

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Taíssa Caroline Silva Rodrigues

Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, Amazônia
maranhense, entre os anos 1976 - 2016 por meio da aplicação do sensoriamento
remoto e SIG's

Presidente Prudente
Dezembro de 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CAMPUS PRESIDENTE PRUDENTE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CURSO DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Taíssa Caroline Silva Rodrigues

Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, Amazônia
maranhense, entre os anos 1976 - 2016 por meio da aplicação do sensoriamento
remoto e SIG's

Tese de Doutorado apresentado à banca examinadora do
Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" UNESP/FCT - Campus de
Presidente Prudente para obtenção do título de Doutora em
Geografia.

Linha de Pesquisa: Análise e Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Messias Modesto dos Passos

Co - orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli

Presidente Prudente

Dezembro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

R696e Rodrigues, Taissa Caroline Silva

Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, Amazônia maranhense, entre os anos 1976 - 2016 por meio da aplicação do sensoriamento remoto e SIG's / Taissa Caroline Silva Rodrigues. -- , 2018

183 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,

Orientador: Messias Modesto dos Passos

Coorientador: Edson Luís Piroli

1. Amazônia Maranhense. 2. Modelo GTP. 3. Sensoriamento Remoto. 4. Transformações. 5. Cobertura e uso da Terra. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

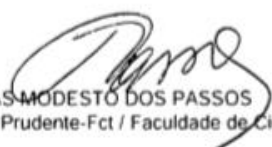
TÍTULO DA TESE: Estudo da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, noroeste da Amazônia maranhense entre os anos 1976 - 2016 por meio da aplicação do sensoriamento remoto e SIG's.

AUTORA: TAÍSSA CAROLINE SILVA RODRIGUES

ORIENTADOR: MESSIAS MODESTO DOS PASSOS

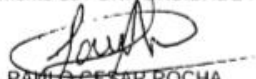
COORDENADOR: EDSON LUÍS PIROLI

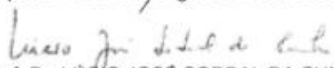
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em GEOGRAFIA, área:
Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MESSIAS MODESTO DOS PASSOS
Campus de Pres Prudente-Fct / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Prof. Dr. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Prof. Dr. ANTONIO CORDEIRO FEITOSA
Departamento de / UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO


Prof. Dr. PAULO CESAR ROCHA
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente


Prof. Dr. LÚCIO JOSÉ SOBRAL DA CUNHA
Universidade de Coimbra / Portugal

Presidente Prudente, 05 de dezembro de 2018

Dedico aos meus pais Crisostomo Soares e Maria de Lourdes Rodrigues que lutaram pelos meus estudos sempre;

Ao meu irmão Tácito Eron;

Ao meu companheiro de vida Josué Dias;

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me guiar e estar presente comigo em todos os momentos da minha vida. Por me fazer entender que os obstáculos encontrados durante esse percurso serviram para me deixar mais forte a cada nova etapa.

A meus pais, Crisóstomo Soares Rodrigues e Maria de Lourdes Silva Rodrigues, pelo incentivo e constante apoio em todos os momentos, mantendo-me focada e me dando força para prosseguir até mesmo nos momentos mais difíceis e que a desistência sempre era uma opção. Nunca deixaram-me desistir e nem achar que não iria conseguir chegar até o fim.

A meu irmão, Tácito Ezon Silva Rodrigues, que, até nos momentos mais complicados, me fez rir com o seu jeito único de ser e me acompanhou nas melhores turnês gastronômicas.

A meu companheiro de vida, Josué Carvalho Viegas, pela compreensão e incentivo a continuar em qualquer que fosse a situação. Pela parceria nas nossas grandes viagens à congressos e passeios nos mais diversos lugares do mundo.

A toda minha linda família pelas orações e conselhos que me fortaleceram em todos os momentos, me dando força e capacidade para seguir em frente. Cada um tem uma participação muito forte em minha vida, padrinho, madrinha, primos, tios e sobrinhos, como são vários rsrs, não consigo citar o nome de todos por aqui, mais fica à gratidão.

A meu orientador Prof. Dr. Messias Modesto dos Passos, pelo acompanhamento durante essa caminhada intelectual e pelas viagens de campo realizadas na Amazônia que foram enriquecedoras ao meu crescimento pessoal e acadêmico.

A meu grande amigo Paulo Roberto Pereira por toda ajudada dada a mim para a realização da tese. Companheiro que me acompanhou em vários momentos importantes, tais como: campo, mudança para morar em outra cidade, nos mapeamentos da própria tese e nas discussões e produções de artigos.

A meu grande amigo Telesforo Rodrigues e sua esposa Celenia Martins, pelas intensas conversas e conselhos sempre me dando muito força e direcionando o caminho de Deus na minha vida.

Ao professor e sempre orientador Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa, pelas grandes orientações desde a graduação até o doutorado. Pelos conselhos, pelo vôlei em sua casa, pelas conversas e conselhos em relação a vida acadêmica e pessoal. Além de, por meio da UFMA/NEPA, proporcionar o carro e motorista para o deslocamento até os municípios da região estudada.

Ao professor Dr. Lúcio Cunha e Rui Jacinto por me receberem de braços abertos durante a realização do doutorado sanduiche em Coimbra, Portugal. Além de todos os amigos do CEGOT pela acolhida, vinhos, organização de eventos e claro, festas rsrs, nas noites de Coimbra. Em especial a Washington e Estevão, pelas risadas e conversas durante o ano de estadia nesse lindo país.

As amigas Laís Viudes, Yhasmin e Silvia Polizel, que mesmo distantes, sempre se mantiveram presentes em minha vida, dando força para continuar e atingir meus objetivos.

Ao amigo Matheus Ericeira que ajudou muito na realização do trabalho de campo nos 7 dias pelas estradas do Maranhão.

Ao amigo Marco Torres, que ajudou em todos os momentos da pesquisa por meio da sua disposição a todo momento.

Ao NEPA (todos os seus integrantes), pelas conversas, confraternizações, ajuda em campo e sempre disponibilização de estrutura física para a realização da pesquisa.

As amigas Liriane Barbosa e Larissa Dorigon, pelas conversas, ajudas e acolhidas em sua residência durante todo o período do doutorado.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP, pelos ensinamentos ministrados durante as disciplinas e pelo convívio no programa de pós.

A FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA- FAPEMA, pelo financiamento, que possibilitou a minha pesquisa de doutorado. Sem seu apoio eu não teria como financiar o curso e a pesquisa.

A todos aqueles que participaram direta ou indiretamente eu agradeço.

"A vida é o que fazemos dela.

As viagens são os viajantes.

"O que vemos, não é o que vemos, senão o que somos"

(Fernando Pessoa - Livro do Desapego)

Resumo

O bioma amazônico, do mesmo modo como os demais ambientes inclusos no limite administrativo da Amazônia Legal, apresenta importância mundial devido a sua abundância de recursos e diversidade, além de exercer a função de reator, que atua para o equilíbrio do ambiente. Porém, a partir da década de 1970, com as políticas de ocupação e "desenvolvimento" da região, os processos de desmatamento e os diversos impactos sobre o ambiente apresentaram aumentos significativos e preocupantes do ponto de vista socioambiental. Devido a isso, a pesquisa atual, realizada na Microrregião do Gurupi, localizada na Amazônia Legal Maranhense, Noroeste do Estado do Maranhão, justifica-se pela necessidade de proceder a um estudo aprofundado sobre as transformações de cobertura e uso da terra, ocorridas na Amazônia Maranhense entre os anos de 1976 e 2016, analisando de maneira geral o papel dos agentes sociais e das políticas públicas nas transformações da cobertura e no uso da terra. Para tanto, fez-se uso da abordagem geossistêmica, tendo como orientação metodológica o modelo GTP - Geossistema (geocomplexo), Território e Paisagem, associados a técnicas de Geoprocessamento, analisados em ambiente SIG. Desse modo, pode-se analisar as intensas transformações ocorridas no decorrer dos anos na região, assim como as modificações que influenciaram positiva e negativamente as famílias que residem nessas áreas. Como resultados da pesquisa, percebeu-se, por meio da classificação de imagens de satélites e visitas a campo, que a região central e norte foram as que mais perderam vegetação primária em favor do solo exposto e vegetação rasteira, normalmente áreas destinadas à agropecuária que, juntamente com áreas de Manguezais, correspondem às áreas mais frágeis a processos erosivos. Outro ponto importante foram as modificações percebidas pelos próprios moradores locais e como eles reconhecem e se identificam com o ambiente em que vivem. Além disso a pesquisa mostrou como se pode estudar uma área desde sua ocupação até seus problemas atuais por meio da Geofotografia, que aqui não servia apenas como arte, mais como ferramenta de percepção. Assim, entende-se que o modelo teórico utilizado com o auxílio das ferramentas de Geotecnologias foi capaz de identificar as principais transformações que ocorreram na área e como a população se comporta diante disso. É importante ressaltar que, por mais que seja uma tese de doutorado, a pesquisa tem como objetivo a sua continuidade, uma vez que a área requer vários estudos relacionados aos problemas ambientais e sociais.

Palavras-chave: Amazônia Maranhense. GTP. Sensoriamento Remoto. Transformações.

Abstract

The Amazon Biome, as all the other biomes within the administrative limits of the so-called *Legal Amazon*, has a worldwide importance due to its abundance of resources and diversity. Furthermore, it plays an essential function as a reactor that helps the environmental equilibrium. However, since the seventies, with the enforcement of occupation and “development” policies in the region, deforestation processes and other diverse impacts on the environment have been worryingly and significantly increasing from a socioenvironmental perspective. Thus, the current research done in the Microregion of *Gurupi*, located in the *Maranhão Legal Amazon* in the northwest of the state, is supported by the necessity of proceeding to a deep study on the changes of land use and cover that took place in the Maranhão Amazon from 1976 to 2016, analysing in a general manner the role of the social agents and public policies in the changes of land use and cover. To achieve such goal, the geosystemic approach has been used with the methodological GTP - Geosystem (geocomplex), Territory and Landscape guideline, associated to Geoprocessing techniques, analysed on a GIS environment. Therefore, it is possible to analyse the most significant changes that have positively and negatively influenced the families that used to live in this area. As results from this research, it was possible to identify through the classification of satellite images and field work, that the central and northern regions were the ones that lost most primary vegetation in favour of bare land and ground vegetation, normally used for agriculture and cattle raising, that along mangrove forests are the most fragile environments to erosive processes. Another important point was the perception of the changes by the residents of the areas and how they recognise and identify themselves with the environment where they live in. Besides that, this research has shown how it is possible to study an area from how it was occupied to the problems that currently affect it through the Geophotography, that worked not only as art, but also as a perception tool. Thus, it is understood that the theoretical model used along the Geotechnological tools was able to identify the main changes that took place on the area and how the population behaves before those. It is important to stress that, even though this research is a PhD thesis, its aim is to be continued, once the area requires several related studies to its social and environmental problems.

Key-words: *Maranhão Amazon*. GTP. Remote Sensing. Changes

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema prático do geossistema proposto por Georges Bertrand (1978)	29
Figura 2: Representação do sistema GTP, conforme a proposta de Georges Bertrand	33
Figura 3: Regiões do espectro eletromagnético	46
Figura 4: Fluxograma com os procedimentos metodológicos realizados na pesquisa.....	56
Figura 5: Etapas realizadas para o mapeamento da cobertura da Terra.....	57
Figura 6: Modos de espalhamento da radiação pela atmosfera, contribuindo com o aumento da reflectância do alvo que chega ao sensor.	60
Figura 7: Processo de Segmentação da cena 222-62	63
Figura 8: Árvore de decisão gerada no WEKA.....	64
Figura 9: Classificação realizada no <i>Ecognition</i>	64
Figura 10: Localização da área de estudo	74
Figura 11: Distribuição dos municípios inseridos na Microrregião do Gurupi.....	75
Figura 12: Área de atuação da COLONE na microrregião do Gurupi.....	80
Figura 13: Domínios tectônicos do estado do Maranhão.....	85
Figura 14: Unidades geológicas da Microrregião do Gurupi.....	87
Figura 15: Unidades Geomorfológicas da Microrregião do Gurupi.....	90
Figura 16: Mapa hipsométrico da Microrregião do Gurupi	91
Figura 17: Mapa de declividade da Microrregião do Gurupi	92
Figura 18: Mapa da distribuição dos solos na Microrregião do Gurupi	95
Figura 19: O rio Maracaçumé com seus problemas aparentes de desmatamento da mata ciliar (A - esquerda) e o rio Gurupi que serve, além das outras atividades econômicas, como deslocamento aos moradores (B - direita).....	97
Figura 20: Mapa das Bacias Hidrográficas da Microrregião do Gurupi.....	98
Figura 21: Mapa Climático da Microrregião do Gurupi.....	103
Figura 22: "A" áreas de pasto encontrada, principalmente no norte da região; "B" áreas de vegetação secundária, encontrada na maior parte da região; "C" área de manguezal, encontrada na parte do extremo norte e "D" Floresta ombrófila, encontrada na sul e em algumas porções da parte central e norte da região.	105
Figura 23: Mapa da cobertura vegetal da Microrregião do Gurupi	106
Figura 24: Distribuição das Unidades de Paisagens	115
Figura 25: Mapa de Fragilidade Ambiental da Microrregião do Gurupi	118
Figura 26: Mapa de cobertura da terra da Microrregião do Gurupi de 1976	128
Figura 27: Extensão da malha rodoviária nos estados da Amazônia Legal (100 km)	129
Figura 28: Desmatamento anual discriminado por Estado da Amazônia Legal (km ²) a) média entre 1977 e 1988, b) média entre 1993 e 1994 e d) estimativa	129
Figura 29: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 1986	133
Figura 30: Mapa de cobertura da terra da Microrregião do Gurupi de 1996	134
Figura 31: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 2006	135
Figura 32: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 2016.....	136
Figura 33: Pequeno área de cultivo nos quintais das casas do município de Carutapera	140
Figura 34: Área urbana do município de Boa Vista do Gurupi	141
Figura 35: Mapa atual do uso da terra da Microrregião do Gurupi	142
Figura 36: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 1976 e 1996	144
Figura 37: Relação das classes com maior perda entre os anos de 1976 e 1996	145

Figura 38: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016	148
Figura 39: Relação das classes com maior perda entre os anos de 2006 e 2016	149
Figura 40: Entrevista realizada ao seu Henrique, morador de um povoado situado no município de Carutapera.....	151
Figura 41: Residência do seu Henrique que tem orgulho de a ter construído.	153
Figura 42: Crianças no povoado situado no município de Carutapera	154
Figura 43: Imagens de satélite que demonstram as principais áreas desmatadas na área central da Microrregião do Gurupi (área central).....	157
Figura 44: Transformações ocorridas no território, principalmente na área ocupada pelo projeto de Colonização do Alto Turi.....	158
Figura 45: Áreas de pastos e fazendas no município de Centro Novo do Maranhão.....	159
Figura 46: Vias de acesso à terra indígena Alto Turiaçu	159
Figura 47: Madeiras cortadas recentemente, aguardando transporte.	160
Figura 48: Área queimada.....	161
Figura 49: O "batiado" dos garimpeiros na procura do ouro	162
Figura 50: O momento que perderam o medo da "fiscalização" e contaram histórias de vida e suas funções no garimpo	162
Figura 51: Área do garimpo	163
Figura 52: Casa comum na área dos municípios estudados	164
Figura 53: Forma de transporte das comunidades que vivem mais distante da sede do Município.....	164
Figura 54: Captação de água em poços mais distantes de suas casas	165
Figura 55: Rio Gurupi como meio de transporte para os moradores.....	165
Figura 56: Distribuição dos lotes.....	108
Figura 57: Pirâmide de vegetação do Lote 01	111
Figura 58: Pirâmide de vegetação do Lote 02	112

Lista de SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
ASI - Agenzia Spaziale Italiana
CAD - *Computer Aided Design*
CEGET - Centro de Estudos Geografia do Trabalho
CEGOT - Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território
CEI - Centro de Estudos Ibéricos
COLONE - Companhia de Colonização do Nordeste
DLG - Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOD - Departamento de Defesa dos Estados Unidos
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA - Estados Unidos da America
GADIS - Grupo Acadêmico Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial
GAIA - Grupo de Pesquisa Interações na superfície, água e atmosfera
GASPERR - Grupo de Pesquisa Produção do Espaço e Redefinições Regionais
GEDRA - Grupo de Estudos Dinâmica Regional e Agropecuária
GEOBIA - Análise geográfica de imagens orientadas a objeto
GIS - Geographic Information System
GNU - *General Public License*
GTP - Geossistema, Território, Paisagem
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
INPA - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE - Modelo Digital de Elevação
MMA - Ministério do Meio Ambiente
Nasa - National Aeronautics and Space Administration
NCGIA - National Centre for Geographical Information and Analysis
ND - Número Digital
NDVI - Índice de vegetação da diferença normalizada
NDWI - Normalized Difference Water Index
NERA - Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária
NGA - National Geospatial-Intelligence Agency
Nima - National Imagery and Mapping Agency
NIR - Near Infrared Reflectance
PCAT - Projeto de colonização do Alto Turi
PIN - Plano de Integração Nacional
RADAM - Radar na Amazônia
REBIO - Reserva Biológica
REM - Radiação eletromagnética
SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index
SIG - Sistema de Informações Geográficas
SITIM - Sistema de Tratamento de Imagens
SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas
SPVEA - Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission
SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
SWIR - Short Wave Length Infrared

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

UFMA - Universidade Federal do Maranhão

UNESP - Universidade Estadual de São Paulo

USGS - United States Geological Survey

Lista de Tabelas

Tabela 1: resumo das Linhas Geográficas e suas representações computacionais	42
Tabela 2: Características dos satélites Landsat 2, 5 e 8.....	47
Tabela 3: Classes de fragilidade Ambiental.....	67
Tabela 4: Principais produtos agropecuários e extrativistas do estado do Maranhão e da região da Amazônia maranhense (2004).....	82
Tabela 5: Extensão de cada Unidade de Paisagem	113
Tabela 6: Chave de interpretação das classes da imagem de 1976, Landsat 2 sensor MSS.	121
Tabela 7: Chaves de interpretação das imagens do ano de 1986, Landsat 5 sensor TM.....	122
Tabela 8: Chave de interpretação das classes da imagem de 1996, Landsat 5 sensor TM.....	123
Tabela 9: Chave de interpretação das classes da imagem de 2006, Landsat 5 sensor TM.....	124
Tabela 10: Chave de interpretação das classes da imagem de 2016, Landsat 8 sensor OLI	125
Tabela 11: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1976.....	130
Tabela 12: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1986.....	130
Tabela 13: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1996.....	131
Tabela 14: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 2006.....	131
Tabela 15: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 2016.....	131
Tabela 16: Chave de Interpretação do uso da Terra	139
Tabela 17: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes entre os anos de 1976 e 1996.....	143
Tabela 18: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016.....	147

Lista de Equações

Equação 1: SAVI.....	49
Equação 2: NDVI.....	49
Equação 3: NDWI.....	50
Equação 4: Transformação do ND para Radiância.....	59
Equação 5: Transformação de Radiância para Reflectância.....	60

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Climograma para o clima úmido tipo B1 entre 1977 a 2015.....	101
Gráfico 2: Climograma para o clima úmido tipo B2 entre 1977 a 2015.....	101
Gráfico 3: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 1976 e 1996.....	146
Gráfico 4: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016.....	147

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVOS.....	24
1.1.1 Geral	24
1.1.2 Específicos	24
CAPÍTULO 01	26
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
1.1 Abordagem Geossistêmica.....	27
1.2 Modelo GTP – Geossistema (Geocomplexo, Território e Paisagem)	30
1.3 Paisagem como indicador ambiental e social	34
1.4 Unidades de Paisagens	37
1.5 Uso e cobertura da Terra.....	38
1.6 Geotecnologias como ferramentas para análises geográficas	40
1.6.1 Geoprocessamento e o espaço geográfico	41
1.6.2 Sensoriamento Remoto.....	45
1.6.3 Vantagens e Limitações do Sensoriamento remoto	50
1.6.4 Análise geográfica de imagens baseada a objetos (GEOBIA).....	51
CAPÍTULO 02	53
METODOLOGIA	53
1 METODOLOGIA.....	54
1.1 Materiais	54
1.2 Procedimentos Metodológicos.....	56
1.2.1 Levantamento Bibliográfico	57
1.2.2 Aquisição dos Dados e criação do Banco de dados.....	58
1.2.3 Registro das Imagens Landsat 2 e 5.....	58
1.2.4 Transformações Físicas.....	59
1.2.5 Correção Atmosférica	60
1.2.6 Geração dos índices	61
1.2.7 Classificação Cobertura da terra	62
1.2.8 Classificação do uso da Terra.....	65
1.2.8 Validação	65
1.2.9 Geração do mapa de declividade, hipsométrico e MDE.....	66

1.2.10 Geração do mapa de Fragilidade Ambiental	66
1.2.11 Geração do Mapa das Unidades de Paisagens.....	68
1.2.11 Geração de Climogramas	68
1.2.12 Aplicação de entrevistas semi dirigidas	69
1.2.13 Levantamentos fitossociológicos e pirâmide de vegetação.....	69
1.2.14 Identificação dos Vetores de Mudança.....	70
<i>CAPÍTULO 03.....</i>	71
<i>PROCESSO DE FORMAÇÃO TERRITORIAL DA MICRORREGIÃO DO GURUPI.....</i>	71
1 Localização e situação da área de estudo.....	72
2 Formação territorial da Microrregião do Gurupi	76
2.1 A formação territorial da microrregião do gurupi	76
2.2 Ocupação pela frente Litorânea	77
2.3 Ocupação dos migrantes da seca	78
2.4 Ocupação pelo projeto de colonização alto turi.....	79
2.5 Atividades econômicas.....	80
<i>CAPÍTULO 04.....</i>	83
<i>O GEOCOMPLEXO DA MICRORREGIÃO DO GURUPI.....</i>	83
1 O Geocomplexo da Microrregião do Gurupi.....	84
1.1 Embasamento Geológico	84
1.2 Geomorfologia	88
1.3 Pedologia	93
1.4 Hidrografia.....	96
1.5 Clima.....	99
1.6 Vegetação.....	104
1.7 Levantamento Fitossociológico como identificação da antropização	107
1.8 Unidades de Paisagens do Geocomplexo.....	113
1.9 Fragilidade ambiental.....	116
<i>CAPÍTULO 05.....</i>	119
<i>AS TRANSFORMAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MICRORREGIÃO DO GURUPI</i> <i>.....</i>	119
1.0 Definição das classes de cobertura	120
1.1 Análise temporal das modificações da cobertura da terra	126
1.2 Validação das classificações.....	138

1.3 Definições do uso da Terra.....	139
1.4 Análise do uso da Terra da Microrregião do Gurupi	140
1.5 Análise do Vetor de Mudança das Transformações de Cobertura da terra.....	143
<i>CAPÍTULO 06.....</i>	<i>150</i>
<i>A PERCEPÇÃO DA PAISAGEM A PARTIR DO OLHAR DOS MORADORES LOCAIS.....</i>	<i>150</i>
1. A percepção da paisagem a partir do olhar dos moradores locais.....	151
<i>CAPÍTULO 07.....</i>	<i>155</i>
<i>GEOFOTOGRAFIA: A MATERIALIZAÇÃO DA AMAZÔNIA MARANHENSE.....</i>	<i>155</i>
1 GEOFOTOGRAFIA: a materialização da amazônia maranhense.....	156
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	167
REFERÊNCIAS	170
ANEXO	181

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas direcionadas a respeito das particularidades da cobertura e uso da terra, e as correlações e inter-relações (sociedade-natureza) formuladas pela Geografia, tornam-se fundamentais para diversos ramos do conhecimento que analisam as múltiplas variações que ocorrem no espaço geográfico vivido. Sendo assim, os estudos que abordam os aspectos da cobertura da terra possibilitam análises e entendimentos sobre o mapeamento de áreas verdes para avaliação da qualidade ambiental, áreas de riscos, usos irregulares da terra, unidades de conservação, impactos negativos e positivos ao ambiente decorrente de agentes sociais que resultam em novas configurações, formas e interpretação das paisagens (GRIMMOND, 2007; LANG, 2009; PASSOS, 1998).

Para a observação, extração e análise das informações da cobertura e uso da terra, surge, nos anos de 1960, o Sensoriamento Remoto (SR), termo cunhado no início por Evelyn L. Pruitt e colaboradores, que passou a ser uma importante técnica de coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em diferentes escalas de análise.

A partir de então, o Sensoriamento Remoto surgiu como uma importante ferramenta na análise de padrões espaciais e na relação horizontal e vertical em unidades e feições de paisagem (FLORENZANO, 2001), categorias em que a geografia e ciências afins enquadram estudos sobre cobertura e uso da terra (solo) nas dimensões do geossistema, do território e das paisagens locais (MENESES e ALMEIDA et. al., 2012; PIROLI, 2010; FROHN, 1998; TURNER e GARDNER, 1991).

De acordo com Meneses e Almeida et al. (2012):

As técnicas de sensoriamento remoto se apresentam atualmente como a primeira e dentre as principais ferramentas para a obtenção de informações da superfície terrestre, sem que haja um contato físico entre o sensor e o objeto. Para Florenzano (2011), a condição principal, imposta por estas informações, são coletadas por meio de imagens de satélite geradas em sistemas sensores orbitais passivos e ativos que apresentam resolução espacial, radiométrica e temporal que dependem do objetivo final dos estudos a que foram destinados.

Exemplos das aplicações do SR em pesquisas desta natureza são os estudos realizados na Amazônia que têm usado dados oriundos de satélites para documentar mudanças na cobertura e uso da terra, de forma a inferir modificações no ambiente e

implicações positivas e negativas do natural ao social na Amazônia Legal (MORAN et al., 1994; BOUCEK; MORAN, 2004).

Mello (2006) relata que o processo de apropriação da Amazônia é marcado pela abertura de estradas e pelas ideologias de conquistas e seus conflitos, fruto do avanço da “frente pioneira”, estimulada a partir dos anos de 1970 pelas políticas governamentais, que privilegiou a consolidação da soberania nacional sobre o território, promovendo transformações sociais e ambientais na região. Em especial, tais modificações dos padrões espaciais, na Amazônia Legal, explicam-se pela rede de estradas e pelos projetos de colonização criados por projetos de desenvolvimento que promoveram grandes migrações inter-regionais, e pelo atual modelo de crescimento econômico (MORAN et al., 2008 p. 56).

O bioma amazônico, assim como os demais incluídos na área da Amazônia Legal, apresenta grande importância devido à abundância de recursos, funcionando, assim, como um grande reator para o equilíbrio da estabilidade ambiental. Porém, a partir da década de 1970, com as políticas de ocupação e "desenvolvimento" da região, os processos de desmatamento e os diversos impactos sobre o ambiente apresentaram aumentos significativos e preocupantes do ponto de vista socioambiental.

Martins e Zanon (2007) relatam que as atividades econômicas associadas ao desmatamento têm representado verdadeiras ameaças à proteção da biodiversidade na Amazônia Legal, principalmente nos Estados do Mato Grosso e do Maranhão, localizados em zonas de fronteira agrícola e de atividades pecuárias. No passado, o desmatamento na Amazônia era inter-relacionado com incentivos fiscais e políticas de colonização que desencadeavam forte migração para a região como válvula de escape para os problemas sociais de outras regiões. Já o panorama recente mostra forte conexão da dinâmica do desmatamento aos cenários macroeconômicos nacional e global, incluindo aí questões ligadas à desvalorização do real frente ao dólar e telecomunicações com o mercado chinês e com outros grandes consumidores de bens agrícolas (SOARES-FILHO et al., 2008).

Nessa conjuntura, as taxas anuais de desmatamento são disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio dos sistemas de monitoramento PRODES - Programa de Cálculo do Desmatamento da Amazônia que mede, por meio de imagens dos satélites LANDSAT, as taxas anuais de corte raso para os períodos de agosto do ano anterior a julho do ano corrente, desde 1988, considerando desmatamentos com áreas superiores a 6,25 hectares (BRASIL, 2009 p. 32.; BRASIL, 2010 p. 84); e resumos dos dados

do DETER - Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real, que utiliza dados do sensor MODIS do satélite Terra/Aqua e do Sensor WFI do satélite CBERS, que disponibilizam mensalmente um mapa de alertas para áreas com mais de 25 hectares, que indica tanto áreas totalmente desmatadas (corte raso) como áreas em processo de desmatamento por degradação florestal progressiva entre os anos de 2004 a 2013 (BRASIL, 2009 p. 32.; DETER, 2013).

Das informações retiradas dos programas de monitoramento da Amazônia mencionados, surge o pressuposto que, na interface de transição Norte-Nordeste, as Mesorregiões do Maranhão a oeste do meridiano 44°, em especial as microrregiões do Gurupi e Imperatriz, juntamente com estados do Norte, a exemplo: Rondônia, Amazonas, Mato Grosso e Pará (BRASIL, 1953; BRASIL, 1966; BRASIL, 1973), são os espaços geográficos da Amazônia Legal que mais têm perdido a cobertura natural da terra nos últimos 40 anos, levando em consideração que os dados disponibilizados não revelam a totalidade. Sobre essas informações surge a hipótese de trabalho sobre o que está por trás dos números a respeito do uso e perda de cobertura da terra, em especial na Amazônia maranhense e pelos impactos sofridos junto às comunidades locais (índios, quilombolas, ribeirinhos e pescadores), fator não analisado pelos programas.

Para o IBGE (2011), o processo de desmatamento acentuou-se nas últimas quatro décadas, concentrado nas bordas sul e leste da Amazônia Legal (arco do desmatamento). O monitoramento e a consequente quantificação do avanço da ocupação da Amazônia utilizam como principal e, na maioria das vezes, único parâmetro de avaliação a retirada da vegetação florestal, calculando-se as taxas, sobretudo anuais, em que o fenômeno se processa. Portanto, são praticamente desconhecidos os números deste avanço nas áreas cobertas por outros tipos de vegetação, e sabe-se ainda menos como os demais elementos da natureza componentes do meio físico, isto é, as rochas, o solo e o relevo, são afetados por esse processo, considerando-se que estes elementos, em conjunto com a água, a fauna, a flora e o clima, também merecem um estudo aprofundado de forma sistêmica/geossistêmica do território e das paisagens (BRASIL, 2011; BECKER, 1999, 2001; MONTEIRO, 2001; BERTRAND, 2007).

Contudo, para a investigação das relações sociedade-natureza com uso de geotecnologias e transformação das paisagens resultantes da cobertura e uso da terra na Amazônia maranhense, julgam-se essenciais aprofundamentos, em revisões de aportes teóricos e conceituais como: Ab'Sáber (2003), Tricart (1977), Passos (1998), Soares Filho

(1998), Bertalanffy (1973, 2012), Monteiro (2001), Jensen (2009), Bertrand e Bertrand (2009), Abramovay (2000), além de outras referências necessárias.

Desta forma, a pesquisa justifica-se pela necessidade de se proceder um estudo aprofundado sobre a cobertura e uso da terra na Microrregião do Gurupi, Amazônia maranhense entre os anos de 1976 e 2016, com aplicação do Sensoriamento Remoto e SIG'S. Tendo como principal hipótese a não preocupação dos programas que avaliam o uso e cobertura da Terra em relação aos impactos gerados as sociedades locais, consequências das transformações do ambiente.

Desse modo, a presente tese de doutorado encontra-se organizada da seguinte maneira:

O capítulo 1, a Fundamentação Teórica, apresenta um arcabouço teórico de todos os assuntos apresentados nos resultados da pesquisa. Com isso, foram descritos os principais conceitos e a evolução da Teoria Geossistêmica, assim como os principais conceitos sobre paisagem e a tríade metodológica utilizada, GTP (geocomplexo, território e paisagem). Do mesmo modo foram apresentadas as discussões sobre cobertura e uso da Terra e as principais ferramentas da Geotecnologias, utilizadas para a geração dos resultados.

O capítulo 2, a Metodologia e os Procedimentos Metodológicos, apresenta quais os métodos e técnicas utilizados para o alcance dos objetivos propostos. De forma objetiva, abordará quais as principais etapas, tais como: levantamento bibliográfico, aquisição e criação de um banco de dados, processamento das imagens de satélite, análise dos dados gerados, levantamento fitossociológico, entrevistas com moradores e jornadas a campo.

O capítulo 3, Processo de Formação Territorial da Microrregião do Gurupi, apresenta as principais características humanas da região, desde o seu processo de formação territorial, em que se destacam o processo de ocupação e os projetos de assentamentos, até as principais atividades econômicas realizadas na região.

O capítulo 4, Geocomplexo da Microrregião do Gurupi, aborda as principais características físicas da região, destacando os fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos como fatores que influenciam na vegetação, solos e hidrografia e na distribuição de unidades de paisagem presentes na área, destacando suas fragilidades ambientais, tentando entender o processo de antropização da vegetação local por meio do levantamento fitossociológico e a pirâmide de vegetação.

O capítulo 5 identifica e discute as transformações do território a partir da avaliação das mudanças de cobertura da terra entre os anos de 1976 a 2016, tendo como base as imagens do satélite LANDSAT e a jornada realizada a campo. Além disso, apresenta quais os principais usos da terra realizadas na área, além dos principais vetores de mudança das transformações de cobertura.

O capítulo 6 apresenta a percepção da paisagem por meio do olhar dos moradores locais. Essa temática foi abordada a partir das entrevistas semidirigidas realizadas aos moradores com mais de 30 anos de residência na área.

O capítulo 7 apresenta a Geofotografia e a Materialização da Amazônia Maranhense e mostra, por meio de fotografias, como ocorreu o processo de ocupação da área até os processos atuais de ocupação e uso da terra..

Desta forma, e para atender a esses capítulos propostos, foram gerados os seguintes objetivos:

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

❖ Analisar o papel dos agentes sociais e das políticas públicas nas transformações da cobertura e uso da terra na microrregião do Gurupi, por meio do diagnóstico dos últimos 40 anos (1976-2016), utilizando-se abordagem geossistêmica e o auxílio de dados de Sensoriamento Remoto analisados em SIG.

Para tanto, foram definidos como objetivos específicos:

1.1.2 ESPECÍFICOS

❖ Realizar análise temporo - espacial da cobertura da terra no recorte geográfico da Microrregião do Gurupi, a partir das imagens LANDSAT TM de 1976, 1986, 1996 e 2006 e OLI/TIRS 2015/2016, por meio da classificação e técnicas de mineração de dados (*Data Mining*);

❖ Gerar um diagnóstico dos processos ambientais da área;

❖ Mapear e caracterizar o potencial ecológico e as fragilidades ambientais do geocomplexo;

- ❖ Analisar as principais formas de ocupação da área;
- ❖ Entender a trajetória de mudança e evolução na cobertura da terra;
- ❖ Ponderar a dinâmica da paisagem nos municípios inseridos na Microrregião do Gurupi, a partir da percepção dos sujeitos locais, tendo como referência entrevistas semidirigidas a moradores com residência maior/igual há 30 anos na área;
- ❖ Traçar os vetores de transformações e sua direção de mudança;
- ❖ Disseminar conhecimentos técnico-científicos a novas pesquisas acadêmicas, aos órgãos públicos e privados, sobre as principais transformações ocorridas na área de estudo, decorrentes do processo de colonização da Amazônia Maranhense e suas inter-relações com a qualidade de vida da população inserida no ambiente geográfico em questão.

CAPÍTULO 01

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 ABORDAGEM GEOSISTÊMICA

Nos últimos anos, houve uma grande busca para que os estudos tivessem uma visão holística e integrada de diversos assuntos interdisciplinares, ou seja, buscou-se entender de forma total como os sistemas funcionam e como estão interligados. Porém a discussão de se estudar de forma global e holística não é tão recente. Segundo Beck (1997), esta visão vem desde os séculos XVIII e XIX e recebeu atenção especial na época por Alexander Von Humboldt:1769/1859.

Já, em 1930, a tentativa de entender os fenômenos de forma global ressurgiu com os biólogos que passaram a abordar seus estudos de maneira integrada e sistêmica, quando se firmou a visão de relação, de contexto e de dinâmica; perspectiva que passou rapidamente a todos os campos científicos e recebeu o nome de Teoria Geral dos Sistemas (TGS) (TROPPMAIR; GALINA, 2006). Esse termo foi apresentado à sociedade acadêmica durante o seminário filosófico em Chicago, no ano de 1937, pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy.

O autor afirma que:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973, p. 53).

Os primeiros trabalhos acadêmicos produzidos tendo como base a teoria geossistêmica foram na área da Termodinâmica e Ecologia. Somente mais tarde sua aplicação se fez presente na Geografia, dando luz à Teoria Geossistêmica, inicialmente elaborada por Victor Sochava, posteriormente, reelaborada por Georges Bertrand.

O termo “Geossistema” surgiu na escola russa e teve como precursor o especialista siberiano Victor Sochava que fez a primeira tentativa de elaborar a Teoria dos Geossistemas, tendo como base a Teoria das Paisagens (*Landschaft*), organizada pela Escola Russa (RODRIGUEZ; SILVA, 2002). Porém foi difundida no mundo ocidental, especificamente no Brasil, pela escola francesa por meio do autor G. Bertrand, na década de 1968. Este autor critica alguns pressupostos geossistêmicos de Sochava (1962) ao citar a combinação entre o Potencial Ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia) com a Exploração Biológica (vegetação, solo, fauna) e a Ação Antrópica, formando um complexo dinâmico que se inter-relaciona, dando, assim, importância à dinâmica social junto aos processos naturais do

geossistema, ou seja, o modelo soviético tem um caráter naturalista muito forte (Complexo Territorial Natural), enquanto que o "modelo bertrandiano", aplicado às regiões profundamente antropizadas da Europa Ocidental, insere o subsistema "ação antrópica".

É importante frisar que, ao criar o termo Geossistema, Sochava levou em consideração sua vivência e teve como base, na pesquisa e na interpretação, o espaço geográfico do seu país, ex-União Soviética, ou seja, para ele, e devido ao tamanho do país o qual estudava, o conceito de Geossistema estava ligado a grandes áreas com milhares de quilômetros quadrados.

Devido a isso, foi normal que cada estudioso aplicasse a teoria do Geossistema à realidade de seu país. Bertrand (1971), ao aplicar a teoria às realidades francesas, levou em consideração as dimensões e as escalas daquele país.

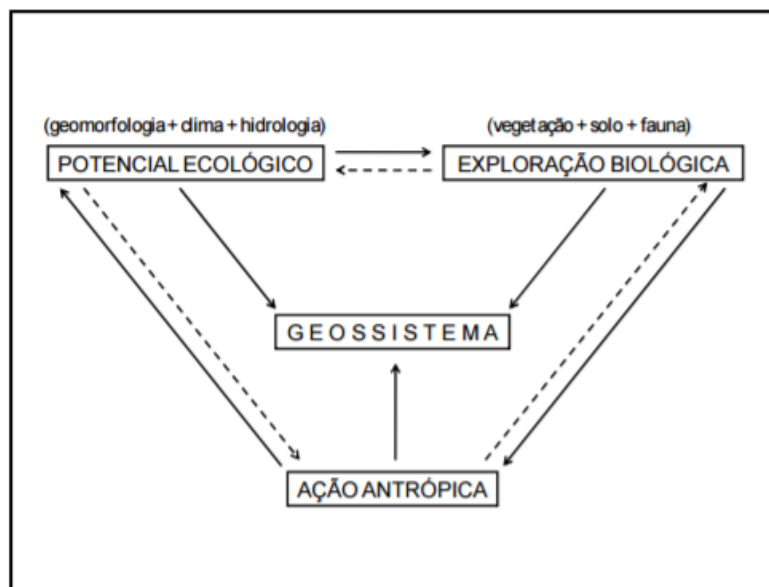
Porém, apesar de apresentarem diferenciações em suas teorias e discussões, Georges Bertrand e Victor Sochava apresentavam certas similaridades, principalmente no que é pertinente às subdivisões e, sobretudo, por ter a paisagem como categoria principal.

Para Sochava, o Geossistema subdivide-se em três ordens dimensionais: planetária, regional e topológica, em que as classes de unidades homogêneas são chamadas de geômeros e as unidades de estrutura diferenciada de geócoros (SOCHAVA, 1978).

Já o geossistema proposto por Bertrand é subdividido em unidades de paisagem, conforme a escala espaço-temporal de Cailleux e Tricart, da seguinte forma: zona, domínio, região natural, geossistema, geofácies e geótopo, sendo as três unidades iniciais chamadas de superiores e as três restantes denominadas de inferiores (BERTRAND, 1971).

Bertrand (1971) ressalta que, nas pesquisas dos geossistemas, além do estudo dos elementos abióticos (clima, solo, hidrografia etc.) e bióticos (flora e fauna), é necessário a utilização de elementos da sociedade, da história, da economia, não para fazer sociologia, mas estudar o ambiente, tanto do presente quanto das épocas passadas e, em particular, o que se passou na história recente. Dessa forma, além da dimensão natural, o meio ambiente ganha dimensão cultural, como consta no esquema da Figura 1:

Figura 1: Esquema prático do geossistema proposto por Georges Bertrand (1978)



Fonte: Bertrand (2007, p.18)

Nessa perspectiva, o geossistema é, para Bertrand, uma categoria espacial de componentes relativamente homogêneos, cuja estrutura e dinâmica resultam da interação entre o potencial ecológico (climatológicos, geomorfológicos, hidrográficos); a exploração biológica (flora, fauna, solos) e a ação antrópica (sistemas de exploração socioeconômica) (BERTRAND, 1977).

Passos (2017) afirma que a análise integrada do meio, denominada de geossistema por Bertrand, é o resultado de uma epistemologia (a filosofia alemã, a noção de meio, a *naturlandschaft*), mas é também um conceito extremamente prático. Além disso, vale lembrar que a "coisa", ou seja, a análise sistêmica (ou integrada) foi desenvolvida inicialmente pelos alemães. No entanto, o termo "Geossistema" foi criado pelos soviéticos, mais precisamente pela Escola de Tibilise.

Dentro do contexto brasileiro, o paradigma da Teoria Geossistêmica apropriou-se das concepções de Bertrand, tendo chegado ao Brasil por meio dos periódicos do extinto Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo que difundiu inicialmente a proposta com o caderno de número 13 de Ciências da Terra, responsável pela publicação do texto de Bertrand (1972). Essas publicações se fortaleceram apoiadas nas considerações de professores da

Universidade de São Paulo (USP), principalmente, por Aziz N. Ab'Saber, Carlos A. F. Monteiro, Nelson de la Corte, Olga Cruz e outros (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005).

Dessa forma, a Teoria Geossistêmica surge na Geografia Física brasileira como uma tentativa ou formulação metodológica, em função de uma necessidade da Geografia de lidar com os princípios de interdisciplinaridade, síntese, com a abordagem multiescalar e com a dinâmica, fundamentalmente, incluindo-se prognoses a respeito desta última (RODRIGUES, 2001).

Pode-se perceber essa visão integradora de autores e estudiosos brasileiros em Troppmair (1985), quando afirma que os geógrafos não devem estudar o meio físico como produto final, como objetivo único e isolado em si, mas como o meio integrado e dinâmico, em que os seres vivos, entre eles o homem vivem, se conectam e desenvolvem suas atividades.

Essa ideia semelhante também é proposta por Christofletti (1979) quando afirma que a Geografia Física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesses conjuntos.

Passos (2016) afirma que, para conhecer a Geografia Física, é preciso conhecer os problemas sociais, econômicos, administrativos. Para tanto, Bertrand, em 1990, cria o modelo GTP (geossistema, território e paisagem) que é uma construção de tipo sistêmico, destinada a demonstrar a complexidade do meio ambiente geográfico, respeitando, tanto quanto possível, a sua diversidade e sua interatividade.

1.2 MODELO GTP – GEOSSISTEMA (GEOCOMPLEXO, TERRITÓRIO E PAISAGEM)

Devido à complexidade na discussão do conceito de paisagem, Georges Bertrand elaborou uma nova proposta de abordagem. Durante o VII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, realizado em Curitiba - PR, ele apresentou uma forma de estudo baseada em um sistema tripolar e interativo: o Sistema GTP - Geossistema (geocomplexo), Território e Paisagem (PISSINATI; ARCHELA, 2009).

Para Bertrand e Bertrand (2007), o modelo GTP tem como objetivo uma abordagem geográfica integrada, transversal e estruturalista, capaz de diagnosticar-prognosticar o meio ambiente, considerado um complexo com diversidades, isto é, uma análise diagonal, holística,

dialética e articulada. Desta forma, não será a paisagem a categoria de partida, muito menos um geossistema será uma paisagem, como sempre foi referido ou confundido.

Pelo contrário, Bertrand reconheceu que a paisagem é um sistema cuja existência é proporcionada por um conjunto de sentidos, valores e representações diretamente relacionados a critérios de identidade e apropriação cultural do indivíduo em si e da sociedade.

Para Passos (2011), o GTP é um sistema tripolar e interativo que se configura como três entradas ou três vias metodológicas que correspondem à trilogia fonte, recurso e representações, baseadas nos critérios de antropização, artificialização e artialização, buscando não esgotar a totalidade dos fenômenos e sendo um importante recurso metodológico para o estudo do ambiente.

Desse modo, para os autores Pissinatti e Archela (2009), um dos objetivos do GTP é a reaproximação desses três conceitos para se analisar o funcionamento de um determinado ambiente de forma holística, atingindo as interações dos elementos para melhor visualizar e compreender a dinâmica do espaço geográfico.

Bertrand e Bertrand (2007) pontuam o conceito de cada entrada nesse sistema e afirmam que o **Geossistema (Geocomplexo)** assume um conceito naturalista com dimensão antrópica, ou seja, representa o espaço-tempo da natureza antropizada, a fonte ("source"), totalmente natural, permitindo a compreensão da estrutura e funcionamento biofísico de um espaço geográfico no decorrer do tempo, inclusive seus níveis de antropização (SOUZA; PASSOS, 2009).

Passos (2016) afirma que inicialmente Bertrand considerava o geossistema como uma das unidades horizontais do terreno: geossistema, geofácies e geótopo. Mais tarde, ele próprio reconhece que o geossistema é tão somente um modelo e, portanto, uma abstração e passa a definir as unidades de terreno de forma hierárquica, além de adotar o termo "geocomplexo": geocomplexo, geofácies e geótopo.

Porém, é notório que este reparo epistemológico-teórico-metodológico não foi absorvido pela comunidade geográfica e continuou a se trabalhar com o conceito de geossistema como se ele se aplicasse a uma unidade territorial qualquer. O mais correto seria adotarmos o termo "geocomplexo" para unidades de terreno e se considerar o geossistema como um conceito, um modelo (PASSOS, 2016).

Já o conceito de “Território”, para Bertrand e Bertrand (2007), apresenta uma representação social com dimensão natural, fundado sobre a apropriação e o "limite/cercar", ou seja, representa o espaço-tempo da sociedade, aquele da organização política, jurídica, administrativa e da exploração econômica, e das transformações socioespaciais ocasionadas pelas atividades econômicas.

Por meio deste conceito é que se tem a possibilidade de compreender as repercussões da organização e funcionamentos sociais sobre o espaço considerado. É o *ressorce*, ou seja, o recurso que deixa de ser natural, pois se trata de uma intervenção da sociedade (ação antrópica, mais especificadamente), de acordo com seus objetivos e suas necessidades (SOUZA; PASSOS, 2009).

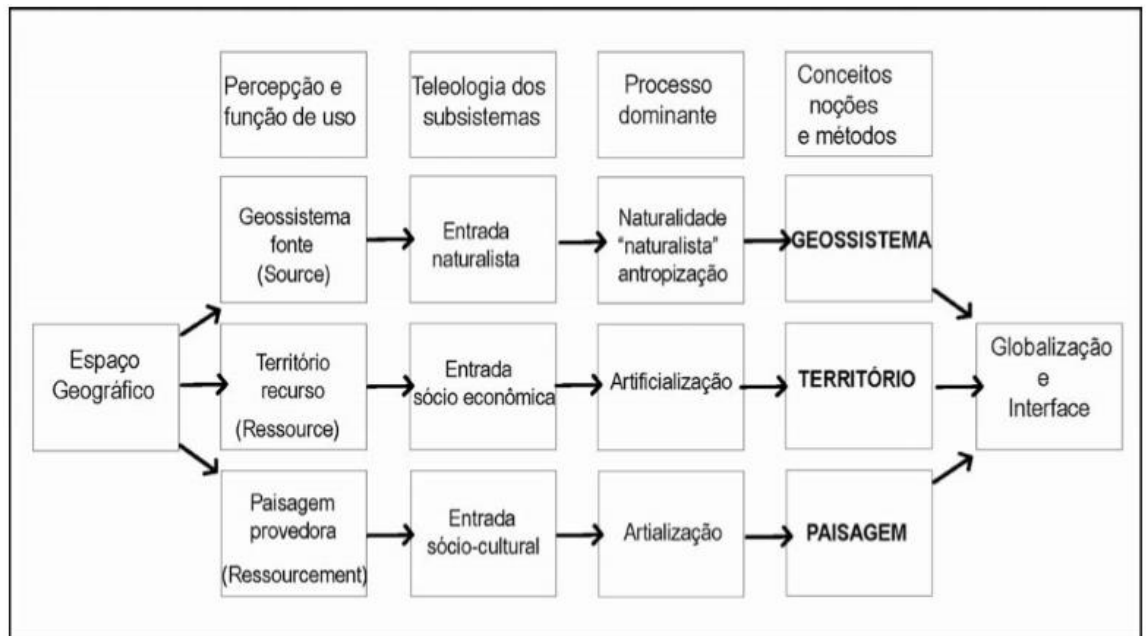
A **Paisagem**, *ressourcement*, fornece as informações da sedimentação socioeconômica e cultural sobre o território, ou seja, representa o espaço-tempo da cultura, da arte, da estética, do simbólico e do místico (BERTRAND; BERTRAND 2007).

Para Pissinati e Archela (2009), a noção de paisagem, do ponto de vista bertrandiano, é ampla. Para ele, não é possível considerar apenas a aparência das coisas, cenário ou vitrine. Ele abrange também a construção cultural e econômica. Ainda sobre a paisagem, há o território, sua organização espacial e seu funcionamento. Devido a isso, o complexo território-paisagem é de alguma forma o ambiente no olhar dos homens, um ambiente com aparência humana.

A corrente, da qual participa Georges Bertrand - a Escola de Toulouse, acredita que a Sensibilidade é atribuída ao sentido de identidade (*ressourcement*), ou seja, carregada de subjetividade, de imaterialidade, das culturalidades do sentimento de pertencimento e de poesia. Para ele a paisagem está na frente e atrás dos olhos, muito mais "atrás dos olhos", isto é, a paisagem está na interpretação de cada um e na identidade cultural criada. Como afirma Passos (2012), "a cada um a sua paisagem", ou seja, cada pessoa possui uma forma de sentir e entender a paisagem.

Assim, Bertrand acredita que o sistema GTP vem ao encontro dos novos desafios diante das rápidas transformações econômicas, políticas e culturais, desdobradas em questões socioambientais, apresentando grande complexidade e inviabilidade para ser analisada por meio de paradigmas unilaterais (SOUZA, 2015). A figura a seguir explora como o sistema GTP é entendido por Bertrand (Figura 2).

Figura 2: Representação do sistema GTP, conforme a proposta de Georges Bertrand



Fonte: Passos (2016)

Para Passos (2016), o que Bertrand realizou foi inserir o antrópico no modelo russo, limitado aos dois subsistemas: potencial ecológico e exploração biológica, ou seja, partir do pressuposto de que a natureza não é natural, pois está irremediavelmente impactada pela sociedade. O autor ainda afirma que o fato de a natureza estar impactada pela sociedade não obriga ao modelo geossistêmico o compromisso de estudar a sociedade, e sim o funcionamento do território modificado pela sociedade.

Em síntese, pode-se considerar o geossistema, agora geocomplexo, como um complexo formado entre as relações existentes dos elementos bióticos e abióticos; o território é a forma de uso político, social e econômico do espaço geográfico; e a paisagem é a expressão cultural, manifestada por meio da apropriação, da utilização e do significado que é atribuído aos elementos do geocomplexo pela comunidade local.

Portanto, com base no que foi dito, a Microrregião do Gurupi, localizada na Amazônia Legal brasileira, possui um sistema dinâmico, regido pelos condicionantes geomorfológicos, climáticos e hidrológicos (potencial ecológico), que proporcionam uma fonte elevada de recursos (exploração biológica), a qual, ao longo do tempo, passou por diversas formas de apropriação e transformações humanas.

1.3 PAISAGEM COMO INDICADOR AMBIENTAL E SOCIAL

A paisagem enquanto noção é uma das maiores discussões entre os autores da Academia brasileira e internacional. Ao longo da própria história da evolução do Conhecimento Geográfico, o termo passou por diferentes visões que foram influenciadas por processos políticos, econômicos, sociais, culturais e ambientais da época estudada.

O termo “paisagem” reconhece diversas origens. Originalmente a palavra “paisagem” precede a linguagem comum e nas línguas românicas deriva do latim (*pagnus*, que significa país), com o sentido de lugar territorial. De modo geral, na Alemanha, foi associada à palavra *land*, representando um espaço territorial delimitado, ou seja, *landschaft*. Posteriormente o conceito de paisagem foi difundido, territorialmente, como *landscape* na Inglaterra e Estados Unidos; *paisaje* na Espanha; *payage* na França (PASSOS, 1998).

Logo, o conceito de paisagem teve na Escola Alemã o seu ponto de partida. Por meio de uma visão naturalista de Humboldt, a paisagem começou a ser entendida pela Geografia. Ele propôs ao geógrafo contemplar a paisagem de uma maneira quase estética, consequentemente, isso acarretaria ao pesquisador uma visão sistemática dos elementos. Portanto, ao trabalhar o conceito, Alexander Von Humboldt descrevia as formas visíveis da paisagem, em suas formas estéticas, abstraindo também a conexão e a inter-relação dos elementos naturais que a constituem (BARROS; PADUA, 2014).

Alexander Von Humbolt trabalhava o conceito de *landshaft*, que é um somatório das características estéticas de uma área, contida no campo visual. Diz respeito a elementos materiais ou físicos, frequentemente associado à noção de natureza, com aspectos peculiares ou típicos. A marca da paisagem, nesse caso, são suas características naturais que imediatamente permitem seu reconhecimento ou remetem a uma área específica (BARROS; PADUA, 2014).

Humboldt (1950) apresentava uma proposta de descrição dos aspectos que iam sendo encontrados a partir do contato direto com esses ambientes e suas fisionomias por meio de suas expedições científicas. A paisagem proposta por Humboldt compreende diretamente em uma ciência de observação que:

Termina por formar o caráter e revelar o destino de dois tipos recorrentes de paisagem em Quadros: a paisagem, transcrição exata da imagem visualizada no contato direto junto à natureza, e a paisagem que, embora programada pelo cálculo exato e pontual, vai ser manipulada e reconstruída a fim de atingir uma paisagem ideal (HUMBOLDT, 1950).

Na segunda metade do século XIX, surgia com Ratzel, na Alemanha, uma concepção da Ciência Geográfica que incluiria o homem no estudo da geografia. A contribuição de Ratzel, na linha do racionalismo e do positivismo ambiental, insistiu sobre as relações casuais que interagem na natureza (PASSOS, 1998). Manteve uma visão naturalista já proposta por Humboldt e trouxe uma nova proposta a partir das influências que o meio exerce sobre o homem.

Já na Escola Soviética, os estudos acerca da paisagem iniciaram no final do século XIX com suas origens conectadas com as concepções da escola alemã, ou seja, houve uma assimilação das concepções naturalistas. Desde o final do século XIX, estava colocado para a ex-URSS o problema da valorização dos vastos espaços das estepes da Ucrânia e da Sibéria Meridional. Missões científicas, algumas dirigidas por Dokouchaev, aplicaram-se no levantamento de informações sobre essas regiões (PASSOS, 1998). Nessa ocasião, Dokouchaev, contemporâneo de *Passarge*, elaborou os fundamentos da Pedologia, apoiado na noção de Complexo Natural Territorial.

No final da década de 1960, os estudos da Escola Soviética foram marcados por acontecimentos que auxiliaram a ciência da Paisagem a passar de sua tradicional sensibilidade à consideração dos complexos naturais, às concepções sistêmicas das ciências contemporâneas (PASSOS, 1998). Essas novas concepções levaram a uma nova discussão epistemológica que influenciou diversos estudos relacionados ao ambiente. A abordagem sistêmica apareceu nos estudos da natureza já em meados do século XIX, contudo sua disseminação para outras áreas ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, com a Teoria Geral do Sistema, tema já discutido anteriormente.

Na escola francesa, o grande estudioso foi Bertrand (1971) que entende que a paisagem é ao mesmo tempo social e natural, subjetiva e objetiva, espacial e temporal, produção material e cultural, real e simbólica. Dada à sua complexidade, não devemos estudar itens apenas, mas toda a globalidade do fenômeno. Para ele, um termo tão importante não pode ser considerado pontualmente, e sim entendido de forma total, entendendo que a paisagem não é apenas algo visível, antes um elemento ou produto social, temporal, cultural e ambiental.

Essa concepção da escola francesa chega ao Brasil por meio dos estudos de Bertrand e ganha novos olhares nos estudos de autores brasileiros. Tricart (1982) trata a paisagem como uma porção perceptível a um observador, em que se inscreve uma combinação de

fatores visíveis e invisíveis e interações as quais, num dado momento, não percebemos senão o resultado global. Para ele, a paisagem é uma interação de fatores que podem ser visíveis ou não aos olhos humanos.

Além disso, Passos e Souza (2013) mostram que os estudos sobre paisagem podem estabelecer um elo entre o meio ambiente e o território e analisar os impactos antrópicos na natureza. Eles entendem que a paisagem também pode ser tratada como um indicador das relações, históricas e atuais, das sucessivas sociedades com o ambiente que transforma.

Passos (2011) ainda entende que a paisagem nasce toda vez que um olhar cruza um território, ou seja, a paisagem nasce da interação de dois elementos: (a) um objeto (um espaço geográfico qualquer); (b) um sujeito (o observador: é o homem com sua sensibilidade, seus projetos). O mais importante é o que existe entre os dois. Portanto, a paisagem é entendida como um processo, um modo de representação sócio-cultural de um espaço. A cada um sua paisagem.

Pensando a paisagem enquanto um elemento da análise sistêmica, percebe-se que as informações temáticas (relevo, vegetação, clima, solos, geologia) e as questões sociais são entendidas como um "todo sistêmico" (RODRIGUEZ, 1994). Nesse caso, combinam-se a natureza, a economia, a sociedade e a cultura em um amplo contexto de inúmeras variáveis que buscam representar a relação da natureza como um sistema e dela com o homem.

Ainda segundo Rodriguez (1994), os sistemas formadores da paisagem são complexos e exigem uma multiplicidade de classificações que podem, segundo o autor, enquadrar-se em três princípios básicos de análise: o genético, o estrutural sistêmico e os históricos que se fundem numa classificação complexa, ou seja, o conceito de paisagem, para ele além de passar por uma análise física e material, perpassa por um caminho histórico.

Nesse trabalho é importante ressaltar que a paisagem será trabalhada como algo subjetivo e objetivo, natural e social. Pensa-se que, para existir paisagem, deve haver trocas positivas ou negativas entre sistemas humanos e sistemas naturais, que, além de tudo, ela tem caráter histórico e cultural de uma sociedade que pertence àquela região estudada.

1.4 UNIDADES DE PAISAGENS

Atualmente o termo “Unidade de Paisagem” constitui um conceito importante no estudo de ecologia da paisagem e possui grande relevância em trabalhos que buscam realizar uma avaliação dos atributos da terra por meio da integração dos aspectos formadores da paisagem (ZONNEVELD, 1989). Diante disso e da importância em se estudar as unidades de paisagem, vários são os autores que discutem o conceito e os procedimentos metodológicos adotados para a geração do mapa temático que represente as Unidades de Paisagem de uma determinada região.

Segundo Ross (1992), as Unidades de Paisagem se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos e até mesmo pelo arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos. Monteiro (2000) ainda explica que as unidades de paisagem apresentam fronteiras de complexa delimitação (uma vez que têm um espectro taxonômico variado), que ocupam um determinado espaço e certo período de tempo, cuja existência é condicionada pelo funcionamento de seus elementos.

Apesar da grande complexidade em sua distinção, é um importante elemento e conceito que auxilia na identificação das principais fragilidades ambientais de cada unidade, tornando-se elemento essencial na gestão do território.

Diante da importância do estudo da paisagem e de sua complexidade, levando-se em consideração o seu aporte físico, estuda-se atualmente a cartografia das unidades de paisagem que, na atualidade, tem como ferramentas auxiliares as técnicas de geoprocessamento utilizadas nos Sistemas de Informações Geográficas e mostram-se cada vez mais eficazes, sendo usualmente utilizadas no planejamento rural, urbano e ambiental.

Dentro do contexto da cartografia ambiental, a cartografia das unidades de paisagem não se relaciona apenas a uma imagem. Ela se configura, antes de tudo, como um cenário gráfico e visual da realidade estudada (ou uma síntese), o qual foi suscetível de ordenamentos, classificações e categorizações de áreas supostamente homogêneas, propiciando, assim, condições para as etapas futuras de diagnósticos, monitoramentos e prognósticos de medidas mitigadoras do cenário ambiental.

Martinelli e Pedrotti (2001) apresentam uma clara sinterização sobre a apreensão das unidades de paisagem a partir da representação cartográfica, afirmando que a paisagem é o que vemos diante de nós. É uma realidade visível e, ao mesmo tempo, invisível. Não tendo assim uma existência própria em si, antes existindo a partir do sujeito que a apreende.

Portanto, cada pessoa vê diferentemente de outra, não só em função do direcionamento de sua observação, como também em termos de seus interesses individuais.

Portanto, para Moreira (1986), o raciocínio para a elaboração da cartografia das unidades de paisagem segue um fluxo de referência metodológica que parte da conscientização sobre os questionamentos realizados sobre o ambiente.

As unidades de paisagem representam cada tipo de componente da paisagem, tais como unidades de recobrimento e uso do território, ecossistemas e tipos de vegetação (METZGER, 2001). A ação dos processos antrópicos na paisagem determina sua fragmentação, o que resulta em mudanças na composição e na diversidade das comunidades (LORD; NORTON, 1990).

Nesse contexto, o presente trabalho considerou características geomorfológicas, geológicas, pedológicas e de uso e cobertura da terra para a realização do mapa temático de Unidades de Paisagem, utilizando o *software Arcgis* por meio da sobreposição de *layers* e transparência.

1.5 USO E COBERTURA DA TERRA

A conceituação dos termos “uso e cobertura da terra” são frequentemente empregados de forma incorreta e ainda geram confusões em seu uso. Para Prado (2009) e Novo (2010), entende-se por cobertura da terra a caracterização dos objetos da superfície terrestre em termos de suas propriedades biofísicas, físicas e químicas que exibem uma relação própria de interação energia-matéria, ou seja, ao revestimento da terra. Já o uso da terra, Jensen e Cowen (1999) definem que se refere ao modo como a terra é utilizada, ou seja, refere-se aos propósitos humanos associados àquela cobertura, por exemplo: pecuária, recreação, conservação, área residencial, área de mineração, área de extração, etc.

Segundo Meyer e Turner II (1996), uma única classe de cobertura da terra pode assumir diferentes usos (extração madeireira, preservação de espécies, recreação em áreas de floresta), ao mesmo tempo em que um único sistema de uso pode incluir diversas coberturas (certos sistemas agropecuários combinam áreas cultivadas, pastagens melhoradas, áreas de reservas e áreas construídas).

As mudanças que ocorrem no uso da terra normalmente acarretam mudanças na cobertura da terra, mas podem ocorrer modificações na cobertura, sem que ocorra, obrigatoriamente, uma mudança no uso daquela área.

Atualmente as mudanças de cobertura e uso da terra ocorrem de forma bem intensificada e geram impactos positivos e negativos, porém bem mais transformações negativas que, muitas vezes, geram consequências para o ambiente e para as comunidades que vivem nas proximidades.

Para gerir e acompanhar essas transformações na superfície terrestre, surgiram, nas últimas décadas, técnicas que auxiliam no monitoramento e identificação de possíveis problemas. Dentre essas técnicas, têm-se as ferramentas do geoprocessamento e Sensoriamento Remoto que permitem a extração direta e indireta de informações e o mapeamento da cobertura e uso da terra.

Estas informações são muito valiosas para diversos estudos e análises do ambiente, como o mapeamento de áreas verdes para avaliação da qualidade ambiental e o conforto térmico, áreas de desmatamento, unidades de conservação, áreas de extração, dentre outras (GRIMMOND, 2007).

Frequentemente, a cobertura da terra é obtida por meio de imagens de satélite com diferentes resoluções espaciais e diferentes escalas, dependendo do objetivo final do trabalho, e por meio de processos digitais de imagens que, ao final, fornecem a caracterização espacial e a área de cada classe identificada.

Entretanto como o uso da terra está associado às práticas sociais, econômicas e culturais que ocorrem em uma determinada área, não se pode extrair as informações diretamente das imagens. Para se chegar às informações de uso da terra de uma determinada área, utiliza-se a classificação de cobertura e o conhecimento do próprio pesquisador (DI GREGORIO, 2005, NOVACK, 2009). Assim, são obtidas várias classes de uso que dependerão das atividades praticadas no local, por isso a importância da realização do campo para se conhecer a área pesquisada e identificar essas classes.

Diante da melhoria das resoluções espacial, espectral e radiométrica dos sistemas sensores, houve maior detalhamento na extração de informações de cobertura e uso da terra, inclusive de áreas intraurbanas, o que se verificou em estudos recentes, como os de Rodrigues (2014), Meneghetti (2013), Souza (2012) e Novack (2009).

Porém, para os estudos envolvendo áreas maiores em extensão, como é o caso da Amazônia, a escolha por imagens com resoluções mais grosseiras (baixa resolução espacial) e uma área de imageamento maior é primordial, pois pretende-se analisar as áreas de desmatamento e os diferentes usos que tais áreas apresentam.

Desta forma o uso de dados de sistemas sensores orbitais permite, cada vez mais, discriminar os alvos na superfície terrestre, resultando em uma revolução nos estudos ambientais, considerando a potencialidade destes produtos para a identificação dos elementos que compõem esses espaços (GONÇALVES et al., 2005). Nesse sentido, a Geotecnologia surge com um conjunto de técnicas que auxiliam na busca desses resultados de cobertura e uso da terra, porém não devem ser entendidas como uma panaceia, ou seja, também apresenta suas limitações.

1.6 GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTAS PARA ANÁLISES GEOGRÁFICAS

Segundo Câmara et. al. (2001), a tecnologia de sistemas de informação geográfica evoluiu de maneira muito rápida a partir da década de 1970. Este desenvolvimento foi motivado desde o início por forte interesse comercial e não foi acompanhado por um correspondente avanço nas bases conceituais da geoinformação. Como resultado, o aprendizado do geoprocessamento tornou-se singularmente dificultado.

Atualmente a Ciência da Geoinformação apresenta problemas em sua consolidação como disciplina científica independente, pois, para que isto aconteça, é necessário estabelecer um conjunto de conceitos teóricos, de aplicação genérica, independentes de aspectos de implementação. Este fator ainda não foi possível devido à grande transdisciplinaridade da Ciência da Geoinformação, ponto de convergência entre áreas como Informática, Geografia, Planejamento Urbano, Engenharia, Estatística e Ciências do Ambiente, dentre outras (CÂMARA, et. al. 2001).

A Geografia atual, tanto a física quanto a humana, tem se utilizado bastante das Geotecnologias como uma ferramenta auxiliadora na prospecção de dados de um determinado espaço ou fenômeno geográfico. Portanto, neste tópico, serão discutidos, além dos conceitos de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, suas relações com a Geografia e quais as técnicas utilizadas durante a realização dessa pesquisa até o exato momento.

1.6.1 GEOPROCESSAMENTO E O ESPAÇO GEOGRÁFICO

Segundo Câmara et al. (2001), as primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 1950, com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Porém, devido à precariedade da informática na época e à especificidade das aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas ainda não podiam ser classificados como "sistemas de informação".

Para Star e Estes (1990), a partir de 1960, o Geoprocessamento começa a ganhar maior importância e o SIG, como conhecemos na atualidade, teve sua origem com o desenvolvimento do *Canadian Geographic Information System* (CGIS), no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um inventário de recursos naturais. Ainda para os autores citados no início do parágrafo, três foram os fatores que propiciaram a criação dos sistemas de informações geográficas nos anos de 1960: os refinamentos na técnica cartográfica, o rápido desenvolvimento dos sistemas computacionais digitais e a revolução quantitativa na análise espacial. Porém, nas décadas de 1960 e 1970, o SIG era restrito a um pequeno grupo de pessoas, devido ao alto custo e limitações técnicas relacionadas aos equipamentos computacionais.

Ao longo dos anos de 1970, foram desenvolvidos novos e mais acessíveis recursos de *hardware*, tornando viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Foi então que a expressão *Geographic Information System* (GIS) foi criada. Neste mesmo período, começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design* ou projeto assistido por computador) (CÂMARA et al., 2001).

Nos anos de 1980, foi quando houve maior crescimento do desenvolvimento tecnológico que dura até os dias de hoje. Para Câmara et al. (2001), isso ocorreu devido a alguns fatores: o desenvolvimento significativo dos microprocessadores, que permitiram a redução de custos e a concentração de grande quantidade de memória em chips muito pequenos e, ainda, a proliferação de *softwares* de baixo custo, muitos deles disponíveis para computadores pessoais (PCs).

Ainda na década de 1980, nos EUA, houve a criação dos centros de pesquisa que formam o NCGIA - *National Centre for Geographical Information and Analysis* (NCGIA,

1989) que marcou o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente (CÂMARA et al. 2001).

No Brasil, segundo Câmara et al. (2001), a introdução do Geoprocessamento iniciou-se a partir do esforço de divulgação e formação de grupos realizados pelo prof. Jorge Xavier da Silva (UFRJ), no início dos anos 1980.

Já em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para o desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens - DPI). De 1984 a 1990, a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SIG (Sistema de Informações Geográficas) para ambiente PC/DOS, e, a partir de 1991, o *SPRING* (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows (CÂMARA et al. 2001).

Em relação à Geografia, o Geoprocessamento acompanhou as principais mudanças da evolução dos conceitos e etapas, que modificaram a forma de se pensar o espaço geográfico e, ao mesmo tempo, ajudaram a construir os conceitos básicos dessas ciências. Cada corrente geográfica apresentou um conceito chave em sua definição de espaço, como demonstra a tabela 1, representação computacional que melhor aproxima este conceito e algumas técnicas de Análise Geográfica típicas que a ela associadas.

Tabela 1: resumo das Linhas Geográficas e suas representações computacionais

Teoria	Tecnologia associada	Conceito - Chave	Repres. Computacional	Técnicas Análise
<i>Geografia Idiográfica</i>	Anos 1980 – meados dos anos 1990	Unicidade da Região (unidade-área)	Polígono e atributos	Interseção conjuntos
<i>Geografia Quantitativa-1</i>	Final da década de 1990	Distribuição Espacial	Superfícies (grades)	Geoestatística + lógica “fuzzy”
<i>Geografia Quantitativa-2</i>	Meados da década de 2000	Modelos espaço-tempo	Funções	Modelos multiescala
<i>Geografia Crítica</i>	Segunda década do século 21 (?)	Objetos e Ações Espaço de fluxos e espaço de lugares	Ontologias e Espaços não cartográficos	Representação do Conhecimento

Fonte: Adaptado de Pedrosa e Câmara (2002)

O conceito de "unidade-área" foi apresentado por Hartshorne (1936) como elemento básico de uma sistemática de estudos geográficos, denominada pelo autor de "estudos de variação de áreas". Para ele, a partir da decomposição do espaço em "unidades de área", o pesquisador poderia relacionar, para cada um destas partições, as correspondentes características físicas e bióticas que a individualizam em relação a todas as demais componentes do espaço. Hartshorne chamou esta abordagem de "Geografia Idiográfica".

Para Câmara et al. (2002), a proposta de Hartshorne, unidade-área, contribuiu para dar uma base metodológica para o uso do conceito de "unidade de área" em Geoprocessamento. A representação computacional correspondente aos conceitos de "unidade de área" em Hartshorne é o polígono fechado, que delimita cada região de estudo e um conjunto de atributos, tipicamente armazenados em um banco de dados relacional.

Com a Geografia Quantitativa a aproximação de conceitos e técnicas não foi diferente, possuía como uma de suas metas básicas o rigor maior na aplicação da metodologia científica, que representa o conjunto dos procedimentos aplicáveis à execução da pesquisa científica. Os geógrafos desta escola passaram a utilizar teorias disponíveis em outras disciplinas científicas (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Na Geografia Quantitativa, ganharam ênfase as técnicas de Análise Espacial, Geoestatística e conceitos vindos da Estatística Espacial que passaram a fazer parte do repertório dos geógrafos. Além disso, a Geografia Quantitativa também buscou suporte computacional na Inteligência Artificial, em áreas como Redes Neurais, Autômatos Celulares e Lógica Nebulosa (*fuzzy logic*) (PEDROSA; CAMARA, 2002).

Pedrosa e Câmara (2002) afirmam que, na Escola Quantitativa, os estudos geográficos passaram a incorporar, de forma intrínseca, o computador como ferramenta de análise. Neste sentido, o aparecimento, em meados da década de 1970, dos primeiros sistemas de informação geográfica (SIG) deu grande impulso a esta escola. Ainda hoje, em países como os Estados Unidos, em que a Geografia Quantitativa é a visão dominante, os SIG's são apresentados como as ferramentas fundamentais para os estudos geográficos.

Apesar da grande relação entre os conceitos da Geografia Quantitativa e o Geoprocessamento, apenas a partir de meados da década de 1990 os SIG's passam a dispor de representações computacionais adequadas à plena expressão dos conceitos desta escola. As técnicas de geoestatística ainda estão em processo de integração aos principais sistemas de

informação geográfica, e os processos de modelagem e propagação de incerteza ainda precisam ser plenamente incorporados aos SIG's (HEUVELINK, 1998).

Um dos principais problemas encontrados na tecnologia do Geoprocessamento é que as representações de fenômenos espaciais no computador ainda ocorrem de forma estática. O problema disso é que alguns fenômenos espaciais, tais como escoamento de água da chuva, planejamento urbano e dispersão de sementes, entre outros, são acontecimentos dinâmicos, e as representações estáticas utilizadas pelos SIG's não os capturam de forma adequada.

Portanto, Pedrosa e Câmara (2002) afirmam que o desafio de incorporação da Geografia Quantitativa ao SIG ainda não está plenamente realizado. Principalmente no caso de modelos para processos espaço-temporais, os SIG's ainda se comportam mais como "sistemas cartográficos de informação" do que como "sistema de informação geográfica", devido à natureza estática de suas representações nessas técnicas, especialmente no caso da modelagem dinâmica.

A Geografia Crítica veio contrapor a ênfase que a Geografia Quantitativa dá ao uso das grandezas mensuráveis para caracterizar o espaço geográfico. Essa nova corrente mostrou que, apesar dos resultados obtidos no estudo dos padrões espaciais, as técnicas da Geografia Quantitativa não conseguem explicar os processos socioeconômicos e nem capturar o componente das ações e intenções dos agentes sociais (HARVEY, 1988).

Pedrosa e Câmara (2002) foram buscar conceitos trabalhados por autores como Milton Santos, para relacionar como esses termos são utilizados pelos sistemas de informação geográfica, tais como: espaço geográfico, espaço de fluxos e espaço de lugares, forma-função, objeto e ações. Nessa corrente, os conceitos-chave incluem o espaço como “sistema de objetos e sistemas de ações” e a oposição entre “espaço de fluxos” e “espaço de lugares”. Segundo Câmara et al. (2001), aqui se encaixarão os SIG's do futuro que contemplarão representações não-cartográficas do espaço, com ênfase no estabelecimento de relações entre os diferentes atores sociais que atuam no espaço.

Apesar de todos os avanços das duas últimas décadas, acredita-se que a tecnologia dos sistemas de informação geográfica ainda está longe de dar suporte adequado às diferentes concepções do espaço geográfico. Porém, entende-se que uma das principais contribuições da Geografia Crítica para a Ciência da Informação foi apontar para a visão rica do espaço geográfico, enfatizando a noção do processo, em contraposição à natureza estática.

1.6.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Com o avanço das tecnologias e dos estudos espaciais e remotos, conseguiu-se estudar objetos e áreas de uma determinada região da superfície da Terra, sem estabelecer contato direto com ela. Esses estudos assumiram, ao longo do tempo, uma vasta evolução dentro dos conceitos empregados e dos próprios sensores utilizados para a aquisição desses dados.

Um dos primeiros conceitos trabalhos sobre Sensoriamento Remoto, Cowel (1983), afirma que é a aquisição ou a medição da informação de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo.

Para Elachi (1987), essa definição é muito ampla, pois podemos obter informações sobre objetos sem entrar em contato físico com eles, ouvindo, por exemplo, uma partida de futebol. Para limitar melhor a definição de Sensoriamento Remoto, o autor supracitado qualifica o modo pelo qual a informação sobre o objeto é adquirida. Elachi (1987) afirma que o Sensoriamento Remoto implica na obtenção de informação a partir da detecção e mensuração das mudanças que determinado objeto impõe aos campos de força que o circundam, sejam campos eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

Alguns autores adicionam mais qualificadores e restringem ainda mais o conceito. Afirmam que o Sensoriamento Remoto é o registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato direto e por meio de instrumentos, a saber: câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais, localizados em plataformas, tais como: aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens (JENSEN, 2009).

Em relação à origem do termo “Sensoriamento Remoto”, Novo (2010) afirma que, embora a radiação de micro-ondas fosse conhecida desde o início do século 20 e existissem sistemas de radar em operação desde a Segunda Guerra Mundial, apenas na década de 1960, o uso de radares como sistemas de sensoriamento remoto se tornou operacional.

Assim o termo “Sensoriamento Remoto” apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960 (JENSEN, 2009). Segundo Jensen (2009), a origem do termo remonta a um artigo não-publicado do começo dos anos 1960, realizado pelo grupo do *Office of Naval Research* (ONR), em que Evelyn L. Pruitt era a autora do artigo e contava com alguns colaboradores e membros de seu grupo.

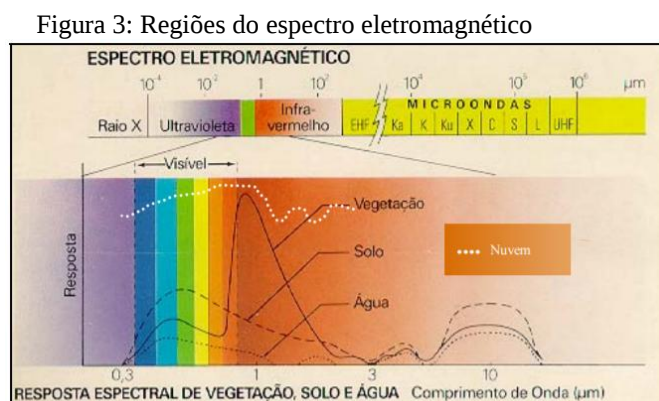
Neste período a fotointerpretação tinha se tornado uma importante ferramenta durante a Segunda Guerra Mundial. A corrida espacial estava se intensificando e grupos de geografia estavam utilizando outras regiões do espectro eletromagnético além do visível e do infravermelho próximo.

Devido à utilização de outras áreas do espectro eletromagnético, o termo “Fotogrametria” já não era tão correto, uma vez que a “fotografia” é muito limitada, pois cobre apenas a região do visível do espectro eletromagnético e os estudos estavam avançando para outras regiões, ou seja, muita coisa poderia ser analisada e identificada fora da região do visível.

Para cobrir maior número de regiões do espectro eletromagnético, o Sensoriamento Remoto é realizado por meio de um instrumento comumente chamado de sensor. A maioria desses sensores registra a REM (radiação eletromagnética) que se propaga diretamente por meio do vácuo ou, indiretamente, por reflexão ou rerradiação para o sensor (JENSEN, 2009).

Segundo Novo (2010), atualmente existem duas teorias que explicam tanto a propagação da REM quanto sua interação com a matéria. Uma das teorias é conhecida como teoria ondulatória e foi proposta por James Maxwell. Ele conseguiu demonstrar que todos os efeitos do eletromagnetismo poderiam ser descritos em um conjunto de quatro equações. Por meio delas conseguiu entender que a aceleração de uma carga elétrica provoca perturbações no campo elétrico e magnético e que essas perturbações se propagam no vácuo, na forma de ondas eletromagnéticas com a velocidade fixa de $2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Ao conjunto dessas ondas eletromagnéticas que compõem o campo de radiação de um determinado objeto dá-se o nome de espectro (Figura 3). O espectro eletromagnético representa todo o conjunto de comprimentos de onda conhecidos, que vão desde os raios gama até as ondas de rádio e dividem-se em regiões.



Fonte: Moraes (2002)

Percebe-se que o espectro eletromagnético encontra-se dividido em diversas regiões distintas. Esta divisão se dá em função: a) dos processos físicos que dão origem a essa energia; b) do tipo de interação que ocorre entre a radiação e os objetos; c) da transparência da atmosfera em relação à radiação (NOVO, 2010).

Cada alvo tem uma resposta espectral dentro de cada região do espectro eletromagnético. Na figura acima, pode-se analisar que vegetação, solo e a água respondem de forma diferente em cada faixa do espectro eletromagnético, principalmente na área do visível e infravermelho.

Por meio da resposta espectral dos objetos e das análises visuais, vários produtos podem ser extraídos das imagens de satélite, tais como: cobertura da superfície, áreas desmatadas e recuperadas, ilhas de calor, temperatura superficial, biomassa, cenários, altitudes, diversidade de vegetação, dentre outros.

Ao se trabalhar com as imagens de satélite, é importante primeiramente traçar quais são os objetivos que se quer atingir antes de escolher qual a imagem a ser trabalhada e quais características ela necessita ter para alcançar os objetivos finais do trabalho.

Todavia cada satélite apresenta um conjunto de características destinadas a cumprir com determinados objetivos de estudo. Por exemplo, nesta pesquisa, como o trabalho compreende uma área da Amazônia Legal Maranhense razoavelmente grande, não se pode utilizar imagens de alta resolução espacial, pois dependeria de milhares de cenas até cobrir a área toda, além da demora para o processamento de todos os dados e informações. Devido a isso, e como o trabalho não precisa de detalhes urbanos, foram utilizadas imagens adquiridas gratuitamente dos satélites Landsat 2, 5 e 8 que apresentam as características destacadas na tabela abaixo (Tabela 2).

Tabela 2: Características dos satélites Landsat 2, 5 e 8

Satélites/Sensor	Resolução espacial	Resolução Espectral	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
Landsat 2/ MSS	80 metros	4 bandas multiespectrais	6 bits	18 dias
Landsat 5/ TM	Multiespectrais: 30 metros Termal: 100 metros	Multiespectrais: 1-5 e 7 Termal: 6	8 bits	16 dias
Landsat 8/ OLI	Multiespectrais: 30 metros	Pancromático: Banda 8; Multiespectral: Bandas	16 bits	16 dias

	Pancromática: 15 metros Termal: 100 metros	1-7 e 9; Termal: Bandas 10-11.		
--	---	--------------------------------	--	--

Fonte: Dados da pesquisa

Para Novo (2010) e Jensen (2009), o programa Landsat representou no século XX um modelo de missão de sensoriamento remoto de recursos naturais, principalmente porque permitiu incorporar, em seus sucessivos satélites, características requeridas pelos usuários dos dados. Para o Brasil, esse programa foi de fundamental importância, porque possibilitou consolidar e capacitar uma ampla comunidade de usuários.

Os dados Landsat são o mais longo e completo registro das superfícies continentais do planeta Terra a partir do espaço (1972 - dias atuais). Apresenta grande valor para os estudos sobre mudanças globais, incluindo estudos dos setores agrícolas, florestais, entre outros.

Além das imagens Landsat, foram utilizadas nesta pesquisa as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). O projeto *SRTM* advém da cooperação entre a *Nasa* e *National Imagery and Mapping Agency* (Nima), do Departamento de Defesa (DOD) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália (FLORENZANO, 2001)

O sobrevoo da SRTM ocorreu durante o período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, em um total de 176 órbitas. O sobrevoo foi concluído com a coleta de 12 TB de memória de dados coletados, que cobriu 80% da área terrestre do planeta, entre as latitudes 60°N e 56° S (FLORENZANO, 2001).

Depois do processamento realizado pelo Nima, em que foram editados e verificados, os dados foram encaminhados a NASA de onde foram distribuídos para o restante do mundo, porém com características diferentes aos que eram utilizados pelos EUA. Os MDEs (Modelo Digital de Elevação) para os Estados Unidos foram gerados sob resolução espacial de 30 m e de 90 m para o restante do mundo. Atualmente já estão disponíveis dados com 30 m de resolução espacial para todo o mundo, basta solicitar no site da USGS.

Além das imagens de satélite, um outro tipo de processamento que auxiliou bastante nas identificações das classes nas cenas e que foram utilizados nesta pesquisa, foram os

índices de vegetação (NDVI) e de umidade/água(NDWI). A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009).

Para Pozoni e Shimabukuro (2009), a fundamentação da proposição do índice NDVI reside no comportamento antagônico da Reflectância da vegetação na região do visível e infravermelho próximo. Em princípio, quanto maior for a densidade da cobertura vegetal em um determinada área, menor será a Reflectância na região do visível, devido à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes. Por outro lado, maior será a Reflectância verificada na região infravermelho próximo devido ao espalhamento múltiplo da radiação eletromagnética nas diferentes camadas das folhas (POZONI; SHIMABUKURO, 2009).

O primeiro índice de vegetação a ser usado nas pesquisas foi a razão simples (Jordan, 1969), obtido pela divisão de valores de Reflectância referentes à região do infravermelho próximo por valores de Reflectância correspondente à região do vermelho, chamado de SAVI, seguindo a Equação 1:

$$SAVI = \rho_{IVP} / \rho_V \quad \text{Equação 1}$$

Onde: ρ_{IVP} é a Reflectância no infravermelho próximo

ρ_V é a Reflectância no vermelho

Como essa divisão, em áreas densamente vegetadas, o resultado final aumenta sem limites. Rouse et al. (1973) propôs a normalização da razão simples entre -1 e +1, propondo o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), ou seja, para alvos terrestre, o limite inferior torna-se aproximadamente zero e o limite superior (áreas de vegetação densa) aproximadamente 0,80 para +1. A normalização foi realizada por meio da Equação 2:

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V) \quad \text{Equação 2}$$

Onde: ρ_{IVP} é a Reflectância no infravermelho próximo

ρ_V é a Reflectância no vermelho

O outro índice utilizado na pesquisa foi o NDWI (*Normalized Difference Water Index*) que permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos. Para Mc Feeters (1996), este índice segue o mesmo raciocínio e operações de bandas do índice de diferença normalizada da vegetação anteriormente falado.

Logo a equação (Equação 3) do NDWI é resultante da combinação das bandas espectrais do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR), sendo, portanto, o SWIR o mais sensível à quantidade de água presente na vegetação e umidade do solo (SILVA et al. 2012). Abaixo destaca-se a equação utilizada para a geração do índice:

$$NDWI = (\rho_{nir} - \rho_{swir}) / (\rho_{nir} + \rho_{swir}) \quad \text{Equação 3}$$

1.6.3 VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO

A primeira grande vantagem do Sensoriamento Remoto é que ele é não intrusivo se o sensor estiver registrando passivamente a energia eletromagnética refletida ou emitida pelo fenômeno de interesse. Para Jensen (2009), esta é uma consideração muito importante, uma vez que o sensoriamento remoto passivo não perturba o objeto ou a área de interesse.

Segundo Jensen (2009), diferente de outras ciências, como a Cartografia e a Ciência da Informação Geográfica, a ciência do Sensoriamento Remoto mostra certa diferença, pois pode fornecer nova e fundamental informação científica, já as outras ciências citadas assentam-se em dados obtidos por outras.

Outra vantagem que auxilia nos estudos de séries temporais e das mudanças de áreas da superfície terrestre é o fato dos sensores remotos serem programados para coletar dados sistematicamente sobre um determinado alvo. Essa coleta sistemática remove o viés presente em muitas das coletas de campo tradicionais.

Além disso, consegue-se, dependendo do sensor e das suas características, imagear fenômenos quase em tempo real. Alguns satélites podem ser recolocados em orbitais ou redirecionar seus espelhos e câmeras de forma que consigam capturar fenômenos ou alvos fora de 90°.

Porém a ciência do Sensoriamento Remoto apresenta suas limitações e, segundo Jensen (2009), talvez sua maior limitação seja o fato de ser superestimado. Para o autor, o Sensoriamento Remoto não é uma panaceia que fornecerá todas as informações necessárias à condução das pesquisas físicas, biológicas ou das ciências naturais. Ele simplesmente fornece informações espaciais, espectrais e temporais de valor, de uma forma que se espera que sejam eficientes e econômicas e muito bem interpretadas pelos analistas que as utilizam.

1.6.4 ANÁLISE GEOGRÁFICA DE IMAGENS BASEADA A OBJETOS (GEOBIA)

Apesar da disponibilidade de dados com alta resolução espacial e espectral e do avanço das técnicas de processamento de imagem (ZHANG et al., 2003; WU et al., 2009), ainda é limitado o processo de discriminação dos alvos por algoritmos de classificação, baseados nas características espectrais de cada objeto da cena (WU et al., 2006). As técnicas tradicionais de classificação pixel-a-pixel apresentam limitações na extração das informações de imagens com alta resolução espacial, sendo necessárias outras técnicas que levem em conta atributos além das respostas espectrais dos alvos.

Blaschke (2010) apresentou a evolução dos estudos sobre o GEOBIA por meio de trabalhos que empregaram as técnicas baseadas em objeto nas mais diferentes áreas. Neste contexto, a análise geográfica de imagens orientadas a objeto (GEOBIA) é atualmente o paradigma mais indicado para ser aplicado em imagens de alta resolução espacial, pois leva em consideração diversos fatores dos segmentos e objetos de uma cena (NOVACK e KUX, 2010).

No domínio de GEOBIA, os pixels são agrupados em segmentos reconhecidos mais tarde como objetos, de acordo com suas propriedades espectrais, levando em conta também características geométricas dos segmentos e objetos gerados (NAVULUR, 2006).

Uma característica importante dos objetos é que possuem identidade, sendo distinguíveis pela sua própria existência e não pelas propriedades que possuem. Deste modo, ainda que dois objetos, “mangue” e "mangue", possuam características idênticas, eles permanecem únicos, constituindo dois objetos independentes.

Segundo Francisco e Almeida (2012), o paradigma GEOBIA consiste basicamente em duas etapas metodológicas: (1) segmentação, definida como o processo de divisão da

imagem em grupos com características homogêneas que leva em conta fatores como compacidade, escala e suavidade; (2) classificação, processo baseado na decisão de regras que revelam as propriedades de objetos, expressas por seus atributos (NAVALUR, 2006).

Em relação às técnicas tradicionais, a abordagem GEOBIA permitiu avanços na interpretação das imagens, como: (1) a utilização de parâmetros não somente estatísticos como nos métodos tradicionais, mas também geométricos, topológicos, contextuais e de relacionamento semântico entre classes, aproximando-se dos processos cognitivos humanos de interpretação de imagens; (2) a possibilidade de se trabalhar com mais de um nível de segmentação e (3) a sofisticação dos algoritmos de segmentação que passaram a incorporar parâmetros de forma, compacidade e suavidade (FRANCISCO; ALMEIDA, 2012).

Com o avanço e o desenvolvimento da abordagem GEOBIA, houve aumento de estudos nas mais diversas áreas das Ciências, principalmente em aplicações em áreas urbanas. Estudos envolvendo GEOBIA em regiões urbanas são encontrados em Johnson e Xie (2013), Jalan (2011), Jacquin et al. (2008). No Brasil, estudos em áreas urbanas foram realizados por Meneghetti (2013), Carvalho (2012), Souza (2012), Souza e Kux (2012), Pinho et al. (2012), Ribeiro (2010) e Novack (2009), entre outros.

Apesar das primeiras aplicações realizadas em imagens de alta resolução espacial e principalmente para áreas urbanas e intra - urbanas, atualmente, já se utiliza a técnica para classificar as mais diversas imagens nas mais diversas áreas de estudo, devido ao auxílio maior dos atributos na classificação final das cenas estudadas. Nessa pesquisa, apesar da utilização de imagens Landsat, que variam de 15 m a 90 m de resolução espacial, optou-se por testar essa técnica e avaliar como seriam as classificações finais e se alcançariam o objetivo proposto.

CAPÍTULO 02

METODOLOGIA



1 METODOLOGIA

Este capítulo apresentará quais foram as técnicas, os materiais e os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa, tendo como orientação metodológica o modelo GTP - Geossistema (geocomplexo), Território e Paisagem.

Apresentará de forma resumida fluxograma com os procedimentos técnico-operacionais que conduziram o andamento do trabalho e o alcance dos objetivos propostos, assim como quais os sites e instituições que forneceram os dados utilizados para a extração de informações da área de estudo.

1.1 MATERIAIS

Os materiais usados incluem os Dados, Softwares e Equipamentos, conforme especificados abaixo:

Dados:

✓ Conjunto de imagens multiespectrais do satélite Landsat 5 sensor TM do ano de 1986, das órbitas e pontos: 221-61, 221-62, 222-61, 222-62 e 222-63. Possuem uma resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais, sendo uma termal (banda 6) com uma resolução radiométrica de 8 bits. Foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais (INPE).

✓ Conjunto de imagens do satélite Landsat 5 sensor TM do ano de 1996 das órbitas e pontos: 221-61, 221-62, 222-61, 222-62 e 222-63. Foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais (INPE).

✓ Conjunto de imagens do satélite Landsat 8 sensor OLI do ano de 2015/2016 das órbitas e pontos: 221-61, 221-62, 222-61 e 222-62. Esse satélite possui resolução espacial de 30 a 15 metros, com 11 bandas espectrais (8 bandas multiespectrais, 1 banda pancromática e 2 bandas termiais) e uma resolução radiométrica de 16 bits. Foram adquiridas no site da *United States Geological Survey (USGS) - NASA*.

✓ Dados vetoriais, tais como: limites territoriais da malha do Brasil e Maranhão, shapes de vegetação disponibilizados no site do Ministério do Meio Ambiente, shapes de

geologia, geomorfologia, clima e solos disponibilizados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), hidrografia e bacias hidrográficas adquiridos no site da ANA.

✓ Conjunto de cena das Imagens do Radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), projeto internacional liderado pela Agência Nacional de Inteligência Geoespacial e pela NASA, dos Estados Unidos, em que as imagens são distribuídas gratuitamente pela própria NASA por meio do site da USGS e pela EMBRAPA. Antes eram disponibilizadas apenas imagens com 90 metros e, por meio do projeto TOPADATA do pesquisador Marcos Valeriano – INPE, chegou-se a 30 metros de resolução espacial. Atualmente o site do USGS disponibiliza imagens do Radar SRTM já com os 30 metros de resolução espacial.

Softwares:

✓ **Envi 4.8** - para a transformação dos conjuntos de cenas em um único arquivo META, criação do mosaico das imagens, transformação para arquivos tiffs e recortes do limite estudado.

✓ **Ecognition Developer** - realização dos índices e da classificação por análise geográfica de imagens baseada a objetos (GEOBIA) por meio da criação de redes semânticas e árvore de decisão.

✓ **WEKA** - utilizado para a realização da mineração de dados (*data mining*) e geração das árvores de decisão.

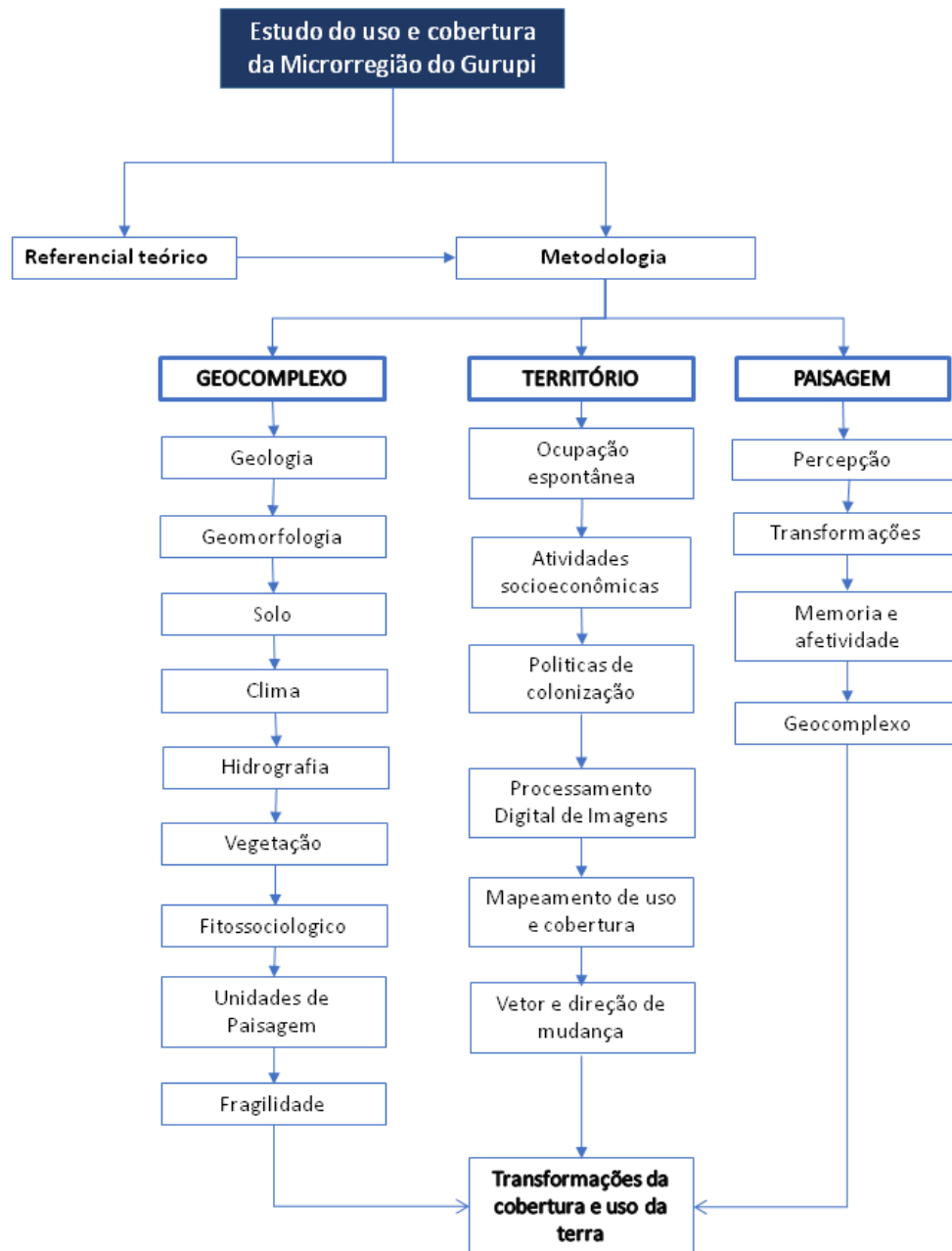
✓ **Arcgis 10.1** - realização de álgebras de mapas, AHP, transformações físicas das imagens, criação das curvas de níveis e MDE e geração dos layouts finais dos mapas.

✓ **SAGA** - geração dos mapas temáticos de vetores de mudança ao longo dos anos estudados.

1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

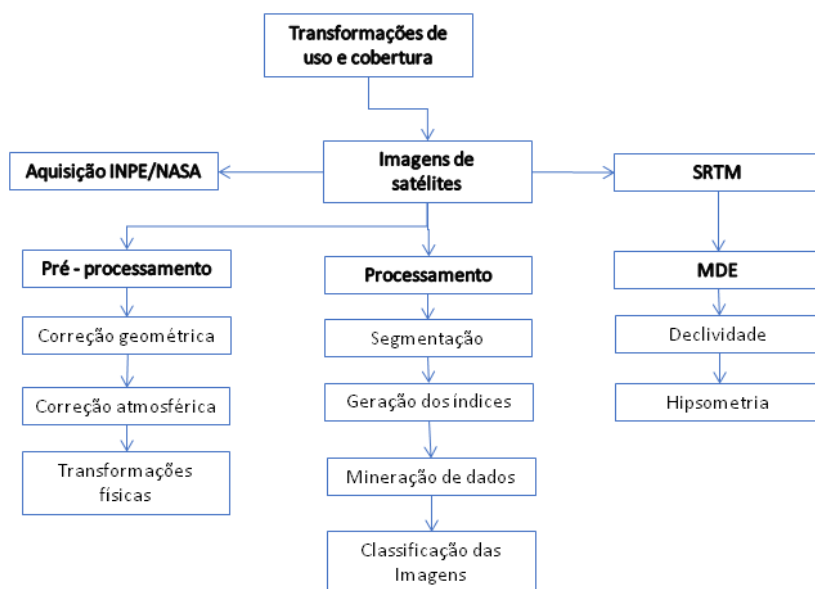
Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão resumidos no fluxograma da Figura 4, seguidos abaixo por sua descrição.

Figura 4: Fluxograma com os procedimentos metodológicos realizados na pesquisa



Para a realização dos procedimentos metodológicos relacionados às imagens de satélite foram seguidas as seguintes etapas: aquisição e processamento dos dados, álgebras de mapas, criação de modelos e análise dos dados finais (Figura 5).

Figura 5: Etapas realizadas para o mapeamento da cobertura da Terra



O pré-processamento dos dados de entrada está associado aos processos de correção e restauração das imagens, tais como: correção geométrica, correção atmosférica, transformações físicas e de possíveis ruídos adquiridos no momento de aquisição da imagem.

Foram executados os seguintes procedimentos metodológicos, considerando os parâmetros e processamentos realizados em estudos anteriores: georreferenciamento das imagens (registro), transformações físicas, correção atmosférica, geração dos índices, classificação das imagens, pós-classificação e validação. Com as imagens SRTM os processamentos são direcionados à obtenção de outros resultados. Em função disso, são distintos das imagens, tais como: geração da declividade, mapa hipsométrico e MDE. Essas etapas, assim como as outras realizadas na pesquisa, serão detalhadas nos próximos tópicos.

1.2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Este procedimento correspondeu a uma das primeiras e mais importantes etapas da pesquisa. Deu-se desde o momento inicial, da descoberta do tema e dos autores a ele relacionados até o momento da discussão dos resultados preliminares.

Foi realizado com base em artigos nacionais e internacionais disponibilizados pela CAPES, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado, relacionados ao assunto abordado, além de livros de autores que trabalham com a temática central do estudo e os objetivos propostos, bem como a análise, interpretação e utilização de conceitos e teorias de áreas afins.

1.2.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS E CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS

As imagens de satélite foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e no site da *U. S. Geological Survey (USGS - earth explorer)*, levando em consideração, no primeiro momento, a quantidade de nuvens encontradas na atmosfera. Esse, por sinal, foi um dos principais problemas para a escolha das datas e períodos que seriam estudados. As imagens foram adquiridas do segundo semestre do ano, de agosto a dezembro, por conta do menor índice de pluviosidade e, conseqüentemente, menor quantidade de nuvens.

As imagens foram adquiridas dos anos de 1976, 1986, 1996, 2006 e 2016, pois não foram obtidas imagens anteriores ao ano de 1976 sem nuvens. As imagens adquiridas no site do INPE vieram apenas com a correção geométrica; além dela, foi preciso realizar o registro das imagens e as transformações físicas, de Número Digital para reflectância. No tocante às imagens adquiridas no site da USGS, foram solicitadas ao governo dos EUA que já viessem com as correções geométricas e em reflectância. Dessa forma não foi necessário realizar novamente esses processos. Assim como as imagens do satélite Landsat, as imagens SRTM também foram adquiridas no site da USGS com resolução de 30 metros, já disponíveis.

Os dados utilizados para a realização dos mapas de Solos, Geologia, Geomorfologia e Clima foram adquiridos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e os dados de Vegetação foram adquiridos no site do Ministério de Meio Ambiente, que fornece um mapa temático do Brasil sobre a cobertura da terra e nele apresenta os principais tipos de vegetação.

1.2.3 REGISTRO DAS IMAGENS LANDSAT 2 E 5

O registro de imagens é uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linha e coluna) com as coordenadas de uma imagem já processada e

ortorretificada. Esta transformação é importante, pois elimina as distorções da imagem, causadas durante a sua formação pelo sistema sensor e por imprecisões dos dados de posicionamento da plataforma (satélite).

O registro das imagens foi realizado com o software aplicativo ENVI. As imagens TM - LANDSAT, dos anos de 1988 e 2010, foram georreferenciadas com pontos de controle baseados numa imagem TM - LANDSAT adquirida no site da USGS – NASA, previamente ortorretificada. As coordenadas de referência utilizadas são locais passíveis de identificação em todas as imagens usadas, tais como cruzamento de ruas, avenidas e meandros de rios, perfazendo 10 pontos para o registro de cada cena TM-LANDSAT. O erro encontrado foi aceitável, sendo menor que a metade de um pixel.

1.2.4 TRANSFORMAÇÕES FÍSICAS

As transformações físicas foram realizadas no *software Arcgis 10.1*, onde as imagens foram transformadas de Número Digital para Radiância, por meio da aplicação da Equação 4:

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) (Q_{cal} - Q_{cal\ min}) + L_{MIN\lambda}$$

Equação 4

Em que:

L_{λ} = é a radiância espectral registrada no sensor [W/m² sr μm];

Q_{cal} = valor do pixel calibrado [DN]

Q_{calmin} = valor de DN mínimo correspondente

Q_{max} = valor de DN máximo correspondente ao $L_{MAX\lambda}$ [DN]

$L_{MIN\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao Q_{calmin} [W/m² sr μm]

$L_{MAX\lambda}$ = radiância espectral registrada no sensor que é escalonado em relação ao Q_{calmax} [W/m² sr μm].

Após calcular a radiância, calculou-se a reflectância por meio da Equação 5:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \times L_{\lambda} \times d^2}{ESUN_{\lambda} \times \cos \theta_s}$$

Equação 5

Em que:

ρ_{λ} = reflectância planetária no topo da atmosfera (adimensional);

π = constante matemática igual a $\sim 3,14159$ (adimensional);

L_{λ} = é a radiância espectral registrada no sensor [$W/m^2 \text{ sr } \mu m$];

d^2 = distância Terra - Sol (unidade astronômica);

$ESUN_{\lambda}$ = irradiância solar estratosférica média ($W/m^2 \mu m$);

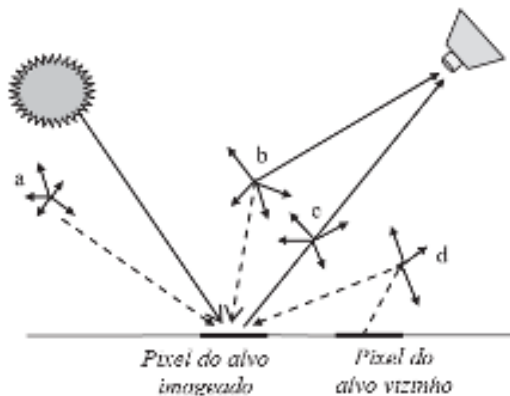
θ_s = ângulo zenital Solar (graus) que é igual ao seno do ângulo de elevação solar.

Essas duas equações foram realizadas por meio da ferramenta *Raster Calculator*, encontrada no *ArcToolBox* do *Arcgis* 10.1. Após a aplicação da última equação, foram obtidas as imagens com dados em reflectância e deu-se prosseguimento as etapas seguintes.

1.2.5 CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

A atmosfera afeta a radiância medida em qualquer ponto da imagem, de duas maneiras aparentemente contraditórias. Primeiro, ela atua como um refletor, adicionando uma radiância extra ao sinal que é detectado pelo sensor. Segundo, ela atua com um absorvedor, atenuando a intensidade de energia que ilumina o alvo na superfície (MENESES; ALMEIDA, 2012) (Figura 6).

Figura 6: Modos de espalhamento da radiação pela atmosfera, contribuindo com o aumento da reflectância do alvo que chega ao sensor.



Fonte: Meneses e Almeida (2012)

Dessa forma se torna necessário remover os efeitos que a atmosfera introduz, para poder realizar uma interpretação confiável das imagens de satélite. Segundo Meneses e Almeida (2012), para solucionar esse problema, é necessário conhecer com exatidão os parâmetros que caracterizam o estado atmosférico da área. Para tanto, o ideal seria dispor de frequentes medições locais com estações meteorológicas ou com equipamentos de radiossondagem, para, no mínimo, estimar as condições atmosféricas. Devido a diferentes complicações para se obter essas medições em diversas áreas, foram desenvolvidas técnicas de processamento de correção atmosférica, estimadas a partir dos próprios dados das imagens multibandas.

A técnica utilizada nessa pesquisa para minimizar os efeitos consequentes da ação atmosférica foi o *Dark Object Subtraction*, subtração de pixel escuro ou ainda Método de Chavez. Segundo esse método, em toda e qualquer cena e em qualquer banda espectral, existem pixels que deveriam assumir o valor 0, uma vez que poderiam não receber radiação incidente. Portanto, estes pixels não poderiam refletir radiação, podendo também absorvê-la totalmente, o que implicaria em valores nulos de reflexão. Caso esses pixels apresentassem valores de Número Digital ou de Reflectância maiores que 0, o valor excedente deve ser explicado pela interferência aditiva do espalhamento atmosférico (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

Essa etapa foi realizada no software *ENVI 4.8*, utilizando a ferramenta *Basic Tools - Compute Statistic*, para calcular o parâmetro de cada banda que foi usada no próximo passo. Após isso, utilizaram-se as ferramentas *Basic Tools - General Purpose Utilities - Dark Subtract* para colocar os parâmetros calculados anteriormente e, por fim, realizar a correção atmosférica.

1.2.6 GERAÇÃO DOS ÍNDICES

Após a realização das correções e transformações das imagens, foram gerados os índices para facilitar a distinção entre as classes que contém na cena, principalmente áreas úmidas, tipos de vegetação, solo exposto e água.

Para a realização dos índices, utilizou-se o software *Ecognition*, mesmo programa em que foi gerado o processo de classificação das imagens. O primeiro índice aplicado foi o

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Os índices são propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, principalmente nas regiões do visível, alta taxa de absorção da energia eletromagnética e na região do infravermelho, alta taxa de reflectância.

Nesta pesquisa foram utilizados o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e o índice de diferença normalizada da água (NDWI). No programa *Ecognition*, os índices foram gerados com a ferramenta *Customized* em *Create new "Arithmetic Feature"*. Nessa ferramenta se tem a possibilidade de escrever as equações que serão aplicadas nas imagens trabalhadas.

1.2.7 CLASSIFICAÇÃO COBERTURA DA TERRA

Após as etapas realizadas anteriormente, foi efetuada a classificação baseada em objetos geográficos (GEOBIA) usando o *software Ecognition*.

Antes de iniciar o processo de classificação das imagens, foram geradas chaves de interpretação com o objetivo de identificar as classes identificadas nas cenas por meio de suas características, tais como: forma, cor (dependendo da composição das bandas), textura e localização.

Para a realização da classificação GEOBIA, as imagens foram importadas para o *Ecognition* em que foram analisadas suas características e qual a melhor forma e melhor algoritmo a serem utilizados. A primeira etapa deste tipo de classificação foi a realização do processo de Segmentação que, segundo Pal e Pal (1993), é definida como um processo de agrupamento de pixels de uma imagem em regiões, de modo que os elementos pertencentes a cada região sejam similares em relação a uma ou mais propriedades.

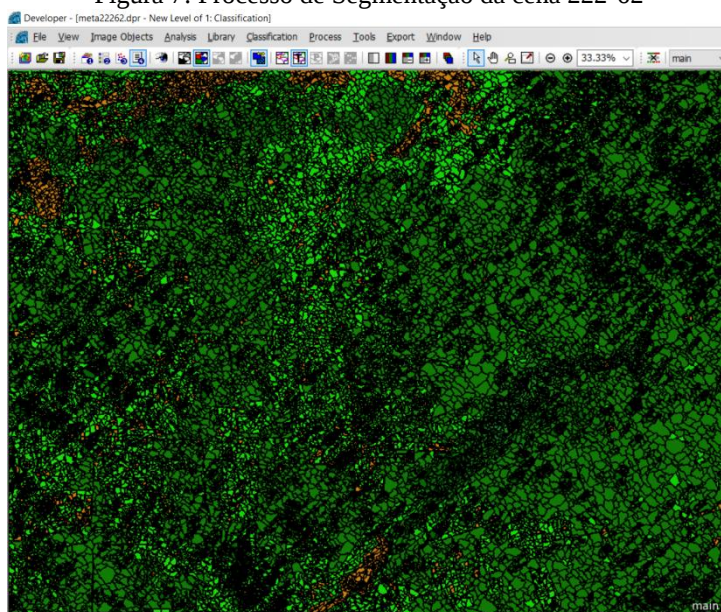
Cuidados com a segmentação da imagem foram necessários, uma vez que o resultado desta etapa pode repercutir nos resultados finais do trabalho (ARAÚJO, 2006). Assim, o processo de segmentação foi efetuado iterativamente, avaliando os segmentos gerados e calibrando os parâmetros propostos por Baatz e Schäpe (2000), a saber: fator de escala, cor, forma, compacidade e suavidade.

O fator de escala controla a máxima heterogeneidade permitida por segmento, de modo que fatores de escala maiores permitem a geração de segmentos maiores. Os parâmetros de cor e forma são complementares e indicam quanto das informações cor e forma são

utilizados no processo de segmentação. O parâmetro de forma é dividido em compacidade e suavidade, sendo que um alto valor de compacidade conduz a segmentos menores e mais compactos, ao passo que um alto valor de suavidade conduz a segmentos otimizados, resultando em bordas suaves (RIBEIRO, 2010).

Para as imagens do sensor TM do satélite Landsat, foi utilizado o fator de escala 20 e, para as imagens do Landsat 8 sensor Oli, utilizou-se 10 de escala. Números que foram alcançados heurísticamente, na tentativa e erro, ao analisar as imagens e os melhores fatores que segmentaram e diferenciaram de forma eficiente os objetos da cena (Figura 7).

Figura 7: Processo de Segmentação da cena 222-62



Fonte: *Ecognition* (dados da pesquisa)

Após a análise dos melhores parâmetros empregados na segmentação, foi realizada a extração de amostras visando à construção dos conjuntos de treinamento. Para cada classe criada na rede semântica, foram coletadas entre 100 a 150 amostras, distribuídas em toda a área para representar as diferentes variedades internas de cada classe (cor, textura, forma, tonalidade e brilho), evitando possíveis incertezas na classificação e durante a mineração dos dados (*data mining*).

Após essa etapa, foram exportados os atributos e as classes pela ferramenta *Export* em formato de tabela csv. e shapefile. Depois dessa etapa, a tabela editada foi levada para o software livre *WEKA* onde se realizou o processo de *Data Mining* (mineração de dados) por meio do algoritmo J4.8.

Com o algoritmo J4.8, foi possível gerar as árvores de decisão (Figura 8), o que foi de grande ajuda para geração das classificações. Seu desenvolvimento pela Universidade de Waikato, na Nova Zelândia, seguiu os termos da GNU (*General Public License*), com implementação em Linguagem Java, o que facilita a implementação de softwares de terceiros nesta linguagem, utilizando suas bibliotecas (WITTEN et al, 2011).

Figura 8: Árvore de decisão gerada no WEKA

```

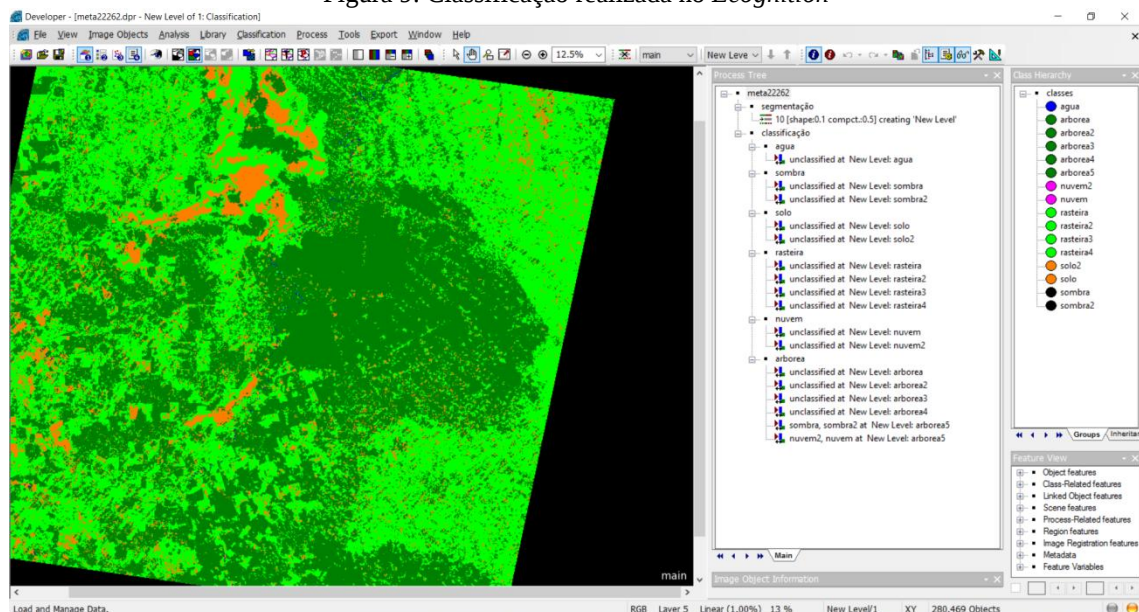
Mean Layer 4 <= 111.301587
|
| NDVI <= 0.483412
| |
| | Mean Layer 6 <= 15.852055
| | |
| | | NDVI <= 0.102194: agua (28.0)
| | | NDVI > 0.102194: sombra (155.0/1.0)
| | |
| | | Mean Layer 6 > 15.852055
| | | |
| | | | GLCM Contrast (quick 8/11) (all dir.) <= 247.046448
| | | | |
| | | | | NDVI <= 0.452708: solo (222.0)
| | | | | NDVI > 0.452708
| | | | | |
| | | | | | Border length <= 100: solo (5.0)
| | | | | | Border length > 100: rasteira (3.0)
| | | | |
| | | | | GLCM Contrast (quick 8/11) (all dir.) > 247.046448: nuvem (4.0/1.0)
| | |
| | NDVI > 0.483412
| | |
| | | Mean Layer 6 <= 16.280523
| | | |
| | | | Mean Layer 3 <= 16.950581
| | | | |
| | | | | NDVI <= 0.631096
| | | | | |
| | | | | | NDVI <= 0.592: sombra (3.0)
| | | | | | NDVI > 0.592: arborea (4.0)
| | | | |
| | | | | NDVI > 0.631096
| | | | | |
| | | | | | Standard deviation Layer 2 <= 0.983875: arborea (362.0)
| | | | | | Standard deviation Layer 2 > 0.983875
| | | | | | |
| | | | | | | Mean Layer 1 <= 51.987805: rasteira (6.0/1.0)
| | | | | | | Mean Layer 1 > 51.987805: arborea (21.0)
| | | | |
| | | | | Mean Layer 3 > 16.950581: rasteira (7.0/1.0)
| | | |
| | | | Mean Layer 6 > 16.280523: rasteira (238.0/4.0)
| |
| Mean Layer 4 > 111.301587: nuvem (228.0)

```

Fonte: WEKA (dados da pesquisa)

Após a criação da árvore de decisão no software WEKA, foi realizada a implementação no *Ecognition* por meio da rede semântica e dos algoritmos próprios do programa. Esse método apresentou uma importante resposta nos resultados obtidos (Figura 9).

Figura 9: Classificação realizada no *Ecognition*



Fonte: *Ecognition* (dados da pesquisa)

1.2.8 CLASSIFICAÇÃO DO USO DA TERRA

Para a realização do mapa temático de uso da Terra, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 sensor OLI, adquiridas de forma gratuita na página da USGS (Earth Explorer). A partir daí e com o auxílio da jornada de campo, pode-se extrair informações relativas às principais atividades realizadas na região e quais os usos da Terra praticados pelos moradores locais.

Como forma de melhorar a resolução da imagem utilizada, foi realizado o processo de fusão, em que as bandas multiespectrais, com 30 metros de resolução espacial, foram fusionadas com a banda pancromática, com 15 metros de resolução espacial, havendo melhora considerável na distinção das classes encontradas nas cenas.

Para auxiliar na discriminação das classes de uso da Terra, assim como foi realizado para a cobertura, foram geradas chaves de interpretação que contêm: forma, localização, cor, textura e imagens retiradas com fotografia do campo.

Na distinção das classes de uso, uma vez que não se consegue retirar de forma imediata da imagem, foi essencial a fase da jornada ao campo. Por meio das fotografias e das conversas com os moradores locais, conseguiu-se destacar as principais classes de uso, tais como: pastagem, floresta densa (REBIO e Terras Indígenas), manguezal, uso urbano, dentre outros.

1.2.8 VALIDAÇÃO

Para validar as classificações realizadas nas imagens, foram utilizadas 150 amostras (pontos controles) aleatórias para todas as classes temáticas no software *Arcgis 10.1* por meio da ferramenta *Randon Point*. A partir daí, utilizou-se imagens de alta resolução espacial (*Google Earth Pro*), além dos pontos coletados durante o campo, para realizar a interpretação de cada amostra e, dessa forma, analisar quais classes eles representavam e se houve acerto ou erro na classificação realizada.

A próxima etapa foi realizar um cruzamento entre a interpretação dos pontos e as classes geradas nas imagens Landsat e, dessa forma, perceber com qual frequência ocorreram acertos e erros de classificação. Depois desse processo, esses dados foram colocados em uma tabela do Excel e, de forma manual, obtiveram-se os índices Kappa e a exatidão total.

1.2.9 GERAÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADE, HIPSOMÉTRICO E MDE

Para a geração da declividade, foram utilizadas imagens do Radar SRTM, adquiridas no site da EMBRAPA. A missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) foi realizada em conjunto pela agência espacial norte-americana (National Aeronautics and Space Administration - NASA), a National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e as agências espaciais alemã (Deustches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLG) e italiana (Agenzia Spaziale Italiana - ASI), em fevereiro de 2000, para mapear o relevo da área continental da Terra com interferometria de radar de abertura sintética (InSAR), entre 60° de latitude norte e 54° de latitude sul, o que corresponde a aproximadamente 80% das áreas emersas do planeta (GROHMANN et al. 2008).

Em janeiro de 2002, a NASA iniciou a distribuição pública destes pequenos conjuntos de dados dentro dos Estados Unidos. Enfim, foram gerados MDE sob resolução de 30 m (a rigor, em coordenadas geográficas, como 1 arco segundo, ou 1'', ou ainda 0,000277o) para os Estados Unidos e planejados sob 90 m (a rigor, 3'' ou 0,000833o) para o resto do mundo, embora estas questões ainda estejam em discussão pela NASA e pela NIMA (VALERIANO, 2004). Atualmente os dados de 30 metros já são disponibilizados para toda a superfície terrestre.

Portanto, a partir desses dados SRTM com resolução espacial de 30 metros disponibilizados no site da NASA, foram extraídos no software Arcgis 10.1 os mapas de declividade, hipsométrico e o Modelo Digital de Elevação.

1.2.10 GERAÇÃO DO MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Para a realização do mapa final de fragilidade ambiental, foram utilizados dados de entrada, tais como: geologia, relevo, precipitação, solos e uso e cobertura da Terra (Equação 6). Esses dados foram convertidos para raster e, em sequência, foram inseridos pesos a cada classe segundo a metodologia proposta por Crepani et al. (1996) e fundamentada no conceito de Ecodinâmica (TRICART, 1977).

$$F = (G + R + S + V + C)/5 \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

F = Fragilidade Ambiental

G = Geologia

R = Relevo

S = Solo

V = Vegetação/ Uso e Cobertura da Terra

C = Clima/Precipitação

Na metodologia defendida por Crepani et al. (1996), cada um dos temas (geologia, relevo, precipitação, solos e uso e cobertura da Terra) recebe uma pontuação de fragilidade variando entre 1 e 3. Desta forma, as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1.0, as intermediárias ao redor de 2.0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3.0.

Segundo Sporl e Ross (2004), como resultado final, esta metodologia apresenta a fragilidade de cada unidade ambiental em função das informações provenientes de cada tema avaliado: geologia, geomorfologia, vegetação/uso e cobertura da terra, solos e clima/precipitação, ou seja, cada unidade territorial básica recebe um valor final resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação empírica, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala da fragilidade natural à perda de solo.

Após a aplicação dos valores a cada tema, a escala dos resultados obtidos por meio da equação de Fragilidade Ambiental das Unidades territoriais segue a tabela a seguir (Tabela 3):

Tabela 3: Classes de fragilidade Ambiental

<i>Grau de Fragilidade</i>	<i>Intervalo de Classe</i>
Muito Baixa	1,0 - 1,4
Baixa	1,41 - 1,8
Média	1,81 - 2,2
Forte	2,21 - 2,6
Muito Forte	2,61 - 3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al. (1996)

1.2.11 GERAÇÃO DO MAPA DAS UNIDADES DE PAISAGENS

Para a geração do mapa temático sobre Unidades de Paisagens, foi realizada uma análise integrada dos dados físicos da área, tais como: geologia, geomorfologia, vegetação, solo e uso da terra, que permitiram a delimitação das distintas unidades de paisagem na região estudada.

Foram levados os arquivos (geologia, geomorfologia - declividade e altimetria -, vegetação, solo e uso da terra) em formato shape para o *software Arcgis*, onde foram sobrepostos todos os layers e tentou-se entender quais eram as principais características locais que deveriam ser levadas em consideração para a produção do Mapa de Unidades de Paisagem.

Devido à diferença de declividade entre as áreas e às características diferenciadas que uma área mais elevada apresentou em relação a uma área mais rebaixada, a declividade junto com a altimetria foram as principais características levadas em consideração durante o processo de sobreposição.

1.2.11 GERAÇÃO DE CLIMOGRAMAS

Para a realização dos climogramas, os dados utilizados foram adquiridos gratuitamente no site do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, entre os anos de 1977 a 2015, com os quais foi realizada uma compilação de todos esses anos e gerados os climogramas.

Na Microrregião do Gurupi, devido à extensão da área, assim como o restante do território maranhense, há pequena quantidade de estações meteorológicas. Além disso, essas estações enfrentam problemas quanto ao seu funcionamento e manutenção. Em alguns anos e meses, não são coletadas informações de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação (dados utilizados para a geração do climograma). Para corrigir essas falhas, foram utilizadas tabelas de interpolação de estações próximas das estações que apresentaram a falta de dados.

Devido à extensão da área de estudo, ela apresenta dois tipos climáticos úmidos: o B1 e B2, segundo a classificação de Thornthwaite (1948). Em função disso, foi necessária a realização de dois climogramas, um para cada tipo climático. Para tanto foram utilizados

dados de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação total. Os dados foram compilados em um gráfico do ano de 1977 até 2015, período de 40 anos.

1.2.12 APLICAÇÃO DE ENTREVISTAS SEMI DIRIGIDAS

As entrevistas com os moradores dos municípios foram realizadas tendo por referência o período de residência no local. Foram escolhidos moradores com residência de 30 anos ou mais na região. Esta etapa foi importante para entender o processo de transformação das paisagens ao longo do tempo e a percepção dos moradores, de acordo com seus relatos.

Outro objetivo alcançado com a aplicação das entrevistas foi entender as culturalidades e o sentimento de pertencimento da comunidade, em que se buscou observar quais paisagens são destacadas nas falas dos entrevistados. Desse modo, foram aplicados 20 entrevistas nos povoados e na sede municipal.

1.2.13 LEVANTAMENTOS FITOSSOCIOLÓGICOS E PIRÂMIDE DE VEGETAÇÃO

Esta etapa correspondeu à avaliação das condições da estrutura vertical da vegetação e das condições biogeográficas da cobertura vegetal atual, tendo como base o levantamento fitossociológico e sua posterior estrutura gráfica a partir da elaboração das pirâmides de vegetação.

Para a realização dos levantamentos fitossociológicos, foram utilizadas as recomendações e indicações apresentadas por Bertrand (1996) e Passos (2003): em primeiro lugar se escolheu, sobre o terreno, um setor que representasse as características essenciais da formação vegetal, objeto de estudo. Em seguida, delimitou-se um círculo de dez metros de raio.

Uma vez definida a área, foram efetuadas as anotações na ficha biogeográfica que consta de duas partes independentes: na superior, a parte fitossociológica, em que são relacionadas as espécies vegetais mais importantes que ocorrem na formação segundo os estratos, na inferior, a parte geográfica, onde se detalha os fatores biogeográficos que interferem na referida formação vegetal, além de ser assinalada a dinâmica do conjunto observado (PASSOS, 2003).

Para tanto foram realizados dois levantamentos fitossociológicos na região, distribuídos na região norte e um na região mais central. Devido à dificuldade de se chegar e

cobrir toda a área de estudo, não foi possível a realização de mais levantamentos, o que seria o ideal para a caracterização.

1.2.14 IDENTIFICAÇÃO DOS VETORES DE MUDANÇA

Os métodos de detecção de mudanças, baseados em álgebra de imagens, como a subtração, ou em transformações, como a Análise por Componentes Principais, requerem a seleção de limiares que distingue áreas de mudança e de não mudança. Esses limites podem ser selecionados por procedimentos de tentativa e erro ou a partir de parâmetros estatísticos dessas classificações ou imagens (LU et al., 2004).

Para a realização dos mapas temáticos de vetores de mudança, foram utilizados o software SAGA e a ferramenta *cross classification*, a qual traçou as principais mudanças ocorridas na área, seguindo cada classe identificada nas imagens. Para tanto, foi utilizado um conjunto de imagens. No primeiro momento, utilizou-se as imagens de 1976 e 1996 e, logo após, as imagens de 2006 e 2016.

Dessa forma, chegou-se ao resultado das maiores transformações na área, quais as principais classes que foram perdidas em relação a outras classes, diagnosticando, assim, as principais transformações na área.

CAPÍTULO 03

PROCESSO DE FORMAÇÃO TERRITORIAL DA MICRORREGIÃO DO GURUPI



1 LOCALIZAÇÃO E SITUAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida na Amazônia Legal Brasileira, localizada a oeste do meridiano 44° no Estado do Maranhão (BRASIL, 1953). O estado do Maranhão, geograficamente, encontra-se em uma área de transição entre os biomas Amazônico, Cerrado e Caatinga que lhe configura elevada diversidade de ecobiótica, constituindo em uma das regiões mais dinâmicas em termos geoambientais do Brasil (FEITOSA e TROVÃO, 2006; HOGAN, 2008; MARANHÃO, 2011), (Figura 10).

O Maranhão é classificado como Estado nordestino, no entanto teve outra denominação regional no início dos anos de 1970: a de Meio Norte, denominação que dividia com o Piauí. Em meados de 1970, com a nova regionalização do IBGE, o Maranhão passou a integrar a Região Nordeste e foi dividido em cinco mesorregiões e 21 microrregiões geográficas. As mesorregiões foram: Norte Maranhense, Sul Maranhense, Leste Maranhense, Oeste Maranhense e Centro Maranhense.

A Mesorregião do Oeste Maranhense faz parte do que hoje é considerado o recorte territorial da Amazônia Legal Brasileira, criada pelo governo brasileiro como forma de auxiliar no planejamento do desenvolvimento social e econômico dos estados inseridos na região, que historicamente compartilham os mesmos problemas econômicos, políticos e sociais.

Por meio da Lei 1.806, de 06.01.1953, que criou a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), foram incorporados à Amazônia Brasileira o Estado do Maranhão (oeste do meridiano 44°), o Estado de Goiás (norte do paralelo 13° de latitude sul, atualmente Estado de Tocantins) e Mato Grosso (norte do paralelo 16° latitude Sul). Dessa forma, a Amazônia Brasileira passou a ser chamada de Amazônia Legal, consequência de um conceito político e não de uma feição geográfica, tendo surgido por meio da necessidade do governo de planejar e promover o desenvolvimento da região.

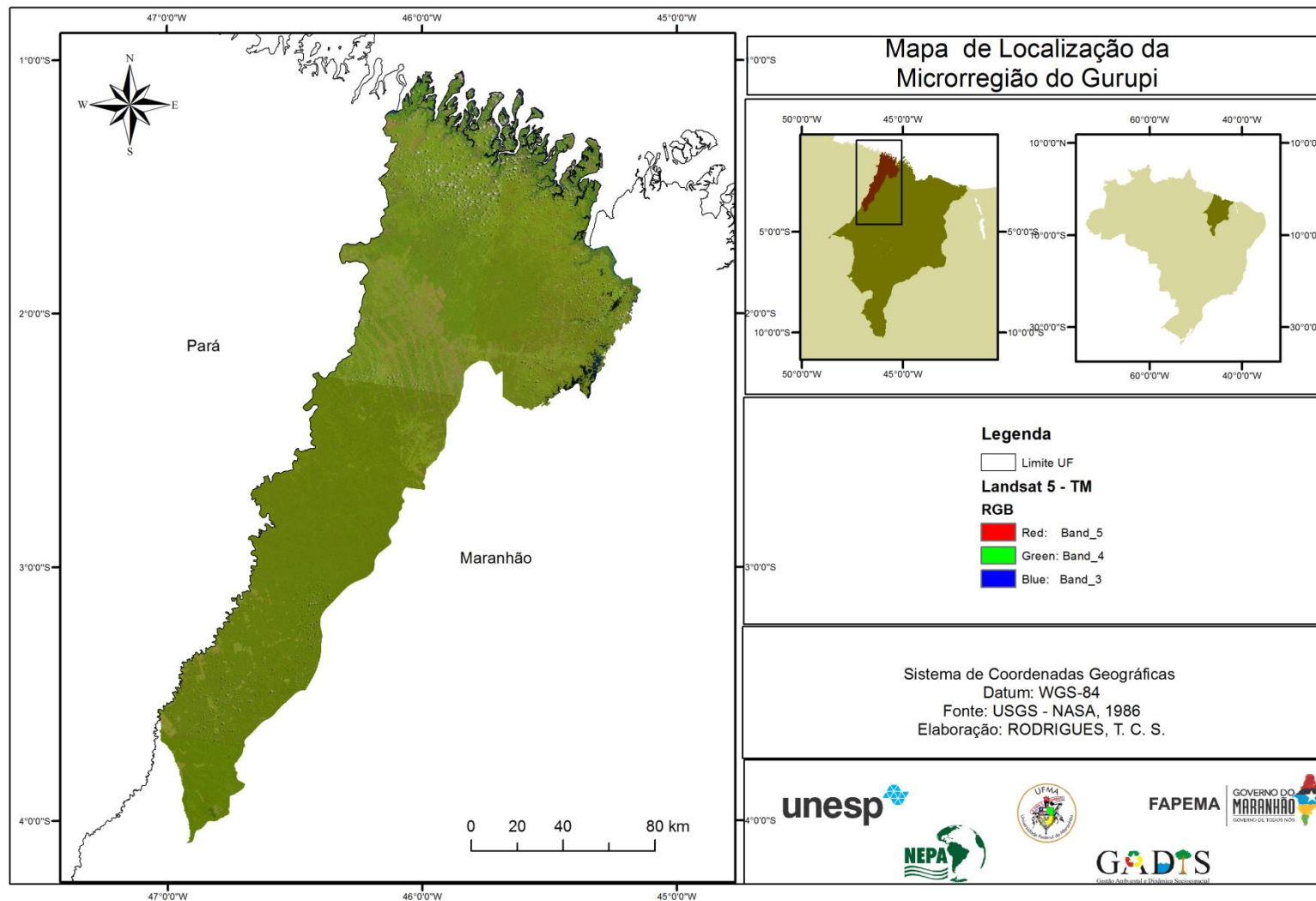
Em 1966, por meio da lei 5.173 de 27.10.66, houve a substituição da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA) pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), criada em 1966 pelo presidente Castelo Branco, com o objetivo de realizar o desenvolvimento da região Amazônica, gerando incentivos fiscais e facilitando financiamentos para atrair investidores à região.

Além da SUDAM, houve a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), criada pela Lei nº 3.692, de 15 de dezembro de 1959, do Congresso Nacional, promulgada pelo presidente Juscelino Kubitschek.

Esta pesquisa tem como área de estudo a Mesorregião Geográfica Oeste do estado do Maranhão (IBGE, 2013), especificamente na Microrregião do Gurupi, situada na Amazônia Legal brasileira em que se inserem os seguintes municípios: Amapá do Maranhão, Boa Vista do Gurupi, Cândido Mendes, Carutapera, Centro do Guilherme, Centro Novo do Maranhão, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Junco do Maranhão, Luís Domingues, Maracaçumé, Maranhãozinho, Turiaçu e Turilândia (Figura 11).

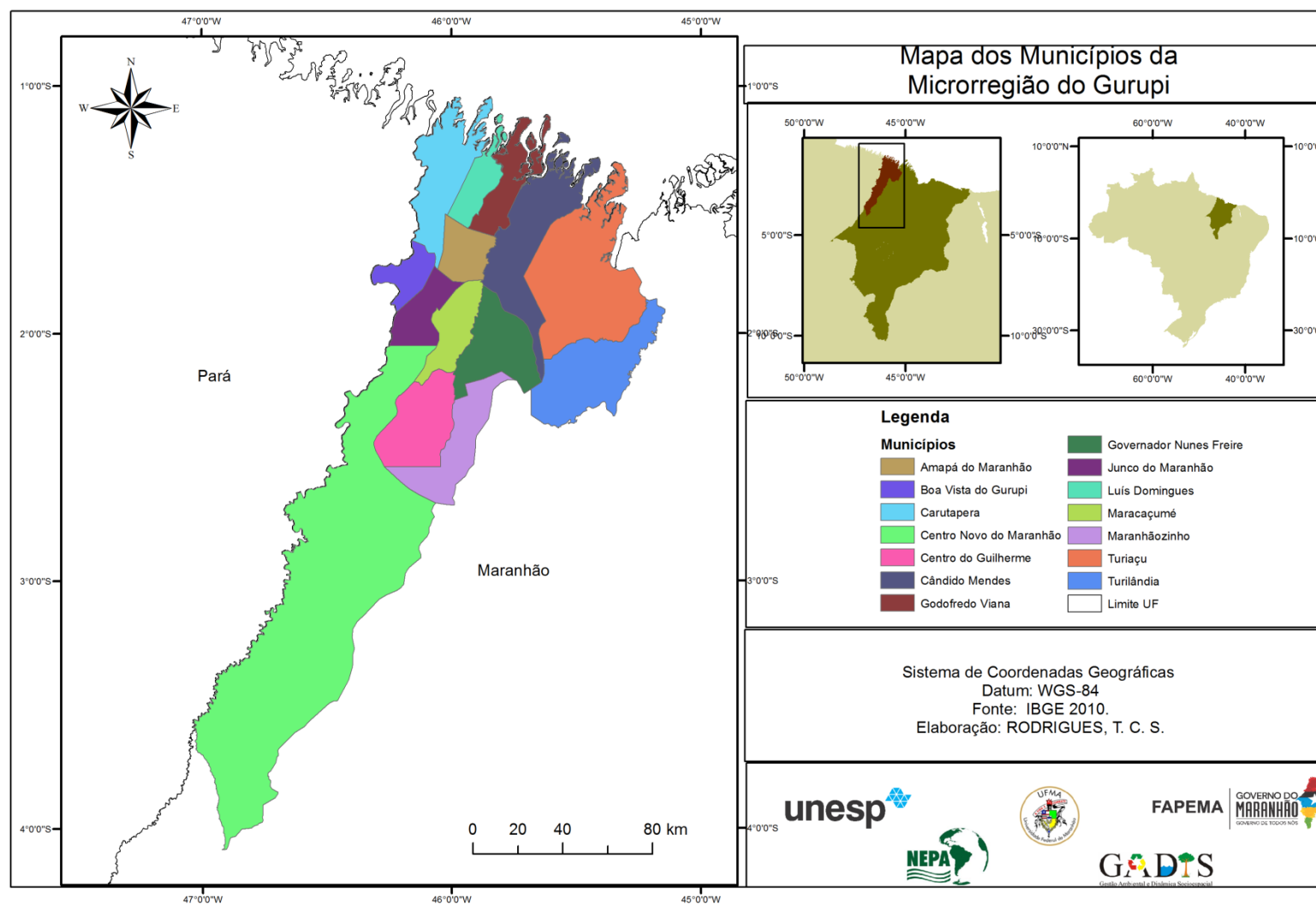
É uma importante área do ponto de vista ambiental e social, pois apresenta nascentes de rios, biomas de transição e a Reserva Biológica do Gurupi, constantemente modificada nas bordas (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Figura 10: Localização da área de estudo



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 11: Distribuição dos municípios inseridos na Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

2 FORMAÇÃO TERRITORIAL DA MICRORREGIÃO DO GURUPI

Este tópico abordará como ocorreu o processo da formação do Território da Microrregião do Gurupi, quais foram as principais formas de ocupações espontâneas e as formas de ocupações planejadas por meio de projetos de Colonização, empresas e governos federal e estadual.

2.1 A FORMAÇÃO TERRITORIAL DA MICRORREGIÃO DO GURUPI

Em relação ao restante do Brasil, a colonização do Maranhão processou-se tardiamente, porém sempre esteve presente nas preocupações expansionistas do Estado português. Segundo Cabral (2008), no decorrer do século XVI, os donatários da Capitania do Maranhão armaram várias frotas com o objetivo de dar início à ocupação de suas áreas sem muito sucesso. Todo o território ao norte do Brasil ficou exposto a outros povos europeus: franceses, ingleses e holandeses que passaram, com frequência, a explorar a área.

Enquanto os ingleses e holandeses preferiam áreas mais próximas ao Amazonas, os franceses incursionavam pelo litoral maranhense e, em 1612, com o propósito de permanência, iniciaram a fundação de uma colônia francesa - a França Equinocial - na ilha que denominaram de São Luís. Dessa forma, iniciou-se, efetivamente, pelos conquistadores franceses a ocupação do território maranhense (CABRAL, 2008).

A escolha de São Luís como sede da colônia francesa não ocorreu por acaso, uma vez que tinha uma posição estratégica que melhor servia aos propósitos da Coroa Francesa. Dentre as vantagens, destacaram-se: (a) ser localizada em uma ilha, o que dificultaria um confronto com os portugueses; (b) situar-se no centro de um golfo; e a (c) facilidade de se deslocar pelo mar, tanto para a Amazônia, a oeste, zona de extração de madeira, quanto para leste, área favorecida pela oportunidade de extração de salinas nos apicuns (TROVÃO, 2008).

A ocupação do espaço maranhense se desenvolveu por meio de três frentes de expansão que seguiram por áreas geográficas distintas e em tempos diferentes: a corrente do litoral, a dos criadores de gado ou pastoril e a dos migrantes da seca do nordeste.

Para Cabral (2008), as frentes de expansão, a litorânea, a pastoril e migrantes da seca encaminharam, de forma diferenciada, o povoamento e o aproveitamento econômico das terras maranhenses. Essas frentes marcaram profundamente o processo de colonização, condicionando a formação de agrupamentos sociais com particularidades próprias.

Porém a ocupação da área de estudo ocorreu por dois desses processos espontâneos de ocupação mencionados anteriormente. Além disso, três dos municípios inseridos na região, Carutapera, Candido Mendes e Turiaçu, participaram do projeto de

colonização do Alto Turi (PCAT), realizado no Noroeste do Estado do Maranhão, tendo sido um modelo experimental de assentamento rural planejado e desenvolvido pela SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) no início da década de 1960 (ARCANGELI, 1987).

2.2 OCUPAÇÃO PELA FRENTE LITORÂNEA

Assim como o Brasil, no Maranhão, o processo de colonização começou do litoral em direção ao interior do estado. A frente litorânea, formada por portugueses, seus descendentes e pelos índios domesticados, tinha como objetivo garantir a ocupação do espaço e teve como tarefa mais árdua vencer a resistência dos índios, donos da terra.

O confronto dos colonizadores com os Tupinambás que viviam na ilha do Maranhão e no litoral ocidental se deu de imediato, logo após a chegada dos portugueses, gerou violentos combates, causando grande dizimação desses grupos indígenas (CABRAL, 2008).

Para Trovão (2008), o litoral maranhense foi ocupado por meio de duas ramificações: via marítima e fluvial. Em direção à região oeste do estado (área de estudo da pesquisa) até a foz do rio Gurupi, a ocupação foi facilitada pelas reentrâncias, principalmente aquelas em que, na foz dos rios, foram fundados portos, por meio dos quais se exportavam produtos agrícolas cultivados mais para o interior do continente. Dessa primeira ocupação surgiram cidades antigas, como: Cururupu, Guimarães, Alcântara, Turiaçu e Carutapera. Posteriormente, a área desses municípios foi dividida, dando origem a outros.

A segunda ramificação acompanhou o litoral e a costa oriental, em que houve o desenvolvimento da pecuária e a exploração de salinas, permitindo a comunicação com o Ceará e Pernambuco.

Além das ocupações pelo litoral oeste e leste, o rio Itapecuru foi o mais cobiçado, tornando-se uma das grandes vias de penetração ao interior maranhense. Segundo Cabral (2008), as terras situadas em sua foz foram ocupadas ainda no Governo dos capitães-mores, 1615-1626, quando foram implantadas as primeiras unidades açucareiras e assentadas diversas famílias açoreanas.

É importante ressaltar que a frente religiosa, principalmente os jesuítas, que não chegaram a constituir uma frente de ocupação e tinham como missão a evangelização por meio da catequese, comportaram-se como complemento dessa frente. Segundo Trovão (2008), essa forma de ocupação só diminuiu no reinado de D. João I, com o cercamento do poder

temporário dos missionários sobre os aldeamentos indígenas e, logo após, com a expulsão dos jesuítas.

Neste primeiro momento, a Microrregião do Gurupi foi ocupada, inicialmente, pelas reentrâncias localizadas no norte da região, que facilitavam o deslocamento entre as áreas e a ocupação da foz dos rios principais da região, por meio da criação de portos e a exportação de produtos. Essa frente dedicou-se principalmente à pesca, à agricultura de mandioca e de cana de açúcar.

2.3 OCUPAÇÃO DOS MIGRANTES DA SECA

A outra corrente de ocupação que ocorreu no Estado de forma mais tardia foi a frente de ocupação dos migrantes da seca e dos expropriados do Nordeste. Essa corrente teve início na primeira década do século XX, de forma tímida, quando houve penetração dos nordestinos em busca de terras disponíveis para morar e cultivar, pois fugiam das secas e das dificuldades de absorção de mão de obra em seus estados (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

Os migrantes encontraram em terras maranhenses aquilo que não tinham em seus estados de origem: terras abundantes e devolutas, índice pluviométrico satisfatório para o desenvolvimento de atividades agrícolas e solo úmido, graças à abundante cobertura arbórea e à presença de rios abundantes na região (TROVÃO, 2008).

Essa corrente movimentou-se no sentido leste - oeste do Estado a partir de 1920 e foi uma importante frente de ocupação na Microrregião do Gurupi (oeste maranhense). Um dos fatores que levaram a essa ocupação foi a descoberta do ouro no Vale do Turiaçu, fato que acelerou a ocupação do vale, uma vez que a cobiça foi maior do que o medo do ataque dos índios. Devido à proximidade da ocupação dos vales dos rios, a frente nordestina, movida pela necessidade da agricultura itinerante, possibilitou dessa forma o avanço pela mata virgem da pré-Amazônia à Amazônia maranhense.

Ao passar dos anos, essa frente foi abrindo novas rotas de penetração. Um dos ramos seguiu em direção a Caxias, alcançando em 1920 o oeste de Codó. Em 1959, fundou o povoado que deu origem ao município de Bom Jardim; em 1960, atingiu Chapéu de Couro, atual município de Governador Newton Bello, e, em 1961, alcançou o posto do Alto Turi, às margens do rio Turiaçu, desviando-se, a partir daí, para o Vale do rio Gurupi.

A corrente de ocupação dos migrantes da seca, assim como a corrente litorânea, teve grande importância no processo de ocupação da Microrregião do Gurupi. Os migrantes vindos do nordeste conseguiram adentrar as áreas da floresta amazônica e desenvolver em

terras férteis diferentes tipos de atividade agrícola, principalmente na área norte da região e, dessa forma, começar o processo de ocupação dessa área.

2.4 OCUPAÇÃO PELO PROJETO DE COLONIZAÇÃO ALTO TURI

A colonização dirigida do projeto do Alto do Turi (PCAT), localizado no Noroeste do Estado do Maranhão, ocorreu entre as décadas de 1960 a 1980, tendo suas ações planejadas pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste).

Para Sousa (2016), as razões centrais que determinaram a colonização dos vales úmidos maranhenses foram, por um lado, a grave crise social que atingiu a população pobre do clima árido nordestino, arrasada pelos ciclos sazonais das secas e, por outro lado, a concentração da propriedade da terra nas mãos de uma pequena fração da burguesia latifundiária. Segundo o autor, em face dessa contradição, surgem as primeiras organizações camponesas de resistência, obrigando o Estado a intervir por meio da colonização dirigida.

Sousa (2016) ressalta que a porção oeste maranhense, por apresentar características físicas e humanas análogas à região amazônica e, ainda, sendo parte integrante da Amazônia oriental, teve papel fundamental nesse estágio de apropriação das terras por meio dos projetos de colonização. Os recursos naturais e sociais existentes nesta região deveriam ter aproveitamento racional e, devido a isso, pensou-se na necessidade da difusão de projetos de colonização planejados nesta região maranhense.

A política de colonização de terras desenvolvidas no estado do Maranhão contou com as intervenções diretas do governo federal por meio da atuação da SUDENE. Na condução destas ações, teve grande destaque a participação da Companhia de Colonização do Nordeste – COLONE, associada às estratégias desenvolvidas pelo GTDN (SOUSA, 2016).

Arcangeli (1987) afirma que, a partir de 1967, teve início, oficialmente, o planejamento físico da colonização dirigida no Alto Turi, com a demarcação dos núcleos circulares, cada um composto de cinquenta lotes com cinquenta hectares, reproduzindo os modelos de colonização de Israel. O número de famílias que se instalaram nesses lotes foi da ordem de 875 até o ano de 1972. As principais atividades desenvolvidas nesta área destinaram-se quase que exclusivamente à plantação de arroz.

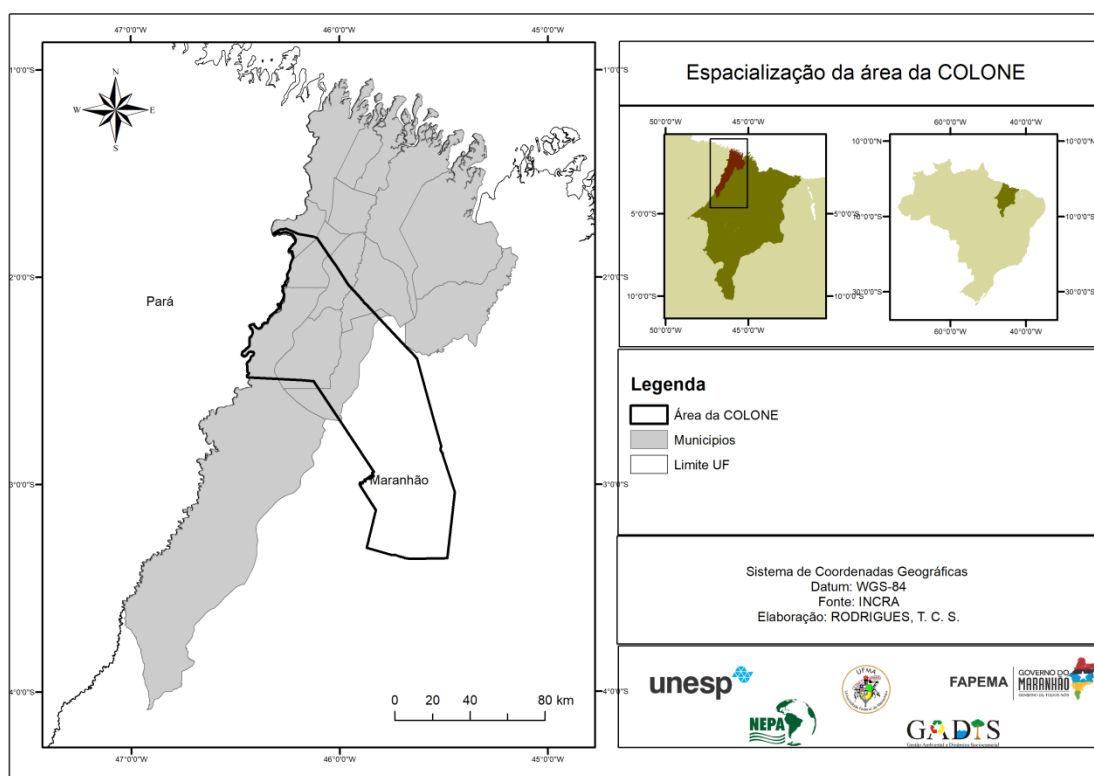
Vale ressaltar que, mesmo antes da colonização oficial nesta região, a população atraída de forma espontânea para o noroeste do Maranhão já era superior a 40.000 colonos (SOUSA, 2016). Esses colonos foram induzidos a ocuparem estas áreas, prioritariamente,

pelas propagandas difundidas pelo governo brasileiro que fomentou o povoamento desta região como um caminho indispensável ao seu desenvolvimento (SOUSA, 2016).

Rodrigues (2015) mostra que a área do PCAT foi dividida em 3 subáreas, a saber: (1) Denominada "área velha", ou área de Zé Doca; (2) Denominada "área nova", área de Olinda Nova ou Alto Turi; e a (3) Denominada "área de expansão".

A subárea 3 vai desde o rio Parauá ao sul até o rio Gurupi, nos limites com o estado do Pará. Dessa forma, engloba áreas de sete municípios inseridos na Microrregião do Gurupi, a saber: Boa Vista do Gurupi, Junco do Maranhão, Maracaçumé, Centro Novo do Maranhão, Centro do Guilherme, Governador Nunes Freire e Maranhãozinho (Figura 12)

Figura 12: Área de atuação da COLONE na microrregião do Gurupi



Fonte: dados da pesquisa

2.5 ATIVIDADES ECONÔMICAS

Inicialmente o Estado do Maranhão era um imenso espaço rural que tinha como única área urbana a cidade de São Luís. As atividades iniciais que se desenvolveram no Maranhão e formaram a base da sua economia estavam voltadas para a agricultura,

especialmente o cultivo da cana de açúcar utilizada na fabricação de açúcar e de aguardente (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

Já no século XVII, a economia maranhense ganhou maior destaque, passando a comercializar os seus produtos diretamente com a Europa. Houve maior entrada de escravos que serviram de mão de obra nas culturas do algodão e do arroz, atividades realizadas próximas aos grandes rios maranhenses.

No século XX, para Mesquita (2008), pode-se afirmar que o desenvolvimento econômico do Maranhão refletiu a ação do Estado brasileiro sob diferentes aspectos, em particular na política regional e setorial. A intervenção mais efetiva do Estado decorreu da necessidade de integrar os territórios econômicos ditos "atrasados" à dinâmica geral do capital vigente nas áreas "modernas", ou seja, integrar mercados entre diferentes parcelas do capital produtivo, sediado no sudeste do país. Para tanto foi criada a SUDENE com o objetivo de integrar o Nordeste com as regiões mais dinâmicas brasileiras e assim melhorar sua economia.

Atualmente, o estado do Maranhão apresenta todas as atividades que fazem a economia de um Estado, por mais que nem todas as atividades apresentem grande destaque dentro do cenário nacional, porém é na atividade primária que se encontra a maior parte de sua força de trabalho e, conseqüentemente, a maior produção de renda (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

O estado do Maranhão tem o perfil tradicional de um estado agrário em que a agricultura e a pecuária são desenvolvidas tanto de forma extensiva ou itinerante, principalmente por famílias e comunidades tradicionais, como de forma moderna e intensiva, que se desenvolve por modelos tecnológicos mais atuais. Essa última forma é bem mais presente no sul do Estado em que se tem a agricultura de exportação voltada à sojicultura.

A Microrregião do Gurupi, assim como o restante da Amazônia Legal brasileira e maranhense em sua totalidade, apresenta diferentes formas de atividade econômica, porém as atividades de agricultura, pecuária e mineração têm assumido importância decisiva nas mudanças do uso da terra da região que, em conjunto com a extração de madeira, principalmente para exportação, representam a base da dinâmica da paisagem amazônica (ARAÚJO et al., 2011).

Segundo Araújo et al. (2011), em relação à atividade pecuária, observa-se, por meio do rebanho bovino, que a Amazônia, em 2003, representa cerca de 1/3 do rebanho nacional. Nesse ano, o estado do Mato Grosso representa 38,4% e, juntamente com o estado do Pará, foram responsáveis por 59,3% do rebanho na Amazônia. O Maranhão, em 2003,

possuía 5.514.000 (8,6%) de cabeças de gado, aparecendo como o quinto maior rebanho na Amazônia, crescendo no período 41,4%. O rebanho bovino brasileiro, durante o período de 1990 a 2003, alcançou um crescimento de 32,9%, com média de 2,5% ao ano. A Amazônia, para o mesmo período, atingiu o crescimento de 144,0% (ou seja, 11,1% ao ano), sendo, portanto, 4,4 vezes superior ao valor nacional. Na região do Gurupi, as áreas que apresentam maior atividade pecuarista correspondem ao centro e ao norte da região, área que coincide com áreas de vegetação secundária e pastagens.

Outra atividade econômica praticada na região é a pequena agricultura e a agricultura familiar, voltadas ao mercado do próprio Estado. Segundo Araújo (2011), os produtos relacionados à pequena agricultura (arroz, milho, feijão e mandioca), em média, representaram 20% da produção do estado, sendo o feijão o que apresentou menor valor (13,4%) e a mandioca o maior valor de participação (28,6%).

Além dessas atividades, cabe destacar que há nessa região a atividade de extração de madeira por empresas legais, o que gera outro problema: a extração ilegal. Dentro da produção legal de madeira em tora, 44,5% da produção do estado são originados desta região e ainda o grande percentual (40,8%) do carvão vegetal é retirado dessa área (Tabela 4).

Diferente de outras regiões do Estado, a extração do babaçu não é realizada em grande intensidade, pois a palmeira encontra-se bem abaixo da média estadual pelo fato de a região não apresentar as melhores características para o desenvolvimento dessa espécie vegetal.

Tabela 4: Principais produtos agropecuários e extrativistas do estado do Maranhão e da região da Amazônia maranhense (2004).

Situação	Bovinos(cabeças)	Arroz(ton)	Feijão(ton)	Mandioca(ton)
Amazônia - MA	1.753.661	114.426	4.680	382.855
Maranhão	6.448.948	733.484	34.926	1.339.992
%	27,2	15,6	13,4	28,6
Situação	Milho(ton)	Carvão Vegetal(m³)	Madeira em tora (m³)	Babaçu amêndoas(m³)
Amazônia - MA	95.672	175.792	337.352	21.824
Maranhão	408.853	430.652	150.246	109.982
%	23,4	40,8	44,5	19,8

Fonte: Adaptado de Araújo (2011)

CAPÍTULO 04

O GEOCOMPLEXO DA MICRORREGIÃO DO GURUPI



1 O GEOCOMPLEXO DA MICRORREGIÃO DO GURUPI

Neste tópico serão apresentadas as características geoambientais da Microrregião que atuam na composição do geocomplexo a partir dos aspectos relacionados à caracterização geológica, do relevo, clima, drenagem, solos e vegetação.

Para a realização do levantamento das características físicas da região, utilizou-se o projeto RADAM Brasil como base principal (BRASIL, 1973; COLARES; ARAÚJO 1990; PASTANA, 2001), tendo realizado o levantamento de dados sobre geologia, solos, vegetação, relevo, uso da terra e cartografia nas décadas de 1970 e 1980. Atualmente é considerado o maior projeto de conhecimento da cobertura de recursos naturais do território brasileiro, efetuado com imagens obtidas por radar aerotransportado (embarcado em aeronave).

A região estudada é coberta pelas Folhas: Pinheiro SA-23-Y-B, Turiaçu SA-23-Y, Santa Inês SA-23-Y-D, Paragominas SA-23-Y-C e Rio Capim SA-23-Y-A, esta última cobrindo uma área bem pequena da região. Além do projeto, foram utilizadas obras e coletâneas de estudiosos que se dedicaram ao levantamento de dados locais, tais como: Maranhão (2002), Feitosa e Trovão (2006) e Colares e Araújo (1990).

1.1 EMBASAMENTO GEOLÓGICO

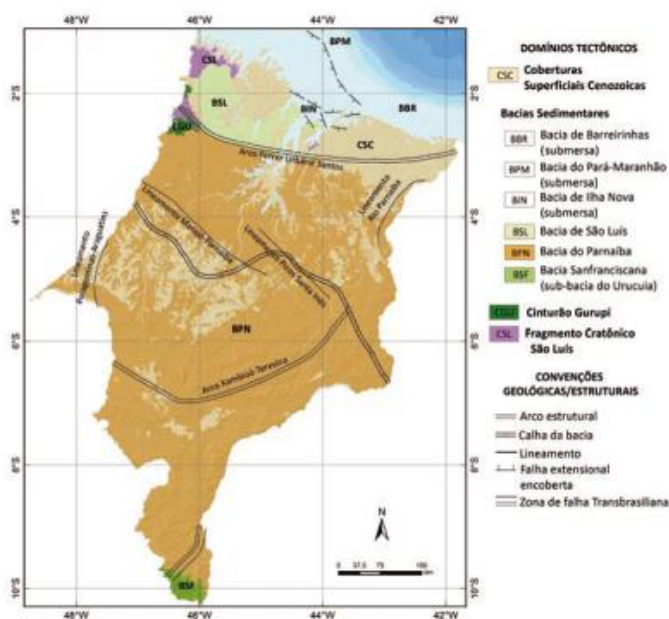
O estado do Maranhão apresenta uma estrutura geológica predominantemente sedimentar. A gênese está ligada às transgressões e regressões marinhas, combinadas com movimentos subsidentes e arqueamentos ocorridos do início do Paleozoico ao fim do Mesozoico. Em decorrência dos movimentos negativos, ocorreu a deposição de sedimentos marinhos, como acúmulo de arenitos, folhelhos e calcários, enquanto, durante os movimentos epirogênicos positivos, foram depositados basaltos de origem continental (MARANHÃO, 2002).

O arcabouço geológico da Microrregião do Gurupi, área estudada na pesquisa, tem predominância das formações Itapecuru do período Cretáceo, apresentando arenitos finos, silticos, amarelo acinzentado, calcífero com restos de plantas e intercalações de folhelhos (FEITOSA; TROVÃO, 2006). Segundo Brasil (1973), essa formação abrange quase a totalidade das folhas de Paragominas, Santa Inês, Pinheiro, Turiaçu e a parte leste da folha do

Rio Capim. Nessas folhas localizam-se a cidade de Cururupu, parte dos vales dos rios Gurupi, Pindaré, Turiaçu e Maracaçumé (BRASIL, 1973).

Essa região apresenta também rochas do Pré-Cambriano que afloram na porção noroeste do estado e em um pequeno depósito granítico situado nas bordas do município de Rosário. Esses conjuntos de rochas estão associados a duas unidades geotectônicas - Cráton São Luís e Cinturão Gurupi (Figura 13) - que englobam rochas das eras Paleoproterozoica e Mesoneoproterozoica (COLARES; ARAÚJO 1990; PASTANA, 2001).

Figura 13: Domínios tectônicos do estado do Maranhão



Fonte: Klein e Sousa (2012)

O cinturão do Gurupi é uma faixa estreita e alongada localizada na borda sul-sudeste do Cráton São Luís, caracterizada por um conjunto de rochas metamórficas e ígneas, formadas a partir da colisão de duas placas tectônicas pretéritas, sendo composta de fragmentos retrabalhados do Cráton São Luís e de porções do embasamento sobre o qual as rochas do cinturão se desenvolveram, tendo como formações geológicas: Complexo Itapeva, Formação Chega Tudo, Formação Igarapé de Areia, Granito Maria Suprema, Granito Moça, Grupo Gurupi (Formação Jaritequara), Formação Marajupema, Anfíbolito Cocal e Formação Piriá (BANDEIRA, 2013).

O Cráton São Luís apresenta rochas ígneas e metamórficas do Paleoproterozoico diferenciadas em Grupo Aurizona, Granófiro Piaba, Suíte Intrusiva Tromai, Suíte Intrusiva

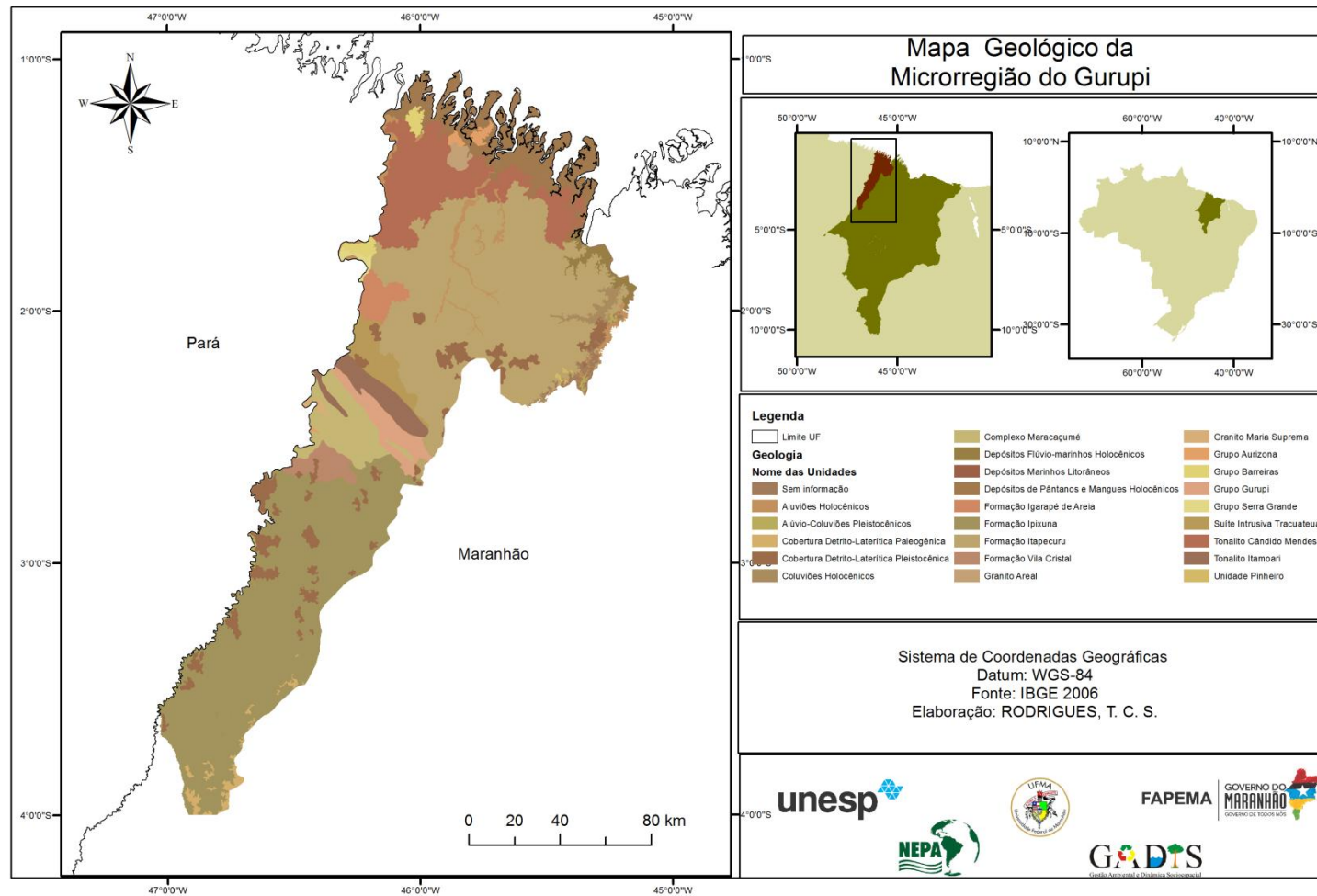
Paleoproterozoica Rosário, Unidade Vulcânica Serra do Jacaré, Formação Rio Diamante, Granito Negra Velha e Unidade Vulcânica Rosilha.

Além das unidades consequentes dessas duas regiões geotectônicas, a região do Gurupi apresenta outras formações distribuídas ao sul do cinturão do Gurupi, a Ipixuna, que apresenta conglomerados, arenitos e pelitos depositados em sistema de rios meandrantess. E a formação Itapecuru com grande predominância na área norte da região, composta por variados tipos de rocha, como arenitos, argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em vários ambientes. Mais ao norte da região, encontram-se formações, tais como: Tonalito Cândido Mendes, Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos, Grupo Barreiras, Granito Areal e Grupo Aurizona (Figura 14).

Em função das formações mais antigas localizadas na parte central da região, há a prática da atividade de mineração, uma das mais antigas no território maranhense com a extração principal do ouro em áreas de garimpo, conhecido como ouro de aluvião, encontrado nos vales dos rios Gurupi, Maracaçumé e Turiaçu. Para Brasil (1973), o ouro é encontrado nos veios de quartzo que cortam os sedimentos metamórficos do Grupo Gurupi e rochas pré-cambrianas. Exemplos dos maiores garimpos antigamente explorados, podemos citar: Montes Áureos, Macacos, Alegre, Mongerona, Turiaçu e Aurizona.

Segundo Feitosa e Trovão (2006), atualmente, os garimpeiros empregam motores de porte médio para movimentar as massas rochosas e usam o mercúrio para decantar o minério, assunto que será discutido com mais detalhe no tópico sobre atividades socioeconômicas e impactos ambientais gerados na área de estudo.

Figura 14: Unidades geológicas da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da Pesquisa

1.2 GEOMORFOLOGIA

Ab'Saber (1960) indica que raramente a topografia maranhense ultrapassa 700 metros e caracteriza-se por uma zona de transição do semiárido nordestino ao úmido e super-úmido amazônico, o que torna as características fisiográficas locais distintas em cada região. As formas de relevo alteram-se lentamente a partir dos limites da planície maranhense, em direção ocidental, quando se verifica, progressivamente, a passagem de uma superfície pediplanizada que acompanha o vale dos principais cursos d'água para uma superfície ondulada, correspondente à área de exposição da Formação Itapecuru, fortemente dissecada pelos cursos de água, principalmente pelos rios Pindaré, Caru, Zutiua e Turiaçu (PASTANA, 2001).

A classificação do relevo maranhense apresenta diferentes discriminações. Barbosa e Pinto (1973), baseados no RADAM, discriminaram as seguintes unidades de relevo para o norte do Brasil, abrangendo o território maranhense: Planalto da Bacia Sedimentar, Planalto Setentrional Pará-Maranhão, Pediplano Central do Maranhão, Superfície Sublitorânea de Bacabal, Superfície Sublitorânea de Barreirinhas e Planície Fluviomarinha do Golfão Maranhense.

Já o IBGE, em 1984, classificou as unidades geomorfológicas no território maranhense em: Chapadões, Chapadas e Cuestas, Superfícies Maranhenses com Testemunhos, Golfão Maranhense, Lençóis Maranhenses e Litoral de Rias. Nessa classificação, a microrregião do Gurupi apresenta ao norte o Litoral de Rias e, no restante do território, evidencia-se o domínio de Superfícies Maranhenses com testemunhos, na qual apresenta maiores altitudes e possui, em seus limites territoriais, as cabeceiras dos principais rios dessa região.

Para Feitosa e Trovão (2006), o Maranhão apresenta duas formas de relevo: planície, planalto, além das depressões. Os autores supracitados destacam que a planície ocupa a extensão norte do Estado equivalendo a 60% do território maranhense. Divide-se em quatro ambientes com morfoesculturas diferenciadas em função dos processos geomorfológicos, a saber: Planície Sublitorânea, Planície Litorânea, Planície Costeira e Planície Fluvial. Já o Planalto abrange as áreas mais elevadas do centro-sul do Estado, com altitudes entre 200 e 800 metros, correspondendo a cerca de 40% do território estadual, subdividindo-se em: Pediplano Central, Planalto Oriental, Planalto Ocidental, Depressão do Balsas e Planalto Meridional.

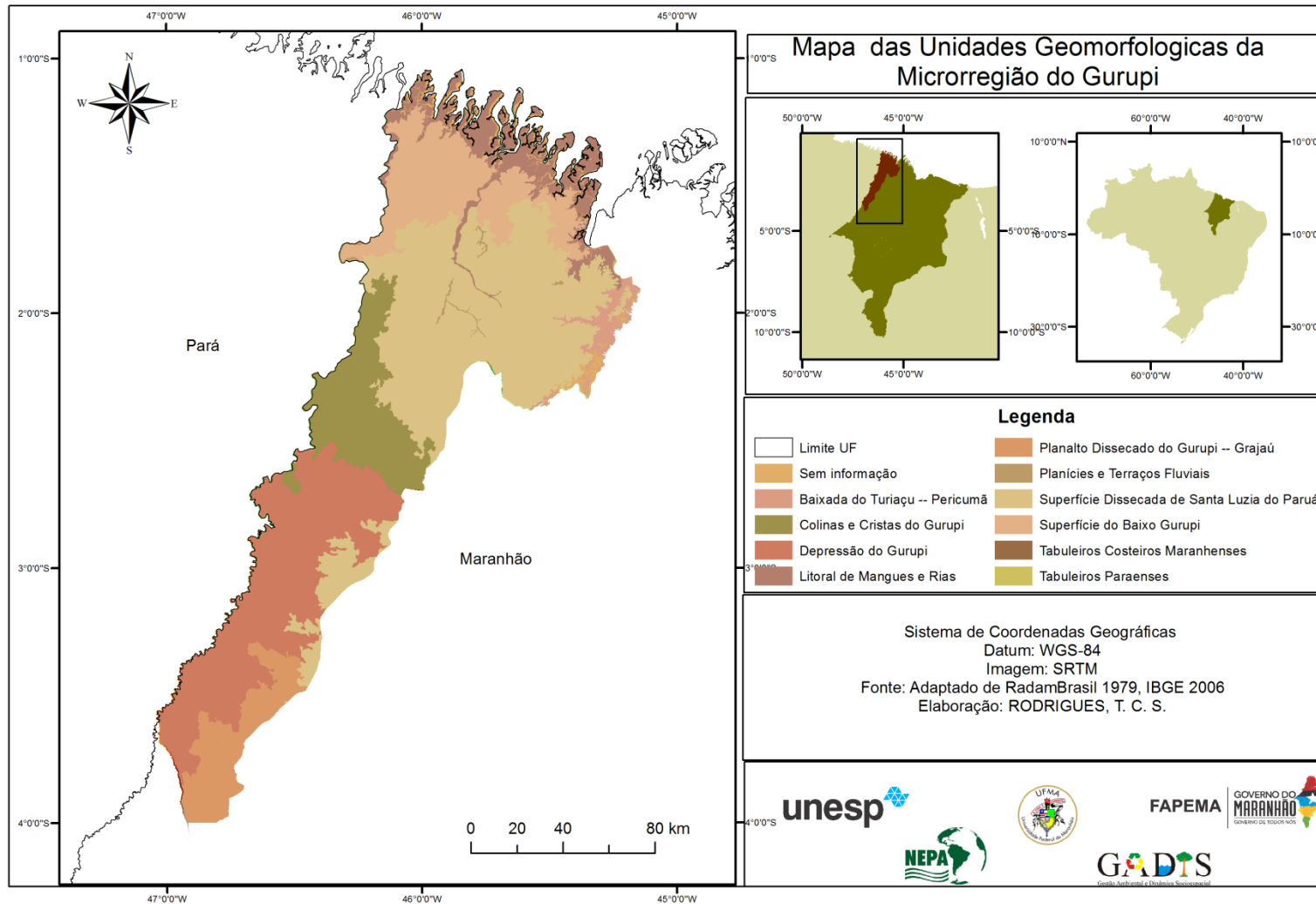
A partir dessa classificação, a Microrregião do Gurupi apresenta ao norte uma Planície Costeira, Planície Fluvial ao longo de rios e ao sul o Planalto Ocidental, sendo o último associado a um conjunto de morfoesculturas do oeste maranhense com altitudes máximas em torno de 350 m e lineamento nordeste-sudeste, onde predominam as serras do Gurupi, Tiracambu e Desordem (FEITOSA; TROVÃO, 2006).

Na mais recente classificação realizada pelo IBGE, em 2011, como uma atualização do que foi gerado pelo projeto Radam Brasil realizado em 1973, a Microrregião do Gurupi apresenta as seguintes Unidades Geomorfológicas a serem utilizadas no andamento desta pesquisa, a saber: Baixada Turiaçu-Pericumã, Colinas e Cristas do Gurupi, Depressão do Gurupi, Litoral de Mangues e Rias, Planaltos Dissecados do Gurupi-Grajaú, Planícies e Terraços Fluviais, Superfícies Dissecadas de Santa Luzia do Paruá, Superfícies do Baixo do Gurupi, Tabuleiros Costeiros Maranhenses e Tabuleiros Paraenses (Figura 15).

O mapa Hipsométrico da área (gerado por meio de imagens SRTM) - uma técnica de representação da elevação de um terreno por meio de cores - mostra que a altitude varia entre 0 e 329 (Figura 16). As áreas mais aplainadas ficam localizadas na parte norte da região, enquanto as áreas mais elevadas estão localizadas no centro-sul da região. Neste setor, está localizada a nascente do Rio Maracaçumé, um dos principais da área, e os principais afluentes do Rio Gurupi, que faz divisa do Maranhão com o Pará. Por meio desse mapa, pode-se perceber que a região estudada, em sua maior área, apresenta baixas elevações, principalmente na região norte, o que possibilita ainda mais a prática da pecuária e a agricultura nessa área.

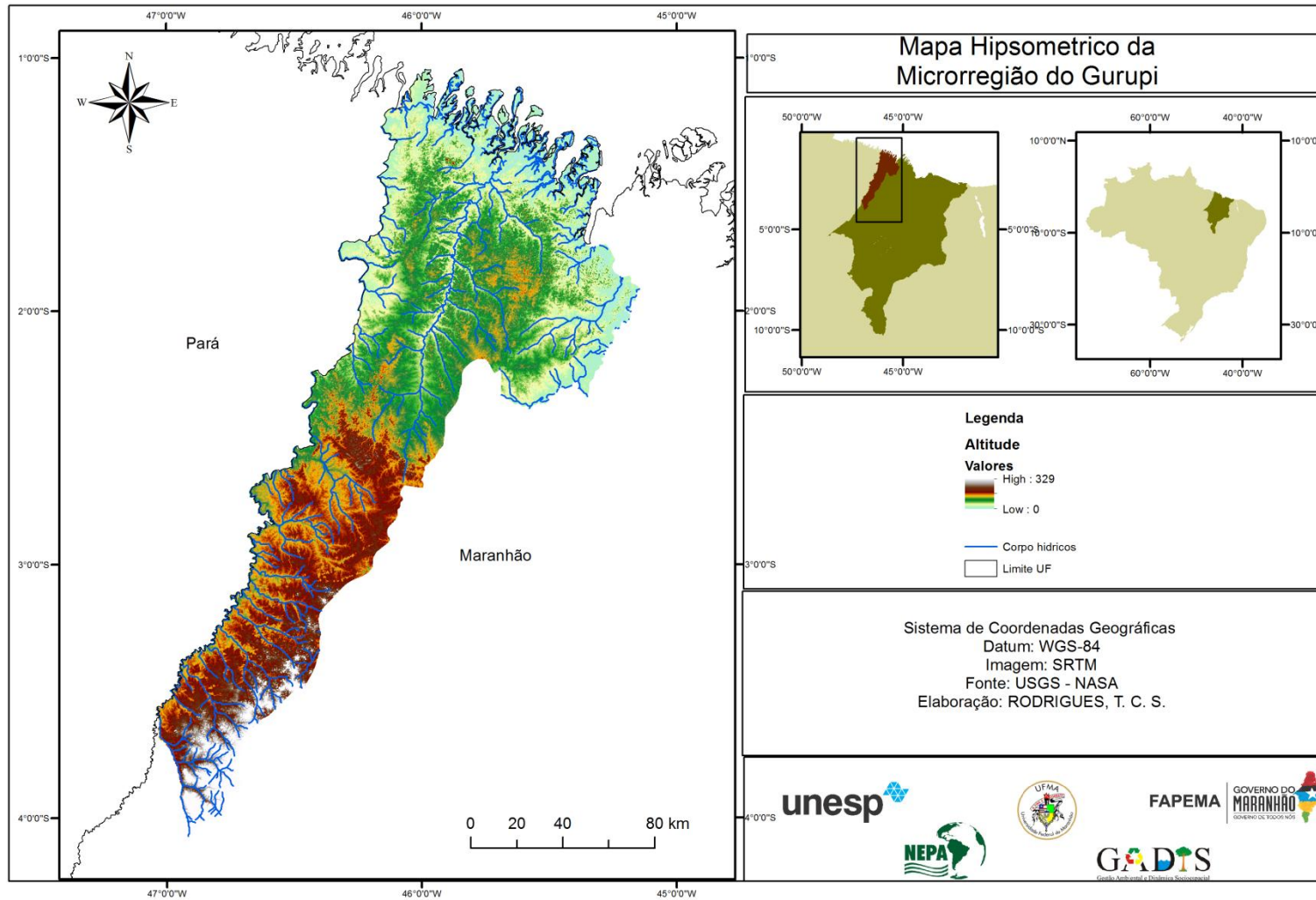
Já com o mapa de declividade da região (Figura 17), extraído das imagens *SRTM*, pode-se perceber que a região não apresenta setores com grandes inclinações. As áreas mais inclinadas ficam localizadas ao sudeste e nas proximidades de rios. Quanto mais inclinada uma vertente, maiores são os riscos de processos erosivos se acentuarem. Cabe destacar que, para analisar a vulnerabilidade a processos erosivos, verifica-se a necessidade de outros dados além da declividade da área a ser considerada (item a ser discutido posteriormente). Portanto os dados de declividades foram utilizados para a geração do mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo, uma vez que o grau e o ângulo de inclinação são também fatores importantes para indicar se a vertente é vulnerável ou não a processos erosivos.

Figura 15: Unidades Geomorfológicas da Microrregião do Gurupi



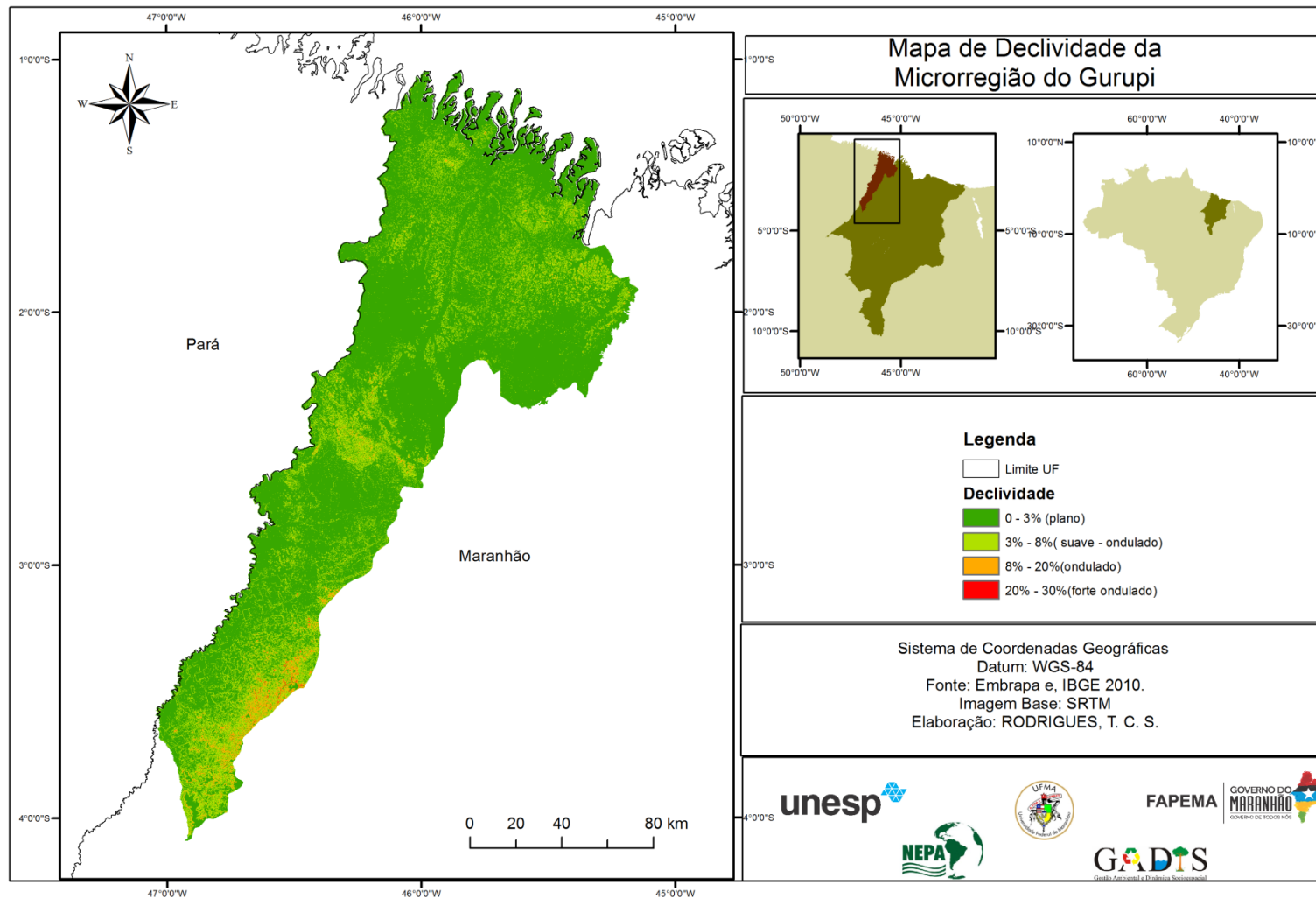
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 16: Mapa hipsométrico da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 17: Mapa de declividade da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

1.3 PEDOLOGIA

Segundo Feitosa e Trovão (2006), as características da litologia sedimentar dominante no estado do Maranhão condicionam a formação numerosa dos tipos de solos, sendo possível a identificação de 19 tipos, dentre os quais se destacam sete grupos mais representativos, que ocupam 90,2% da superfície do estado:

- ✓ Latossolo Amarelo;
- ✓ Plintossolo Argilúvico;
- ✓ Argissolo Vermelho-Amarelo;
- ✓ Argissolo Vermelho-Amarelo petroplântico;
- ✓ Neossolos Quartzarênicos;
- ✓ Neossolos Litólicos;
- ✓ Luvisolo Crômico;

O solo mais representativo no estado corresponde ao grupo Latossolos, com variedades Amarelo, Vermelho Escuro e Roxo, totalizando 35% do território maranhense. Para Carvalho Filho (2011), os Latossolos Amarelos são os solos de maior relevância, ocupando cerca de 112.404,48 km² de extensão. Destaca-se a ocorrência desse tipo de solo no cerrado maranhense, principalmente na região centro-sul onde se tem verificado constante avanço da monocultura da soja, além do cultivo de milho, feijão, mandioca e pastagem plantada.

A Microrregião do Gurupi possui em seu território nove tipos de solo, a saber: Plintossolo Pétrico Concrecionário, Plintossolo Argilúvico Distrófico, Gleissolo Tiomórfico Órtico, Gleissolo Háplico Distrófico, Gleissolo Háplico Eutrófico, Latossolo Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico e Neossolo Flúvico Eutrófico.

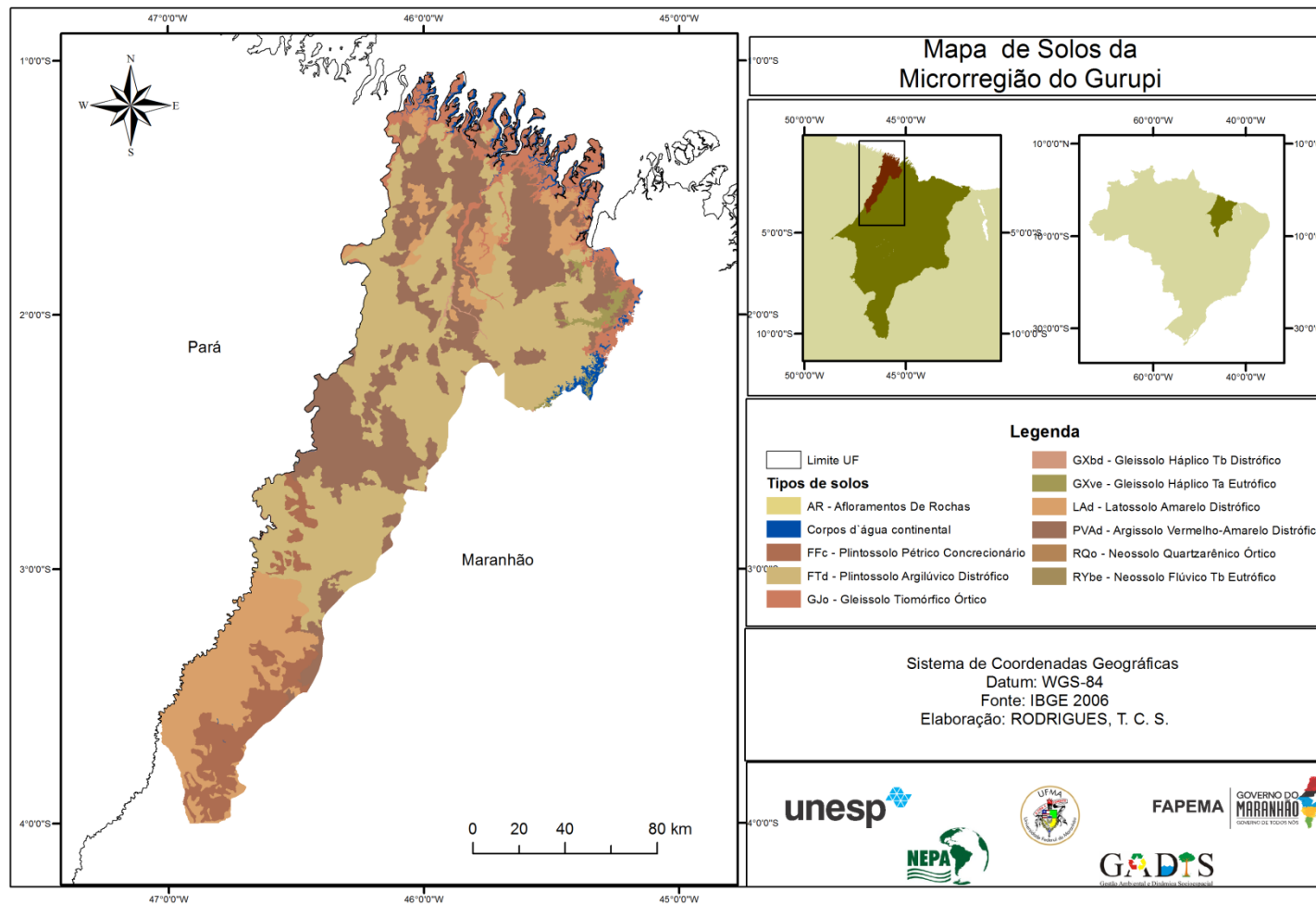
Os tipos de solo mais presentes na região são: Plintossolo Argilúvico Distrófico, sendo encontrados principalmente em áreas de relevo suavemente ondulado e se caracterizam com horizonte ou camada de acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial. Apresentam drenagem variável, podendo ocorrer excesso temporário de água até excesso prolongado de água durante o ano, sendo solos arenosos e localizados na maior parte da região estudada. (EMBRAPA, 2013).

Outro grupo bastante abundante na região são os Latossolos Amarelos, solos bem desenvolvidos de profundidade elevada e horizonte B latossólico (EMBRAPA, 2013). Apresentam boas condições físicas de retenção de umidade e boa permeabilidade. Ocorre em áreas com relevo plano ou suavemente ondulado, favorece a mecanização agrícola, o que gera limitantes ao seu uso como a compactação deste solo. Na área amazônica, essas áreas normalmente são utilizadas para a atividade de pastagem (BRASIL, 1973).

Segundo Brasil (1973), dependendo da cota e situação topográfica e do material de origem do local em que se encontram, os latossolos amarelos podem apresentar variação de textura e ser constituídos por sedimentos arenosos, argilo-arenosos e argilosos.

O terceiro tipo de solo mais encontrado na região é o Argissolo Vermelho, que apresenta essa tonalidade devido a teores mais altos dos óxidos de ferro presentes no material originário. São solos minerais com textura média e argilosa, originados de materiais de formações geológicas sedimentares ou de outras coberturas argilo-arenosas, assentadas sobre as formações geológicas (EMBRAPA, 2016), em ambientes bem drenados. Apresenta fertilidade natural muito variável devido à diversidade de materiais de origem (Figura 18).

Figura 18: Mapa da distribuição dos solos na Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

1.4 HIDROGRAFIA

A localização do estado do Maranhão, a oeste a Floresta Amazônica, ao norte o Oceano Atlântico, favorece uma elevada condição hidrológica, diferente dos outros estados da região Nordeste. Isso se relaciona principalmente às condições climáticas que favorecem alto índice pluviométrico, em associação às condições pedogeomorfológicas.

Para Feitosa e Almeida (2002), o Maranhão é um dos estados brasileiros mais ricos em condições hidrológicas, com presença de bacias hidrográficas de grandes dimensões, rios permanentes que mantêm expressivo volume de água durante todo o ano.

O território brasileiro está dividido em doze regiões hidrográficas, de acordo com a Resolução nº 32, de 25 de junho de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2011). No contexto dessa resolução, o estado do Maranhão insere-se em três dessas regiões: Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba e Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia, e se subdividem em treze bacias e dois sistemas hidrográficos. Cabe destacar que estes dois sistemas e nove bacias são de domínio exclusivo do Maranhão, enquanto quatro bacias são de domínio federal (BANDEIRA, 2013). Além disso, Maranhão (2002) ainda as classifica em Bacias Limítrofes e Bacias Genuinamente Maranhenses.

A Microrregião do Gurupi tem seu território agregado em três grandes bacias hidrográficas: Bacia do Gurupi, Bacia do Rio Maracaçumé e Bacia do Rio Turiaçu. O rio Gurupi é um rio de âmbito federal que fica entre as divisas do estado do Maranhão com o Pará; formado pela união dos rios Açailândia e Itinga (BANDEIRA, 2013). O primeiro, provindo da região norte de Alfredo Lisboa, na serra do Gurupi, tem como principal afluente o rio Pequiá. A serra do Tiracambu constitui-se no principal divisor de águas da bacia do rio Gurupi, estabelecendo o limite com as bacias de Maracaçumé, Pindaré e Turiaçu, sendo responsável pelos maiores afluentes maranhenses.

A bacia hidrográfica do rio Turiaçu possui, em seus limites territoriais, dezesseis municípios. Desses, oito possuem suas sedes localizadas no interior da região e apenas dois municípios estão totalmente inseridos na bacia. As principais atividades econômicas desenvolvidas são a pesca, a agricultura de subsistência, a pecuária e a atividade salineira. Segundo os autores, essas atividades geram problemas ao ambiente da região, tais como o acúmulo de resíduos sólidos e os esgotos expostos nas ruas (MARANHÃO, 2002).

Já a bacia do rio Maracaçumé encontra-se circundada pelas bacias do Gurupi e Turiaçu, com uma área de 7.382 km² que perfaz um percurso de 150 km (MARANHÃO, 2002). Os usos mais comuns são a pecuária e abastecimento urbano. Apresenta problemas ambientais assim como as outras bacias, além do desmatamento, queimadas (recorrente em toda a região do Gurupi) e assoreamento dos seus rios (MARANHÃO, 2002).

As imagens a seguir representam os dois maiores e mais importantes rios da região, o Maracaçumé e o Gurupi que, apesar dos problemas ambientais nítidos e relatados pela população local, ainda representam importante papel na economia e na vida das comunidades locais (Figura 19 e 20).

Figura 19: O rio Maracaçumé com seus problemas aparentes de desmatamento da mata ciliar (A - esquerda) e o rio Gurupi que serve, além das outras atividades econômicas, como deslocamento aos moradores (B - direita).

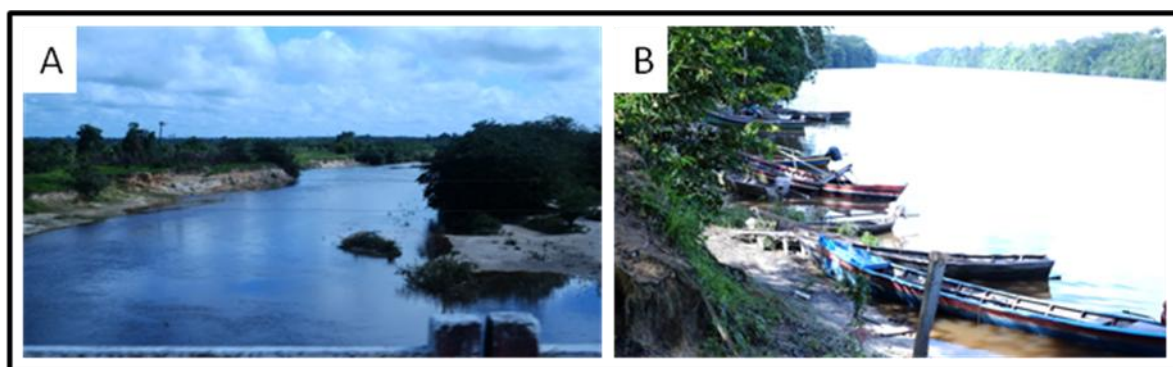
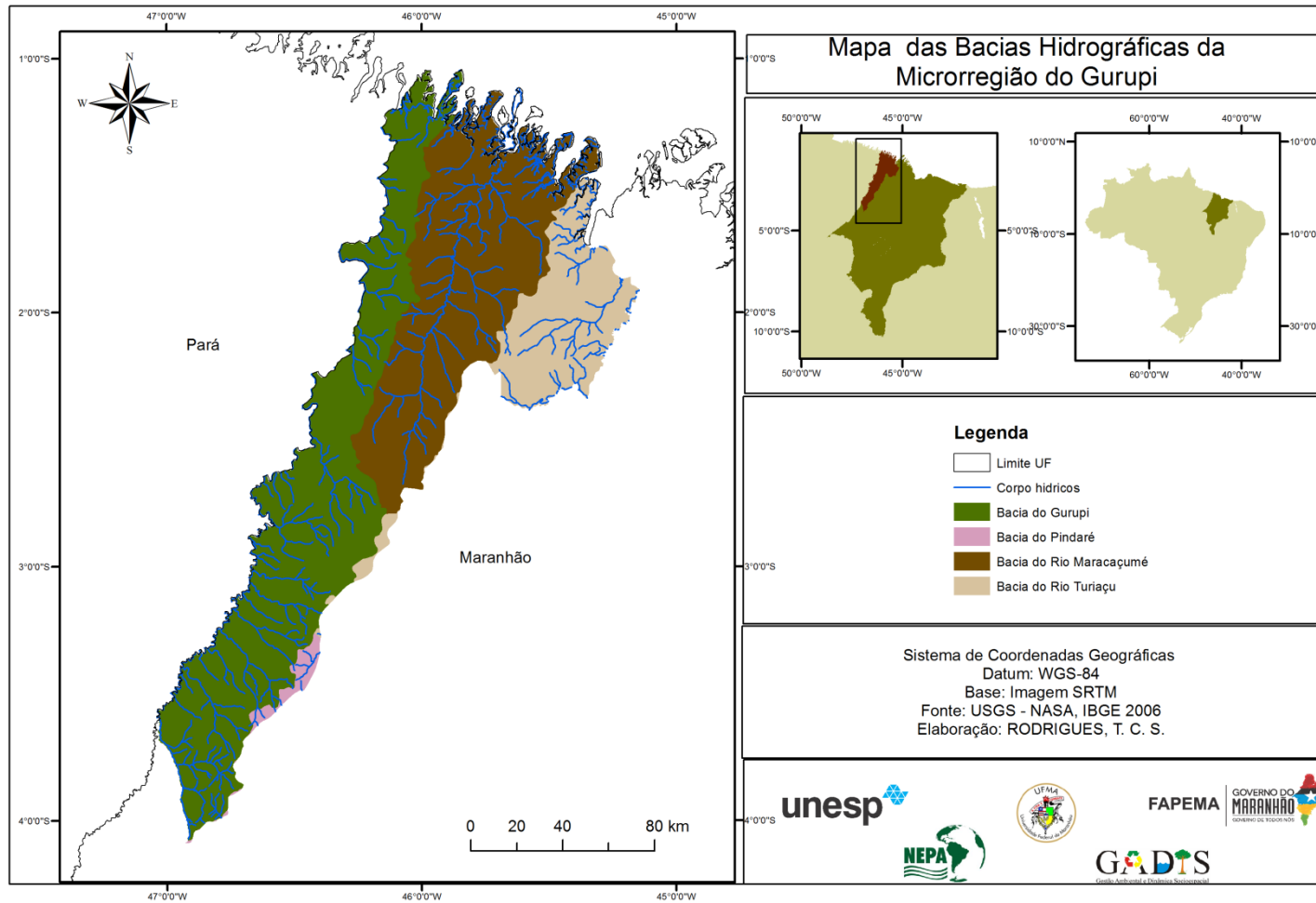


Figura 20: Mapa das Bacias Hidrográficas da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

1.5 CLIMA

O estado do Maranhão possui altos índices de radiação solar o ano inteiro, o que reflete suas altas temperaturas. No geral, as temperaturas são mais elevadas no Estado no segundo semestre do ano, quando grande parte das regiões ainda encontra-se na época seca ou período de estiagem. No primeiro semestre, há o predomínio de chuvas em quase todo o Estado, o que contribui para amenizar a temperatura do ar (MARANHÃO, 2002).

Para Maranhão (2002), a região norte do Estado, que se localiza mais próxima à linha do Equador, não apresenta valores de temperatura tão elevados quanto o sul do Estado. Isso ocorre devido à proximidade da região com o Oceano Atlântico, o qual contribui de forma significativa para o aumento da umidade do ar e, conseqüentemente, com a amenização dos efeitos da radiação solar intensa na área.

Na região Norte a temperatura média anual é de 26,1°C. No período chuvoso, as temperaturas são mais amenas devido à grande cobertura de nuvens que reduz a chegada da radiação solar na superfície, além das frequentes chuvas que ocorrem. Já nos meses de setembro a dezembro, predomina a estação seca, quando há ocorrência de céu claro, o que contribui para a maior incidência de radiação solar na superfície terrestre, resultando em temperaturas mais elevadas, em média 31,5° C. A região leste apresenta o mesmo padrão, porém com maiores médias de temperatura durante o ano, em média superando os 35° C nos meses de estiagem.

A região sul do Estado apresenta temperaturas mais elevadas, superando os 35°C durante os meses de junho a setembro, coincidindo com a época mais seca do ano. Por outro lado, a região apresenta as maiores amplitudes térmicas do Estado, devido às maiores altitudes nessa área e um relevo de chapadões. À noite as temperaturas caem com mais facilidade do que em outras regiões.

A região oeste, onde está inserida a Microrregião do Gurupi, apresenta uma vegetação típica de floresta amazônica, exercendo influência na temperatura do ar. Para Maranhão (2002), os efeitos da vegetação na temperatura do ambiente demonstram que, nos locais com maior cobertura de vegetação, as temperaturas são mais amenas e apresentam maiores taxas de umidades que nos locais pouco arborizados.

Em relação aos dados pluviométricos, devido à localização e à grande extensão do território maranhense e por ser uma área de transição entre as regiões amazônicas (úmida e

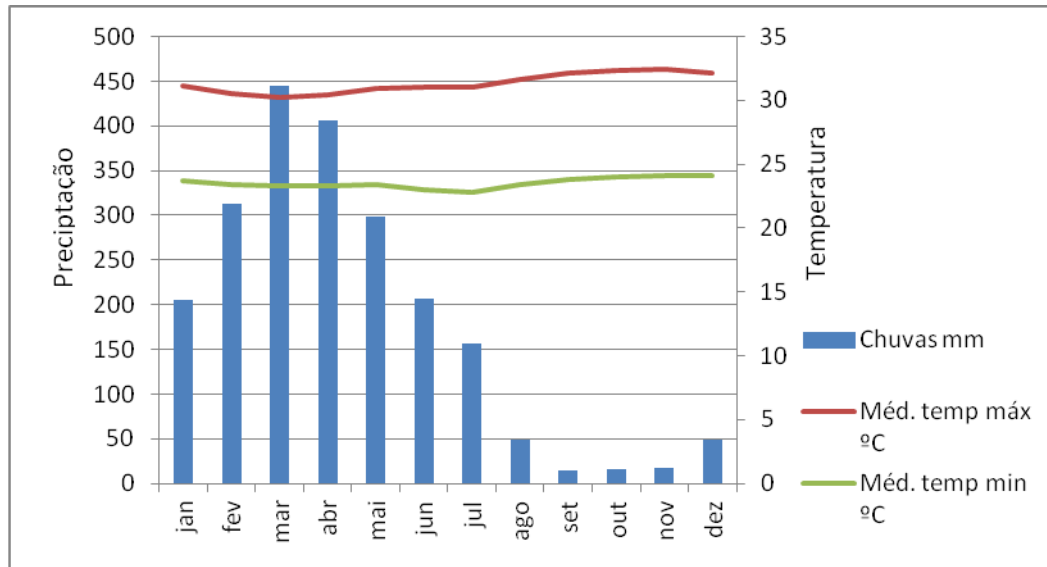
superúmida) e nordeste (semiárida e árida) favorece contrastes pluviométricos anuais e regionais. Segundo o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão de 2011 os maiores registros de totais pluviométricos anuais foram verificados na região noroeste do Estado (área de estudo dessa pesquisa), com aproximadamente 2.784 mm. Por outro lado, nesse mesmo estudo, as menores taxas anuais pluviométricas foram verificadas nos municípios de Barra do Corda, Loreto e Grajaú, com aproximadamente 700,4; 878,5; e 905,9 mm, respectivamente.

Em relação ao tipo climático, seguindo a classificação realizada por Thornthwaite (1948), foram identificados quatro tipos climáticos no Estado, a saber: B2r A'a'- Clima úmido tipo (B2), B1WA'a'- Clima úmido tipo (B1), C2WA'a'- Clima subúmido do tipo (C2) e o C1dA'a' - Clima subúmido seco do tipo (C1).

Na Microrregião do Gurupi, tem-se a presença de dois tipos climáticos: B2r A'a'- Clima úmido tipo (B2) e B1WA'a'- Clima úmido tipo (B1) (Figura 21). O clima B2 apresenta-se na parte sul da região do Gurupi, tendo pequena ou nenhuma deficiência de água, com temperatura mensal sempre superior a 18°C, taxas pluviométricas que variam de 1200 a 1600 mm anuais. Enquanto o clima B1 é verificado na região norte, com moderada deficiência hídrica entre os meses de junho a setembro, com temperaturas médias superiores a 18°C e taxas pluviométricas que variam de 1600 a 2800 mm anuais (BRASIL, 1973)

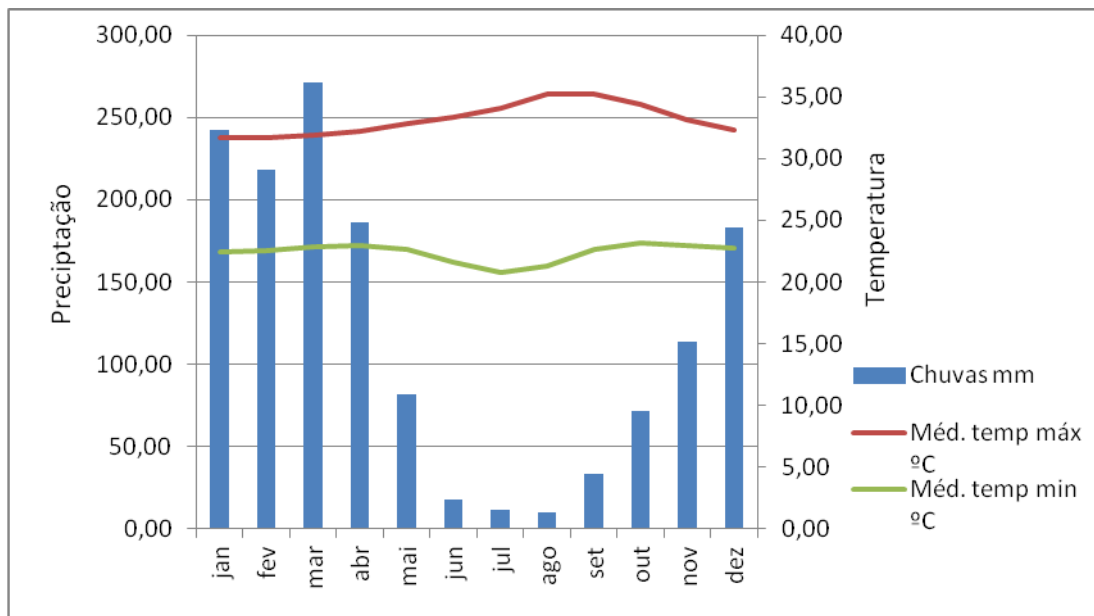
Para melhor analisar as condições climáticas da região, foram gerados climogramas que mostram como se comportou o clima em determinado período de tempo. Pelo fato de a região estudada apresentar dois diferentes tipos climáticos, para se entender de forma mais específica a área, foram gerados dois parâmetros climáticos representativos das condições atmosféricas, ou seja, foram criados dois climogramas que mostram como a temperatura e a pluviosidade se comportaram ao longo de um período histórico de 40 anos (Gráficos 01 e 02).

Gráfico 1: Climograma para o clima úmido tipo B1 entre 1977 a 2015



Fonte: Dados adaptados de Inmet (2015)

Gráfico 2: Climograma para o clima úmido tipo B2 entre 1977 a 2015

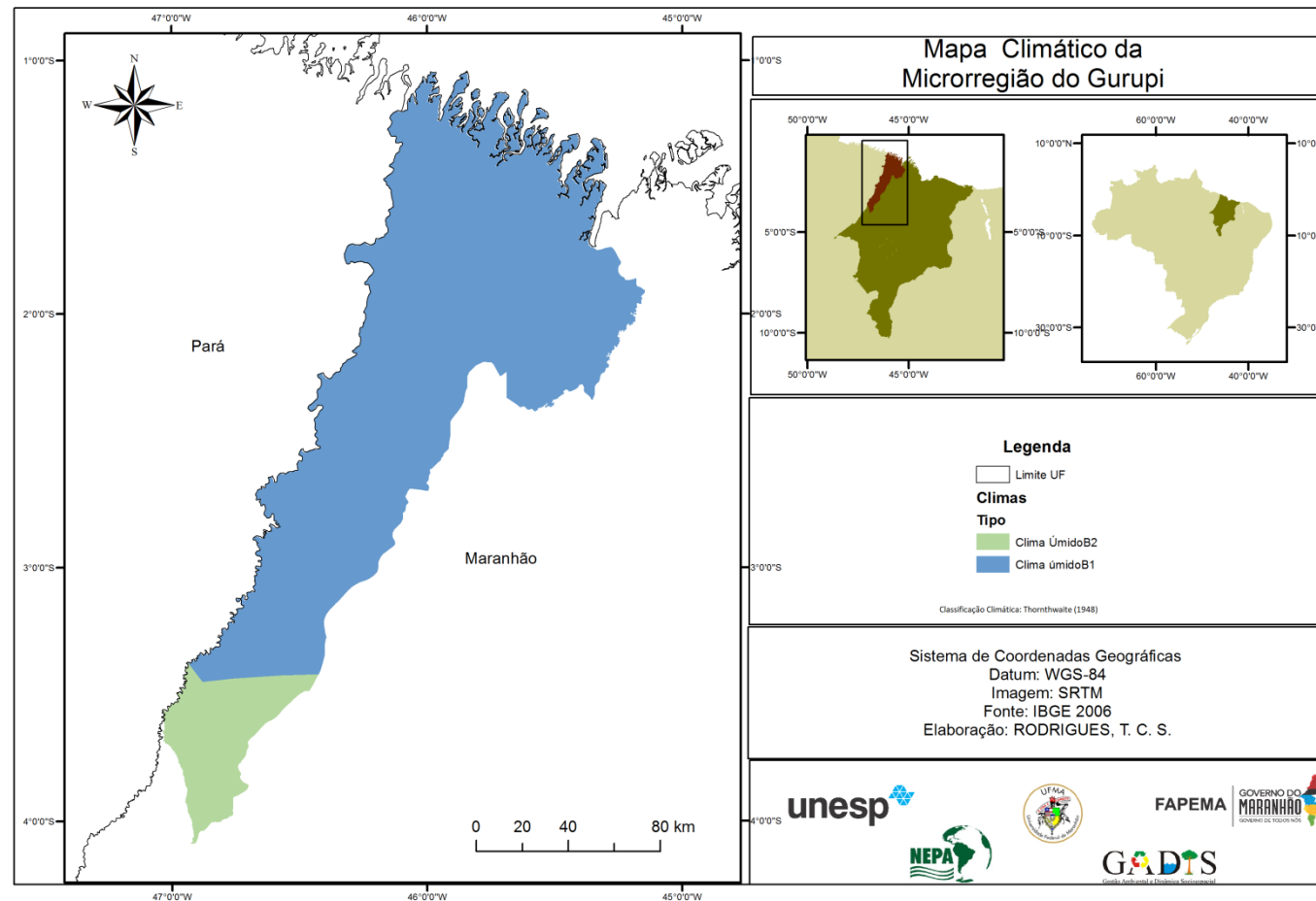


Fonte: Dados adaptados de Inmet (2015)

Os gráficos (climogramas) apresentados anteriormente representam os dois tipos climáticos da Microrregião do Gurupi: o B1 que abarca quase que a totalidade da região e o clima B2 que se localiza mais ao sul da área estudada. A partir desses dados, pode-se inferir que, para o clima B1, em que se utilizou a estação localizada no município de Turiaçu, tem-se amplitude térmica de 10°C, com máximas de 32°C e mínimas de 22°C. Em relação à taxa de precipitação, por meio do climograma, percebeu-se que as maiores taxas ocorrem entre os meses de fevereiro a abril, com o pico no mês de março que apresentou maior índice pluviométrico, acima dos 440 m. Já de setembro a novembro foram registrados os menores índices de precipitação, sendo setembro o de menor índice: apenas 14mm

O climograma do clima B2, localizado mais ao sul da região, apresenta uma amplitude térmica de 15°C devido à presença de maiores altitudes, com máxima de 35°C e mínima de 20°C. As maiores taxas de precipitação nessa região são entre os meses de janeiro a março, com o pico no mês de março de 270 mm, e menores taxas de precipitação entre os meses de junho a agosto, apresentando em agosto os menores índices: 9,65 mm.

Figura 21: Mapa Climático da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

1.6 VEGETAÇÃO

A vegetação do Estado do Maranhão apresenta o caráter transicional do estado. Dessa forma, em cada região, os tipos de vegetação são diferentes, associados às condições climáticas, solos e relevo da área que variam entre as influências da Região Norte com os climas úmidos e subúmidos pelos estados do Pará e Tocantins, até influências de climas áridos e semiáridos da região Nordeste e Centro-Oeste.

Para Feitosa e Trovão (2006), a vegetação do Estado do Maranhão apresenta pequena diversidade de tipos fitofisionômicos, destacando-se as áreas de floresta ombrófila densa e aberta, cerrado, manguezal, campos inundáveis, dunas e restingas. Cada uma dessas classes apresenta subdivisões que variam de acordo com o local em que estão inseridas.

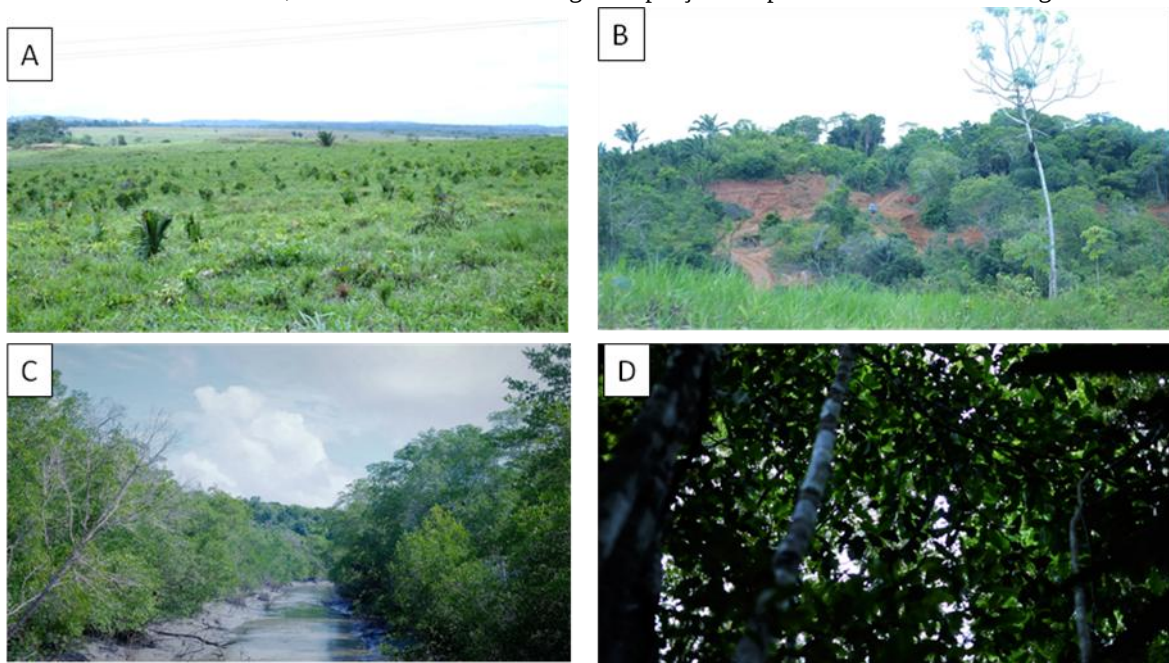
Na Microrregião do Gurupi, o MMA (2015), em uma atualização do mapeamento realizado anteriormente por meio do projeto Radam Brasil que operou entre 1970 a 1980 e teve como objetivo a realização da cobertura de diversas regiões do Brasil por meio de imagens de radar da área amazônica do Brasil, pode-se identificar diferentes tipos de vegetação, a saber: Áreas de pastagens, Florestas Ombrófila densa aluvial, Floresta Ombrófila densa das terras baixas, Floresta Ombrófila densa submontana, Formação Pioneira com influência fluvial e lacustre, Formação Pioneira com influência fluviomarinha, Formação pioneira com influência marinha, Vegetação Secundária, além de áreas que apresentam mais de um tipo de cobertura.

A área sul da Microrregião do Gurupi é ocupada, em sua maior parcela, por Vegetação Secundária e Floresta Ombrófila densa das terras baixas (Figuras 22 e 23). A partir da análise da carta topográfica SA.23-Y-D (SANTA INES), verificou-se que a área ocupada por Vegetação Secundária assinala presença marcante de capoeiras, caracterizadas pela presença de Imbaúba (*Cecropia pachystachya*) e Lacre (*Vismia guianensis* (Aubl.) Pers.) em meio a áreas agrícolas que apresentam vegetação latifoliada entre o babaçual. Os babaçus são da espécie *Orbignya martiana*, encontrados em áreas aplainadas em agrupamentos puros ou em meio à agricultura e campos naturais (BRASIL, 1973). Já a Floresta Ombrófila densa das terras baixas é encontrada em terras aplainadas com vegetação latifoliada e mista, caracterizada pelas espécies próprias, como a imbaúba, lacre e babaçu (BRASIL, 1973).

A parte norte da região apresenta, em sua maior área, Vegetação Secundária, Pastagem e Formação Pioneira com influência fluviomarinha e marinha. As áreas de pastagens são encontradas, em grande quantidade, na área norte da região, pois a parte mais

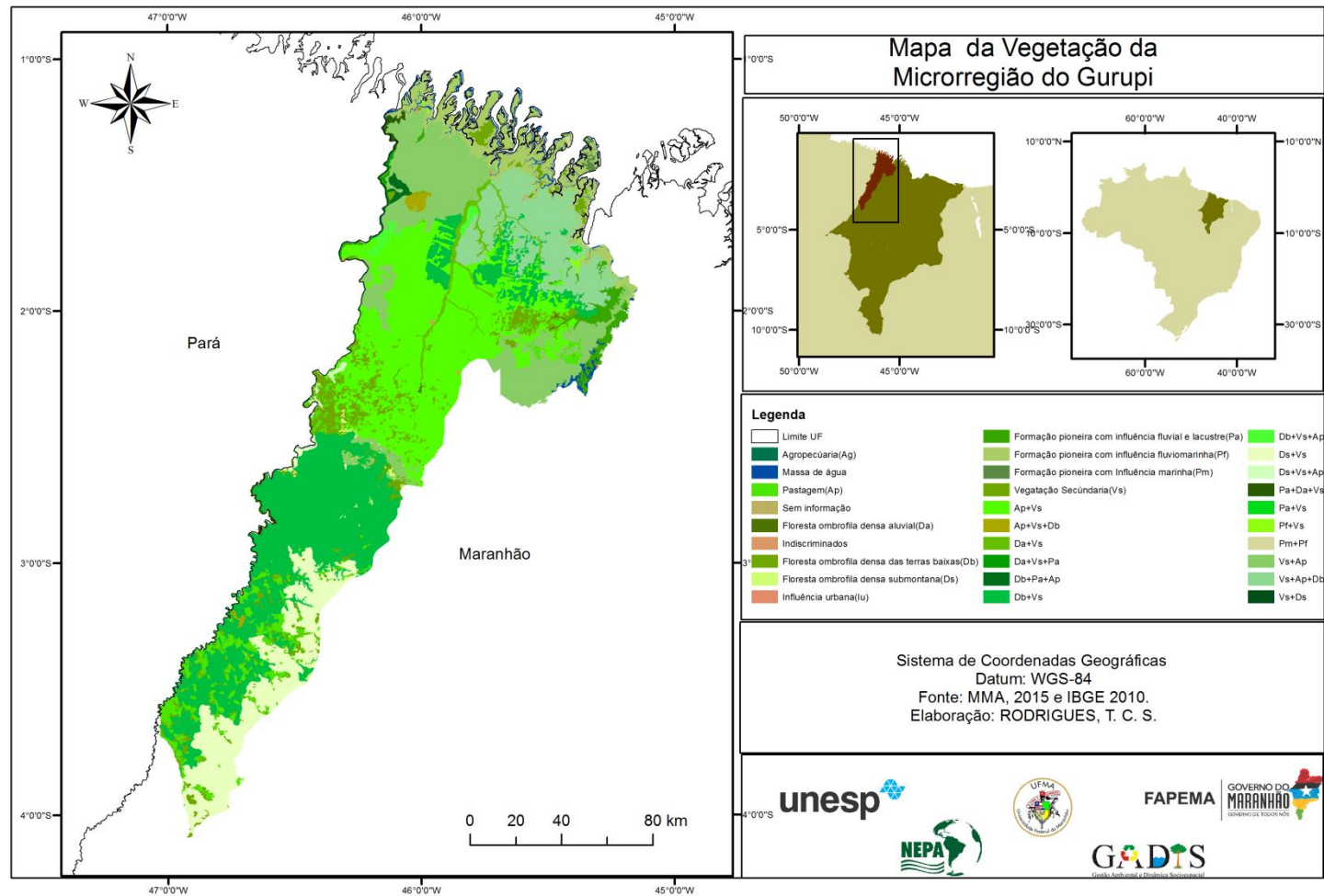
ao sul apresenta áreas de terras indígenas e Unidades de Conservação. As Formações pioneiras apresentam dois tipos de vegetação: mangue, vegetação arbórea das áreas litorâneas submetidas à influência das águas salinas e salobras, sendo caracterizada pelo mangue – vermelho (*Rhizophora mangle*) e mangue-preto (*Avicennia schaueriana*) ou siriúba (BRASIL, 1973).

Figura 22: "A" áreas de pasto encontrada, principalmente no norte da região; "B" áreas de vegetação secundária, encontrada na maior parte da região; "C" área de manguezal, encontrada na parte do extremo norte e "D" Floresta ombrófila, encontrada na sul e em algumas porções da parte central e norte da região.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 23: Mapa da cobertura vegetal da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados de pesquisa

1.7 LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLOGICO COMO IDENTIFICAÇÃO DA ANTROPIZAÇÃO

Uma das etapas importantes para o entendimento das transformações ocorridas na área de estudo foi a realização dos levantamentos fitossociológicos e, posteriormente, a elaboração das pirâmides gráficas representativas dos estratos da vegetação. Para a realização dos levantamentos fitossociológicos, seguiu-se as indicações apresentadas por Bertrand (1966). Em primeiro lugar, escolheu-se um setor sobre o terreno que representasse as características essenciais da formação vegetal e dos graus de transformação (área de vegetação nativa, área de vegetação secundária e área antropizada, pastos). Em seguida, delimitou-se um círculo de dez metros de raio.

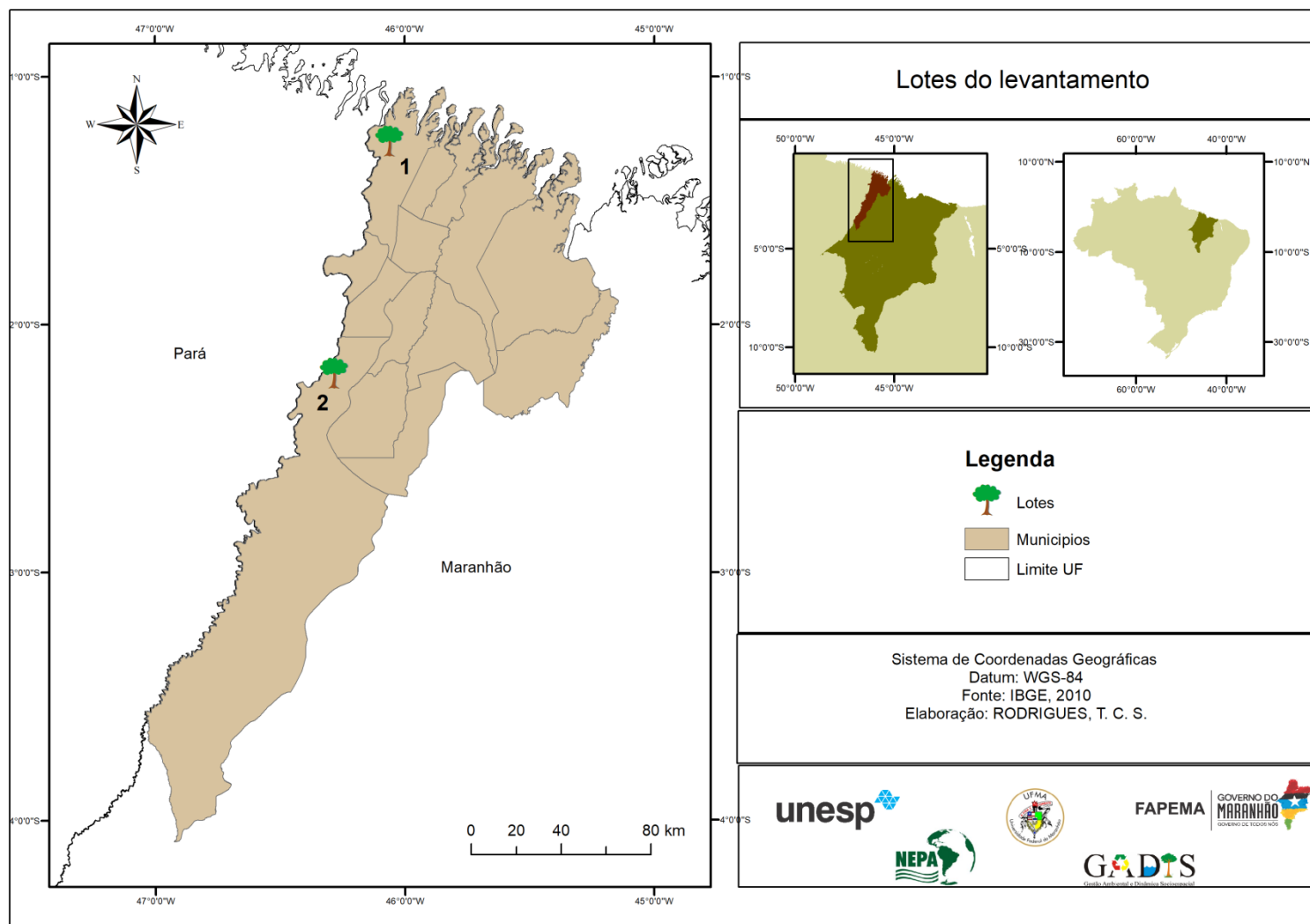
Seguindo a etapas propostas por Bertrand, a primeira etapa foi escolher as áreas para realizar o levantamento. Dessa forma, as áreas foram escolhidas levando em consideração o grau de preservação e antropização, uma vez que a região possui 21 mil Km² e precisava-se de um critério para delimitar áreas para o levantamento.

Após a definição da área, foram efetuadas as anotações na ficha biogeográfica que consta de duas partes independentes: na superior, a parte fitossociológica, em que são relacionadas as espécies vegetais mais importantes que ocorrem na formação segundo os estratos; na inferior, a parte geográfica, em que se detalha os fatores biogeográficos que interferem na referida formação vegetal, além de ser assinalada a dinâmica do conjunto observado.

No primeiro momento, foi realizado o levantamento apenas em duas áreas que podem ser consideradas como remanescentes da vegetação nativa e, a partir disso, foram realizadas duas pirâmides com o objetivo de caracterizar os padrões biogeográficos e a estrutura vertical da vegetação nessas áreas (Figura 24).

Espera-se que, no decorrer da pesquisa, obtenha-se verba para a realização de mais um campo e, dessa forma, desenvolver levantamentos fitossociológicos de áreas que representem a vegetação secundária e áreas de pastos, para caracterizar como a vegetação se comportou diante das mudanças realizadas na área de pesquisa. Entende-se que, a partir destes levantamentos, será possível fazer uma avaliação dos aspectos qualitativos, tais como: variabilidade de espécies, dinâmica interna, estrutura estratigráfica, abundância dominância de espécies e estratos.

Figura 24: Distribuição dos lotes



O lote 1 está localizado no noroeste da região do Gurupi, mais especificamente no povoado de Arapiranga, no município de Carutapera. Apresentou como características ambientais altitude de 29 metros, estando sob um terreno suavemente ondulado e com declividade variando entre 3% a 8%. Os solos são do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico, com horizonte de acumulação de argila B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita, com uma camada húmica (serrapilheira) de 2 cm, composta principalmente de galhos, folhas e raízes. Além da presença de indivíduos mortos naturalmente.

Quanto a sua fitossociologia, apresentou indivíduos em todos os estratos estudados. O estrato arbóreo foi o mais abundante-dominante, cobrindo uma área entre 75 a 100% da área, com a sociabilidade representada com indivíduos isolados sem agrupamentos. Esse estrato é formado por espécies com troncos grossos e retos, com altitude entre 15 a 20 metros, com copas densas, o que impede a ocorrência de luz solar até os estratos inferiores. Aqui, a espécie com maior número de indivíduos foi o Camaçari (*Combretaceae Terminalia*) (Figura 25).

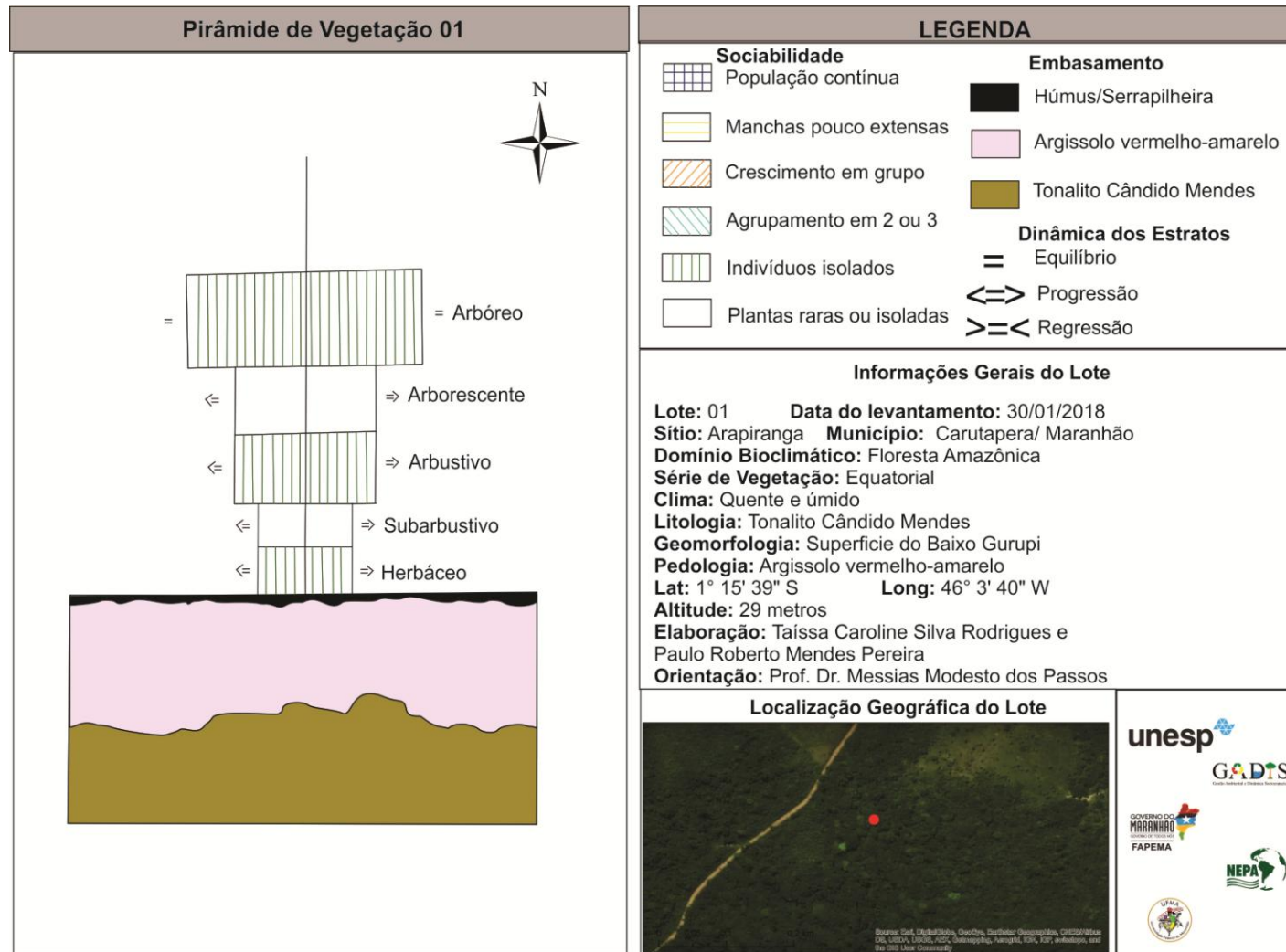
O lote 2 está localizado no sudoeste da região do Gurupi, mais especificamente na Quadra 45, Redenção, no município de Centro Novo do Maranhão. Apresentou como características ambientais altitude de 43 metros, estando sob um terreno suavemente ondulado e com declividade variando entre 3 a 8%.. O solo é do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico, com uma camada de 2 cm de serrapilheira. Compreende uma área brejosa, alagada, com presença de pequenos animais, árvores derrubadas pelo vento, com ações antrópicas evidentes nas proximidades, por meio da ação de queimadas e abertura de clarões.

Quanto a sua fitossociologia, apresentou indivíduos em todos os estratos estudados. O estrato arborescente (7 a 10 metros) foi o mais abundante-dominante, cobrindo uma área entre 75 a 100%, com a sociabilidade representada com crescimentos em grupos. A espécie com mais ocorrência na área foram as Juçareiras (*Euterpe Oleracea Marti*), que têm sua ocorrência em áreas brejosas e, no caso dessa particularmente, com áreas de acumulação de água em vários pontos (Figura 26).

Esses dois lotes apresentam características próximas em relação à estrutura vegetal e ao grau de antropização. Nos dois lotes, pode-se observar que ainda há espécies nativas da região e preservação da fauna e flora locais. A ideia é, para os próximos levantamentos, escolher regiões de vegetação secundária que cobre a maior parte da Microrregião, além de

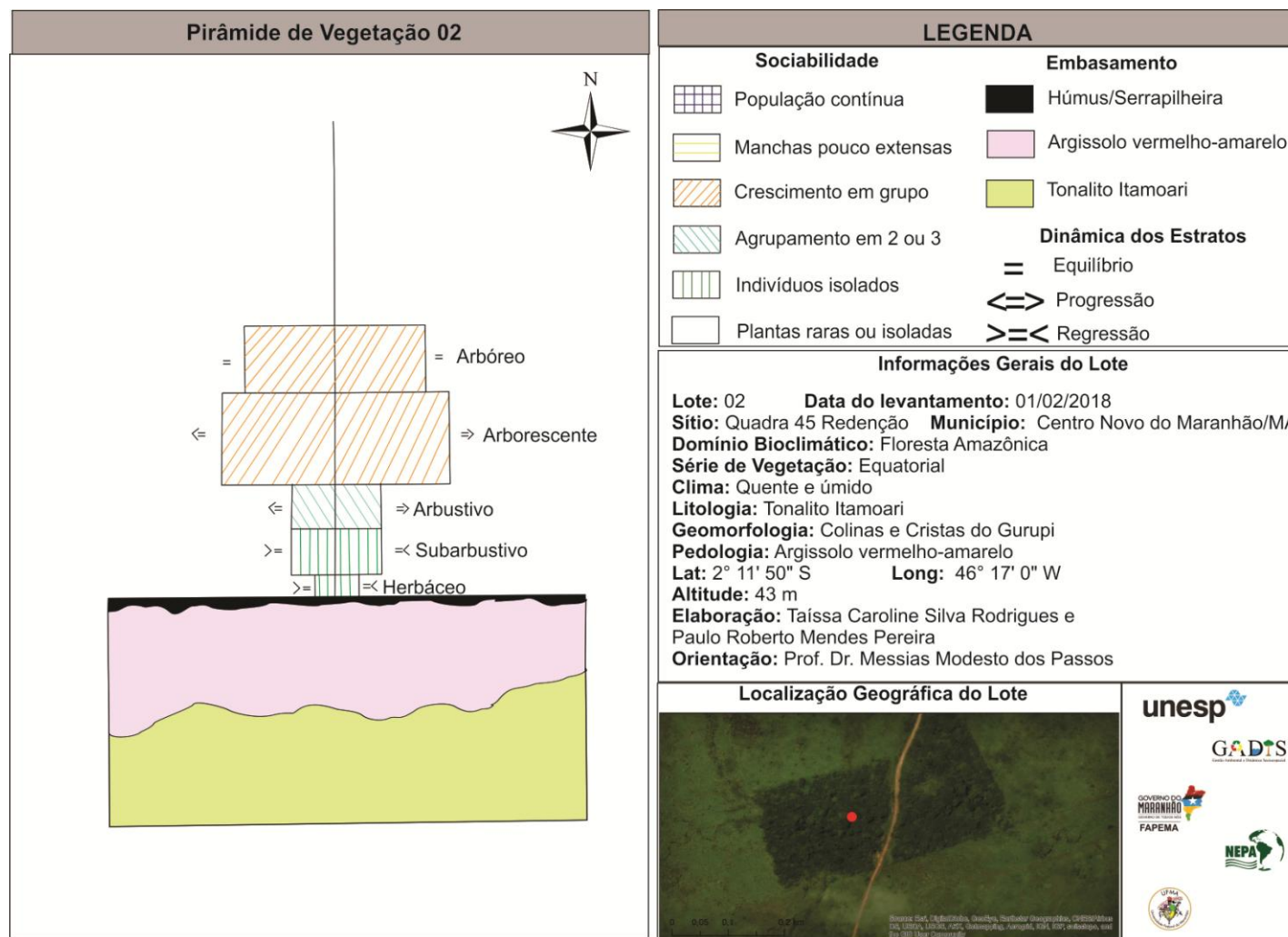
áreas de pastos que já sofreram bastante antropização e cobre outra parte considerável da região.

Figura 25: Pirâmide de vegetação do Lote 01



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 26: Pirâmide de vegetação do Lote 02



Fonte: Dados da pesquisa

1.8 UNIDADES DE PAISAGENS DO GEOCOMPLEXO

Para a identificação das Unidades de Paisagens da área estudada, foi realizado um cruzamento dos dados referentes a solos, altimetria, vegetação, clima, cobertura e uso atual da terra, tendo como auxílio as jornadas realizadas a campo, com o objetivo de identificar e mapear as diferentes unidades de paisagem que caracterizam o geocomplexo dos municípios inseridos nessa área.

Por meio desse cruzamento de dados e o reconhecimento de campo, chegou-se à classificação das seguintes unidades (Tabela 5):

Tabela 5: Extensão de cada Unidade de Paisagem

Unidades de Paisagens	Km	%
Pastagem	10376,81	48,99
Apicuns	178,68	0,84
Campos Inundáveis	332,13	1,57
Floresta de altitude	1979,99	9,35
Manguezal	1391,57	6,57
Terraço Fluvial	256,18	1,21
Floresta Primária	4202,64	19,84
Mosaico de agropecuária e vegetação secundaria	2465,57	11,64
Total	21183,57	100

Pastagens: Representa a maior das unidades de paisagem da região, distribuída em toda a área, principalmente na área centro-norte. São ambientes que já sofreram bastante com a ação antrópica, devido a intensos processos de desmatamento e queimadas. Apresentam declividade que varia de 0 a 8 %, uma vez que é a mais espaçada na área.

Apicuns: São as zonas encontradas próximas às áreas de Manguezais, zonas menos inundadas e que se localizam na transição para a terra firme, normalmente desprovida de vegetação arbórea.

Campus Inundáveis: Representa uma das menores Unidades encontradas na área de estudo, localizada a leste da região em áreas que fazem parte da Baixada Maranhense. Foram as áreas com menores altimetria e declividade (0 a 3% - plano), alagadas durante uma determinada época do ano (janeiro a julho).

Floresta de altitude: Áreas de vegetação primária, com floresta ombrófila densa, localizada a sudeste da Microrregião estudada. Apresenta declividade que varia entre 8 a 30%, classificado como ondulado e suavemente ondulado.

Manguezal: Essa Unidade é encontrada na área norte da região estudada e constitui uma área úmida de interesse mundial que apresenta vasta biodiversidade. Devido ao baixo valor econômico da sua madeira, não sofreu com tantos impactos ambientais quanto outras Unidades, porém, devido a sua localização e geologia recente, essa Unidade de paisagem apresenta as maiores taxas de fragilidade ambiental a processos erosivos, principalmente quando da retirada de vegetação.

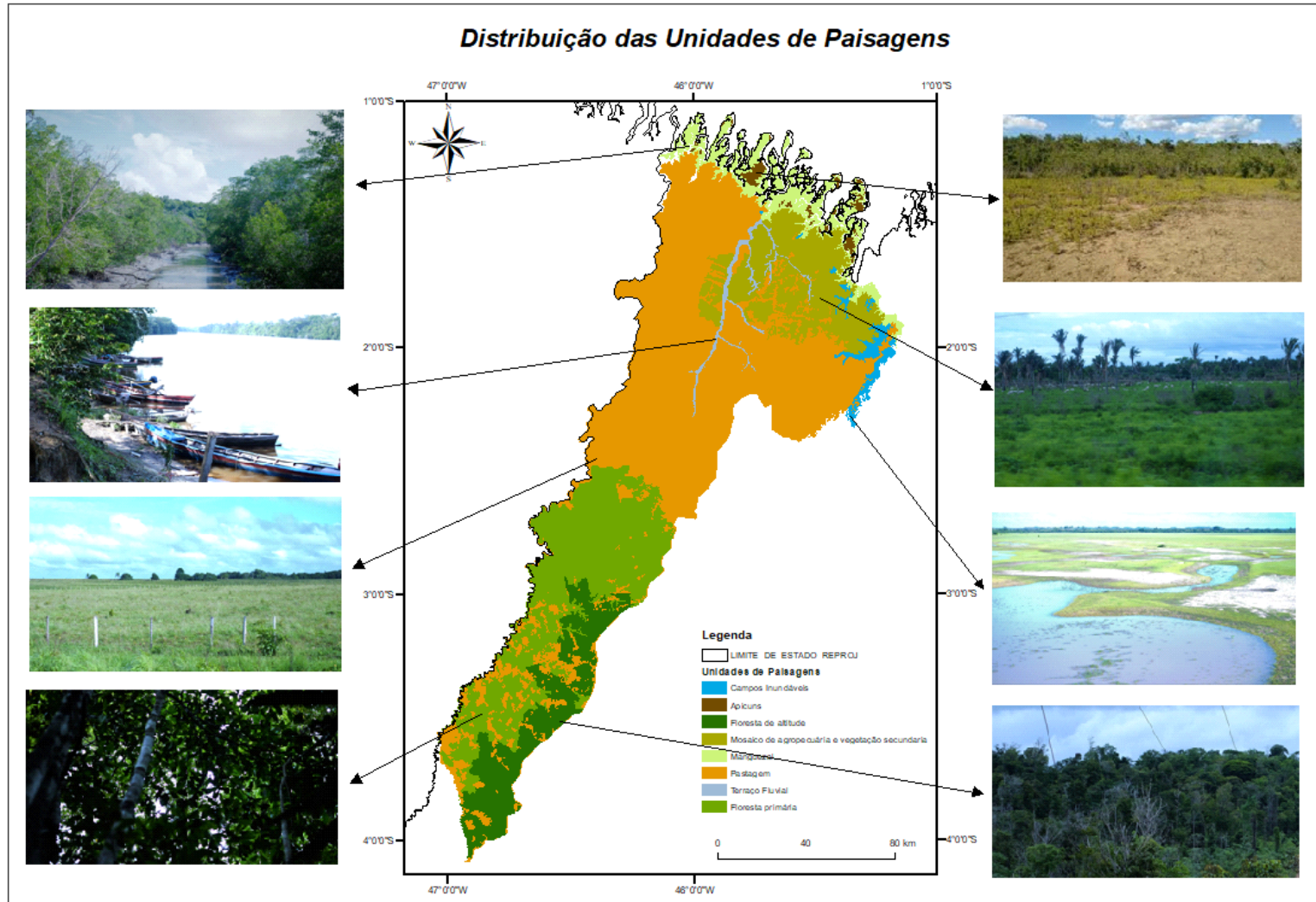
Terraço Fluvial: Uma das menores Unidades de Paisagem encontradas na área de pesquisa, apresentando pouco mais de 1% da extensão do território. Com a presença de solos plintossolos e declividade que varia de 0 a 3 %, considerada plana.

Floresta Primária: Área de vegetação amazônica nativa que sofreu bem pouco com o processo de desmatamento. Apresenta uma declividade que varia de 3 a 8 %, considerada suavemente ondulada com predominância de solos latossolos amarelos e plintossolos.

Mosaico de agropecuária e vegetação secundária: A terceira maior Unidade da região, constituindo um arranjo de áreas utilizadas para a atividade agropecuária, com pequenas roças da agricultura familiar e maior presença de pastos.

Essas unidades passaram por intensos processos de transformação como foi possível observar nos mapas temáticos relacionados à cobertura da Terra. No geral, as unidades de paisagem da região apresentaram elevadas atividades antrópicas, mesmo as áreas protegidas por meio da legislação ambiental. Dessa forma as Unidades de Paisagem estão espacializadas seguindo o mapa a seguir (Figura 27):

Figura 27: Distribuição das Unidades de Paisagens



Fonte: Dados da pesquisa

1.9 FRAGILIDADE AMBIENTAL

Para gerar o mapa temático de fragilidade ambiental, foi utilizada a técnica AHP (Processo Analítico Hierárquico), uma teoria matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Ela pondera todos os critérios por meio de uma comparação e calcula um valor de razão de consistência entre 0 e 1, sendo o 0 a completa consistência do processo de julgamento.

Para tanto, utilizou-se variáveis, tais como: geologia, declividade, pedologia, precipitação e uso e cobertura da Terra, e foram gerados mapas que representaram a fragilidade de cada uma dessas classes em relação às suas características apresentadas na região.

Dessa forma, as áreas com valores mais próximas de três foram aquelas que apresentaram maior fragilidade ambiental a eventuais processos erosivos. Foram locais que sofreram com maior processo de desmatamento e queimadas, em detrimento da implementação de outros usos da Terra, como pastagem e agricultura. Além das formas de uso da terra, essas áreas apresentaram solos como os Gleissolos, Argissolos e Plintossolos, caracterizados como solos com má drenagem e com maior facilidade de serem deslocados (Figura 28).

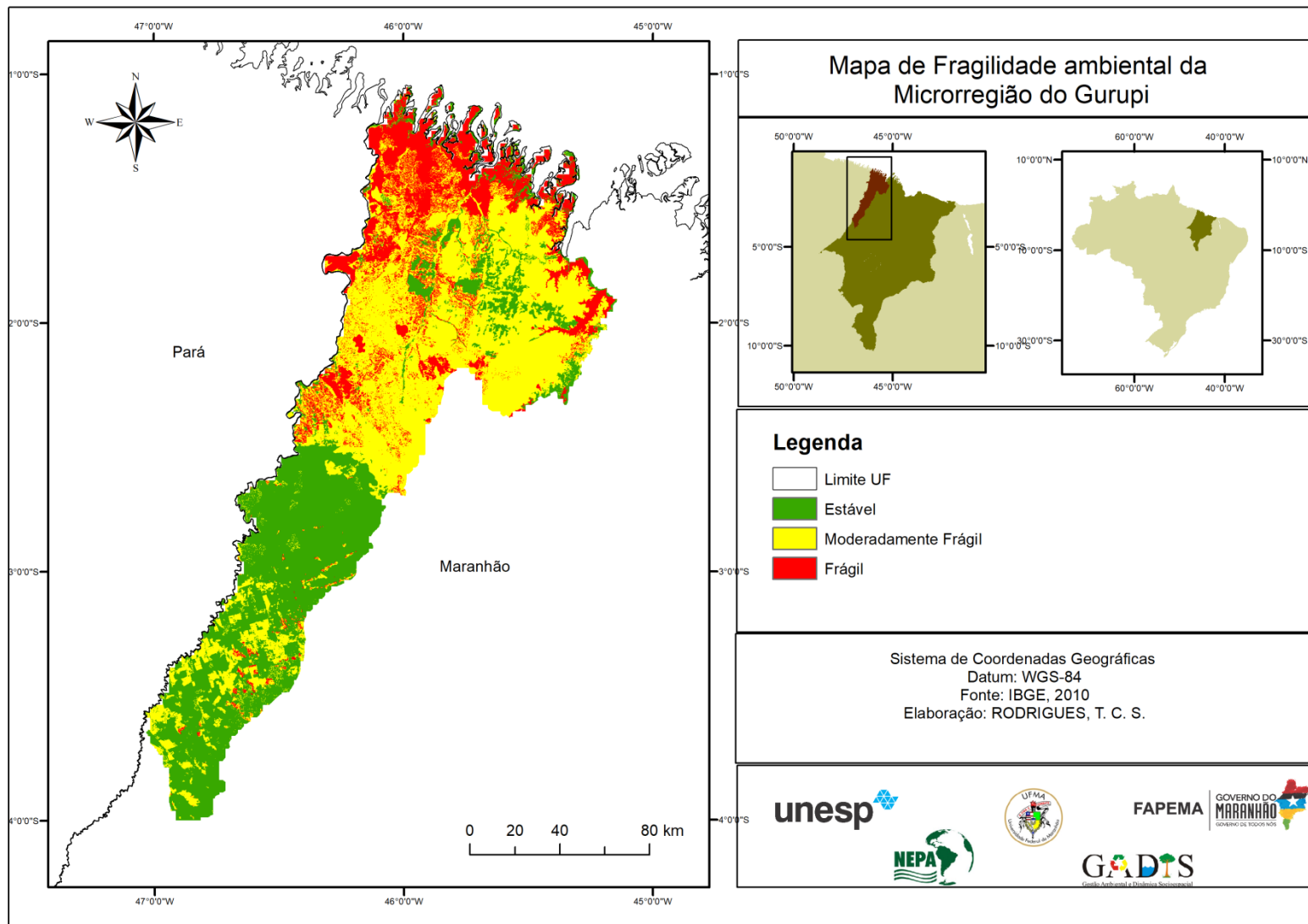
Já no extremo norte da região, mais próximo do litoral e manguezais, a fragilidade ambiental atingiu os maiores valores devido à existência de solo mais arenoso, altos índices de chuva, velocidade do vento e uma dinâmica da paisagem mais intensa.

Os valores mais próximos de 1, área estável, foram identificados na região sul da região, que apresentou menor fragilidade ambiental. Isso ocorreu devido ao tipo de cobertura e uso da terra, ou seja, a área apresentou uma cobertura maior de Floresta Ombrófila densa, ainda preservada pelas comunidades locais. Além disso, nessa área, tem-se a ocorrência do grupo geológico Gurupi, que apresenta rochas metamórficas e ígneas, assim como latossolos que são solos bem estruturados e muito porosos, o que lhe confere menor taxa de erodibilidade.

Outro fator que chamou atenção é que, ao cruzar o mapa de fragilidade com as áreas indígenas e a REBIO do Gurupi, percebeu-se que correspondem às áreas que apresentam menor fragilidade ambiental. Fato que pode ser explicado devido à forma com que os recursos naturais são tratados pelas comunidades tradicionais, ou seja, há menor taxa

de desmatamento e maior preservação, pois esses povos ainda veem a natureza como algo espiritual e cultural.

Figura 28: Mapa de Fragilidade Ambiental da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

CAPÍTULO 05

AS TRANSFORMAÇÕES DO USO E COBERTURA DA TERRA NA MICRORREGIÃO DO GURUPI



1.0 DEFINIÇÃO DAS CLASSES DE COBERTURA

Para a definição das classes de cobertura, foram considerados: análise visual das imagens Landsat (2, 5 e 8), estudos realizados em áreas da Amazônia Legal, além do conhecimento da área que auxiliou na interpretação dos alvos mapeados na cena.

Nas imagens Landsat, devido à resolução espacial de 80 e 30 metros, não foi possível diferenciar classes de vegetação arbustiva. Assim conseguiu-se diferenciar apenas as áreas de vegetação arbórea, rasteira e manguezal.

Diferenciou-se um total de sete classes, a saber: vegetação arbórea, vegetação rasteira, manguezal, água, solo exposto, nuvens e sombras. As principais sombras detectadas em imagens de média a alta resolução espacial são sombras de nuvens que são áreas onde não se obteve resposta da refletância, pois a energia que chegou foi refletida pelas nuvens.

A classificação das áreas urbanas foi realizada de forma manual, uma vez que as áreas são pequenas e só ganharam mais espaço a partir das imagens do final da década de 1980. Além disso a resposta espectral desta classe com a do solo exposto, apresenta intensa confusão no momento da classificação dos objetos.

Para auxiliar na definição das classes de cobertura, foram consideradas características dos alvos que, segundo Jensen (2009), são elementos básicos de análise e interpretação dos alvos em uma cena, como: forma, tonalidade/cor, textura, padrão e localização (Tabela 06, 07, 08, 09 e 10). Para tanto foram geradas chaves de interpretação para as imagens de todos os anos.

Tabela 6: Chave de interpretação das classes da imagem de 1976, Landsat 2 sensor MSS.

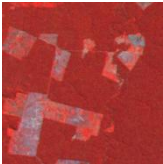
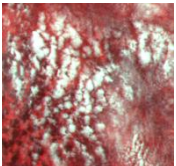
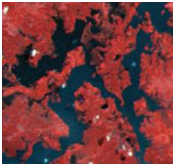
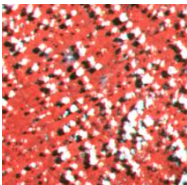
Classes	Amostras	Cor R (7), G (4), B (5)	Localização e Contexto
Vegetação Arbórea		Vermelho escuro (variando para o vinho)	Localizado em toda a área da Microrregião do Gurupi, com mais intensidade na região sul.
Vegetação Rasteira		Vermelho claro variando para o rosa	Maior área no norte da região e em áreas de clareiras ao sul.
Solo Exposto		Azul mais claro variando com o lilás e branco	Encontrada na região sul, em meio à vegetação arbórea e na área norte da região, em área de apicuns.
Nuvens		Cor branca	Encontrada na região nordeste e centro sul da região.
Água		Azul variando para o azul escuro e verde escuro.	Encontrada no mar, na região norte e em áreas de rios em toda a cena.
Vegetação de Manguezal		Cor de vinho, um vermelho bem mais escuro que a vegetação arbórea	Vegetação encontrada em áreas próximas à foz de rios e ao mar.
Sombra		Cor preta, escura, absorção total da energia eletromagnética.	Classe encontrada próxima às nuvens.

Tabela 7: Chaves de interpretação das imagens do ano de 1986, Landsat 5 sensor TM

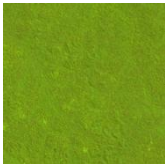
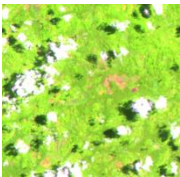
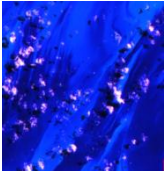
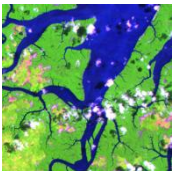
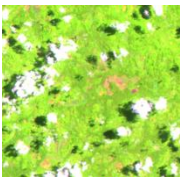
Classes	Amostras	Cor R(5), G(4) e B(3)	Localização e Contexto
Vegetação Arbórea		Verde escuro	Localizada principalmente na região sul, áreas de reservas e terras indígenas.
Vegetação Rasteira		Verde claro	Localizada nas clareiras na parte sul da região e em grande parte da área norte.
Solo Exposto		Cor de rosa e áreas vermelhas bem claras	Localizado na área norte da região e em pequenas clareiras ao sul, além de áreas urbanas.
Nuvens		Cor branca	Localizado na área norte da região
Água		Varias tonalidades da cor azul	Localizada na área norte (mar) e em toda a cena em forma de rios e lagoas.
Vegetação de Manguezal		Verde bem escuro	Localizada na área norte da cena, nas proximidades da foz dos rios e do mar.
Sombra		Cor preta, escura, absorção total da energia eletromagnética.	Classe encontrada próxima às nuvens.

Tabela 8: Chave de interpretação das classes da imagem de 1996, Landsat 5 sensor TM.

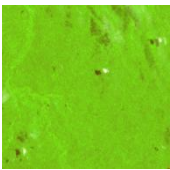
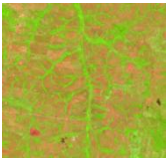
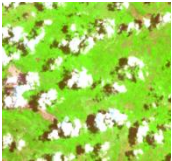
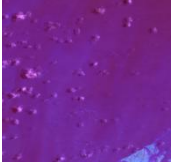
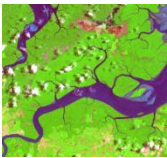
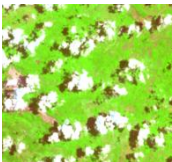
Classes	Amostras	Cor R(5), G(4) e B(3)	Localização e Contexto
Vegetação Arbórea		Verde escuro	Localizada principalmente na região sul, áreas de reservas e terras indígenas.
Vegetação Rasteira		Verde claro	Localizada em grande parte da cena, principalmente próximo a áreas de solo exposto.
Solo Exposto		Rosa e vermelhos claros	Espalhado em toda cena, principalmente na região norte, porém com grandes clareiras ao sul.
Nuvens		Cor branca	Localizada ao norte da imagem.
Água		Varias tonalidades da cor azul	Localizada na área norte (mar) e em toda a cena em forma de rios e lagoas.
Vegetação de Manguezal		Verde bem escuro	Localizada na área norte da cena, nas proximidades das foz dos rios e do mar.
Sombra		Cor preta, escura, absorção total da energia eletromagnética.	Classe encontrada próxima às nuvens.

Tabela 9: Chave de interpretação das classes da imagem de 2006, Landsat 5 sensor TM

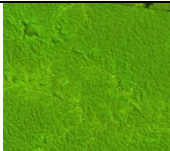
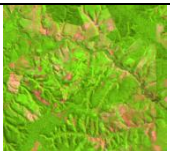
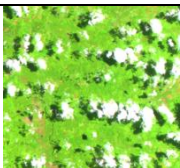
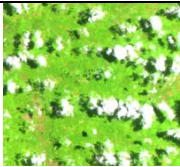
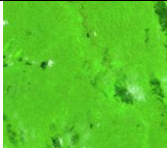
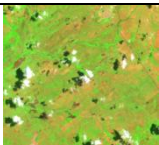
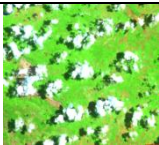
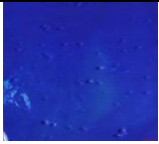
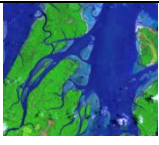
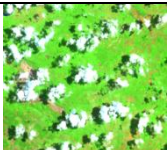
Classes	Amostras	Cor R(5), G(4) e B(3)	Localização e Contexto
Vegetação Arbórea		Verde escuro	Localizada principalmente na região sul, áreas de reservas e terras indígenas.
Vegetação Rasteira		Verde claro	Espalhada em toda a área da região estudada, principalmente na região norte.
Solo Exposto		Tonalidades diferentes de rosas. Em algumas áreas tons de branco.	Localizado na área norte da região e em pequenas clareiras ao sul, além de áreas urbanas.
Nuvens		Cor branca	Localizado principalmente nas áreas norte e nordeste da região.
Água		Varias tonalidades da cor azul	Localizada na área norte (mar) e em toda a cena em forma de rios e lagoas.
Vegetação de Manguezal		Verde bem escuro	Localizada na área norte da cena, nas proximidades da foz dos rios e do mar.
Sombra		Cor preta, escura, absorção total da energia eletromagnética.	Classe encontrada próxima às nuvens.

Tabela 10:Chave de interpretação das classes da imagem de 2016, Landsat 8 sensor OLI

Classes	Amostras	Cor R(6), G(5) e B(3)	Localização e Contexto
Vegetação Arbórea		Verde escuro	Localizada principalmente na região sul, áreas de reservas e terras indígenas.
Vegetação Rasteira		Verde claro	Localizada nas clareiras na parte sul da região e em grande parte da área norte.
Solo Exposto		Cor de rosa e áreas vermelhas bem claras	Localizado em toda a extensão da área, com mais intensidade na parte central e norte da região.
Nuvens		Cor branca	Localizado na área nordeste da região.
Água		Varias tonalidades da cor azul	Localizada na área norte (mar) e em toda a cena em forma de rios e lagoas.
Vegetação de Manguezal		Verde bem escuro	Localizada na área norte da cena, nas proximidades da foz dos rios e do mar.
Sombra		Cor preta, escura, absorção total da energia eletromagnética.	Classe encontrada próxima às nuvens.

1.1 ANÁLISE TEMPORAL DAS MODIFICAÇÕES DA COBERTURA DA TERRA

Na década de 1950, a ocupação da Amazônia limitava-se à franja litorânea e às faixas de terras ribeirinhas dos principais rios navegáveis. Até então, a ocupação do território havia trazido poucas alterações à região e se caracterizava pelas atividades de subsistência e de trocas de produtos excedentes entre as comunidades (ESCADA, 1999).

As maiores transformações ocorreram a partir das décadas de 1960 e 1970, políticas de Estado como o Plano de Desenvolvimento Nacional (PDN), Operação Amazônia/Plano de Integração Nacional (PIN) e, localmente, com o Projeto de Colonização do Alto Turi, que estimularam novos processos de ocupação, como tentativa de integração da Amazônia a outras regiões do Brasil e diversificação das atividades econômicas a partir de construção de estradas, projetos de assentamento e instalação de equipamentos sociais em novos núcleos urbanos.

A partir da década de 1990, houve uma nova forma de ocupação dessas terras amazônicas, ou seja, ocorreu a expansão da agricultura capitalizada na região (especialmente a soja, acompanhada pelo arroz e milho), questão que tem causado preocupação porque, embora introduzida inicialmente nas áreas de cerrado, a cultura começa a se expandir em áreas de mata da Amazônia Legal. Atualmente, em viagens realizadas por projetos que estudam a BR 163 do pesquisador Passos, percebeu-se que a prática do cultivo da soja já ocupa parte considerável na área sudoeste do estado do Pará e norte do Mato Grosso, ocupando áreas do centro sul do MA onde antes eram Cerrado e Floresta Amazônica.

Outra questão relevante é a expansão da denominada “mineração de madeira”, exploração seletiva e predatória de espécies valorizadas, com grande importância econômica para a região (BECKER, 1999). Além dessas práticas, observa-se o aumento da prática da pecuária que trocou áreas que antes tinham vegetação de floresta densa por áreas de pastos e sem nenhuma cobertura florestal, dando espaço a gado e gerando, em decorrência, impactos ambientais.

A Microrregião do Gurupi acompanhou as mudanças que ocorreram no restante da Amazônia brasileira e, atualmente, o Maranhão está entre os estados com maiores taxas de desmatamento e transformações na cobertura da terra. Houve, ao longo do tempo e chegando aos dias atuais, grande perda da área florestal que deu espaço a áreas de vegetação rasteira, solo exposto e, mais tarde, áreas urbanas.

Neste trabalho foi realizada a classificação de imagens do satélite Landsat 2, 5 e 8, com o objetivo de entender como ocorreu o processo de transformação da cobertura da terra

nessa região. Esta foi a primeira parte de outras etapas que serão ainda realizadas no decorrer da pesquisa como: as classificações de uso, as entrevistas a moradores, para entender como essas modificações geram conflitos a essas populações e mudam a dinâmica do geocomplexo e das paisagens locais.

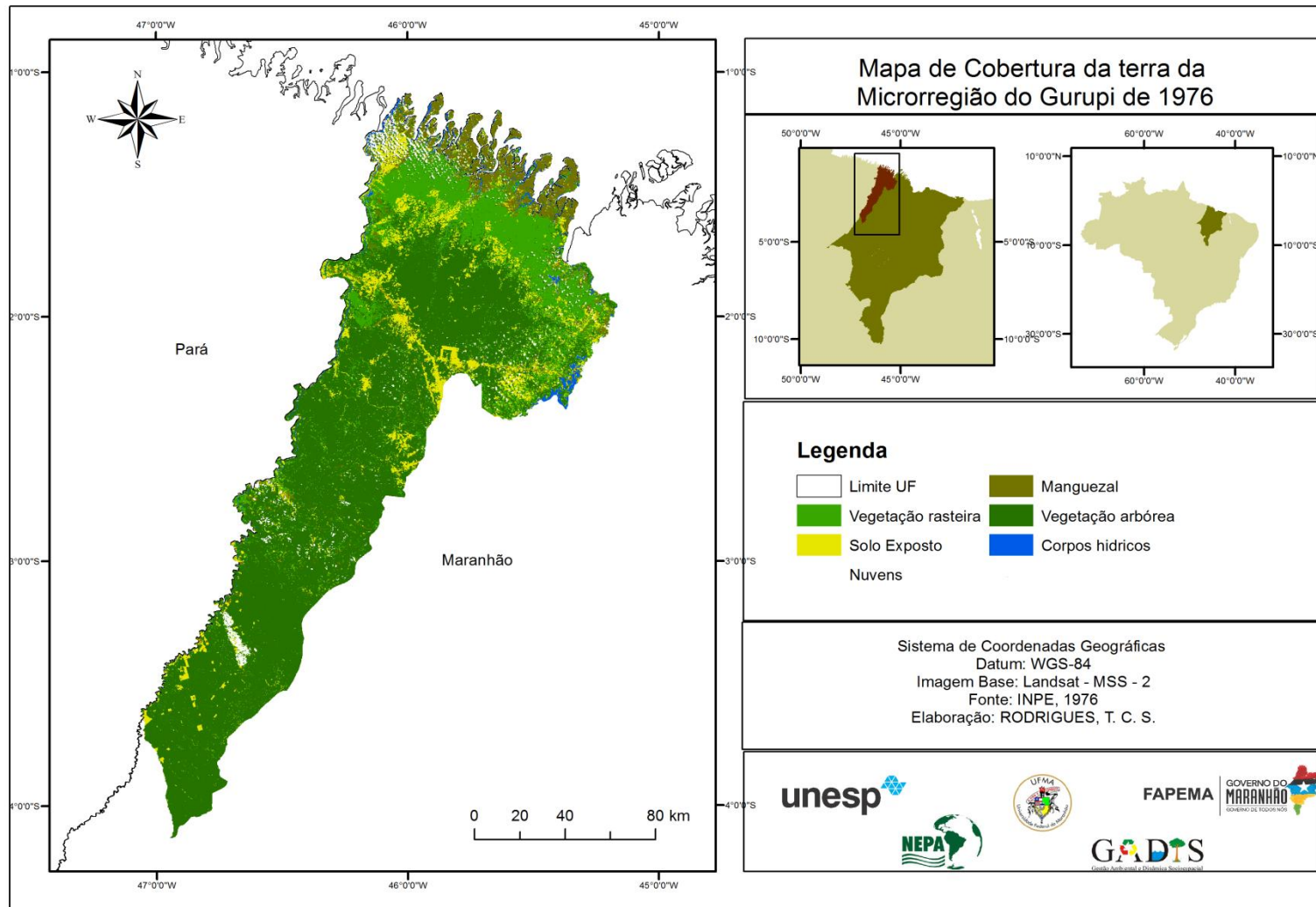
Estudar a Amazônia maranhense, por meio de imagens de satélite, é sempre desafiador devido às características fisiogeográficas da região. Um dos primeiros problemas encontrados para a aquisição das imagens foi a quantidade de nuvens que cobria, durante grande parte do ano, essa região. Devido a isso tentou-se adquirir imagens em tempos bem próximos possíveis e, na maioria das vezes, do segundo semestre do ano, época em que há diminuição da umidade e das taxas de pluviosidade. Outro problema encontrado refere-se à área total que compreende em média de 4 a 5 cenas, dependendo do satélite e sensor utilizados. Devido a isso, nem todas as cenas estavam livres de nuvens na mesma época, daí a dificuldade de organizar todos esses fatores e localizar imagens que poderiam ser processadas.

A ideia inicial era trabalhar com imagens do ano de 1975, porém não foram encontrados grupos de imagens desse ano sem nuvens e que pudessem ser corrigidas. Portanto, optou-se por trabalhar com as imagens a partir da década de 1976 do mês de agosto que é considerada uma época do ano em que o índice pluviométrico da região é mais baixo e a quantidade de nuvens diminui.

Esse primeiro grupo de imagem foi adquirido por meio do satélite Landsat 2 sensor MSS, lançado em 1975 e que possui uma resolução espacial de 80 metros, resolução espectral com 4 bandas, dispostos nas regiões do visível e infravermelho próximo, e 6 bits de resolução radiométrica. Essas características, para a época de lançamento, apresentavam um grande avanço para os estudos dos recursos da superfície terrestre. Porém, em relação aos outros satélites disponíveis atualmente, essas imagens apresentaram maior dificuldade para a geração da classificação e da distinção entre os objetos da cena. A classificação final dessa cena apresentou maior confusão entre os objetos, principalmente os tipos de vegetação, arbórea, rasteira e manguezal.

Nestas imagens se conseguiu identificar apenas 5 a 7 classes de cobertura da terra, a saber: vegetação arbórea, vegetação rasteira, manguezal, corpos hídricos e solo exposto, além de nuvens e sombras. Como essas imagens são da década de 1970 e a resolução espacial não é muito boa, não foi possível identificar os principais povoamentos nessas áreas (Figura 29).

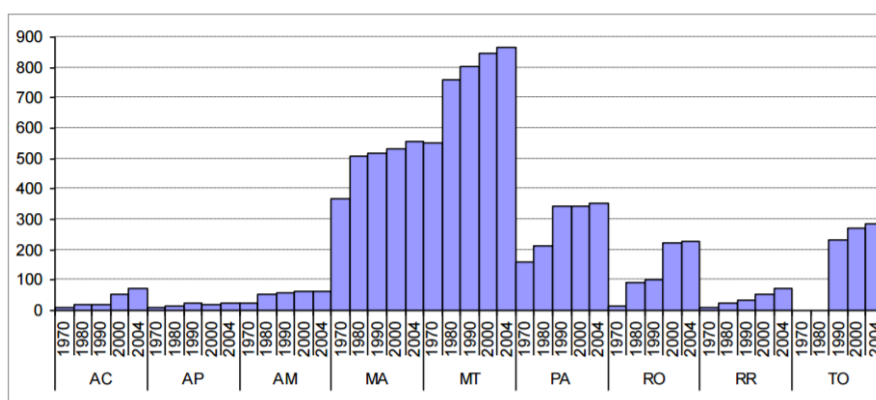
Figura 29: Mapa de cobertura da terra da Microrregião do Gurupi de 1976



Fonte: Dados da pesquisa

Visualmente se pode notar que, na década de 1970, a quantidade de vegetação arbórea era bem superior à quantidade de vegetação rasteira e solo exposto. As estradas eram em quantidades menores e os impactos gerados por elas, como o desmatamento, era em nível menor, porém, nesta época, o Maranhão já era considerado um dos estados com maiores taxas de aberturas de estradas, como podemos observar na figura 40, e pequenas clareiras, uma vez que foi caminho para diferentes migrantes nordestinos que fugiam da seca e encontraram, em alguma dessas áreas, local ideal para a prática das atividades de subsistência (Figura 30).

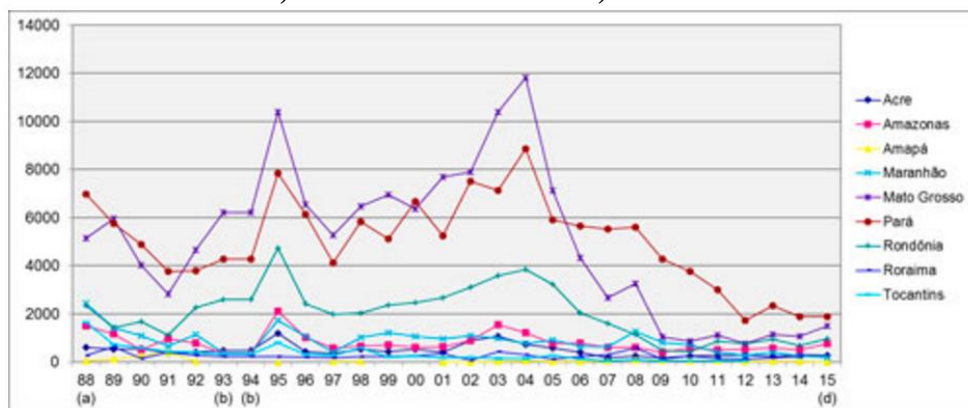
Figura 30: Extensão da malha rodoviária nos estados da Amazônia Legal (100 km)



Fonte: Prates e Bocha, (2011)

A partir da década de 1970, o Estado do Maranhão foi um dos estados que mais apresentou aberturas de estradas dentro da Amazônia Legal e onde houve aumento gradativo da taxa de desmatamento. Atualmente está entre os três estados do Brasil que apresentam maiores taxas de desmatamento desse ecossistema, chegando a ser inserido no que hoje se chama de arco do desmatamento. A Figura 31 demonstra os Estados do Mato Grosso, Pará e Maranhão com as maiores taxas de desmatamento desde a década de 1970.

Figura 31: Desmatamento anual discriminado por Estado da Amazônia Legal (km²) a) média entre 1977 e 1988, b) média entre 1993 e 1994 e d) estimativa



Fonte: INPE-PRODES, (2015)

Ao longo dos anos, as transformações nessa região foram se agravando e ocasionando diversos problemas ambientais e sociais, uma vez que as transformações no geocomplexo acabam gerando problemas de saúde à população local e problemas ao ambiente de forma geral, pois modificam a qualidade do solo e, consequentemente, a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas locais.

As imagens de 1986 foram adquiridas no *site* do INPE e necessitaram de correções para o seu processamento e classificação final. Pode-se perceber, por meio da tabela de áreas, que, em relação ao ano anterior, houve aumento das áreas de solo exposto e, em 1986, se conseguiu quantificar áreas ocupadas, tanto urbanas quanto povoados, lembrando que a classificação de 1976 é mais passível de erros devido à qualidade das resoluções do sensor MSS, o único disponível para se trabalhar nessa época (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1976

Classes	Área (Km ²)	Áreas em %
Vegetação Arbórea	13445,66	62,51
Vegetação Rasteira	3781,75	17,58329
Manguezal	1571,74	7,307846
Nuvens	611,80	2,844575
Sombra	507,82	2,361099
Corpos Hídricos	288,34	1,340623
Solo Exposto	1808,32	8,407796

Tabela 12: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1986

Classes	Área (Km ²)	Áreas em %
Vegetação Arbórea	13666,42	63,49
Vegetação Rasteira	3394,34	15,77
Manguezal	915,03	4,25
Nuvens	810,80	3,77
Sombra	383,99	1,78
Corpos Hídricos	281,24	1,31
Solo Exposto	2071,86	9,56
Área urbana	13,87	0,06

A partir de 1986 até 2006, foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 que forneceram dados mais exatos, apesar de as nuvens terem sido um problema durante todo o processamento e aquisição dessas imagens. Em 2016, foram utilizadas as imagens do sensor OLI, satélite Landsat 8, que apresenta características mais favoráveis a uma melhor

classificação final. Dessa forma, para melhor analisar as modificações e transformações das áreas de cobertura, foram geradas as tabelas com a quantificação das classes nesses anos (Tabelas 13, 14 e 15).

Tabela 13: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 1996

Classes	Área (Km ²)	Áreas em %
Vegetação Arbórea	10371,73	48,23
Vegetação Rasteira	7578,54	35,24
Manguezal	954,46	4,44
Nuvens	310,09	1,44
Sombra	294,00	1,37
Corpos Hídricos	209,23	0,97
Solo Exposto	1785,34	8,30
Área Urbana	15,88	0,07

Tabela 14: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 2006

Classes	Área (Km ²)	Áreas em %
Vegetação Arbórea	9454,81	43,93
Vegetação Rasteira	7263,72	33,75
Manguezal	1063,91	4,94
Nuvens	958,15	4,45
Sombra	608,22	2,83
Corpos Hídricos	200,54	0,93
Solo Exposto	1957,09	9,09
Área Urbana	16,10	0,07

Tabela 15: Quantificação da área das classes de cobertura da terra de 2016

Classes	Área (Km ²)	Áreas em %
Vegetação Arbórea	8229,38	38,23
Vegetação Rasteira	4356,03	20,24
Manguezal	1027,87	4,78
Nuvens	1238,59	5,75
Sombra	466,66	2,17
Corpos Hídricos	246,40	1,14
Solo Exposto	5909,02	27,45
Área Urbana	49,23	0,23

Nota-se que a partir de 1986, o conjunto de imagens foi classificada com mais facilidade devido a melhora na resolução espacial. Ao analisar todo o conjunto de imagens processadas, foi percebido que houve uma maior transformação na cobertura da terra local, principalmente na área central e norte da região, onde houve projetos de colonização.

Percebe-se, por meio da quantificação das áreas, e posteriormente poderá ser analisado visualmente nos mapas temáticos, que houve diminuição da vegetação arbórea, em detrimento do aumento nas classes de solo exposto, vegetação rasteira e área urbana. Percebeu-se que a classe de manguezal não apresentou grandes alterações e, em alguns casos, oscilou sua quantidade, fato que pode estar ligado à quantidade de nuvens ou até mesmo a questões relacionadas a marés.

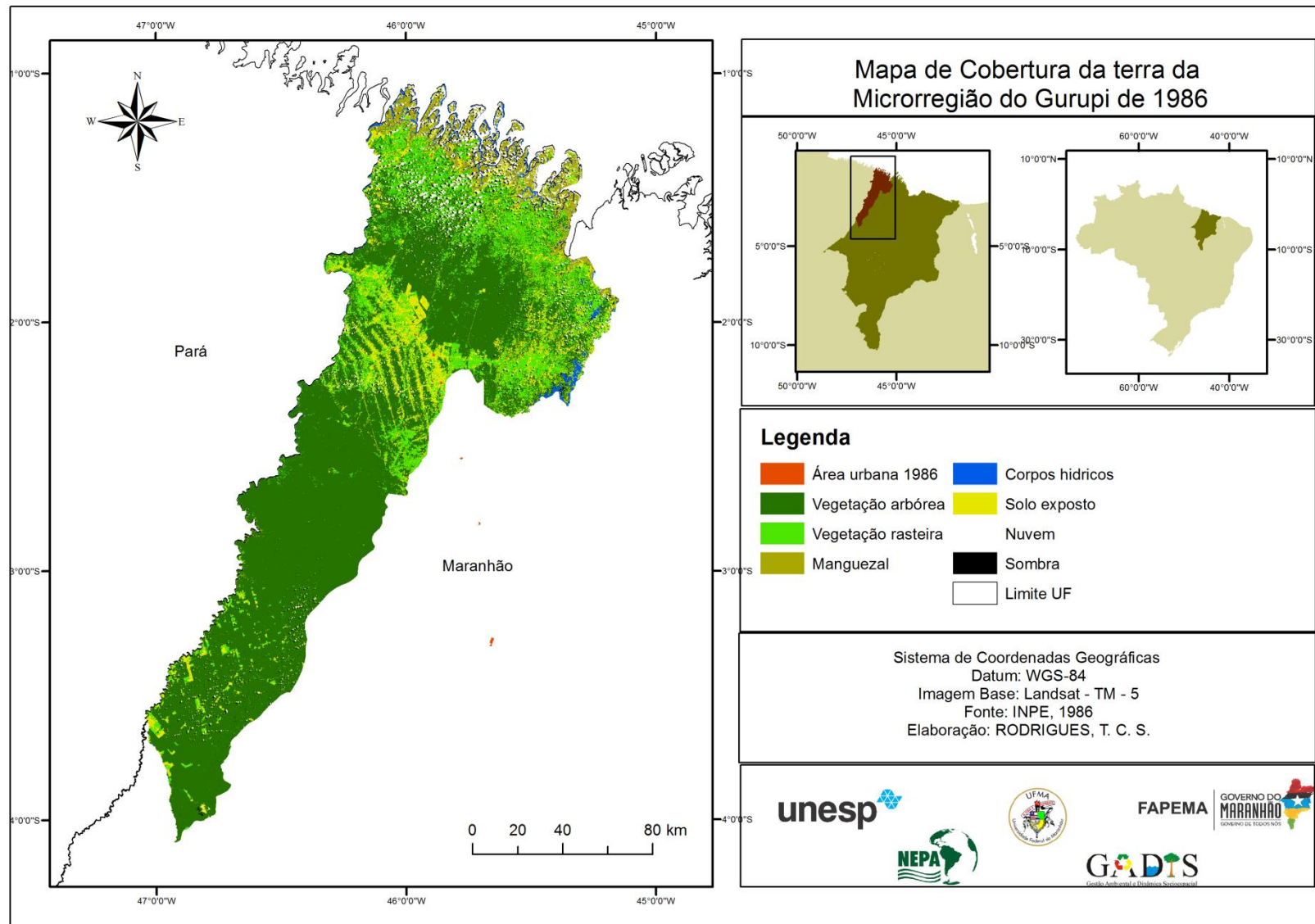
É importante salientar que, mesmo utilizando a técnica GEOBIA, que utiliza atributos mais eficientes na distinção das classes, há uma mistura entre as classes de vegetação rasteira e solo exposto. Isso ocorre principalmente no período de estiagem, quando a vegetação rasteira fica mais seca, e a resposta espectral que chega com mais intensidade ao sensor é a do solo exposto.

Por meio dos mapas se pode observar que as áreas mais devastadas, ao longo desses anos estudados, estão localizadas mais ao norte e na parte central da região em áreas mais próximas das sedes das maiores cidades dessa área. Na região norte, foi onde ocorreram, com maior intensidade, as práticas das atividades de agricultura e pecuária. Além dessas atividades, ainda se tem a prática de garimpos ilegais, encontrados em clareiras abertas no meio de áreas florestadas e, até mesmo, em áreas povoadas do município.

Na região sul, o processo de desmatamento, retirada da vegetação arbórea em favor de áreas de solo exposto, vegetação rasteira e áreas urbanas, é realizado de forma mais mascarada, ou seja, em menores áreas e com menor intensidade, de forma que a identificação por parte do monitoramento fiscal, apresente maiores dificuldades para detectar. Outro motivo é que são áreas que fazem parte de terras indígenas e da REBIO e, portanto, mais preservadas e melhor monitoradas. As comunidades tradicionais ainda apresentam um sentimento com a natureza e, na maioria das vezes, colocam-na como algo espiritual que comanda todas as outras energias.

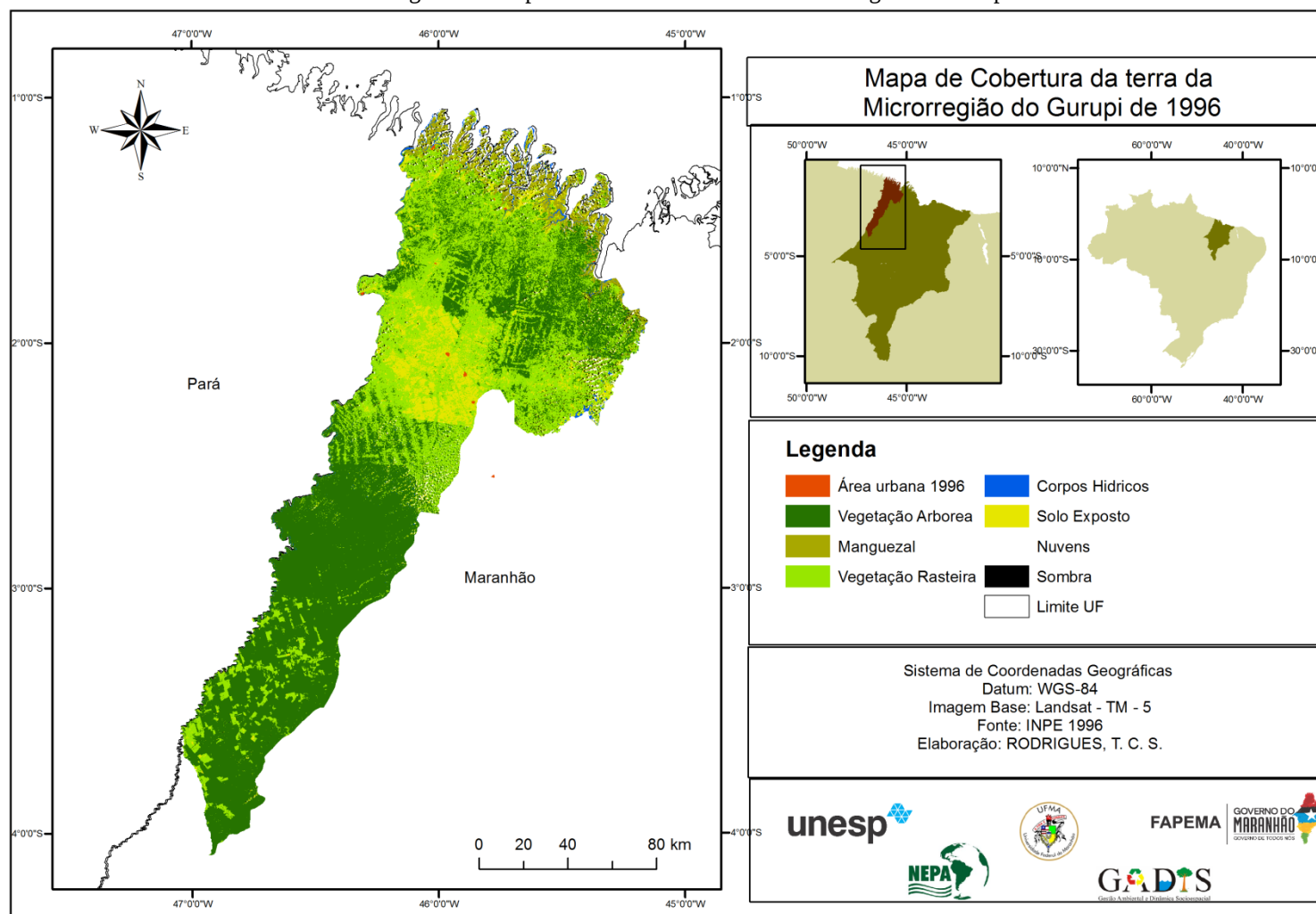
Apesar disso, por meio da análise multitemporal das imagens aqui analisadas, pode-se observar que já ocorre uma retirada de vegetação na área sul, próxima à região das terras indígenas e REBIO (Figuras 32, 33, 34 e 35). São pequenas clareiras que, possivelmente, devido ao formato, são utilizadas para as atividades agrícolas de povoados próximos da região e tratam-se, também, da retirada ilegal de madeiras, fato que ocorre demasiadamente na região, havendo conflitos entre comunidades tradicionais e grupos de madeireiros ilegais, e levam a confrontos diretos que já chegaram a casos de morte de líderes comunitários.

Figura 32: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 1986



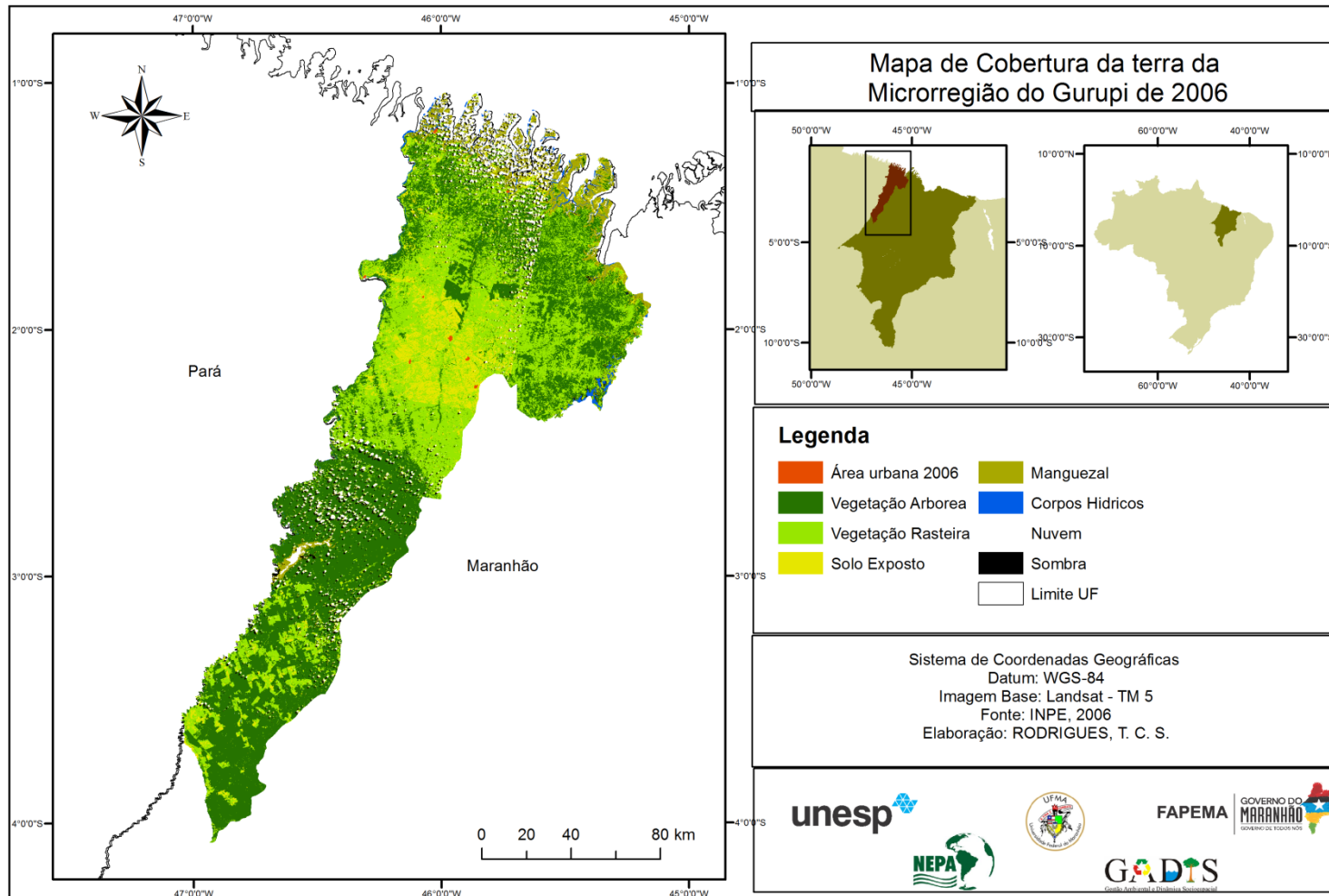
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 33: Mapa de cobertura da terra da Microrregião do Gurupi de 1996



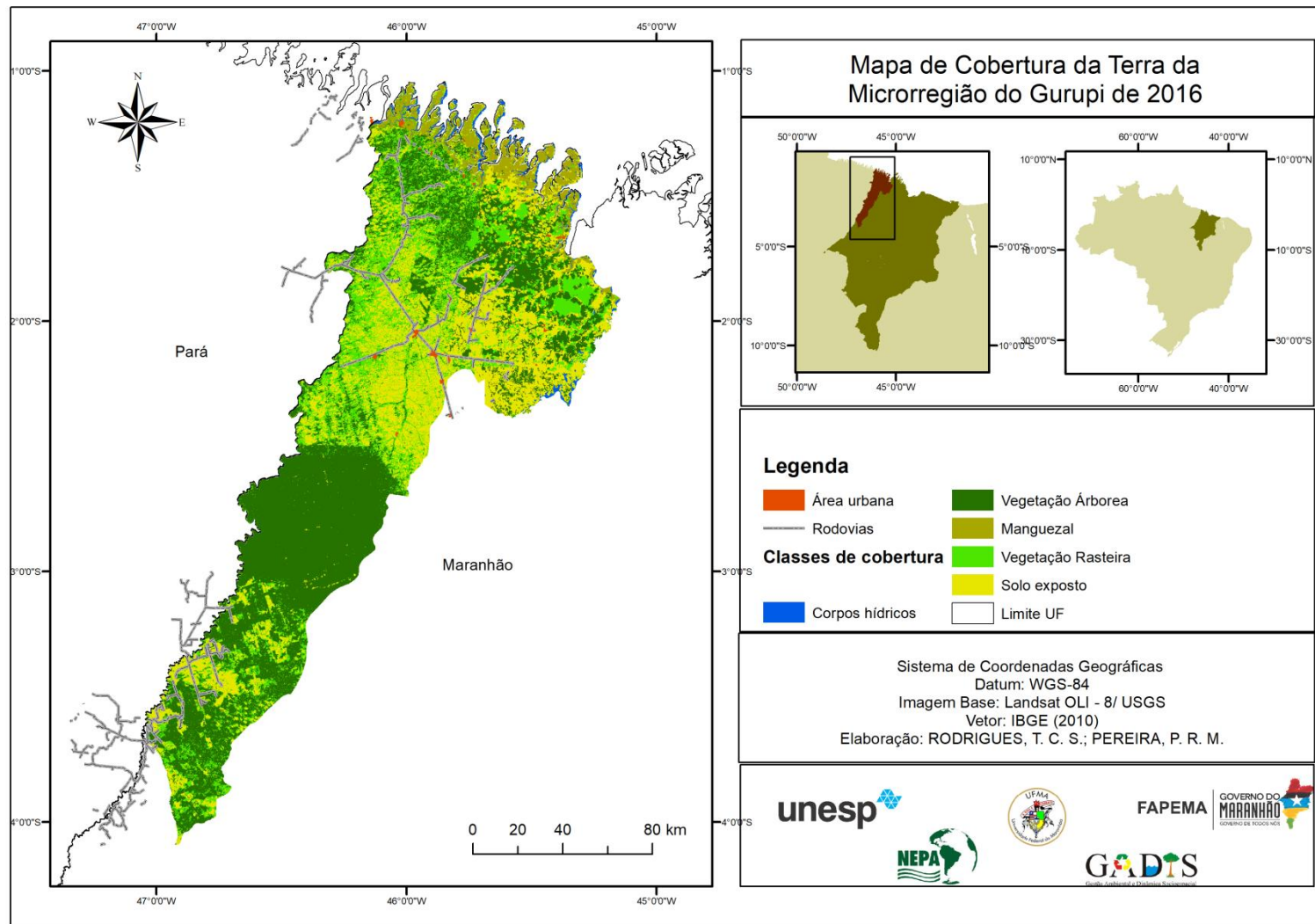
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 34: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 2006



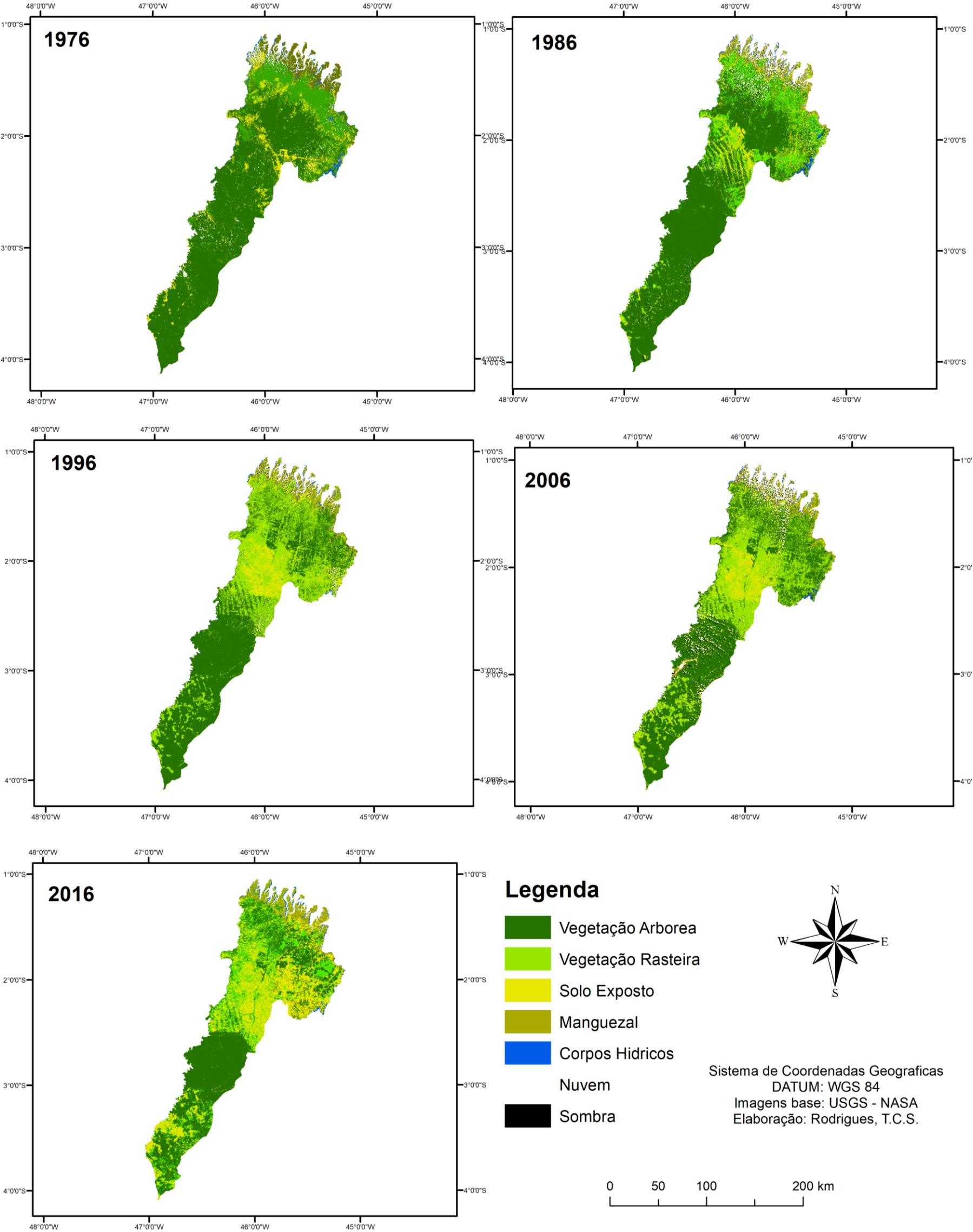
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 35: Mapa de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi de 2016



Fonte: Dados da pesquisa

Comparação dos mapas de Cobertura da Terra da Microrregião do Gurupi



1.2 VALIDAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES

O método de avaliação de exatidão mais simples e comumente utilizado é a matriz de confusão. A partir dela foi possível extrair várias medidas de exatidão, sendo a exatidão global a mais conhecida. A matriz é composta de informações temáticas avaliadas, versus sua referência terrestre (amostras) (CONGALTON; GREEN, 2009).

A etapa de validação das classificações foi realizada a partir de pontos amostrais extraídos das imagens *Geo eye* (imagens cedidas pelo *Google Earth Pro*) e dos pontos retirados em campo. Foram coletados pontos aleatórios em cada cena, utilizando o software *ArcGis 10.0*, ferramenta *Create Random Points*, que garantiu o princípio da aleatoriedade e a boa distribuição espacial dos pontos.

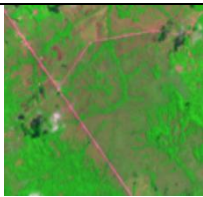
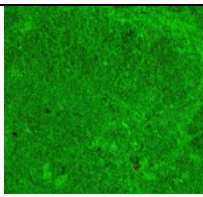
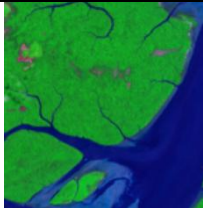
Após a interpretação dos pontos, foi realizada uma avaliação estatística com software *ArcGis 10.0*, ferramenta *Frequency*, com o objetivo de cruzar e analisar a quantidade de pontos que caíram em classes certas e erradas. Com os valores obtidos foi criada manualmente uma matriz de confusão, que originou o índice *Kappa*, o *Kappa* condicional, a exatidão do produtor, a exatidão do usuário e a exatidão global.

A partir disso, percebeu-se que os Kappas oscilaram entre 0,75 a 0,85, entre as imagens de cobertura da Terra, o que representa uma elevada qualidade quanto à acurácia das classificações geradas, o que viabiliza os resultados e as discussões geradas a partir delas.

1.3 DEFINIÇÕES DO USO DA TERRA

Para melhor definir as classes de uso da terra na Microrregião do Gurupi, utilizou-se as chaves de interpretação como auxílio para distinguir na imagem de satélite as diferentes atividades realizadas na região estudada (Tabela 16). Para tanto, colocou-se na tabela: as classes de uso, as imagens de satélite, para demonstrar como essas classes são nelas identificadas, a verdade terrestre, fotos retiradas nas jornadas de campo, cor e textura retiradas das imagens de satélite e fatores que ajudaram na classificação final e na localização da cena de cada classe.

Tabela 16: Chave de Interpretação do uso da Terra

Classes	Imagens	Verdade Terrestre	Cor/textura R(7) G(5) B(4)	Localização na cena
Área urbana			Cor rosa com textura mais rugosa	Em áreas próximas às principais rodovias, rios e litoral.
Área de agropecuária			Cor verde mais claro, textura menos rugosa, mais lisa	Em áreas próximas às rodovias e rios, principalmente na área norte da região
Área de Preservação Permanente (terras indígenas, REBIO)			Cor verde escuro com textura mais rugosa	Classe encontrada na região centro-sul da área e, de forma espaçada, na região norte
Área de Preservação Permanente (mangueza l)			Cor verde escura com textura mais rugosa	Áreas com textura mais rugosa, perto do litoral e foz de rios.

1.4 ANÁLISE DO USO DA TERRA DA MICRORREGIÃO DO GURUPI

Para a classificação do uso da terra, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 sensor OLI com o auxílio das fotografias e anotações realizadas em campo. Diferentemente das classificações realizadas para a cobertura da terra, no uso, as informações não são retiradas diretamente da imagem, antes é necessário que se tenha conhecimento prévio da região ou uma validação confiável no resultado final e, para isso, é necessário a realização do trabalho de campo para conhecimento da área, como foi realizado nessa pesquisa.

Atualmente, com o intenso processo de desmatamento que a área passou nas últimas décadas, a principal classe de uso da terra encontrada na região foi o mosaico de agricultura e pecuária. A agricultura familiar é bem pouco representada na região, o que foi possível constatar nas viagens de campo realizadas na área. Normalmente as famílias apresentam roças bem pequenas nos quintais da casa, onde os alimentos são produzidos para o próprio consumo familiar, não havendo venda e nem troca (Figura 36).

Figura 36: Pequeno área de cultivo nos quintais das casas do município de Carutapera



Fonte: Dados da pesquisa

Já a pecuária é uma atividade bem presente na região, sendo mais da metade da área estudada ocupada por pastos e latifúndios. Áreas que nas décadas de 1970 e 1980 eram ocupadas por áreas de Floresta Ombrófila densa, hoje apresenta uma cobertura de vegetação rasteira e solo exposto, destinada quase que exclusivamente à pecuária.

Outra atividade bastante encontrada na região, porém, devido ao tamanho da área de atuação não aparece com detalhes na imagem LANDSAT, mesmo após a fusão das bandas MULTI e PAN, são os diversos garimpos com a extração de ouro. Durante a viagem a campo,

percebeu-se que essa atividade movimentava a pequena economia de alguns povoados e até mesmo dos municípios.

Em entrevistas com os garimpeiros e moradores locais, a extração do ouro já foi mais intensa nas décadas passadas, quando, segundo eles, encontrava-se quantidade maior do mineral. Atualmente a extração é realizada com menos intensidade e a chegada de grandes mineradoras tirou o espaço dos pequenos mineradores locais.

As áreas de cobertura de manguezal foram enquadradas como Área de Preservação Permanente das reentrâncias maranhenses, encontradas na região norte da área estudada. Devido ao pouco valor da madeira do manguezal, o desmatamento dessa área ocorre com menor intensidade, sendo normalmente realizado pequenos cortes para uso em alguns serviços.

Outro tipo de uso encontrado na área são as áreas de remanescentes florestais, que, ao norte da região, encontram-se em pequenas áreas das fazendas de pecuária e no centro e sul da região. Encontram-se mais preservadas nas terras indígenas e em uma área da Reserva Biológica do Gurupi (REBIO).

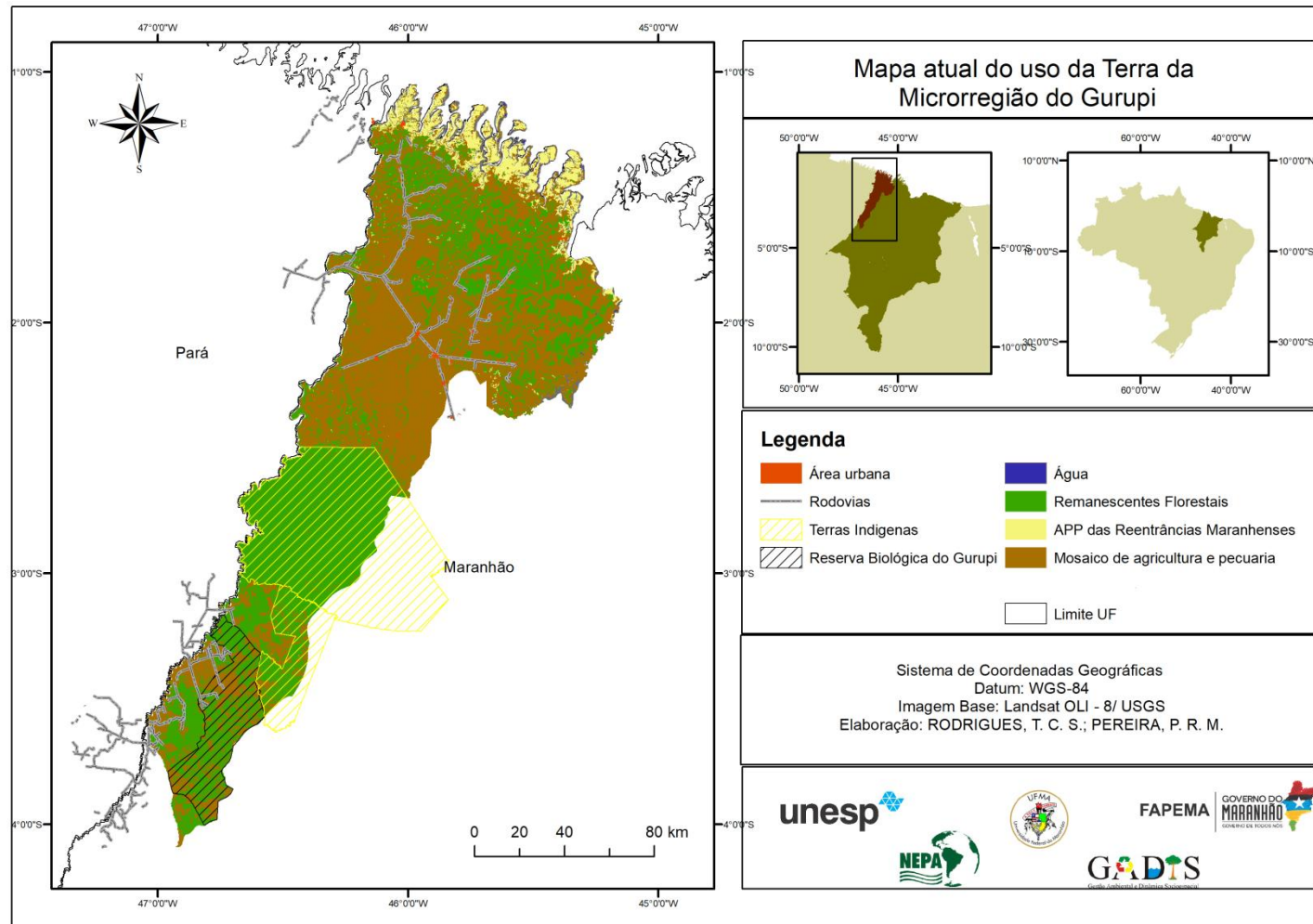
Além desses, outro tipo de uso encontrado na área corresponde às áreas urbanas, onde se encontram grande parte da população residente nessa região. São nessas áreas que se verificam os principais serviços, tais como: bancos, feiras, comércios, correios, comandos policiais, mercados municipais, dentre outros (Figura 37). A maior parte dessas áreas urbanas encontra-se nas bordas das principais rodovias da área, próximo a rios ou ao litoral (Figura 38).

Figura 37: Área urbana do município de Boa Vista do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 38: Mapa atual do uso da terra da Microrregião do Gurupi



Fonte: Dados da pesquisa

1.5 ANÁLISE DO VETOR DE MUDANÇA DAS TRANSFORMAÇÕES DE COBERTURA DA TERRA

A Análise por Vetores de Mudanças é uma técnica que tem se mostrado eficiente na detecção de mudanças a partir de dados multissensores. Sua principal vantagem em relação a outras técnicas inclui a capacidade de processar e analisar simultaneamente várias bandas ou componentes espectrais (JOHNSON; KASISCHKE, 1998).

A aplicação dessa técnica utilizada no *software* SAGA foi importante, pois se chegou a mapas temáticos que identificassem quais os principais vetores de mudança na região durante os quatro anos em que foi realizada a comparação.

A primeira comparação de tabulação cruzada das classes foi realizada entre os anos de 1976 e 1996 (Figura 39). Por meio desse processo, foi percebido, no primeiro mapa, o quanto de transformações foram ocorridas na área, principalmente nas décadas de 1970 e 1980, quando houve maior intensidade de ocupação na área de estudo, tanto espontâneas quanto direcionadas pelo governo.

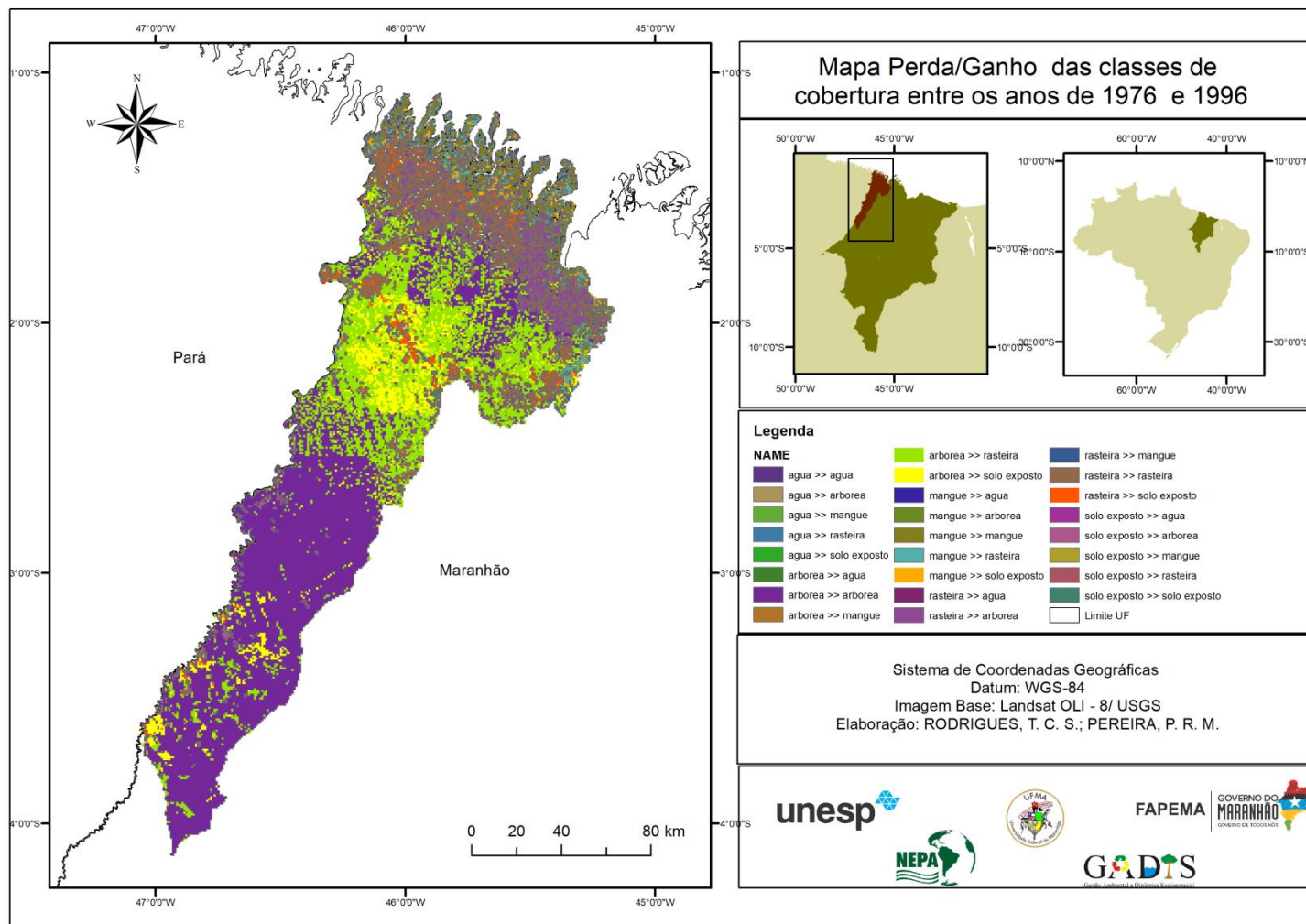
As principais classes que perderam áreas foram as de vegetação arbórea, vegetação rasteira e manguezal (Tabela 17, Figura 40 e Gráfico 3). A classe de vegetação arbórea perdeu área principalmente para as classes de solo exposto e vegetação rasteira, o que demonstra o quanto de desmatamento ocorreu na área. Essas modificações ocorreram com mais intensidade, como foi visto nos mapas de cobertura da terra, na área central e norte da região, onde as atividades de agricultura e, principalmente, pecuária são mais intensas.

Tabela 17: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes entre os anos de 1976 e 1996

Vegetação arbórea	Ganho	Perda	Vetor de mudança
Corpos hídricos	29,33	36,48	-7,16
Vegetação Rasteira	1339,53	5027,51	-3687,98
Manguezal	139,55	57,24	82,30
Solo exposto	103,70	1406,41	-1302,70

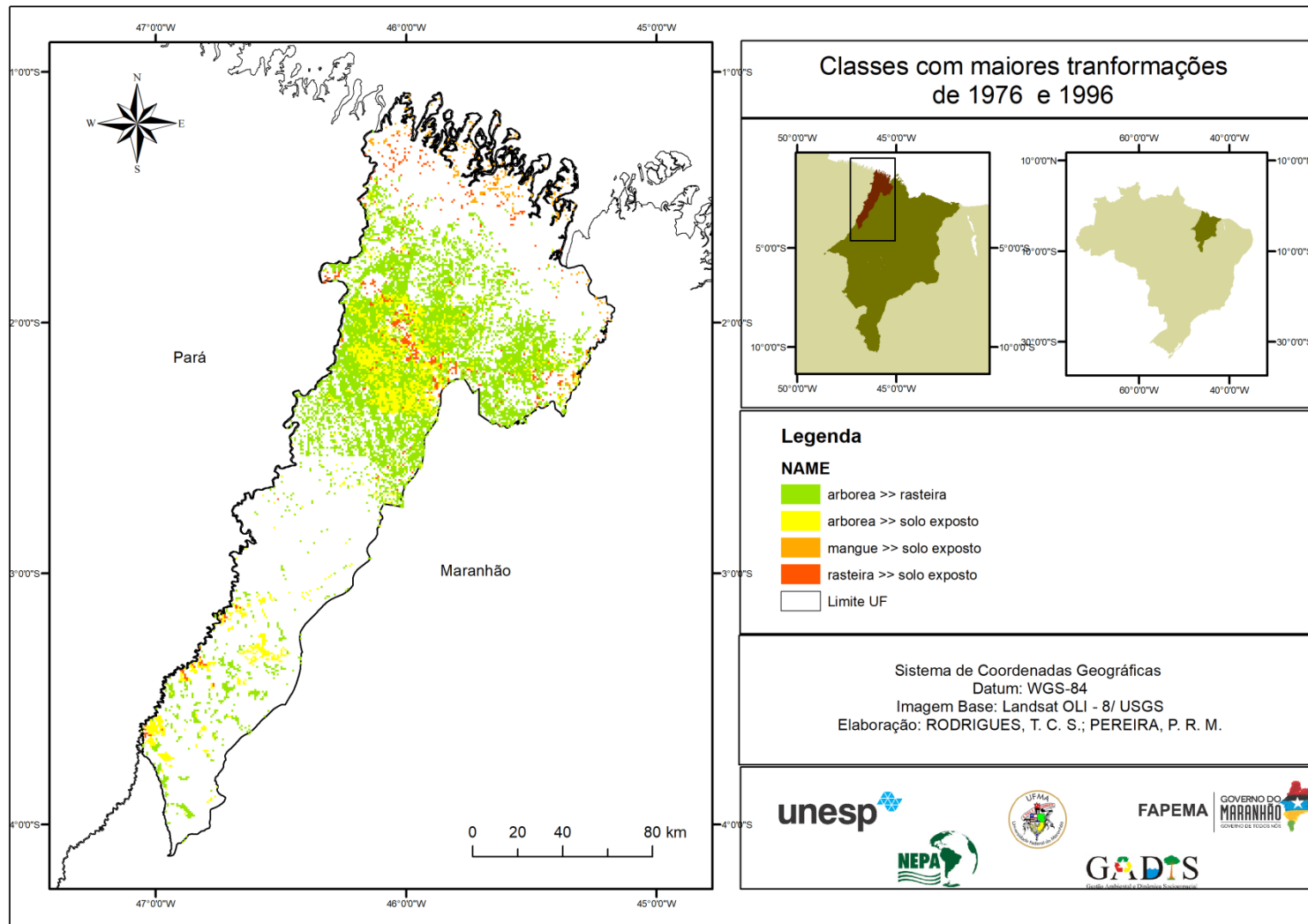
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 39: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 1976 e 1996



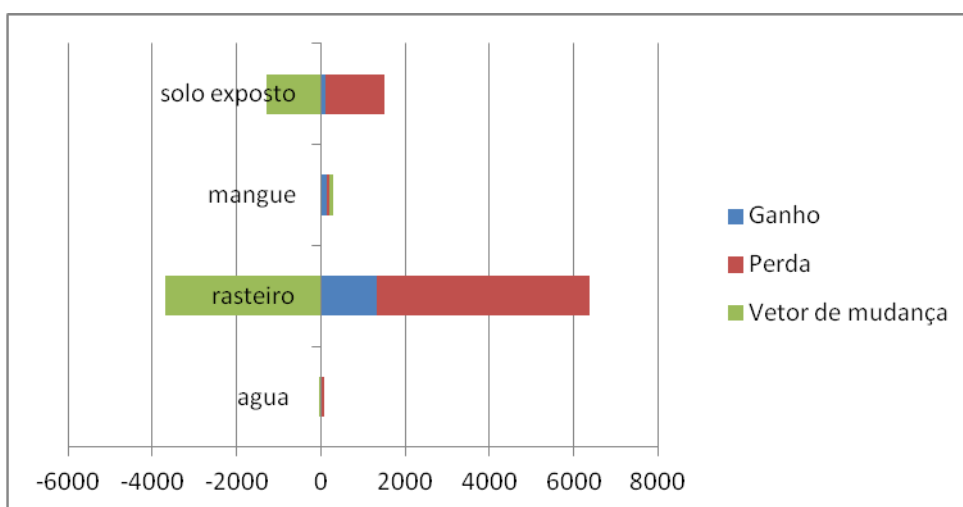
Fonte: dados da pesquisa

Figura 40: Relação das classes com maior perda entre os anos de 1976 e 1996



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 3: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes.



Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da análise da tabela e do gráfico acima, pode-se perceber o quanto foi ganho ou perdido da vegetação arbórea com relação às outras classes encontradas na cena. Como foi mencionado anteriormente e pode-se comprovar, a vegetação arbórea perdeu uma área em torno de 3 687 km² para a vegetação rasteira e uma área de 1 302 km² para a classe de solo exposto.

Em outra análise de mudança realizada com os dados de cobertura da área de estudo, entre os anos de 2006 e 2016, por meio da tabulação de dados, foi possível perceber que a quantidade de áreas desmatadas apresentou um decréscimo. Porém isso não ocorreu devido à ação de políticas públicas, mas sim pela diminuição de áreas com madeiras de leis em décadas passadas. Atualmente, as áreas que ainda não apresentam grandes transformações e perdas de vegetação arbórea se reduziram às terras indígenas e a uma parte da REBIO do Gurupi.

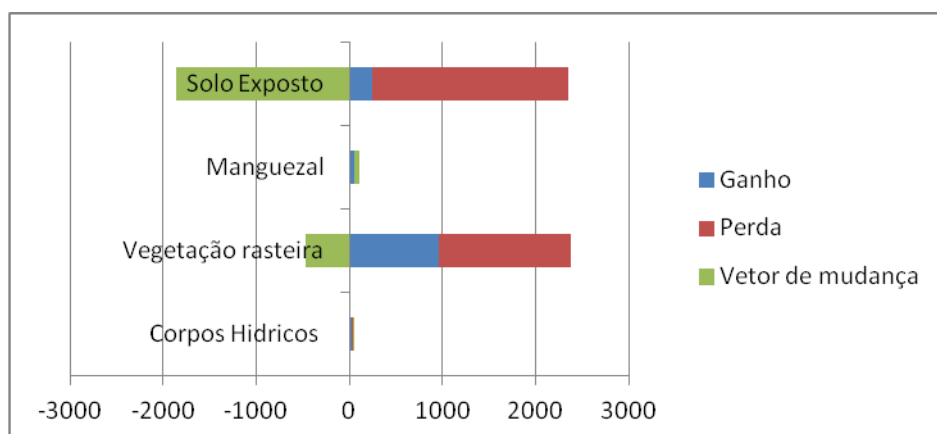
Por meio dessa ferramenta, é possível saber quais foram as perdas e ganhos de cada classe e quantos quilômetros foram transformados, porém, assim como a análise anterior, deu-se ênfase à classe da vegetação arbórea e ao quanto de perda e ganho foram obtidos (Tabela 18 e Gráfico 4).

Tabela 18: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016

Arbóreo	Ganho	Perda	Vetor de mudança
água	25,03	12,87	12,16
rasteiro	957	1423,38	-466,38
mangue	54,38	0	54,38
solo exposto	242,5	2104,53	-1862,03

Fonte: Dados da pesquisa

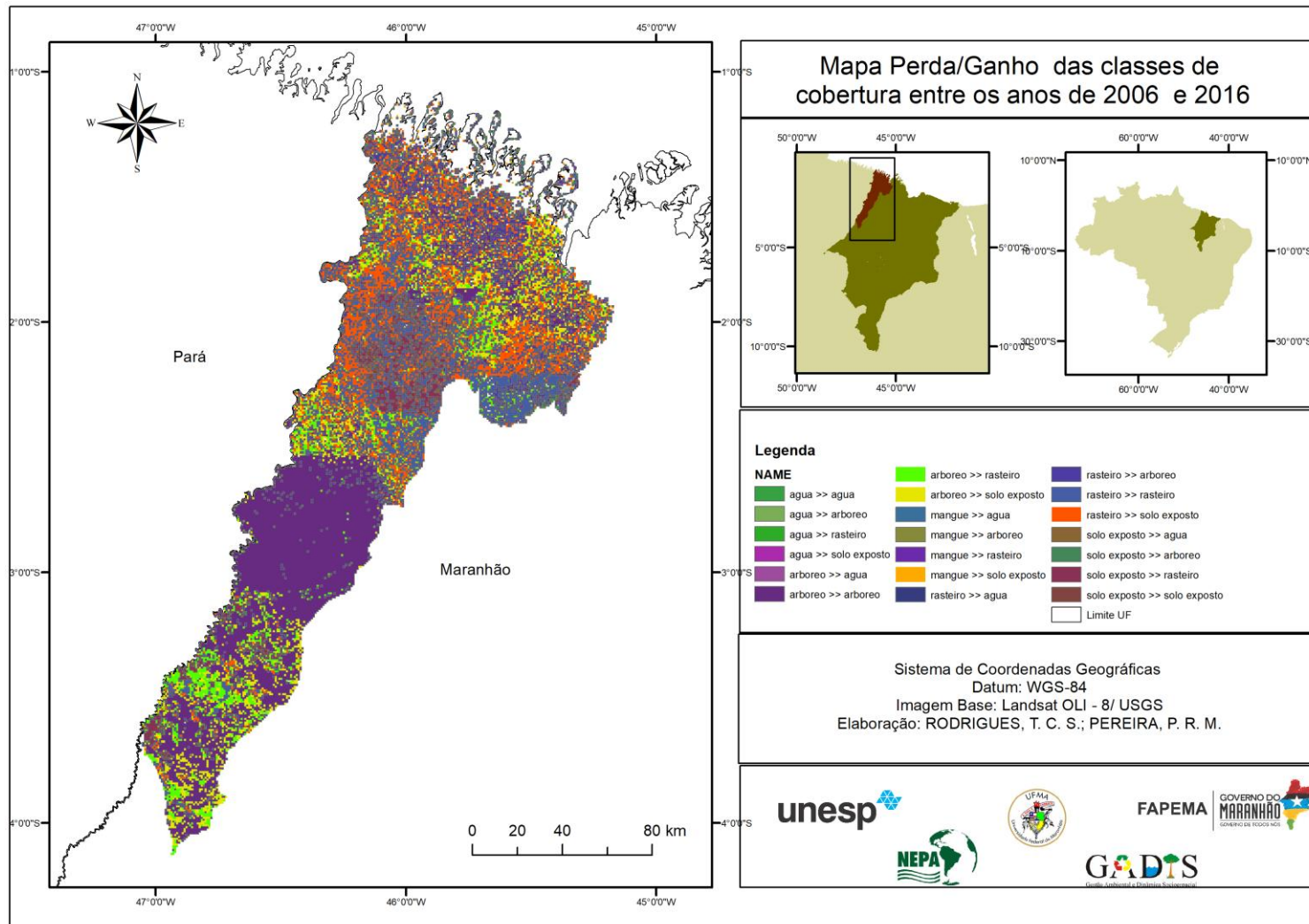
Gráfico 4: Relação do ganho e perda da classe de vegetação arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016



Fonte: Dados da pesquisa

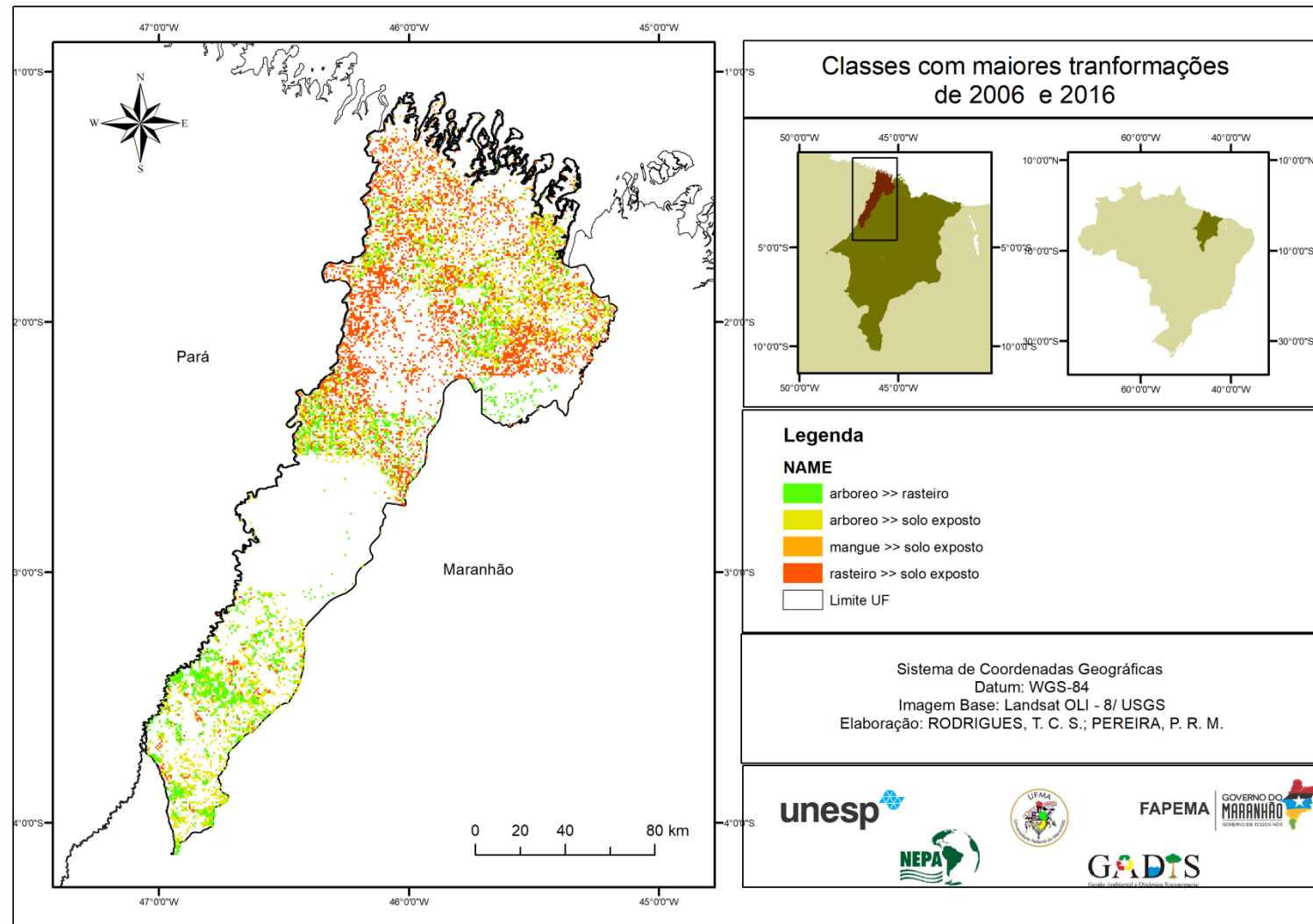
Mesmo com menor perda de vegetação arbórea durante esse segundo período estudado, o vetor de mudança mostra uma tendência negativa, ou seja, a perda de vegetação arbórea em prol de outras classes foi maior do que o ganho. Entre os anos de 2006 e 2016, a maior perda foi para a classe de solo exposto e, em segundo, para vegetação rasteira (Figuras 41 e 42).

Figura 41: Relação do Ganho e Perda da classe de Vegetação Arbórea em relação a outras classes entre os anos de 2006 e 2016



Fonte: dados da pesquisa

Figura 42: Relação das classes com maior perda entre os anos de 2006 e 2016



Fonte: dados da pesquisa

CAPÍTULO 06

A PERCEPÇÃO DA PAISAGEM A PARTIR DO OLHAR DOS MORADORES LOCAIS



1. A PERCEPÇÃO DA PAISAGEM A PARTIR DO OLHAR DOS MORADORES LOCAIS

Para analisar como a população local entende e percebe a paisagem, aplicou-se entrevistas semidirigidas a moradores com residência maior/igual a trinta anos na área. Para tanto, em cada município visitado, durante a jornada a campo realizada em janeiro e fevereiro de 2018, visitou-se povoados próximos das sedes municipais assim como se conversou com moradores da própria sede, para tentar entender como ocorreram as transformações nessas áreas e como eles percebem o ambiente local.

É importante destacar que as perguntas foram divididas em dois conjuntos: um que buscou avaliar o perfil e a percepção dos moradores locais e o outro que estava associado diretamente à percepção paisagística, à memória, à cultura e às imagens que retratam a noção de paisagem para o sujeito, com objetivo de levantamento fotográfico (Anexo 1).

A maioria dos moradores entrevistados apresentou idade acima de cinquenta anos, tendo nascido no local estudado (Figura 43), o que facilitou a conversa e as respostas durante a entrevista. Em todas as entrevistas aplicadas, ao se perguntar sobre o porquê de eles gostarem de morar naquele local, a resposta era rápida e clara: a tranquilidade. Segundo os moradores, ainda é possível ter tranquilidade nessas regiões visitadas, apesar de que, nos últimos tempos, com a chegada mais intensa das drogas, alguns problemas de segurança começaram a ocorrer, mas nada que se compare às grandes cidades (para eles as sedes municipais são grandes cidades).

Figura 43: Entrevista realizada ao seu Henrique, morador de um povoado situado no município de Carutapera



Fonte: Dados da pesquisa

Por ser uma região com elevados índices de desigualdade (IBGE, 2013) e com baixos índices de desenvolvimento humano (ONU, 2015), a maioria das pessoas entrevistadas mora um tempo fora para buscar melhores condições de vida, na maioria das vezes em regiões do Estado do Pará devido à proximidade, ou em garimpos no Suriname e Guiana Francesa. Porém, mesmo com a falta de estrutura, a maioria das falas relata que voltaram ao local devido a uma identidade familiar enraizada. Mostram que a terra dos seus pais e avós ainda lhes é um bem maior e, apesar dos problemas de estrutura social, aquele lugar é onde querem viver o resto de suas vidas.

Neste sentido percebeu-se o quanto o local e as relações nele construídas lhes são importantes, mais do que qualquer outro fator. Apesar das transformações positivas e negativas, a vida nesses locais ainda é muito feliz.

Ao se conversar sobre as transformações que ocorreram na área, na maior parte dos relatos, foi dito o quanto de modificação houve nesses lugares, porém percebeu-se a valorização afetiva dos recursos naturais, bastante enfatizado no tocante às modificações principais. Falou-se sobre como esses espaços eram no passado: "muitas matas" que "se andava de jumento e boi", "não tinha energia elétrica", que tinha "mais madeira de lei" e animais. Na fala dos moradores, é notório o quanto o ambiente foi transformado pela entrada do homem nas áreas de floresta, que a taxa de desmatamento, a degradação do ambiente e a mudança no uso da terra trouxeram graves problemas às comunidades na atualidade.

Ao longo da jornada de campo, onde foram percorridos mais de 1200 km em cinco dias, foi perceptível essas modificações já analisadas por meio de imagens de satélites multitemporais e comprovadas em campo.

Apesar da grande retirada de vegetação e mudanças no uso da terra, as falas dos moradores demonstraram que algumas dessas mudanças melhoraram a condição de vida da comunidade, a exemplo da abertura de estradas, que possibilitou deslocamento mais rápido para as sedes municipais, uma vez que, antes disso ocorrer, o transporte era realizado por meio de animais e, quando havia pessoas doentes, eram levadas em redes e, com isso, demorava-se mais de um dia para chegar ao destino final. Para eles a chegada de escolas nos povoados e de um posto de saúde, mesmo sem a presença diária de um médico no local, foram mudanças que também trouxeram melhorias para a região.

Outra questão importante abordada é o grau de identidade que esses moradores apresentaram com suas moradias. Ao se perguntar qual fotografia enviariam aos familiares que não estão morando próximo, a resposta mais recorrente foi que enviariam fotografia das

suas propriedades/residência, para os parentes verem como melhoraram de vida e como está a atual situação do povoado (Figura 44).

Figura 44: Residência do seu Henrique que tem orgulho de a ter construído.



Fonte: Dados da pesquisa

Com a vivência em campo, observou-se que alguns elementos que tendem a ocorrer em lugares mais urbanizados começaram a chegar nessas regiões mais distantes das sedes municipais. Nas entrevistas realizadas aos moradores, foi perceptível, na maioria das falas que, ao perguntar sobre qual elemento da paisagem os chocava mais, a resposta era sobre a chegada das drogas e da violência na região. Para eles, antes de qualquer mudança na paisagem local, esse era um dos principais problemas enfrentados pelos moradores, devido à ocorrência de pequenos furtos.

Claro que em suas falas também se ouviu sobre o medo de as áreas de vegetação se acabarem, pois algumas árvores nativas que tinham grande ocorrência na área, não há mais. Os rios, que antes eram mais profundos, atualmente oferecem menos quantidade de peixes e menor navegabilidade devido ao assoreamento. Para eles a própria ação humana vai fazer com que alguns desses elementos da paisagem deixem de existir com o tempo.

Outro elemento encontrado em campo responsável pelas mudanças da paisagem local foi a abertura de garimpos, de pequeno e grande porte, para a retirada do ouro. Nas visitas a alguns dos garimpos que existem na área, percebeu-se que a preocupação com os impactos causados ao ambiente é mínima, principalmente nos garimpos que não apresentam

documentos para seu funcionamento. Os moradores locais falam pouco sobre isso, mesmo porque a maioria já foi garimpeiro ou ainda trabalha no ramo. Relatam sempre que o garimpo é pequeno e que não gera mais a quantidade de ouro gerada anos atrás. Afirmam que o trabalho já está quase acabando nessa área, mesmo por que as grandes mineradoras estão comprando as pequenas áreas e mecanizando a extração.

A vida nesses locais visitados é difícil, a começar pelo acesso que, apesar da melhoria das estradas principais, as estradas que levam até os povoados são complicadas e, no período da chuva, pioram. Porém percebe-se na fala dos moradores o quanto essa situação já melhorou em relação ao passado, e como são gratos a tudo.

Percebeu-se, tanto nos moradores mais velhos que relatavam suas memórias sobre essa melhoria estrutural, quanto no sorriso das crianças locais que não precisavam de muito para brincarem, se sentirem realizadas e serem gratas a tudo. Isso foi um grande ensinamento deixado e levado pelos pesquisadores (Figura 45)

Figura 45: Crianças no povoado situado no município de Carutapera



Fonte: Dados da pesquisa

CAPÍTULO 07

GEOFOTOGRAFIA: A MATERIALIZAÇÃO DA AMAZÔNIA MARANHENSE



1 GEOFOTOGRAFIA: A MATERIALIZAÇÃO DA AMAZÔNIA MARANHENSE

A Amazônia brasileira é um ambiente de grande repercussão mundial, por abrigar a maior bacia hidrográfica do planeta e ainda ser uma das últimas áreas de extensa cobertura de floresta tropical. Um domínio geográfico que, além do Brasil, alcança mais oito países, recorde de biodiversidade com 40 mil espécies de plantas, que aumenta a cada dia, 9 mil peixes de água doce conhecidos, 1800 borboletas, 1300 aves e 3 mil abelhas (SANCHS, 2008).

Inserida nessa região maior, tem-se a Amazônia Legal brasileira, uma área administrativa que compreende 5,2 milhões de km², 61% do território brasileiro, com uma população de 23 milhões de habitantes, abrigando 170 povos indígenas e 357 comunidades quilombolas (VERÍSSIMO et al., 2006), todos sob forte pressão das atividades produtivas que expandem o arco do desmatamento .

Com toda essa dimensão física e pluralidade social e cultural, a Amazônia legal, e aí se insere a Amazônia maranhense, apresenta um área de intensos interesses quanto a sua catalogação e leitura das suas diferentes paisagens e culturas.

Com isso a fotografia, ou melhor, nesse caso, a Geofotografia, veio contribuir para a renovação de um sistema de representação em transformação. A fotografia não tomou unicamente o lugar da pintura; ela, ao mesmo tempo, modificou as especificidades operatórias, o caráter do dispositivo de artealização, mudou o olhar ao se analisar a paisagem e afetou a sensibilidade em relação aos lugares (PASSOS, 2004).

É com Vidal de La Blache que a fotografia ganha significado maior na representação da paisagem com a publicação, em 1908, da obra *La France. Tableau géographique*, isto é, uma reedição do *Tableau de la géographie de la France*, abundantemente ilustrado de fotografias comentadas (PASSOS, 2004).

Por meio da representação dessas imagens, identificou-se a valorização de um método particular de análise, em que a representação de paisagens e lugares vem seguidas de significados associados a textos.

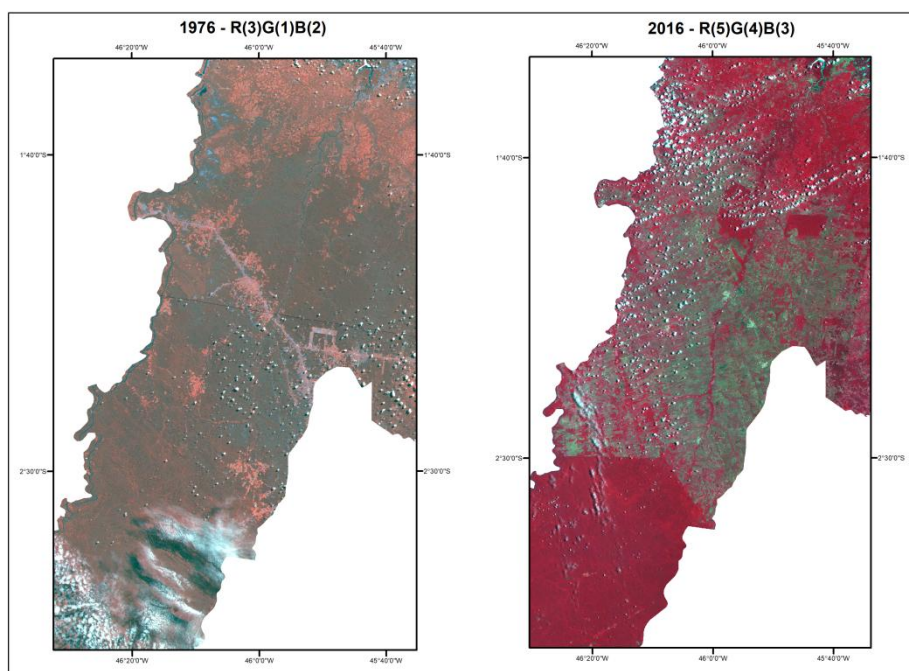
Para Passos (2004), Vidal acabou sendo um precursor nessa vertente, tendo avançado rápido do ponto de vista ilustrativo para o ponto de vista científico ao afirmar que há um método geográfico de interpretar as paisagens. Passos (2004) ainda afirma que é importante, nesse ponto de vista, que a fotografia seja praticada em um espírito geográfico por pessoas que saibam ler a natureza. Não se trata mais do uso da fotografia como ilustração, mas de uma técnica de análise científica.

Jean Brunhes e Emmanuel de Martonne foram os herdeiros, em linha direta, da prática icnográfica vidaliana. Para Jean Brunhes, a fotografia é mais mostrativa que demonstrativa. O texto se limita frequentemente a nominar os objetos, contendo mais nomenclatura que verbos. Brunhes atomiza o mundo em uma combinação sistemática dos fatos, enquanto que Vidal ativa as correspondências entre os fenômenos. Aquele constitui um catálogo analítico (de objetos geográficos) e fala à nossa inteligência, enquanto este elabora um álbum cinematográfico (de paisagens) e solicita nosso reconhecimento (TEIXEIRA, 2006).

Neste item, será realizada uma "viagem" pela Amazônia Legal Maranhense, mais precisamente, a microrregião do Gurupi, por meio de imagens de satélites e de fotografias obtidas no trabalho de campo, realizado no final de janeiro e início de fevereiro de 2018. Por meio de elementos da paisagem, serão evidenciadas as transformações ocorridas, os elementos que identificam a área de alguma forma e os elementos das relações sociedade-natureza, estabelecidos por seus atores sociais.

Inicia-se o processo de construção da paisagem ao longo da Microrregião do Gurupi a partir de duas imagens de satélite: uma de 1976 do satélite Landsat 2 (sensor MSS) e a outra de 2016 do satélite Landsat 8 (sensor OLI) (Figura 46).

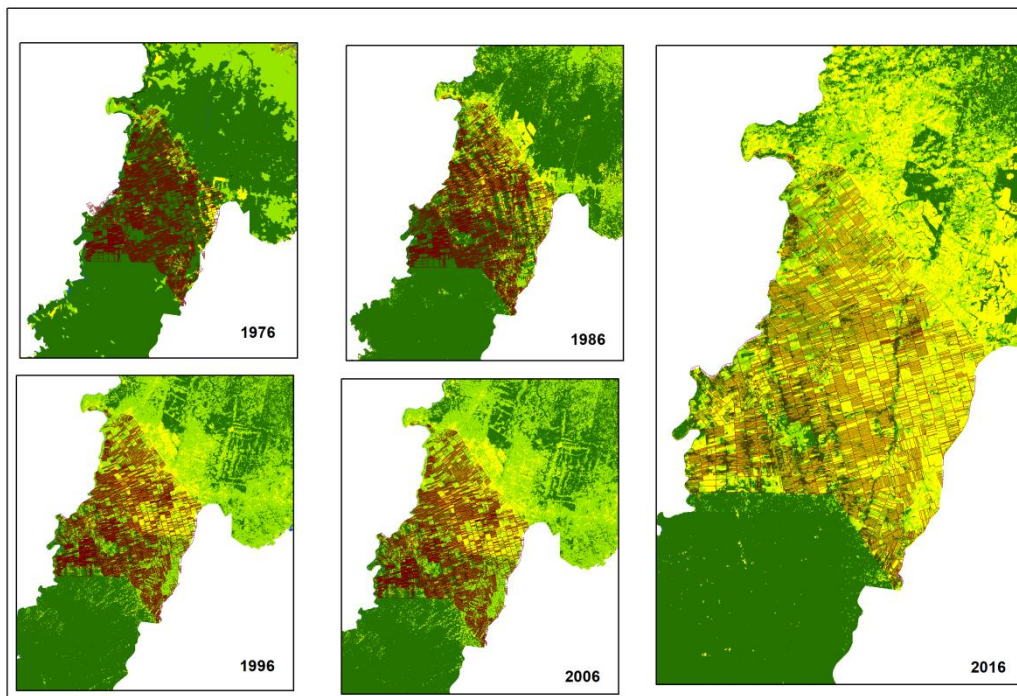
Figura 46: Imagens de satélite que demonstram as principais áreas desmatadas na área central da Microrregião do Gurupi (área central).



Fonte: Dados da pesquisa

O processo mais intenso de ocupação dessa região teve início na década de 1970, com as ocupações espontâneas e as "planejadas", o que levou a maiores desmatamentos justamente nessas áreas (Figura 47).

Figura 47: Transformações ocorridas no território, principalmente na área ocupada pelo projeto de Colonização do Alto Turi



Fonte: Dados da pesquisa

Nota-se que a zona central da Microrregião do Gurupi que mais perdeu vegetação e onde houve mais mudanças na paisagem de 1976 a 2016 (pode-se analisar na figura acima) foram áreas direcionadas aos assentamentos do Projeto de Colonização do Alto do Turi. As áreas que mais perderam vegetação, em que houve transformação da vegetação arbórea para vegetação rasteira e solo exposto, foram as áreas que passaram, a partir da década de 1960, pelo COLONE. Além disso, é possível identificar a distribuição dos lotes inseridos na Microrregião do Gurupi.

A empresa colonizadora, COLONE, também gozava de grande prestígio frente aos governos. É importante destacar que esses projetos tinham apoio do Governo Federal, em todos os aspectos, inclusive financeiro. Atualmente essa área central é a região que mais sofre com as modificações e com a chegada da pecuária (Figuras 48 e 49).

Figura 48: Áreas de pastos e fazendas no município de Centro Novo do Maranhão



Figura 49: Vias de acesso à terra indígena Alto Turiaçu



A madeira, por ser o recurso mais disponível de imediato e por ser encontrado em abundância, foi a primeira fonte de riqueza a ser explorada na região, tanto pelos colonos quanto pela entrada de madeireiros ilegais na região. Anos atrás, um grande número de serrarias se instalou na região. Atualmente isso ocorre em menor escala devido à redução das madeiras de leis e sua limitação apenas em áreas de terras indígenas e reserva legal, além da fiscalização mais intensa nessas áreas.

Anos atrás, a exploração da madeira era realizada sem reposição florestal, e logo a matéria-prima foi se esgotando (Figura 50). Era necessário ir cada vez mais longe para se obter as espécies mais valorizadas, e, assim, novas áreas iam sendo desmatadas. Essas áreas eram então, aos poucos, incorporadas a outras atividades econômicas, como a criação de gado e mais tarde a agricultura.

Atualmente os moradores locais ainda relatam a presença, principalmente na região mais próxima da terra indígena Alto Turiaçu, de madeireiros ilegais ou até mesmo alguns moradores que ainda praticam o desmatamento com o intuito de venda da madeira.

Durante a viagem a campo, encontrou-se nessas áreas madeiras cortadas recentemente e áreas queimadas (Figura 51). As queimadas eram, e ainda são, frequentemente, usadas para “limpar” a terra. Muitas vezes realizada de forma criminosa, elas destroem grandes áreas de floresta, inclusive aquelas destinadas à preservação.

Figura 50: Madeiras cortadas recentemente, aguardando transporte.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 51: Área queimada



Fonte: Dados da pesquisa

Em toda a área da Microrregião do Gurupi, é possível encontrar várias áreas de mineração de ouro, presente nos veios de quartzo que cortam os sedimentos metamórficos do Grupo Gurupi e rochas pré-cambrianas. Uma das maiores mineradoras na área chama-se Arizona, instalada no estado desde o ano de 2007, principalmente no município de Godofredo Viana, a 580 km de São Luís.

Em 2011, outra empresa de mineração se instalou na região e começou o processo de extração. A empresa Jaguar instalou-se no município de Centro Novo do Maranhão. A vida útil desse garimpo é de 20 anos, gerando uma produção anual de 4.600 Kg de ouro e cinco milhões de toneladas de minério.

Além desses garimpos legais, de grandes empresas multinacionais, ao longo da realização do campo, foram encontrados outros garimpos que não possuem autorização para funcionamento, porém ocupam grandes regiões. Nesses garimpos, houve a oportunidade de entrar e conhecer como era seu funcionamento e um pouco da vida dos garimpeiros.

Num primeiro momento, a presença da equipe de campo no garimpo provocou um choque nos garimpeiros em função do medo e receio da fiscalização. Notou-se que são pessoas dos mais diversos lugares do Brasil que foram levadas com um único intuito: melhorar de vida. Pessoas sem muita escolaridade, mas que já moraram em vários outros

garimpos do Brasil e de outros países, como Suriname e Guiana Francesa. Depois do medo, mostraram seu lado receptivo, explicando como funcionava a extração do ouro e a divisão de funções e valores (Figuras 52 e 53).

Figura 52: O "batiado" dos garimpeiros na procura do ouro



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 53: O momento que perderam o medo da "fiscalização" e contaram histórias de vida e suas funções no garimpo



Fonte: Dados da pesquisa

Além disso, nessas áreas, identificou-se grande devastação da vegetação nativa e secundária. Não há nenhuma forma de minimizar esses impactos ao ambiente e nem preocupação com substâncias que contaminem os lençóis freáticos locais (Figura 54). Apesar disso, boa parte da população ainda tem o sonho de encontrar ouro, e, ao andar por toda a região, foi fácil encontrar áreas de mineração nos quintais das casas pequenas.

Figura 54: Área do garimpo



Fonte: Dados da pesquisa

Porém o dinheiro gerado pelas mineradoras e pela extração em garimpos ilegais pouca fica nos municípios ou não é utilizado em benefício da população que, em sua maioria, está entre os municípios com menores IDH do Brasil. A população é uma das mais pobres do estado, sem acesso à água, educação e saúde de qualidade. Os empregos nessa região giram em torno de garimpos, madeireiras, serviços comerciais e funcionalismo público (Figuras 55 e 56).

Figura 55: Casa comum na área dos municípios estudados



Fonte: Dados da pesquisa

O transporte atual, mesmo com o relato dos moradores de que já melhorou bastante, ainda é realizado por "paus de arara", sem segurança para crianças e pessoas com mais idade que dele dependem para o deslocamento ao centro das cidades onde realizam compras maiores e resolvem questões com bancos e outros assuntos.

Figura 56: Forma de transporte das comunidades que vivem mais distante da sede do Município



O acesso à água encanada foi outro problema relatado pelos moradores locais. Apesar da abundância nos rios Gurupi e Maracaçumé, os moradores ainda dependem de outros meios, como poços, para ter acesso a água em suas casas (Figuras 57 e 58). Além de servirem como fonte de água potável para os ribeirinhos, os rios ainda servem como meio de deslocamento de pessoas e alimentos, além da pescaria, realizada com grande frequência nesses municípios.

Figura 57: Captação de água em poços mais distantes de suas casas



Figura 58: Rio Gurupi como meio de transporte para os moradores



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou realizar um levantamento sobre as atuais condições físicas e sociais da Microrregião do Gurupi, área de Amazônia Legal Maranhense, por meio da utilização do modelo Geocomplexo, Território e Paisagem - GTP com o auxílio das Geotecnologias, principalmente Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. A área de estudo foi escolhida em razão da pouca quantidade de trabalhos na área da Geografia dedicada e essa região, devido à importância que essa região apresenta em nível nacional, além das intensas transformações que ocorreram.

Percebeu-se que o método GTP, utilizado como base para a pesquisa, foi capaz de analisar e entender os elementos ambientais, socioeconômicos e culturais da região, o que foi de grande importância para analisar todo o sistema estudado e a percepção dos moradores em relação ao local vivido.

A área de estudo foi uma das últimas regiões do estado do Maranhão a serem ocupadas devido à dificuldade em adentrar as terras da região, antes ocupadas pela Floresta Amazônica densa. A partir das décadas de 1960 e 1970, as ocupações, tanto espontâneas quanto organizadas, começaram a ocorrer na região a fim de desenvolvê-la. Porém, com essas ocupações e a abertura de estradas, teve início ao processo intenso de desmatamento e mudança de cobertura e uso da terra.

Para identificar essas mudanças ocorridas desde a década de 1970, foram utilizadas as imagens de satélite LANDSAT que, mesmo com problemas relacionados à grande quantidade de nuvens na região, atendeu ao objetivo proposto, com a identificação das principais classes de cobertura da terra e a detecção das principais mudanças ocorridas.

Por meio das tabelas de quantificação das áreas de cada classe, identificou-se que, entre 1976 e 2016, a vegetação arbórea que apresentava cobertura de 68%, diminuiu para 38%, ou seja, houve uma perda da metade dessas áreas de Floresta. Consequente a isso, a classe de solo exposto aumentou de 8% para 27% e a vegetação rasteira de 17% para 20%, o que revela quanto de área foi modificada e transformada nessa área. Os moradores locais afirmam que árvores nativas e com madeiras de lei raramente são encontradas em algumas regiões da área, devido à intensa retirada e a processos como queimada, desmatamento e mineração.

Essas mudanças de cobertura da terra também foram identificadas mais detalhadamente com a geração dos mapas de vetores de mudanças, em que foi possível

analisar quais as classes perderam mais áreas para outras classes, como é o caso de grande perda da vegetação arbórea para vegetação rasteira e solo exposto.

Diante de todas essas mudanças de cobertura da terra, o uso, enquanto atividades realizadas pelos moradores na superfície terrestre, mudou bastante e chegou ao atual cenário, em que a maior parte da região ocupa uma área de mosaico da agricultura familiar, bem pequena, com a pecuária, principal atividade realizada na área, ocupando a região central e norte da região.

Em relação às Unidades de Paisagem, por meio dos métodos aplicados, foram identificadas oito Unidades de Paisagem, em que o principal fator levado em consideração foram as formas de relevo e a declividade, além da vegetação, solos, dentre outras características.

Quanto à fragilidade ambiental das unidades de paisagem, percebeu-se que as áreas mais frágeis a processos erosivos são aquelas que se localizam no centro e norte da região, em que o uso do solo é voltado à agropecuária e há a presença de grandes latifúndios. Além disso, as áreas de manguezais também apresentam-se como áreas frágeis e que necessitam de preservação. Porém a madeira retirada do mangue não apresenta alto valor comercial e logo a venda não é tão produtiva quanto a comercialização da madeira das árvores amazônicas.

Essas transformações físicas foram bastante discutidas pelos moradores locais durante a realização das entrevistas semidirigidas apontando que com essas modificações ocorreram varias mudanças em suas vidas, como o assoreamento dos rios e a diminuição dos peixes e animais da região. Apesar disso a população local identifica-se com essas áreas em que vivem, demonstrando que, apesar das mudanças negativas que ocorreram no ambiente, muitas transformações estruturais serviram para melhorar a vida ainda que sejam cobradas mais melhorias.

Entende-se que a área já se encontra bem modificada e que é muito provável que a situação, caso não haja implantações de políticas públicas, piore em direção à áreas que ainda apresentam Floresta Amazônica nativa, que são: as Unidades de Conservação e Áreas de Terras Indígenas, haja visto que já é comentado pelos moradores a entrada de madeireiros ilegais nas terras indígenas. Devido a isso a pesquisa continua, tem-se o objetivo de continuar os estudos na área com a realização de prognósticos mais específicos como a geração dos cenários que não foram finalizados durante o doutorado logo pensa-se na continuidade no pós- doutorado.

Desse modo, durante todo o desenvolvimento da pesquisa, ficou evidente que a ação humana trouxe profundas transformações à região tanto física, quanto social e econômica. Percebeu-se que o modelo utilizado como método teórico e metodológico, com o auxílio das Geotecnologias, foram importantes aportes metodológicos para a construção da pesquisa.

É importante ressaltar que a pesquisa enfrentou alguns problemas relacionados a falta de verba para a realização do campo, uma vez que a área de estudo é bem extensa e distante dos centros urbanos do Estado. Dessa forma, precisou-se pedir auxílio da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, que ajudou com o transporte e diárias para o motorista, porém isso limitou a quantidade de campos realizados.

Outro fator importante para a pesquisa e conclusão do Doutorado que cabe ser ressaltado, foi a realização do estágio de Doutorado na Universidade de Coimbra - Portugal, sob a orientação do Prof. Dr. Lúcio Cunha. Poder participar de um grupo de pesquisa na Universidade de Coimbra, CEGOT, e manter contato com pesquisadores de outros países, foi de grande enriquecimento pessoal e acadêmico.

De todo modo, todas as experiências foram de grande importância para a construção desta pesquisa, o contato com os moradores da região durante o campo realizado, propiciou um enriquecimento maior ainda. A região é carente de escolas, postos de saúde, estradas, transportes, porém os moradores vivem em harmonia entre si e tentam sempre perceber o quanto as coisas melhoraram ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A. N. **Contribuição à Geomorfologia do Estado do Maranhão**. Notícia Geomorfológica. Campinas: UNICAMP, v.3, n.5, p.35-45, abr. 1960
- AB´ SÁBER, A. N. **Os Domínios da Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ABRAMOVAY, R. **Funções e medidas da ruralidade no desenvolvimento contemporâneo**. Rio de Janeiro, IPEA. 2000.
- AGUIAR, A. P. D. de. Modelagem de Mudança Do Uso Da Terra Na Amazônia: Explorando a Heterogeneidade Intrarregional. 20012. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais, São José dos Campos, Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.10.18.21>>. Acesso em 20 de novembro de 2017.
- ARAÚJO, E. H. G. **Análise multi-temporal de cenas do satélite Quickbird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais. Estudo de caso: Belo Horizonte**, MG. 2006. 175 p. (INPE-13956- TDI/1062). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/07.24.19.43>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista UNESP FCT, 2014 289 f.
- ARCANGELI, A. **O mito da terra: uma análise da colonização da Pré-Amazônia Maranhense**. São Luís: UFMA, 1987.
- BAATZ, M.; SCHÄPE, A. **Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation**. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000*. Karlsruhe. Herbert Wichmann Verlag, 2000. p. 12 – 23. Disponível em: <http://www.definiens.com/pdf/publications/baatz_FP_12.pdf>. Acesso em: 31 de janeiro de 2014.
- BANDEIRA, I. C. N.(org). **Geodiversidade do estado do Maranhão – Teresina : CPRM**, 2013.
- BARBOSA, Getulio Vargas e PINTO, Maria Novais. **Geomorfologia da Folha AS-23, Fortaleza, e parte da folha SA 24 – Fortaleza**. In: Projeto RADAM, Rio de Janeiro, 1973.
- BARBOSA, L. G.. **Análise de sistemas em biogeografia: estudo diagnóstico da cobertura vegetal da floresta nacional de palmares, Altos, Piauí/Brasil 2015**. 179 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/15/ms/liriane-barbosa.pdf>.
- BERTRAND, G.. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Tradução Olga Cruz – **Caderno de Ciências da Terra**. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, nº13, 1972
- BERTRAND, G.; “Pour une étude géographique de la végétation”. R.G.P.S-O, t. XXXVII, TOULOUSE, Págs. 129-145. 1966:
- BECKER, B. K. **Cenários de curto prazo para o desenvolvimento da Amazônia**. **Cadernos NADIAM**, Brasília, MMA, 1999.

_____. **Revisão das Políticas de Ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?**, Número 12, Setembro 2001, p.135-159.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Petrópolis (RJ): **Vozes**, 2008.

_____. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Tradução de Francisco M. Guimarães. – 6 ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BERTRAND, C. BERTRAND, G. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Tradução: Messias Modesto dos Passos (Org.). Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.

_____. Paysage et Geographie Physique Global. **Revue Geographique des pyrénées et du Sud-Ouest**. Toulouse: 39(3):242-272, 1968.

_____. G. Pour une etude geographique de la vegetation. **Revue Geographique des Pyrenees et du Sud-Ouest**. Toulouse. v. 37, p.129 - 145. 1966.

BOUCEK, B.; Moran, E. F. Inferring the behavior of households from remotely sensed changes in land cover: current methods and future directions. In: GOODCHILD, M. F.;

BECK, Hanno. Zu dieser Ausgabe des amerikanischen Reiseberichtes. In:

_____, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. **Petrópolis: Vozes**, 1973.

BRASIL. Lei Nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a superintendência da sua execução e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Seção 1 - 7/1/1953, Página 276. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1806-6-janeiro-1953-367342-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 08 de agosto de 2016.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Conjunto de normas legais: recursos hídricos**. 7. ed. Brasília, DF: MMA, 2011.

_____. Lei Nº 5.173 de 27 de outubro de 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1 - 31/10/1966, Página 12563. Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-5173-27-outubro-1966358978-norma-pl.html>> Acesso em: 18 de agosto de 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. Florestas do Brasil em resumo - 2009: dados de 2005-2009. Brasília, DF, SFB. 2009. p. 32 - 12 _____Lei complementar Nº 31, de outubro de 1977. Cria o Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras. Brasília, DF. Diário Oficial da União - Seção 1 - 12/10/1977, Página 13729. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/leicom/1970-1979/leicomplementar-31-11-outubro-1977-363968-publicacaooriginal1-pl.html>>. Acesso em: 18 de agosto de 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Serviço Florestal Brasileiro. Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010 Brasília, DF, SFB. 2010. p. 84 - 152.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam Folha SA. 23 São Luís e parte da folha SA. 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, n. 65, p. 2-16, ago 2010.

BURROUGH, P. A.. **Dynamic Modelling and GIS**, Chapter 9. In: P. Longley, S. M. Brooks, R. MacDonnel, & W. MacMillan, Geocomputation: a primer (pp. 165±192). Wiley, 1998.

CABRAL, M. do S. C. **Caminhos do gado: conquista e ocupação do sul do Maranhão**. São Luís: SIOGE, 1992.

_____, M. do S. C. **Caminhos do gado: conquista e ocupação do sul do Maranhão**. – 2ª ed. – São Luís: Edufma, 2008.

CARVALHO FILHO, R. **Solos do Estado do Maranhão**. In: Seminário sobre Aspectos Geoambientais e Socioeconômicos do Maranhão. São Luis: SAGRIMA. 2011.

CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M. V. MEDEIROS, J. S.de. Fundamentos Epistemológicos da Ciência da Geoinformação. INPE-8565-PRE/4309, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia – Introdução**. São Paulo, Hucitec: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 1980.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. v. 1. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 1981.

COLWELL, R. N. **Manual of Remote Sensing**, Second Ed., **American Society of Photogrammetry**, Falls Church, Va., 1983. p. 1.

COLARES, J. Q. S; ARAÚJO, C. d. **Projeto Especial de mapas de Recursos Minerais de solos e de vegetação para a área do programa Grande Carajás - Subprojeto Recursos minerais** - Escala 1:500.000 (folha SA. 23-Y-D - Santa Inês) Estado do Maranhão, Brasília, DNPM/CPRM,1990

CONGALTON, R.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. **Boca Raton: CRC/Taylor & Francis**, 2009.

CREPANI, E.; MEDEIROS J. S. de - **Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia**. São José dos Campos: INPE, ago. 2004. 40 p. (INPE-11238-RPQ/761)

DETER. **Desmatamento em Tempo Real**. INPE. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. 2013. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acessado em 20 de agosto de 2013.

DI GREGORIO, A. **Land cover classification system (LCCS)**, version 2 – classification concepts and user manual. Rome: FAO, 2005. 208 p. ISBN 92-0510-5327-8.

EMBRAPA. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão**. 2013.

ELACHI, C. **Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing**, New York, Wiley, 1987.

ESCADA, I. Histórico da Ocupação da Amazônia. Exame de Qualificação do Curso de Doutorado em Sensoriamento Remoto. 1999, Instituto de Pesquisas Espaciais.

FEITOSA, A. C. e TROVÃO, J. R.- **Atlas escolar do Maranhão: espaço geohistórico e cultural**. João Pessoa: Editora Grafset, 2006.

FEITOSA, A. C.; ALMEIDA, E. P. de; A Degradação Ambiental do Rio Itapecuru na Sede do município de Codó - Ma. **Cad.Pesq.**, São Luís, v. 13, n. 1,p. 31-45,jan./jun. 2002.

FERNANDES, P.M., LOUREIRO, C., BOTELHO, H. **PiroPinus: a spreadsheet application to guide prescribed burning operations in maritime pine forest**. Computers and Electronics in Agriculture 81: 58-61, 2012.

FLORENZANO, T. C.; TAVARES JR. S. S.; LORENA, R. B.; MELO, D. H. T. B. **Multiplicação e adição de imagens Landsat no realce de feições da paisagem**. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10, 2001, Foz do Iguaçu, PR. Anais (cd-rom). São José dos Campos, SP: INPE, 2001.

_____. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FRANCISCO, C. N., ALMEIDA, C. M. Data Mining Techniques and Geobia Applied to Land Cover Mapping. In: **Internacional Conference on Geographic Object-Based Image Analysis**, 4. (GEOBIA), 2012, Rio de Janeiro. Proceedings...São José dos Campos: INPE, 2012. p. 89-94. Online. ISBN 978-85-17-00059-1. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/3BT2APS>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2016.

FROHN, R. C. **Remote sensing for landscape ecology**, Nova Iorque, Lewis Publishers, 99 p. 1998.

FONSECA, A. P; COELHO NETTO, A.L., LACERDA, W.A. Evolução de Voçoroca e Escorramentos de Terra em Cabeceiras de Drenagem na Concavidade Três Barras, Banana - SP: um estudo na interface geomorfológica-geotécnica.. In: SINAGEO - VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Anais...Goiânia - GO. SINAGEO - VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006

FUSSEL, J. D.; HARRINGTON, J. A. On defining Remote Sensing. In: **Photogrammetric Enginnering anda Remote Sesing**, 1986.

GONÇALVES, C. D. A. B; PEREIRA, M. N; SOUZA, I. M. E. **Uso de imagens CBERS para mapeamento de uso do solo urbano como subsídio ao planejamento** . In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13., 16-21 abr 2005, Goiânia, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 969-977. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers_XIISBSR/331_Mapeam%20Uso%20Solo%20Urbano.pdf>. Acesso em: 20 de nov de 2016.

GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **Geographical Journal**. n. 173, p. 83–88, 2007.

GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **Geographical Journal**, n. 173, p. 83–88, 2007

GROHMANN, C.H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S.S. Aplicação de modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Revista de Geografia Acadêmica**, v.2 n. 2, p. 73-83, 2008.

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

HARVEY, D. **Social Justice and the City**. Oxford, Blackwell, 1988.

HEUVELINK, G.B.M. **Error propagation in environmental modelling with GIS**. London, Taylor & Francis, 1998. 127p

HUMBOLDT, A. V. **Quadros da natureza**. Trad. Assis Carvalho. São Paulo: Ed. Brasileira, 1950a. v. 1.

HUMBOLDT, Alexander von. **Die Forschungsreise in den Tropen Amerikas**. Ed. Hanno Beck, 3 volumes. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1997. v. 3.

HARVEY, David. **A justiça social e a cidade**. São Paulo: Hucitec, 1980. 291p.

HOGAN, D. J.; D'ANTONA. Á de O.; CARMO. R. L. do. Dinâmica demográfica recente da Amazônia. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; ALVES, D. S.; (Org.). **Amazônia: Natureza e Sociedade em Transformação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2008. p. 74 - 303.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em <http://www.inpe.br/queimadas>. Acesso em: 20/11/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATISTICA E GEOGRAFIA (IBGE). Manual Técnico de Uso da Terra. 3º ed. Rio de Janeiro, 2013. ISBN: 85-240-386-5.

_____. **Paisagem e Meio ambiente no Noroeste do Paraná**. Maringá: Eduem, 2013.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Geoestatísticas de Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro. IBGE, 2011.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JACQUIN, A.; MISAKOVA, L.; GAY, M. A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in peri-urban environment. *Landscape and Urban Planning*, v. 84, n. 2, p. 152-165, 2008.

JALAN, S. Exploring the Potential of Object Based Image Analysis for Mapping Urban Land Cover. *J Indian Soc Remote Sens*. v. 40,n-3,- p. 507–518, 2011.

JANELLE, D. G. (Ed.). **Spatially Integrated Social Science**. New York, NY: Oxford University Press, 2004. p. 23-47.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p

JENSEN, J. R.; COWEN, D. C. **Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio- economic attributes**. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 65, n. 5, p. 611-622, 1999.

JOHNSON, B.; XIE, Z. Classifying a high resolution image of an urban area using super-object information. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. p. 40 - 49, 2013.

KLEIN E.L. e SOUSA C.S. **Geologia e recursos minerais do Estado do Maranhão**. Texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Maranhão, escala 1:750.000. Belém: CPRM, 149 p. 2012.

LAMBIN E. F. **Modelling Deforestation Processes: A Review**. Luxembourg: European Commission, Directorate-General XIII. Report no. EUR-15744-EN. (Available from Office of Official Publications of the European Community, Luxembourg.), 1994.

LANG, S. BLACHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. - São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LEFF, E. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003

LORD, J. M.; NORTON, D. A.. Scale and the spatial concept of fragmentation. *Cons. Biol.*, 4:197-202. 1990.

MARTINELLI, M; PEDROTTI, M. A Cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**. USP, São Paulo, n. 14, 2001, p. 39-46.

MARANHÃO, Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, laboratório de geoprocessamento - UEMA. **Atlas do Maranhão**, São Luís: GEPLAN, 2002.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Diagnóstico para a implementação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Maranhão** - PPCD-MA. SEMA. Brasília. 2011.

MARTINS L. K. P.; ZANON, P. C. F. **Uso de geotecnologias na proteção da biodiversidade**. In: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 2007; Florianópolis. São Jose dos Campos: INPE; 2007. p. 4029-4036

MARTINS, M. B. OLIVEIRA, T. Gomes de. Org. **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação** – Belém: MPEG, 2011.

MCFEETERS, S.K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.

MELLO, N. A. de. **Políticas territoriais na Amazônia**. São Paulo: Annablume, 2006.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** *Biota Neotropica*, 1(1-2):1-9.2001

MENEGHETTI, G. T. **Classificação da cobertura da terra do município de Raposa (MA) com imagens Worldview-2 utilizando o aplicativo InterIMAGE e mineração de dados**. 2013. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013. Disponível em <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3DSF9PP>. Acesso em: 18 de junho de 2016.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. ROSA, A. N. de C. S.; SANO, E. E.; SOUZA, E. B. de.; BAPTISTA, G. M. de M.; BRITES, R. S. **Introdução ao Processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: DF. UNB. 2012.

MESQUITA, B. A. de. **Desenvolvimento econômico recente do Maranhão: uma análise do crescimento do PIB e perspectivas**. São Luis: IMESC, 2008.

MEYER, W. B.; TURNER II, B. L. Land-Use/Land-Cover Change: Challenges for Geographers. **Geojournal**, v. 39, n. 3, p. 237-240. 1996.

MONTEIRO, C. A. **Geossistema: a história de uma procura**. São Paulo. Contexto, 2001.

MORAN, E. F.; BRONDIZIO, E. S. **Land-use change after deforestation in Amazonia**. In: LIVERMAN, D. et al. (Ed.). *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*. Washington, D. C.: National Academy Press, 1998. p. 941-20. MORAN, E. F. et al.

Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. *Bioscience*, Washington, DC, v. 44, n. 5, p. 329-338, may 1994.

MORAN, E. F.; BRONDÍZIO, E.; BASTISTELLA, M. Trajetórias de desmatamento e uso da terra na Amazônia brasileira: uma análise multiescalar. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; ALVES, D. S.; (Org.). **Amazônia: Natureza e Sociedade em Transformação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2008. p. 56 – 303

MORIN, E. **A religação dos saberes: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

MOREIRA, R. **Sobre a educação ambiental**. Boletim Campo-grandense de Geografia, n.1, p. 1-10.

NASCIMENTO, F. R. do.; SAMPAIO, J. L. F.. Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**. Sobral, v.6/7, nº 1, 2004/2005.

NAVULUR, K. Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group,. 2006. 165p

NOVACK, T. **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor QuickBird**. 2009. 214 p. (INPE-16594-TDI/1580). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc_m18@80/2009/08.31.21.23>. Acesso em: 05 nov de 2017.

NOVACK, T; KUX, H.J. Urban land cover and land use classification of an informal settlement area using the open-source knowledge-based system InterIMAGE. **Journal of Spatial Science**, v. 55, n. 01, 2010. p. 33-41.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª Edição revista e ampliada São Paulo: Blucher, 2010. 367 p.

PAL, N.; PAL, S. A review on image segmentation techniques. *Pattern Recognition*, v. 26, n.9, p.1277-1294, 1993

PASSOS, M. M. dos. Para que serve o Gtp (geosistema – território – paisagem)? **Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica II Semestre. pp. 1-19, 2011.

_____. **Biogeografia e paisagem**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 1998.

_____. **Biogeografia e Paisagem**. Maringá: Editora UEM, 2003.

_____. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*. Maringá, v. 26, no. 1, p. 177-189, 2004

PASSOS, M.; SOUZA, R.A. Paisagem, uma ferramenta de análise das mudanças socioambientais no eixo da rodovia BR-163: de Cuiabá/MT a Santarém/PA. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, n.º 3 (Junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. Pág. 171 a 196., 2013.

PASSOS, M. M. As Travessias Bertrandianas à Construção da Geografia Física. In: CRAVIDÃO, F; CUNHA, L.; SANTANA, P.; e SANTOS, N (org.). **Espaços e tempos em Geografia: Homenagem a António Gama**. Coimbra, Portugal, 2017. p. 81 - 92.

PASSOS, M. M. **O modelo GTP (geossistema – território – paisagem). como trabalhar?** . In: Revista Equador (UFPI), Vol. 5, Nº 1. Edição Especial 1, p. 1 - 179, 2016.

PASTANA, J. M. do N., (org). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB: Turiaçu, Folha SA.23-V-D [e] Pinheiro, Folha SA.23-Y-B. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:250.000 – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.

PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. Modelagem dinâmica e geoprocessamento. In: FUKS, Suzana Druck; CARVALHO, Marília Sá; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2002. p. 39.

PINHO, C.M.D; FONSECA, L.M.G; KORTING, T. S.; ALMEIDA, C.M.; KUX, H. J. H. **Land-cover classification of an intra- urban environment using high- resolution images and object-based image analysis**. International Journal of Remote Sensing, v. 33, n. 19, p. 5973–5995, 2012.

PIROLI, E. L., ISHIKAW, D. T. K., DEMARCH, J. C. **Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos – SP**, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento. In: IX Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 2010, Curitiba. Anais, 2010. p. 6333 – 6340.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. **Geossistema, Território e Paisagem – Método de Estudo da Paisagem Rural sob a Ótica Bertrandiana**. Geografia, Londrina, v. 18, n. 1, jan./jun. 2009, p. 5-31. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em 23 out 2017.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009.

PRADO, F.A. **Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana**. 2009. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), . Presidente Prudente, 2009.

PRODES. **Programa de cálculo do desmatamento da Amazônia – INPE**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. 2013. Resumos. Taxas anuais do desmatamento - 1988 até 2012. Disponível em: < http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2012.htm>. Acessado em 28 de agosto de 2013.

RIBEIRO, B.M.G. **Avaliação de Imagens Worldview-II para o mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE**. 2010. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://mtcm19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm19%4080/2010/08.03.12.52.20/doc/publicacao.pdf> Acesso em: 04 de jan 2016.

RODRIGUES, C. **A Teoria Geossistêmica e suas Contribuições aos Estudos Geográficos e Ambientais**. Revista do Departamento de Geografia, n. 14. USP: São Paulo, 2001, p. 69-77.

RODRIGUES, T. C. S.; FRANK, T.; SOUZA, U. D. V.; KUX, H. J. H. **Análise da evolução**

da cobertura do solo em áreas de manguezais na ilha do Maranhão, entre os anos de 1988 e 2010 com dados de Sensoriamento Remoto orbital. In: XVI Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, INPE, 2013. p. 1798- 1805.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo. **Planejamento ambiental como campo de ação da geografia.** In: 5º Congresso Brasileiro de Geógrafos, 1994, Curitiba/PR. Anais... Curitiba: AGB, 1994, v.1, p.582-594

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator. Revista de Geografia da UFC**, ano 1, n. 1, 2002.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxionomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo: n. 6. 1992.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 5 ed. São Paulo: Contexto. 2000.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Proceedings. Washington, 1973.

SANTOS, L. C. A.; LEAL, A. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Estado do Maranhão – Brasil. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 5, p. 39–65, 2013.

SANTOS, M. **A natureza do espaço – Técnica e tempo. Razão e emoção.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVA, A. H.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M. Conceitos Básicos. in: GALVÍNCIO, J. D (Org). **Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental**. Recife - PE: Editora Universitária - UFPE, Série extensão 15. pp. 13 - 18, 2012.

SILVA, J. X, da . **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1. 228 p.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** Tese de doutorado. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.

SOARES FILHO, B. S.; GARCIA, R. A.; RODRIGUES, H. O.; MORO, S.; NEPSTAD, D. C. **Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento: A caminho de um modelo integrado..** In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; ALVES, D. S.; (Org.). **Amazônia: Natureza e Sociedade em Transformação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2008. p. 187 – 303.

SOARES FILHO, B. S.; ASSUNÇÃO, R. M.; PANTUZZO, A. E. **Modeling the spatial transition probabilities of landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier.** *BioScience*, v. 51, n. 12, p. 1059-1067, 2001

SOTCHAVA, V. B. Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique. **Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient**. n. 3, p. 94-177, 1962.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre.** São Paulo: IGEO/USP, 1978.

SOUSA, J de M. Efeitos da colonização dirigida no território Maranhense: reflexões a partir do projeto de colonização do Alto Turi – PCAT (1960-1980). **Revista Cerrados** - ISSN: 2448-2692 (on-line), 2016.

SOUZA, R. J. de, PASSOS, M. M. Algumas Reflexões Sobre O Território Enquanto Condição para a existência da Paisagem **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia . Maringá**, v. 1, n. 1 , p. 1-12, 2009

SOUZA, Reginaldo José de. **Raia Divisória ou Raia Socioambiental?: uma redefinição baseada na análise da paisagem através do sistema GTP**. 2015. x, 166 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123978>>. Acesso em 2 de julho de 2016.

SOUZA, U. D. V. **Classificação da cobertura e do uso do solo urbano de São Luís (MA), com imagens Worldview-2 utilizando Mineração de Dados e o sistema InterIMAGE**. 2012. 114 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/10.17.17.34TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3CR8EL8>>. Acesso em: 15 de dez de 2016

SOUZA, U.D.V.; KUX, H.J.H. Use of WorldView-II images and the knowledgebased software InterIMAGE for the classification of Land cover in a urban area. In: International Conference on Geographic Object-Based Images Analysis. Anais....4th GEOBIA, 2012. Trabalhos completos, p. 228, Online. Disponível em < <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm18/2012/05.31.23.00/doc/%40sumario.htm>>. Acesso em: 19 de jan. 2016.

STAR, J. ; ESTES, J. **Geographical Information Systems: An Introduction**. Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1990.

TEIXEIRA L. **A Colonização no Norte de Mato Grosso: O Exemplo da Gleba Celeste**. 2006. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Disponível em: < <http://200.145.6.238/handle/11449/89794>>. Acesso em 20 de dezembro de 2016

TOMINAGA. L. K. Desastres Naturais: porque ocorrem? In. TOMINAGA. L. Keiko, SANTORO, Jair. AMARAL, Rosângela (orgs.). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b. p. 11-23

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate, **Geographical Review**, New York, n. 1, p. 55-94, 1948.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, SUPREN, 1977.

TRICART, J. **Paisagem e ecologia. Inter-Facies: escritos e documentos**. São José do Rio Preto: Ed. Da UNESP, 1982.

TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e Geossistemas do estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro. v.13, n.25, p. 27-36. 1983.

_____. Geografia Física ou Geografia Ambiental? Modelos de Geografia Integrada. Simpósio de Geografia Física Aplicada. **Bol. de Geografia Teorética** 15 (29-30): 63-69, Rio Claro, 1985.

TROPPEMAIR, H.; GALINA. M. H. **Geossistemas**. Mercator, v. 05, n 10, p. 80-89. 2006.

TROVÃO, J. R. **O processo de ocupação do território maranhense**. São Luís: IMESC, 2008. (Cadernos IMESC, 5).

- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Quantitative Methods in Landscape Ecology**, Ecological Studies. Vol. 82, Springer - Verlag, Berlin, 536 p. 1991.
- VALERIANO, M. de M.. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**, 2004. Disponível em: <sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>. Acesso em: 21 de agosto de 2016.
- VELDKAMP, A.; LAMBIN, E. F. **Predicting Land-Use Change**. Agriculture, Ecosystems & Environment, 85, 1-6, 2001.
- VERÍSSIMO, A.; SOUZA Jr.; C., CELENTANO, D.; SALOMÃO, R.; PEREIRA, D. ; BALIEIRO, C. **Áreas para produção florestal manejada: Detalhamento do Macrozoneamento Ecológico Econômico do Estado do Pará**. Relatório para o Governo do Estado do Pará. 2006
- XIMENES, A. de C.; ALMEIDA C. M.; AMARAL S.; ESCADA M. I. S.; e AGUIAR A. P. D. Modelagem Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Artigos, Curitiba, v. 14, no 3, p.370-391, jul - set, 2008.
- WITTEN, I. H.; EIBE FRANK, E.; HALL, M. A. **Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques Third Edition**, Burlington, USA, 2011.
- WU, S., XU. B, and WANG.L. **Urban Land Use Classification Using VariogramBased Analysis with Aerial Photographs**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 72: 813–22, 2006.
- ZHANG, Q., and WANG. J. **A Rule-Based Urban Land Use Inferring Method for Fine-Resolution Multispectral Imagery**. Canadian Journal of Remote Sensing v. 29, p. 1–13, 2003.
- ZONNEVELD, I.S. The Land Unit – **A fundamental concept in landscape ecology, and its applications**. Landscape Ecology, v. 3, n. 1, p. 67-86, 1989.

ANEXO

1. Entrevista aplicada aos moradores mais antigos da região.

1- Nome, idade, estado civil, com quem mora.
2- O Sr.(a) gosta de viver neste lugar? Por quê?
3- Sempre morou aqui? 3.1- Sim: já teve oportunidade para viver em outro lugar? Quais os motivos que lhe fizeram ficar aqui? 3.2- Não: onde é que também já morou? Durante quanto tempo? Quais os motivos que lhe fizeram sair daqui? O que fez com que o Sr. (a) voltasse para cá? Quando esteve fora, do que sentia mais falta (coisas, lugares, pessoas...)?
4- Como era este lugar no passado (10, 20, 30 anos atrás)? O município mudou muito deste tempo até os dias de hoje? Em sua opinião quais foram as principais mudanças?
5- Quando o senhor (a) pensa neste lugar em que vive, qual é a primeira imagem que lhe vem na cabeça?
6- Qual é a importância do córrego e/ou de suas nascentes no seu dia-a-dia?
7- Como o senhor (a) avalia a situação dos recursos naturais neste local? (Está boa? Ruim? Por quê?).

8- De que forma o senhor (a) pensa o futuro deste lugar?
9- Qual imagem (ens) o senhor (a) levaria deste lugar em caso de uma mudança amanhã? Por que esta imagem?
10- Quais fotografias o senhor (a) enviaria a um parente que está distante para que ele conheça o lugar onde vive?
11- Quais paisagens, ou quais elementos da paisagem lhe choca mais. Qualquer coisa que você considere negativo e que você gostaria que desaparecesse.
12- Quais paisagens você pensa que deveriam ser fotografadas porque daqui a algum tempo elas não existirão mais? Em sua opinião, por quais motivos esta (s) paisagem (ens) deixará (ão) de existir?
13- A sua vida neste local está melhor agora do que no passado? Por quê?