/ Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Areia, Argila, Silte/ Arenito, Conglomerado*

Relevo: Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, AGUA*, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação:

PASTAGEM NATURAL PARA ÁREA AGRÍCOLA (CLASSE 10 PARA CLASSE 2)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade mínima*, prioridade baixa*

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Ortognaisse tonalítico/ Biotita granito, Tonalito, Álcali-granito/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/

Relevo: Chapadas e Platôs

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos,

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade intermediária*, prioridade alta*, prioridade máxima*

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida, Muito alta*, Alta*

Litologia: À exceção das classes que atraíram esta transição de classe, todas as outras classes referentes à litologia a afastaram.

Relevo: À exceção da classe “Chapadas e Platôs”, todas as outras classes de relevo afastaram esta transição de uso e cobertura do solo.

Solos: Cambissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, AGUA, Neossolos Litolicos Eutroficos, Latossolos Vermelhos Distroferricos*, Luvisolos Cromicos Palicos, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Luvisolos Cromicos Orticos*, Chernossolos Argiluvicos Orticos, Nitossolos Vermelhos Distroficos, Vertissolos Haplicos Orticos*

Vegetação:

PASTAGEM NATURAL PARA PASTAGEM COM MANEJO (CLASSE 10 PARA CLASSE 3)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade intermediária, prioridade alta.

Áreas Prioritárias para Conservação:

Litologia: Arenito, Argilito, Folhelho, Siltito, Arenito arcoseano/ Sedimento detrítico-laterítico, Laterita/ Filito/ Arenito, Conglomerado, Siltito/ Gnaisse, Rocha calcissilicática/ Gnaisse, Kinzigito/ Quartzito diorito, Metadiorito, Metanortosito/ Ortognaisse tonalítico/ Gabro, Serpentinito, Piroxenito, Peridotito/ Charnockito, Charnoenderbito, Enderbito, Gnaisse/ Sienitóide, Quartzito sienito, Nefelina sienito/ Quartzito-mica xisto, Metatufo, Granada-biotita-muscovita-quartzito xisto/ Quartzito-mica xisto/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzito sienito, Monzogranito/ Biotita-muscovita-quartzito xisto/ Serpentinito, Talco xisto/ Diorito, Gabro/ Anfibolito, Gnaisse granítico, Gnaisse granodiorítico/ Xisto carbonático, Mica xisto/ Areia, Areia arcoseana/ Folhelho, Siltito, Marga/

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Inselbergs, Planaltos e Baixos Platôs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Domínio de Morros e Serras Baixas, Superfícies Aplainadas Conservadas, Tabuleiros

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Plintossolos Petricos Concrecionarios, Latossolos Vermelhos Distroferricos, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos, Nitossolos Vermelhos Distroficos

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade mínima, prioridade baixa, prioridade máxima.

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida, Muito alta*, Alta

Litologia: Argilito, Folhelho, Siltito argiloso*/ Arenito, Argilito, Siltito/ Serpentinito/ Trondhjemito, Gnaisse, Granito/ Granito/ Gabro*/ Areia, Argila, Cascalho/ Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz/ Xisto magnésiano, Clorita xisto, Cloritito, Formação ferrífera bandada, Serpentinito, Grafita xisto, Talco xisto, Piroxenito, Muscovita-biotita xisto/ Metagranito, Metagranodiorito, Metassienogranito*/ Biotita-hornblenda granito, Sienogranito, Quartzo sienito/ Sienogranito, Granito, Monzogranito/ Biotita granito, Tonalito, Álcali-granito/ Arenito, Arenito conglomerático, Pelito/ Arenito, Conglomerado, Folhelho, Siltito*/ Ortognaisse*/ Xisto, Filito/ Metagranito, Metatonalito*/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamicrito, Metamarga, Metassiltito*/ Tonalito, Granito, Granodiorito/ Trondhjemito, Tonalito, Granito, Granodiorito, Quartzo monzodiorito/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Metarcóseo, Metassiltito/ Mármore, Metamarga, Metassiltito*/ Anfibolito/ Brecha magmática, Tufo cinerítico, Metagrauvaca, Metagrauvaca lítica*/ Metargilito, Metassiltito/ Piroxenito, Metagabronorito, Metanorito/ Biotita granito, Granito/ Conglomerado, Filito, Metassiltito, Albitito*/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito, Muscovita-biotita-quartzo xisto/ Filito, Mica quartzito, Quartzito feldspático*/ Quartzito feldspático, Metaconglomerado*/ Filito, Metaconglomerado*/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga/ Filito, Quartzito feldspático*/ Migmatito, Ortognaisse granodiorítico*/ Formação ferrífera bandada, Grafita xisto, Mármore, Rocha calcissilicática, Mica xisto, Metabasalto, Metagabro, Metakomatiíto, Metachert*/ Clorita xisto, Xisto carbonático, Filito*/ Migmatito, Ortognaisse*/ Metabasalto*/ Quartzo sienito, Monzonito*/ Granito, Granodiorito, Quartzo monzonito, Monzonito*/ Arcóseo, Argilito, Siltito*

Relevo: Chapadas e Platôs, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Domínio Montanhoso, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Escarpas Serranas, Vales Encaixados, Terraços Fluviais

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Cambissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos*, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, AGUA, Neossolos Litolicos Eutroficos*, Luvisolos Cromicos Palicos, Luvisolos Cromicos Orticos, Vertissolos Haplicos Orticos

Vegetação:

PASTAGEM NATURAL PARA MOSAICO DE ÁREAS AGRÍCOLAS COM REMANESCENTES CAMPESTRES (CLASSE 10 PARA CLASSE 11)

ATRAÍRAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina:

Áreas Prioritárias para Conservação: Alta

Litologia: Aglomerado, Areia, Argila, Laterita/ Areia, Argila, Cascalho/ Arenito, Folhelho, Siltito arenoso, Conglomerado suportado por matriz/ Migmatito, Ortognaisse, Paragnaisse/ Xisto, Filito/ Ardósia, Mármore, Metamarga, Metarenito, Metassiltito/ Mica xisto, Quartzito feldspático, Metadiamicrito, Metamarga, Metassiltito/ Filito, Quartzito feldspático, Metaconglomerado/ Calcarenito, Siltito, Marga/ Arcóseo, Argilito, Calcarenito, Dolomito, Folhelho, Siltito, Ritmito, Marga/ Mármore, Metamarga, Metassiltito/ Folhelho, Siltito, Marga/ Quartzito feldspático, Metaconglomerado/ Filito, Metaconglomerado/ Argilito, Silexito, Ritmito, Marga/ Filito, Quartzito feldspático/ Quartzito sienito, Quartzito monzonito, Monzonito/ Migmatito, Ortognaisse granodiorítico/ Formação ferrífera bandada, Grafita xisto, Mármore, Rocha calcissilicática, Mica xisto, Metabasalto, Metagabro, Metakomatiito, Metachert/ Migmatito, Ortognaisse/ Calcarenito, Dolomito/ Quartzito sienito, Monzonito/ Granito, Granodiorito, Quartzito monzonito, Monzonito

Relevo: Domínio de Colinas Dissecadas e Morros, Inselbergs, Superfícies Aplainadas Conservadas, Escarpas Serranas, Tabuleiros

Solos: Latossolos Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelhos Distroficos, Planossolos Haplicos Eutroficos, Cambissolos Haplicos Ta Eutroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutroficos, AGUA, Neossolos Fluvicos Tb Distroficos, Neossolos Litolicos Eutroficos,

Vegetação:

AFASTARAM

Áreas Prioritárias para a Intensificação de Atividade Bovina: Prioridade máxima.

Áreas Prioritárias para Conservação: Insuficiente conhecida, Muito alta*

Litologia: Quase todas as classes sobre litologia que não exerceram atração a essa transição de classes de uso e cobertura do solo.

Relevo: Domínio de Colinas Amplas e Suaves, Chapadas e Platôs, Planícies Fluviais ou Flúvio-Lacustres, Domínio Montanhoso, Planaltos e Baixos Platôs, Superfícies Aplainadas Degradadas, Degraus Estruturais e Rebordos Erosivos, Domínio de Morros e Serras Baixas, Vales Encaixados, Tabuleiros Dissecados, Terraços Fluviais*

Solos: Gleissolos Haplicos Tb Distroficos*, Cambissolos Haplicos Tb Distroficos, Neossolos Quartzarenicos Orticos, Neossolos Litolicos Distroficos, Plintossolos Haplicos Distroficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distroficos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distroficos*, Plintossolos Petricos Concrecionarios, Latossolos Vermelhos Distroferricos*, Neossolos Quartzarenicos Hidromorficos*, Luvisolos Cromicos Orticos*, Chernossolos Argiluvicos Orticos*, Nitossolos Vermelhos Distroficos*, Vertissolos Haplicos Orticos*