GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS – SEPE
INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONOMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC
ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO BIOMA AMAZÔNICO (MA)

SUMÁRIO EXECUTIVO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO ESTADO DO MARANHÃO

ETAPA BIOMA AMAZÔNICO

INSTITUIÇÕES:

IMESC SEPE GOVERNO DO MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO FAPEAD CPRM Embrapa UFMA

SÃO LUÍS - MA
2019

GOVERNADOR DO ESTADO DO MARANHÃO
Flávio Dino de Castro e Costa

VICE GOVERNADOR DO ESTADO DO MARANHÃO
Carlos Orleans Brandão Júnior

SECRETÁRIO DE ESTADO DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS
Luis Fernando Moura da Silva

PRESIDENTE DO INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS
Dionatan Silva Carvalho

DIRETOR DE ESTUDOS AMBIENTAIS E CARTOGRÁFICOS
Josiel Ribeiro Ferreira

DIRETOR DE ESTUDOS E PESQUISAS
Hiroshi Matsumoto

PESQUISADOR SENIOR DO ZEE-MA
Luiz Jorge Bezerra Dias

COORDENADORE DO ZEE-MA
Paulo Henrique de Aragão Catunda

COORDENADORES DO SUMÁRIO EXECUTIVO
Antônio José de Araújo Ferreira
Ariadne Ennes Rocha
Dionatan Silva Carvalho
Elienê Pontes de Araújo
Frederico Lago Burnett
Gunter de Azevedo Reschke
Jorge Hamilton Souza dos Santos
José de Ribamar Carvalho dos Santos
Maria de Lourdes Mendonça Santos
Paulo Henrique de Aragão Catunda
Tadeu Gomes de Oliveira

EQUIPE TÉCNICA DO SUMÁRIO EXECUTIVO
Adriana Cristina Rabelo da Silva
Adriano Venturieri
Alan E. de Barros
Aldrey Malheiros
Allana Pereira Costa
Ana Lourdes da Silva Ribeiro
Anderson Silva Nunes
Andréa de Araújo
Annie France dos Santos da Silva
Anny Karolyny Oliveira Portela
Antônio Guilherme Campos
Antônio José de Araújo Ferreira
Ariadne Ennes Rocha
Arkley Marques Bandeira
Breno Campelo Lima
Carla Andrea de Melo Dias Almeida
Carlos Henrique Santos da Silva
Carlos Márcio de Aquino Eloi
Carlos Martínez
Carlos Wendell Soares Dias
Cesar Augustus Labre Lemos de Freitas
Clara Raissa Pereira de Souza
Clóvis Ferreira do Carmo
Danúbio Pinheiro Campo
Denise Alves Rodrigues
Deysiele Viana de Oliveira
Dionatan Silva Carvalho
Ediléa Dutra Pereira
Eduardo Bezerra de Almeida Júnior
Elienê Pontes de Araújo
Erivam de Jesus Rabelo Pinto Junior
Erlis Hilda Gouveia Teixeira
Francisca Helena Muniz
Frederico Lago Burnett
Gabriel Irvine Ferreira Alves dos Santos
Geilson Bruno Pestana Moraes
Getúlio Estefânio Duarte Martins
Geusa Fonseca Dourado
Gianna Beatriz Cantanhede Rocha de Lima
Gisselly Poliana Santos Muniz
Gunter de Azevedo Reschke
Gustavo da Costa Freire
Gustavo Souza Valladares
Hallan David Velasco Cerqueira
Hauanen Araújo Rocha
Helen Nébias Barreto
Hélio Oliveira Costa
Idevan Gusmão Soares
Isabela Pinho de Lucena
Ítalo Rafael Carvalho Coêlho
Itatiane Morais Póvoas Ribeiro
Jacilmara Santos Melo
Jainne Soares Coutinho
Jane Karoline Silva Mendonça
Jean Michel Moura-Bueno
Jéssica Suyane Sousa
João Batista Zonta
João Carlos Lopes Costa
João Firminiano da Conceição Filho
Joelson Pereira da Graça
Jonatan Muniz Caldas
Jhony Frota Macedo
Jony Herbeth Almeida Silva

Jorge Hamilton Souza dos Santos
Jorge Xavier da Silva
José de Ribamar Carvalho dos Santos
José Ferreira da Rocha
José Manuel Macário Rebelo
José Raimundo Natividade Ferreira Gama
José Ribamar Trovão
Jucivan Ribeiro Lopes
Jucivan Ribeiro Lopes
Juliane Borralho de Andrade
Juscinaldo Góes Almeida
Laiane Sousa Silva Rabelo
Laís dos Santos Everton
Leonardo Gonçalves de Lima
Leonardo Silva Sousa
Lester Alexander Fox-Rosales
Leticia Pontes de Araújo Cavalcante
Luciene Ramos Boeira Teixeira
Luiz Carlos Araújo dos Santos
Luiz Guilherme Teixeira Silva
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Marcelino Silva Farias Filho
Márcio Roberto Bezerra Fialho
Maria de Lourdes Mendonça Santos
Maria Rodrigues Garcia.
Marlla Maria Barbosa Arouche
Matheus Gomes Moreno
Matheus Pedrosa Carneiro da Silva
Mauricio Eduardo Salgado Rangel
Messias Galvão Abreu
Moacir Azevedo Valente
Nivaldo Magalhães Piorski
Odgley Quixaba Vieira
Paulo Henrique de Aragão Catunda
Rafael Thalysson Costa Silva
Rayana Diniz da Silva
Rebeca Gomes de Oliveira Batista
Renata Soraya dos Santos Pereira
Ricardo Zimbrão Afonso de Paula
Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes
Samara Gomes de Souza
Samara Silvestre
Samuel Lopes Serra
Sandra Maria Neiva Sampaio
Selma de Sousa Pires
Silvio Aurélio Cavalcante
Suena dos Santos Silva
Tadeu Gome de Oliveira
Talita de Sousa Nascimento
Tassio Koiti Igawa
Thomas Jefferson Alves Santos
Veruska Costa de Jesus
Victor Lamarão de França
Vitor Emanuel Chaves Moura
Weskley Sandes Silva de Almeida
Yata Anderson Gonzaga Masullo
Zafira da Silva de Almeida

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO - ZEE
Brenda Soares da Silva Nunes
Florise Pereira Reis
Letícia Moura Ferreira

NORMALIZAÇÃO
Dyana Pereira

REVISÃO
Marília de Carvalho Cerveira
Cláudia Maria da Costa e Silva

DIAGRAMAÇÃO
Matheus Pinheiro Soeiro

UNIVERSIDADES ESTADUAL DO MARANHÃO
Gustavo Pereira da Costa-Reitor
Walter Canales Sant'ana-Vice-Reitor
Zafira da Silva de Almeida-Pró-Reitora de Graduação – PROG
Rita de Maria Seabra Nogueira-Pró- -Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação – PPG
Paulo Henrique Aragão Catunda-Pró- -Reitor de Extensão e Assuntos Estudantis – PROEXAE
José Rômulo Travassos da Silva-Pró- -Reitor de Gestão de Pessoas – PROGEP
Antônio Roberto Coelho Serra-Pró- -Reitor de Planejamento e Administração – PROPLAD

Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão –ZEE: etapa Bioma Amazônico. Paulo Henrique de Aragão Catunda; Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (organizadores). São Luís: IMESC, 2019.

ISBN 978-85-61929-22-0

5778 p.

1. Bioma Amazônico. 2. Maranhão. 3.Zoneamento Econômico l. Título

CDU: 910.27:33(812.1)

SUMÁRIO

CONTEXTUALIZAÇÃO

I O CONTEXTO DO BIOMA AMAZÔNICO EM TERRITÓRIO MARANHENSE 5
Jorge Bezerra da Silva Dias; Paulo Henrique de Aragão Catunda; Anny Karolyny Oliveira Portela; Allana Pereira da Costa; Jéssica Suyane Sousa; Anderson Silva Nunes

AS BASES NATURAIS DO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

II GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGEOLOGIA 30
Jorge Hamilton Souza dos Santos; Ediléa Dutra Pereira; Leonardo Gonçalves de Lima; Mauricio Eduardo Salgado Rangel; Hélio Oliveira Costa; Gabriel Irvine Ferreira Alves dos Santos; Joelson Pereira da Graça; Matheus Gomes Moreno; Jhony Frota Macedo; Samuel Lopes Serra; Jorge Xavier da Silva

III CLIMATOLOGIA REGIONAL.....92
Gunter de Azevedo Reschke; Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes; Carlos Márcio de Aquino Eloi; Hallan David Velasco Cerqueira; Márcio Roberto Bezerra Fialho; Carlos Wendell Soares Dias; Messias Galvão Abreu

IV PEDOLOGIA.....179
Elienê Pontes de Araújo; Adriano Venturieri; José Raimundo N. Ferreira Gama; Moacir Azevedo Valente; Gustavo Souza Valladares; Marcelino Silva Farias Filho; Luiz Guilherme Teixeira Silva; Sandra Maria Neiva Sampaio; José Ferreira da Rocha; João **Firminiano da Conceição Filho; Tassio Koiti Igawa; Antônio Guilherme Campos;** Deysiele Viana de Oliveira; Idevan Gusmão Soares; Silvio Aurélio Cavalcante; Jucivan Ribeiro Lopes; Hauanen Araújo Rocha; Danúbio Pinheiro Campo

V INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS (MDS) NO ÂMBITO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMINCO DO BIOMA AMAZÔNICO NO MARANHÃO 213
Maria de Lourdes Mendonça Santos; Jean Michel Moura-Bueno; João Batista Zonta; Victor Lamarão de França; Gustavo da Costa Freire

VI RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS 259
Helen Nébias Barreto; Veruska Costa de Jesus; Thomas Jefferson Alves Santos

VII LIMNOLOGIA DO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE 307
Andréa de Araújo; Clóvis Ferreira do Carmo; Itatiane Morais Póvoas Ribeiro; Annie France dos Santos da Silva

BIODIVERSIDADE E AMBIENTES ECOLÓGICOS DO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

VIII DIVERSIDADE FAUNÍSTICA DA AMAZÔNIA MARANHENSE: AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO, ÁREAS PRIORITÁRIAS, AMEAÇAS E RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES PARA SUA CONSERVAÇÃO 333
Tadeu Gomes de Oliveira; Nivaldo Magalhões Piorski; Carlos Martínez; José Manuel Macário Rebelo; Breno Campelo Lima; Vitor Emanuel Chaves Moura; João Carlos Lopes Costa; Zafira da Silva de Almeida; Alan E. de Barros; Laís da Silva Everton; Lester Alexander Fox-Rosales; Rayana Diniz da Silva; Elienê Pontes Araújo; Odgley Quixaba Vieira; Denise Alves Rodrigues; Danúbio Cinheiro Pinheiro; Hauanen Araújo Rocha; Jony Herbeth Almeida Silva

IX FLORA DO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO 391
Ariadne Enes Rocha; Eduardo Bezerra de Almeida Júnior; Francisca Helena Muniz; Jucivan Ribeiro Lopes; Elienê Pontes de Araújo; Hauanen Araújo Rocha; Geusa Fonseca Dourado; Isabela Pinho de Lucena; Danúbio Pinheiro Campo; Juliane Borralho de Andrade; Marlla Maria Barbosa Arouche

AS ATIVIDADES HUMANAS E INSTITUCIONAIS NO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

X ANÁLISE DA SOCIOECONOMIA REGIONAL 414
Dionatan Silva Carvalho; Adriana Cristina Rabelo da Silva; Ana Lourdes da Silva Ribeiro; Carlos Henrique Santos da Silva; Cesar Augustus Labre Lemos de Freitas; Erivam de Jesus Rabelo Pinto Junior; Geilson Bruno Pestana Moraes; Getúlio Estefânio Duarte Martins; Gianna Beatriz Cantanhede Rocha de Lima; Jainne Soares Coutinho; Jane Karoline Silva Mendonça; José Ribamar Trovão; Laiane Sousa Silva Rabelo; Matheus Pedrosa Carneiro da Silva; Rafael Thalysson Costa Silva; Rebeca Gomes de Oliveira Batista; Ricardo Zimbrão Afonso de Paula; Selma de Sousa Pires; Talita de Sousa Nascimento; Weskley Sandes Silva de Almeida

XI PADRÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE 479
Antônio José de Araújo Ferreira; Arkley Marques Bandeira; Erlis Hilda Gouveia Teixeira; Gisselly Poliana Santos Muniz; Ítalo Rafael Carvalho Coêlho; Jonatan Muniz Caldas; Luiz Carlos Araújo dos Santos; Yata Anderson Gonzaga Masullo

XII ARRANJOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PRESENTES NO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO 528
Frederico Lago Burnett; Aldrey Malheiros; Carla Andrea de Melo Dias Almeida; Clara Raissa Pereira de Souza; Jacilmara Santos Melo; Juscinaldo Góes Almeida; Leonardo Silva Sousa; Luciene Ramos Boeira Teixeira; Samara Gomes de Souza; Samara Silvestre; Maria Rodrigues Garcia

I O CONTEXTO DO BIOMA AMAZÔNICO EM TERRITÓRIO MARANHENSE

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (Coordenador)
Paulo Henrique de Aragão Catunda
Anny Karolyny Oliveira Portela
Allana Pereira Costa
Jéssica Suyane Sousa
Anderson Silva Nunes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....6
2 CONTEXTO METODOLÓGICO COMUM 9
3 A QUESTÃO DA ESCALA.....15
4 A AMAZÔNIA MARANHENSE COMO FRONTEIRA E AS DEMAIS REALIDADES ASSOCIADAS.....17
5 PRÓXIMOS PASSOS.....24
REFERÊNCIAS 28

1 INTRODUÇÃO

O Bioma Amazônico tem preocupado, deveras, parte dos meios geopolítico e geoeconômico nacional e internacional, bem como, as comunidades ambientalista e científica, além de entidades representativas de povos que subsistem, em função dos diversos recursos que esse macroespaço natural dispõe (BECKER, 2007). Isso porque, pressões diversas, sobretudo associadas à supressão vegetal ou desmatamento, uso inadequado das terras, processos erosivos remontantes, queimadas naturais ou intencionais e assoreamento de cursos d'água de diversas dimensões, profundidades e larguras concorrem para a diminuição da biodiversidade regional, bem como, para uma perda dos atributos de sua geodiversidade.

Tudo isso ocorre nas parcelas Oeste, Central, Norte e Noroeste do estado do Maranhão, onde está materializada, territorialmente, essa macrounidade ambiental, que tem em território maranhense a sua ocorrência mais oriental. Esforços públicos, privados, da sociedade civil e de todos os entes são necessários para garantir a recuperação ambiental em equilíbrio, com o uso adequado do território para fins produtivos, com respeito às limitações e potencialidades naturais. Nesse sentido, o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) se destaca, pois ele é concebido e orientado para a proposição de ações, que garantam o equilíbrio ambiental e o desenvolvimento econômico e social regional.

Dessa maneira, ZEE é definido como um conjunto de conhecimentos inter e transdisciplinares, indispensáveis ao planejamento e ao ordenamento dos territórios. É formado por documentos técnico-científicos de caráter oficial, ou seja, elaborado pelo Poder Público, voltado para a compreensão das particularidades territoriais, visando o planejamento e o ordenamento dos espaços e fatos geográficos.

O termo que melhor o define é inteligência territorial, pois esse instrumental é considerado a "pedra angular" do planejamento contemporâneo integrado. A partir dele, cada célula territorial regional deve ter suas próprias funções ecológicas e econômicas, definidas pelas suas características concebidas transversalmente.

Assim, o ZEE passa a ser considerado um instrumento de gestão técnico-científica disponível para o(s) Governo(s), o setor produtivo e a sociedade em geral, cujo objetivo é delimitar, geograficamente, áreas territoriais para o estabelecimento

de regimes especiais de uso, gozo e fruição da propriedade, obedecendo às normas em vigor, quanto às suas restrições e/ou vocações (DIAS, 2017). Destarte, ao ser elaborado, o ZEE serve diretamente a todos os atores sociais que desenvolvem suas atividades no território zoneado, bem como, os entes que possam, futuramente, aproveitar as potencialidades geoambientais e geoeconômicas do recorte geográfico analisado, para fins de proteção ambiental ou aprimoramento das cadeias econômicas regionais.

Os principais setores que utilizarão as bases de dados e informacionais que o ZEE dispõe são o Poder Público, em suas três instâncias (Governo Federal, Governo Estadual e Governos Municipais) e esferas (Executivo, Legislativo e Judiciário), juntamente com os órgãos controladores, os empreendedores (de diversas matizes e portes, que representam a iniciativa privada) e as comunidades humanas. Dessa maneira, é importante frisar a necessidade de capilarização dos cenários tendenciais e prospectivos do ZEE, para todas as esferas administrativas da Gestão Estadual, etapa essa que é posterior à etapa de Diagnósticos Temáticos, que neste volume é apresentada.

As questões ambientais e as de natureza econômica são elementos analíticos indispensáveis a quaisquer esforços relacionados ao planejamento e ao ordenamento dos territórios. O fato de estarem ligadas ao fornecimento de suportes ou de insumos, diretos ou indiretos, para o desenvolvimento das atividades humanas, permite apontar que cada célula espacial, devidamente delimitada por técnicas oficiais de cartografia temática, direciona-se para usos e funções específicos, com suas viabilidades e/ou fragilidades para cada cenário de intervenção a ser criado, quer seja ele voltado para a proteção ambiental, quer seja para a indicação de territórios produtivos.

A concepção integrada de mais de um elemento natural para a composição de diagnósticos, objetivando a análise das vulnerabilidades ou potencialidades ambientais, não é atual. Diversos pesquisadores já apresentavam essa perspectiva, como um modelo integrador de reconhecimento da dinâmica natural atuante sobre um determinado arranjo territorial, sem as interferências humanas, e, portanto, bastante influente ao longo do tempo geológico (TRICART, 1959; AB'SÁBER, 1971; TRICART; CAILLEUX, 1973; MONTEIRO, 2001; CAILLEUX; TRICART, 2010). E isso, na segunda metade do século XX, já era apontado como um fator indispensável para o ordenamento dos territórios, passíveis

de planejamento ativo, ou seja, em franco estágio de reconhecimento por estratégias diversas de ordenamento (TRICART, 1977).

Ab'Sáber (2004), por seu turno, indica que há uma necessidade evidente de orientação de esforços para o ordenamento dos territórios brasileiros e estaduais, em função das regiões naturalmente circunscritas ao que ele denomina, domínios de natureza, como é o caso dos territórios amazônicos no contexto maranhense, algo imprescindível para a configuração de ZEE's, que são necessários para a compreensão dos espaços totais regionais, estaduais e nacionais.

Outrossim, o entendimento das articulações opostas das atividades humanas em relação à organização dos elementos físico-bióticos (ou naturais), conflui para o entendimento integrado das problemáticas afeitas ao mau ou desorientado uso dos recursos naturais, disponíveis em um *background* territorial, também considerado um conjunto de heranças da natureza (AB'SÁBER, 2012). Tais informações territoriais são condições necessárias para compatibilizar os usos ou restrições potenciais, frente às demandas econômicas regionais e às pressões ambientais (ZACHARIAS, 2010).

Uma importante ferramenta técnico-científica para a composição das células espaciais a constar de um Zoneamento Ecológico-Econômico é a metodologia dos geossistemas. Esses, por seu turno, são fatos puramente naturais, ou seja, são complexos territoriais naturais (SOTCHAVA, 1977), cuja evolução está inserida no contexto da história geológico-geomorfológica e climatobotânica regional ou macrorregional (DIAS *et.al.*, 2017). Os geossistemas possuem dinâmicas expressas nas paisagens e estão, ao longo do tempo histórico, em constante processo de alteração, pelos padrões e formas de uso dos recursos naturais, pelas sociedades humanas.

Neste capítulo, são colocados em evidência, dois conjuntos de informações: o primeiro está relacionado ao contexto metodológico comum adotado no Diagnóstico do ZEE-MA para o Bioma Amazônico; e o segundo apresenta um contexto discursivo que relaciona a evolução histórico-ocupacional do território e suas implicações ambientais.

2 CONTEXTO METODOLÓGICO COMUM

Para realizar o Diagnóstico Territorial, do espaço total do Bioma Amazônico em terras maranhenses, foi necessário partir dos seguintes pressupostos de planejamento, adotados pela Coordenação Executiva do ZEE-MA, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1 - Pressupostos de planejamento do ZEE-MA para o Bioma Amazônico



Fonte: Dias (2017)

Após a definição dos pressupostos de planejamento do ZEE, para a promoção do desenvolvimento durável do Bioma Amazônico em território Estadual, considerou-se tecnicamente que:

a) o ZEE é um importante conjunto de instrumentos para o reconhecimento dos principais tipos de dinâmicas territoriais naturais, bióticas e socioeconômicas, jurídico-institucionais de uso e cobertura materializados no contexto geográfico analisado, com as devidas particularidades regionais;

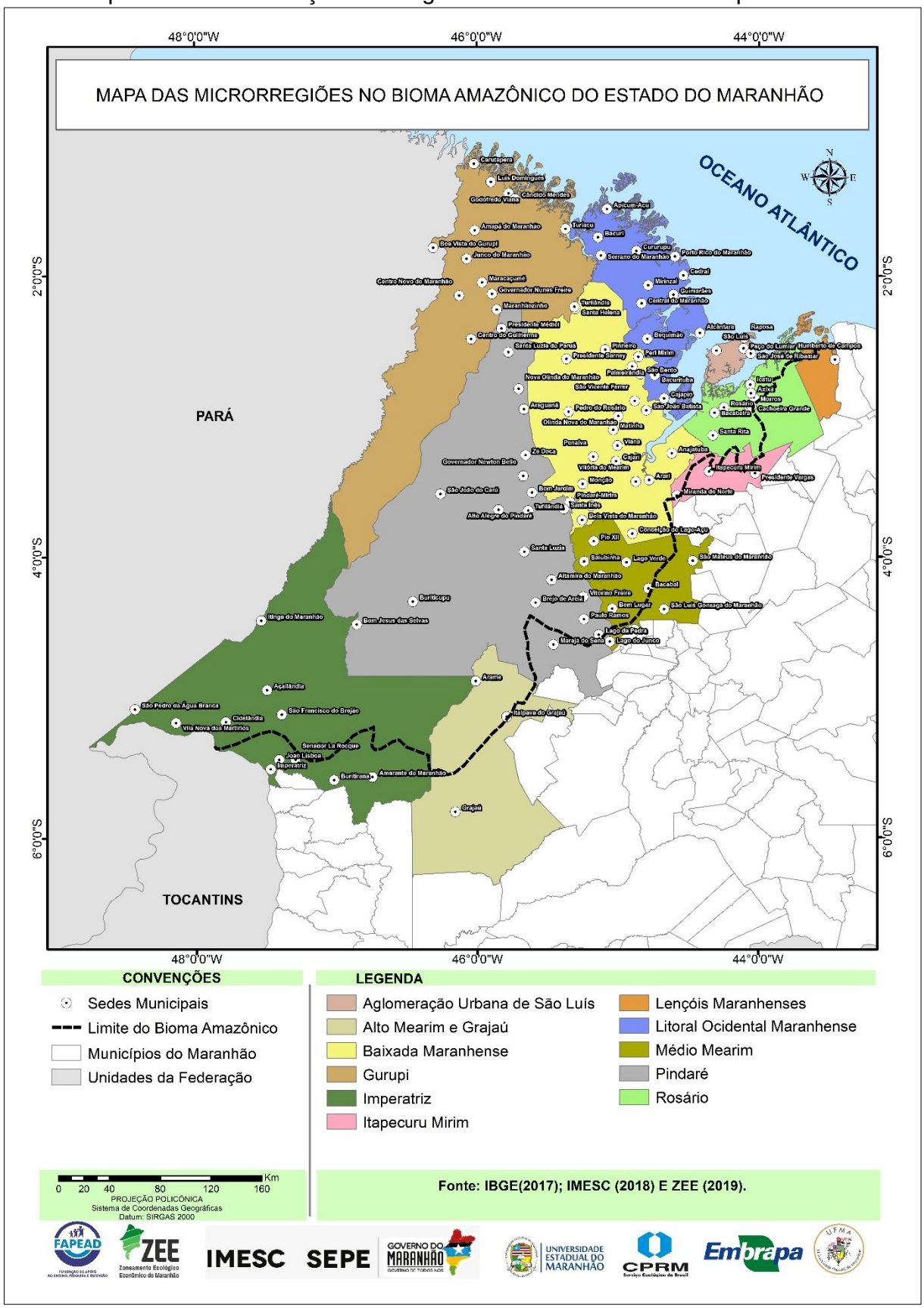
b) a escala de trabalho, definida em 1:250.000, apontou para a necessidade de se reconhecer e definir diagnósticos temáticos regionais, objetivando a formatação de políticas públicas. Os

elementos e processos não observados nessa escala deverão ser alvo de ZEE's posteriores, com resolução espacial maior;

c) o território amazônico, no estado do Maranhão, está ambientalmente fragmentado, ecologicamente reduzido e socioeconomicamente repleto de conflitos. Por conseguinte, a compreensão das dinâmicas integradas natureza/sociedade do Bioma Amazônico Maranhense é o ponto de partida lógico, para todas as possíveis compreensões dos cenários prospectivos e tendenciais de uso e cobertura, bem como, de proteção dos recursos remanescentes;
d) os atores que desenvolvem suas atividades, no recorte geográfico analisado, são os principais indutores de alterações negativas e positivas das células espaciais, as quais devem ser definidas, obrigatoriamente, pela fusão analítica dos geossistemas (MARQUES, 2016) e áreas protegidas com os territórios produtivos;
e) o ZEE ora apresentado está relacionado com o Bioma Amazônico, não com a Amazônia Legal Maranhense. Enquanto que o primeiro está associado à Área (ou Centro) de Endemismo Belém (SILVA et al., 2005), definida pela cartografia oficial do IBGE, que aponta para áreas de biodiversidade e fitofisionomias associadas aos ambientes de Florestas Amazônicas (ou nativas, ou alteradas pela ação humana), a segunda é estabelecida por legislação específica e indica que todas as terras, a Oeste do meridiano de 44°W, são definidas como pertencentes à Amazônica;
f) o bioma, que em sentido *lato*, é uma categoria biológica e ecológica, mas não geográfica, não pode por si só, configurar uma abordagem de ZEE, circunscrevendo qualquer unidade dessa natureza, como área principal de análise. Dessa maneira, como o ZEE é um instrumental geográfico, optou-se por permitir uma integração lógica entre a abordagem ecológica e a abordagem geográfica. Surgiu, assim, um recorte territorial que envolve todo o Bioma Amazônico no Maranhão, obedecendo-se, entretanto, aos limites municipais, como menor unidade constitucional de planejamento territorial, mesmo que alguns municípios não tenham a totalidade dos seus limites em intersecção com os limites da Amazônia Maranhense.

A Figura 2 destaca, por microrregião homogênea do IBGE, os limites da área de trabalho. Em face da complexidade e do grande desafio de relacionar os diversos elementos naturais e ecológicos com os aspectos humanos, levando em consideração as perspectivas sociais, econômicas e culturais, passíveis de encaminhar as discussões e análises para o planejamento e organização territorial, a abordagem geossistêmica tornou-se um viés importante, sob o ponto de vista teórico-metodológico, para o direcionamento da transversalização desses componentes, contribuindo para a compreensão dos processos dinâmicos, seu potencial de exploração biológica, objetivando sua conservação e seu uso racional.

Figura 2 - Limites dos municípios que compõem o Bioma Amazônico no Maranhão, adotados para fins de execução do Diagnóstico do ZEE-MA e fases posteriores



A análise espacial está em consonância com a Teoria dos Geossistemas, que, conforme Vicente e Perez (2003, p. 342),

> [...] constitui um método unificador para a Geografia (e para os diagnósticos em zoneamentos), uma vez que este permite considerar em uma análise as conexões, interdependências e inter-relações das estruturas organizacionais dos sistemas a serem estudados.

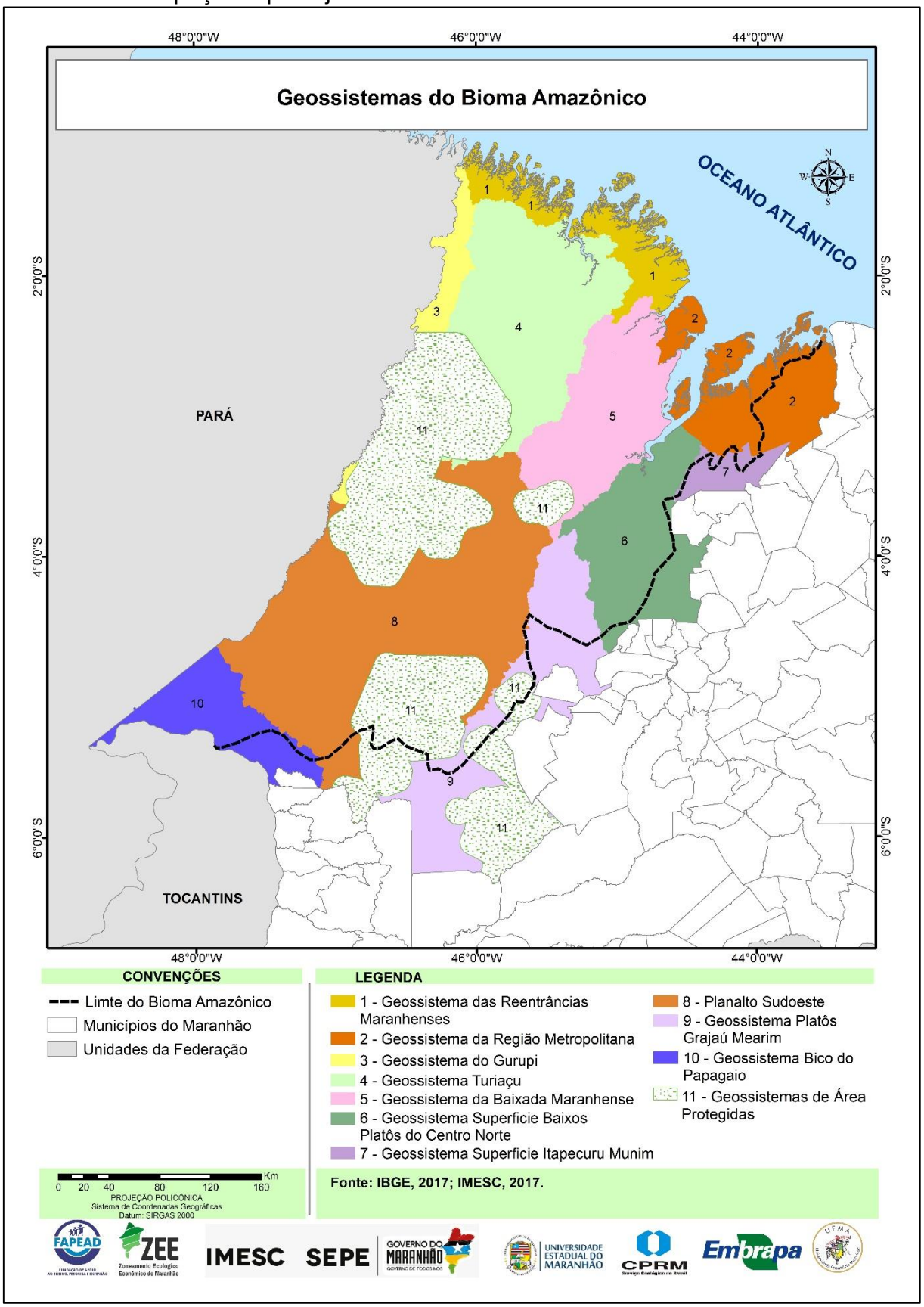
Outrossim, em razão da complexidade e diversidade das paisagens que compreendem o Bioma Amazônico, foram definidos 11 (onze) geossistemas (Figura 3), que traduzem a diversidade dos processos naturais manifestados e característicos de cada espaço total regional, assim como, as atividades humanas presentes no arranjo territorial apresentado.

A presente concepção leva em consideração o território, que está nitidamente relacionado às mudanças organizacionais dos sistemas, existindo, a partir dessa, uma relação de interdependência entre os diversos fatores: abióticos, bióticos, ambiente físico, relações e intervenções humanas. Considerando, ainda, como aponta Rodriguez et al. (2004) para a análise da paisagem, mais três subconjuntos: o potencial ecológico, referindo-se ao domínio biótico; à exploração biológica, que diz respeito às comunidades vivas e a utilização humana, relacionada à estrutura socioeconômica na organização territorial. Isso reflete, significativamente, no ZEE do Bioma Amazônico do estado do Maranhão e suas diversas categorias de análises.

Assim, para efeito de base de pesquisa na definição das células espaciais para análise, com vista à cenarização, procedeu-se à reconstrução do processo de ocupação e uso do território, no Bioma Amazônico no estado do Maranhão, complementado pela indicação dos processos sociais, econômicos e políticos estaduais que, de maneira direta ou indireta, acabaram por integrar e/ou afetar a totalidade do espaço maranhense. Tal ação possibilitou o entendimento dos conflitos e das fronteiras socioeconômicas manifestadas na área de pesquisa.

A abordagem geossistêmica será essencial na etapa seguinte do ZEE do Bioma Amazônico do estado do Maranhão, pois apresentará as principais fragilidades e potencialidades territoriais, manifestadas no recorte geográfico adotado, mas também, servirá na indicação de prognósticos cenarizados para o correto e adequado uso dos recursos naturais e das parcelas espaciais segundo suas vulnerabilidades reais.

Figura 3 - Geossistemas do Bioma Amazônico, no contexto territorial maranhense, adotados como peça de planejamento das atividades do ZEE-MA



Fonte: Costa e Portela (2019)

3 A QUESTÃO DA ESCALA

A análise geográfica em ZEEs deve estar em consonância com dois pressupostos: o primeiro, refere-se ao que se deseja cartografar e o segundo, determina o grau de detalhamento daquilo que se necessita mapear. Desta maneira, Monteiro (2001), acompanhando a tendência de estabelecimento de recortes territoriais cartografáveis, para a orientação de pesquisas em Geociências, da década de 1970, advindas da Teoria dos Geossistemas (SOTCHAVA, 1977; BERTRAND, 2004), elabora uma proposta de definição das escalas, para o mapeamento climático, segundo a dimensão e a distribuição dos fenômenos atmosféricos relacionados. Ribeiro (1993), baseado no primeiro autor citado, aponta para uma descrição mais objetiva dos fenômenos climatológicos (Tabela 1).

Tabela 1 - Unidades de planejamento territorial com base nas categorias da Escala Climatológica e suas possibilidades de interpretação geográfica

TIPO DE UNIDADE	ESCALA CLIMATOLÓGICA	ÁREA TOTAL	ESCALA CARTOGRÁFICA
Macroclima	Clima Zonal	Superiores a 5.000.000 km^2	Inferiores a 1:5.000.000
	Clima Regional	Entre 100.000 km^2 e 5.000.000 km^2	1:500.000 – 1:5.000.000
Mesoclima	Clima Regional	Entre 1.000 km^2 e 100.000 km^2	1:100.000 – 1:500.000
	Clima Local (Mesoclima)	Entre 10 km^2 e 1.000 km^2	1:15.000 – 1:100.000
	Topoclima	Entre 1 km^2 e 10 km^2	1:5.000 – 1:15.000
Microclima	Microclima	Inferiores a 1 km^2	Superiores a 1:5.000

Fonte**:** Dias et al. (2017)

Nesse contexto, como a necessidade do recorte analítico da presente pesquisa é centrada em um território de dimensões aproximadas de 138.551,765km^2 (área dos 108 municípios, que compõem o Bioma Amazônico no estado do Maranhão), as discussões e a cartografia temática, quando da sua elaboração, devem estar cingidas à ordem de Clima Regional (Mesoclima), com abrangência cartográfica na escala de trabalho 1:250.000. Esta, por seu turno, é adequada para o planejamento territorial regional, considerando as particularidades que conseguir alcançar.

Sendo a pesquisa baseada no método geossistêmico (SOTCHAVA, 1977; BERTRAND, 2004), que consiste em analisar as paisagens, espaços segundo um enquadramento escalar, foi possível o entendimento sistemático e hierárquico dos fatos e processos geográficos associados à Geografia da Natureza, em consonância com os aspectos sociais e ecológicos do espaço total, local e regional (AB'SÁBER,

2006). Sua corrente epistêmica é, pois, fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas – TGS (BERTALANFY, 1973), efetivamente seguida ao longo desta fase do ZEE-MA.

Assim, ao aplicar os princípios da teoria da representatividade sistêmica, alicerçada na análise dos elementos e dinâmicas geoambientais, ecológicos, socioeconômicos e socioculturais, além de jurídico-institucionais, tem-se uma metodologia específica para a definição da escala cartográfica de análise do Bioma Amazônico Maranhense.

Percebe-se, pois, que há uma correlação possível entre as escalas geossistêmica, a ecológica e a da Climatologia Geográfica, consoante indicado na Tabela 02, o que possibilita configurar, cientificamente, uma base de dados em escala única, abarcando todo o território pretendido na presente pesquisa, por meio da similaridade de áreas de ocorrência de fenômenos atmosféricos, ecológicos e geodiversos, bem como, os fenômenos de âmbito socioeconômicos e jurídico-institucionais. Desta forma, há uma indicação escalar para o trabalho cartográfico a ser realizado na escala de Região Natural/Ecorregião/Clima Regional, superior à concepção de mapeamento de biomas.

Tabela 2 - Correlação das escalas geossistêmica, ecológica e climatológica para o planejamento e ordenamento territorial com base no meio físico

TIPO DE UNIDADE GEOSSISTÊMICA	ESCALA GEOSSISTÊMICA	TIPO DE UNIDADE NA ESCALA ECOLÓGICA	TIPO DE UNIDADE NA ESCALA CLIMATOLÓGICA	ESCALA CLIMATOLÓGICA
Unidades Superiores	Zona	Zona Bioclimática	Macroclima	Clima Zonal
	Domínio	Bioma		Clima Regional
	Região Natural	Ecorregião	Mesoclima	Clima Regional
Unidades Inferiores	Geossistema	Ecossistema		Clima Local (Mesoclima)
	Geofácie	Ecótopo		Topoclima
	Geótopo	Ecótopo	Microclima	Microclima

Fonte: Dias et al. (2017)

Nessa perspectiva, o potencial integrador expresso pela cartografia temática consegue transmitir com maior clareza, as particularidades de cada articulação geográfica com base em uma escala que imprima à compilação de dados e informações acerca de uma área, embora sua maior precisão dependa das dimensões mapeadas, conforme indicado anteriormente. Marques (2016) ratifica essa orientação metodológica ao apontar que, sem essa interface, é impossível trabalhar com cenários prospectivos em uma base territorial, o que, em síntese, configura-se

como dificuldade crônica, a inexistência de integração e homogeneização escalar para a formatação de políticas públicas transversais e suas consequentes aplicações.

4 A AMAZÔNIA MARANHENSE COMO FRONTEIRA E AS DEMAIS REALIDADES ASSOCIADAS

As ações humanas que “domam” a Amazônia Maranhense, desde a década de 1950, e o subdesenvolvimento crônico dos povos e lugares do Bioma Amazônico são fases, ainda não ultrapassadas, de uso inadequado dos recursos naturais remanescentes. Esse ponto de vista, que já foi exposto, parcialmente, por Becker (2007) e por Ab’Sáber (2012), aponta, por exemplo, para cenários conflituosos de médio e longo prazo, o que pode confluir para processos danosos ao próprio maciço territorial em questão.

Clement (2018) sustenta um tripé argumentativo para entender o Bioma Amazônico, com: ocupações pré-históricas da América do Sul, domesticação da Amazônia e processos ocupacionais amazônicos, do período colonial à fase atual. Esses argumentos fortes elencam atores heterogêneos em processos, por vezes, intercomplementares, outras vezes, conflitantes, que apontam para um domínio cada vez mais abrangente da Floresta e de seus recursos, permitindo a presença humana, direta ou indireta, nesse macrodomínio territorial. Ademais, todos eles são aplicados ao conhecimento do Bioma Amazônico no estado do Maranhão.

Os processos ocupacionais amazônicos, geralmente analisados como os fluxos demográficos e culturais presentes na Amazônia Maranhense, desde o final do Pleistoceno e início do Holoceno, foram grifados, por exemplo, em diversos achamentos arqueológicos, distribuídos de Penalva a Grajaú e de Imperatriz a Humberto de Campos. Estes indicam culturas diferenciadas, mas com alto poder de manejo do território, seja pelo uso dos recursos (manejo das sementes caboclas e do fogo, por exemplo), seja pelos resíduos dos usos dos recursos (como as terras pretas de índio).

A domesticação Amazônica, por sua vez, está intimamente relacionada com a produção de alimentos (agricultura), o manejo e melhoramento genético de plantas nativas, isso por empiria (tentativas de acerto e erro), sobretudo em processo de horticultura ou cultivos pequenos e controlados. Somou-se a isso a arboricultura, processo em que há cultivo de árvores, em especial, as frutíferas. E essa combinação

rica e rotativa é a base de um sistema agroflorestal local (e original), que permitiu a manutenção das culturas indígenas.

Já no contexto histórico, da colonização à atualidade, o manejo da floresta foi pautado por ciclos de exploração, visando os ditames econômicos de cada época. Assim como o século XIX representou o Ciclo da Borracha, o seguinte representou o Ciclo da Madeira e da Castanha. Atualmente, pauta-se um Ciclo da Biodiversidade (CLEMENT, 2018), em que todos os contextos espaciais dos ecossistemas da Amazônia Maranhense, por exemplo, podem ser ambientes para a “descoberta” de produtos que atendam às preferências ou necessidades do mercado.

As perspectivas de múltiplos usos da Amazônia levantam vários cenários de conflito. O próprio Plano de Valorização Econômica da Amazônia, datado de 1953, orienta para uma perspectiva de “desenvolvimento econômico endógeno”, mas sem, necessariamente, prever a ocorrência de conflitos sociais e ambientais, cujas práticas levam ao subdesenvolvimento. Isso ocorre, apesar de existirem, desde a década de 1990, estratégias e políticas públicas, para diminuírem essas perspectivas ruins, que estão atreladas à baixa sustentabilidade ambiental das práticas econômicas amazônicas. Algo que o Governo Federal e os Governos Estaduais da Amazônia Legal tentam articular, nas formas de ZEE’s, mas que não se concretizam, em função das múltiplas pressões e externalidades.

Classicamente, em Geografia e em Geopolítica, fronteira é todo e qualquer limite entre duas ou mais nações. Em outros termos, sua essência analítica está voltada para a compreensão geopolítica de zonas de possíveis conflitos de poder, que podem se materializar em estratégias de ocupação, investigação, monitoramento e controle de atividades, numa espécie de processo de imposição de “respeito” aos países vizinhos, conhecida como soberania nacional. Quando se trabalha conceitualmente com o termo limites, a menção é a todos e quaisquer traços físicos e/ou imaginários que dividem duas ou mais áreas, e que é mais usual quando se refere a espaços e suas divisas, dentro de um mesmo país, de uma mesma nação. Em um ZEE, esse contexto analítico é bastante relevante.

Essas concepções clássicas têm apresentado novas caracterizações, em função dos avanços concepto-pragmáticos alcançados na segunda metade do século XX. O conceito econômico de fronteira passou a ser mais discutido e empregado na Geografia, a partir da indicação do termo Zona Pioneira. Foi Waibel (1979) o responsável pela concepção dessa terminologia bastante prática. Ele afirma

que os europeus concebiam o termo fronteira como um puro limite entre nações, como mencionado neste trabalho.

Em outros países, como nos Estados Unidos, tal denominação passou a ter uma conotação econômica, configurando os limites das áreas de povoamento. Assim, “enquanto a fronteira como limite político representa uma linha nitidamente demarcada, a fronteira no sentido econômico é uma zona, mais ou menos larga, que se intercala entre a mata virgem e a região civilizada. A esta zona damos o nome de *zona pioneira*” (WAIBEL, 1979, p. 281 – grifo nosso).

Nessa citação, a palavra civilizada foi assinalada, tendo em vista a explícita necessidade de reorganização conceitual. Ao mencionar civilização, o autor indicava área povoada. Assim sendo, o conceito de frente pioneira apresenta um território passível de ocupação, cuja configuração espacial está, em função, de um lado, de suas características físicas e ecológicas, e do outro, das formas de uso, mais ou menos homogêneas, materializadas pelas questões histórico-sociais e as atividades econômicas, atuais e pretéritas.

As questões econômicas são tão marcantes nesse tipo de análise espacial que, Trovão (1989) destaca, no contexto da Amazônia Maranhense, que as fronteiras (ou zonas pioneiras) são uma clara formatação dos sucessivos avanços sociais, por áreas ainda não habitadas suficientemente e que, por isso, podem ajudar a dar vazão às ideias de desenvolvimento de “válvulas de escape” social, a partir de zonas de conflitos. Assim, as fronteiras econômicas tendem a se deslocar para

> [...] qualquer lugar onde existam, existiam ou se presume existir terras disponíveis ou devolutas que possam ser utilizadas como reserva de capital. Portanto, fronteira [...] e capital são dois fatores que estão interligados, uma vez que tanto um quanto o outro visam à ocupação e à posse da terra. Em virtude disso, os destinos de uma fronteira estão relacionados diretamente com o processo de ocupação da terra (TROVÃO, 1989, p. 80).

Becker (2007, p. 20) afirma que fronteira deve ser compreendida como “[...] um espaço não plenamente estruturado e, por isso mesmo, potencialmente gerador de realidades novas [...]”. Por isso mesmo, essas realidades podem coexistir, dependendo das suas atividades econômicas, contextualizadas, num mesmo território. Por exemplo, há na Amazônia Maranhense, devido às dinâmicas socioeconômicas dos últimos 60 anos, a coexistência de atividades superpostas, passíveis de múltiplas transformações, em razão da intensa dinâmica econômica e

suas implicações sociais e culturais, considerando, na atualidade, os problemas ambientais decorrentes de processos históricos de usos, de ocupação espacial e de utilização dos recursos naturais remanescentes.

Pode-se enquadrar como consolidação de fronteiras econômicas ou zonas pioneiras, os seguintes processos/fatores, que levaram a alterações no Bioma Amazônico no Maranhão nas últimas seis décadas:

a) a presença de áreas passíveis de ocupação, dotadas de recursos naturais ou humanos, indispensáveis à sustentação de atividades econômicas a médio e longo prazo;
b) a conectividade territorial, que representa a possibilidade de ocupação espacial e o uso dos recursos, tendo em vista as necessidades de insumos para a produção ou captação de matérias-primas e a sua consequente comercialização, como também, a de seus produtos derivados. Em outros termos, o não isolamento é um pré-requisito para que as fronteiras econômicas sejam materializadas;
c) os grupos populacionais humanos sujeitos a viverem, por determinado tempo, em condições insalubres, tendo em vista, a falta de estrutura e serviços básicos de primeira necessidade (escolas, hospitais, centros comerciais, bancos, estradas de ferro ou de rodagem, dentre outros), e a necessidade de ocupação de espaços, onde eles possam desenvolver suas atividades econômicas de subsistência e/ou de mercado;
d) os incentivos políticos para a ocupação “pioneira”, que pode ser demonstrada tanto por indicações legais, como em políticas públicas de ocupação de áreas despovoadas, como nos casos históricos de desatenção que o Estado manifesta por certas áreas, criando “vazios” de ações governamentais, o que concorre para o acirramento de conflitos de uso e ocupação, bem como, para a instauração de “poderes paralelos” que dificultam a instalação posterior de estratégias de planejamento, para correção ou mitigação de processos históricos adversos e
e) o momento histórico, que orienta quais são as demandas de matérias-primas e produtos, tanto em nível regional, quanto nacional e

internacional, o que concorre para formatação de uma zona de produção em função de um mercado consumidor.

A soma desses fatores origina, *per se*, não apenas as zonas pioneiras, mas um conjunto de processos sociais que não foram acompanhados pelos entes governamentais (municípios, estados e União), em suas três esferas de Poder (Executivo, Legislativo e Judiciário). Isso construiu e constituiu territorialidades diferentes das originais. Para Silva (2007), o processo para a articulação integrada de uma fronteira econômica e política no território é materializado a partir do seguinte processo:

a) **fronteira da exploração de caça e insumos madeireiros:** aquela que obedece aos fluxos de reconhecimento do território, com suas potencialidades e, sobretudo, restrições ambientais. Era o tipo relacionado aos processos históricos de configurações das “entradas e bandeiras” (FURTADO, 2007; PRADO JÚNIOR, 2008), no intuito de interiorizar as ocupações do território brasileiro, para a sua consequente dominação. Bastante presente no território amazônico maranhense entre o final dos anos 1950 e final da década de 1980;
b) **fronteira do minerador:** desenvolvida sobretudo no Norte (Bacabeira e Rosário) e Noroeste (Reentrâncias e Médio-Baixo Gurupi, Maracaçumé e Turiaçu) do Bioma Amazônico no Maranhão, mas com leves desdobramentos para o Sul (Grajaú), configurando uma faixa pioneira dantes denominada “Guiana Maranhense” (ABREU, 1939), formada por veios auríferos, com presença de pedras semipreciosas e áreas de exploração de rochas pré-cambrianas, para a construção civil;
c) **fronteira de desmatamento:** resultado dos esforços de ocupação humana, em áreas com algum tipo de cobertura vegetal dominante que, especificamente no Maranhão, eram as Florestas Amazônicas, os Cerrados e as Matas de Cocais (DIAS et al., 2017). As demandas por áreas para produções agrícolas e pecuaristas de subsistência e de mercado induziram, nas décadas precedentes, à supressão florestal, cuja madeira era vendida como recurso para madeireiras, serrarias ou mesmo como lenha ou carvão. Os espaços desmatados configuram-se como palco território básico para atividades econômicas de

subsistência e de mercado, segundo suas potencialidades relacionadas ao relevo e aos insumos disponíveis;

d) **fronteiras agrícola e pecuarista:** aquelas que após a denudação do solo, praticada pelas atividades de desmatamento, configura espaços "aptos" à implementação de atividades que requeiram modalidades diferenciadas de uso e ocupação das terras, revertendo, de forma humanamente induzida, a potencialidade de recuperação do espaço. Práticas inadequadas de manejo do solo, principalmente, através do uso do fogo como agente de controle da vegetação e o pisoteamento dos solos pelo gado bovino tornam, a longo prazo, inviáveis as produções. Isso induz, a cada duas ou três décadas, ao avanço para novos espaços, reiniciando um processo de configuração de fronteiras de desmatamento para a formatação de fronteiras agrícolas e pecuaristas e

e) **fronteira urbano-industrial:** configurada a partir dos incrementos econômico e político estruturados e materializados na forma de poder de capital em um determinado território. Os aglomerados urbanos apresentam, em tese, serviços e equipamentos diversos (de saúde, educação, de assistências técnicas e sociais, de atividades comerciais e industriais), que as áreas rurais não possuem. Assim, estabelecem-se as fronteiras urbanas como centros de atração populacional, sendo que a grande parcela de sua população formadora é excluída de políticas públicas, bem como, das decisões políticas. É nos espaços urbano-industriais que se configuram os ambientes mais suscetíveis à criticidade social e econômica, implicando em formatação de bolsões urbanos de pobreza, como o verificado nos entornos de distritos industriais, tais quais, o "Distrito Industrial de São Luís" (Capital do Estado) e o "Distrito Industrial de Pequiá, em Açailândia", ambos situados no Bioma Amazônico do Maranhão.

Segundo Celentano et al. (2018), os maiores (e mais íntegros) conjuntos de remanescentes de ecossistemas amazônicos na Área de Endemismo Belém estão inseridos na Reserva Biológica do Gurupi (no Oeste Maranhense) e em Terras Indígenas. E esses conjuntos territoriais protegidos passam por sensíveis conflitos, dos quais se destacam os relacionados a usos inadequados da terra, bem como, ao

desmatamento e à exploração madeireira, ao avanço das fronteiras produtivas, ao assentamento irregular de comunidades humanas e, por fim, à falta da presença de ações efetivas de Governos no entorno (zonas de amortecimento) e no conjunto espacial interno de cada uma dessas células espaciais.

Por consequência, os retromencionados autores apresentam a definição do denominado “Mosaico Gurupi”, que “é constituído por seis Terras Indígenas (Alto Turiaçu, Awá, Caru, Arariboia, Rio Pindaré, Alto Rio Guamá) e uma Unidade de Conservação (Reserva Biológica do Gurupi)” (CELENTANO et al., 2018, p. 316), áreas de grande valor, no que tange à possibilidade de salvaguarda de recursos ambientais (geodiversidade e biodiversidade) e culturais (sociodiversidade).

Aliás, tal estratégia de configuração de um macroterritório protegido, com corredores ecológicos para a conexão de fragmentos na Área de Endemismo Belém é validada por dispositivos presentes na própria Lei Federal nº 9.985/2000, que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. *Per se*, o espaço total protegido é de 17,9 mil km^2, mas com uma área de influência na ordem de 46,4 mil km^2, o suficiente para abranger um pouco mais de 30% de todo o Bioma Amazônico em terras maranhenses, por exemplo.

A presença humana, porém, mostra-se bastante perturbadora quanto ao contexto ambiental regional, sobretudo pelos conflitos produtivos e fundiários que geram desmatamentos e queimadas, por exemplo, no proposto Mosaico Gurupi. Há, pois, que se buscar o equilíbrio entre esse tipo de proteção, bastante necessário e relevante, nos dias atuais, com as atividades econômicas, também consideradas estratégicas e indispensáveis.

A premissa da configuração de um mosaico para conectividade das paisagens apresenta-se, pois, como uma estratégia sólida para a manutenção do território ora discutido. Inclusive, é uma das pautas analisadas e discutidas na atual fase de elaboração dos Prognósticos Cenarizados para o Bioma Amazônico Maranhense, no contexto do Programa ZEE do estado do Maranhão. E o acervo de informações, por ele produzido, deverá ser capaz de nortear decisões políticas, quanto a ações que assegurem a manutenção da biodiversidade regional, ao menos no contexto do Oeste Maranhense.

Tal ferramenta e instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente necessita de interlocução com o Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal (SIAGEO Amazônia), tanto no que diz respeito à complementação

de dados e informações sobre todos os estados da Amazônia Legal, quanto sobre a imposição da questão escalar, haja vista, ser tal base de dados associada a diagnósticos ao milionésimo, ou seja, na escala 1:1.000.000, o que dificulta a precisão quanto à tomada de decisões gerenciais e estratégicas, para territórios de porte regional ou sub-regionais, pois estes últimos carecem de uma compreensão escalar regional (representações gráficas superiores a 1:250.000).

Assim, é necessário haver a convergência de olhares para a garantia de manutenção da integridade das florestas nativas presentes no contexto territorial do Mosaico Gurupi, bem como, para a recuperação de áreas associadas, condição factual para a sustentabilidade real das comunidades humanas tradicionais e manutenção da geobiodiversidade. E não se pode esquecer das atividades produtivas e das pessoas residentes no Bioma Amazônico Maranhense, *lato sensu*, pois são elas que garantirão a recomposição e os usos adequados dos territórios e espaços disponíveis, no contexto analisado neste Sumário Executivo. E, mais uma vez, o binômio Ecológico-Econômico deverá ser indicativo de equilíbrio.

5 PRÓXIMOS PASSOS

Evidentemente, os trabalhos associados ao ZEE-MA para o Bioma Amazônico não estão restritos apenas a este Sumário Executivo dos Diagnósticos Temáticos. A composição de um ZEE envolve:

a) **Diagnósticos Temáticos** que apresentam uma abordagem atual técnico-científica dos conhecimentos acumulados sobre temas heterogêneos, que compõem as bases naturais, a biodiversidade e as bases ecológicas, as atividades humanas e institucionais que compõem e configuram o território analisado, e que são apresentados, de maneira sumarizada, neste volume.

b) **Prognóstico e Cenarização** em que será analisada a situação futura do território, delineando, para tanto, as expectativas para o desenvolvimento sustentável da área do Bioma Amazônico no estado do Maranhão. Será usada uma metodologia que inclui a construção de uma matriz morfológica, tendo como eixo vertical, as incertezas críticas com respeito ao futuro; e no eixo horizontal, as hipóteses ou estados

alternativos com respeito às incertezas. Essa é a próxima etapa do ZEE em curso.

c) **Base de Dados em ambiente digital** que corresponde a todos os bancos de dados temáticos e integrados, elaborados ou atualizados, no âmbito do ZEE do Bioma Amazônico Maranhense. Será composto por ambiente de arquivos para downloads (lidos em ambiente SIG – Sistema de Informação Geográfica) e também de aplicativo, em ambiente *web* para geração de produtos cartográficos, a partir de bases cadastradas em sistema. Esse produto será entregue junto com o Prognóstico e Cenarização.

d) **Relatório de Zonificação do Território, com indicação das zonas territoriais e seus usos potenciais** é o produto síntese de Ecologia de Paisagens, integração das bases naturais, da biodiversidade e das bases ecológicas, das atividades humanas e institucionais, bem como, de uso e cobertura, que implicará na zonificação do território por fragilidades e potencialidades, por geossistema. Este produto antecederá as audiências públicas.

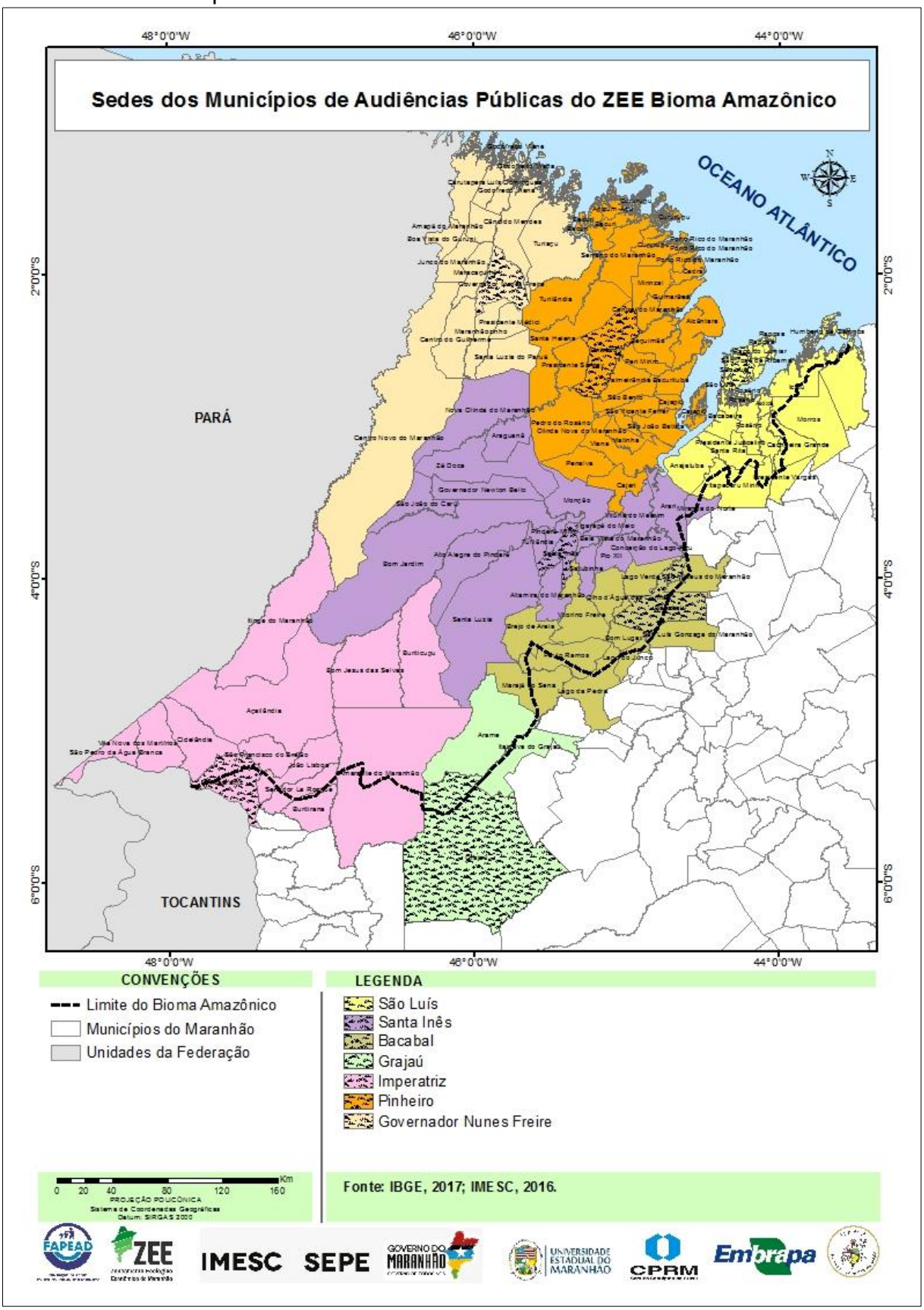
e) **Audiências Públicas, com respectivos relatórios**, propiciam, segundo a Lei do Processo Administrativo Federal (Lei nº 9.784/1999), o debate público e pessoal, por pessoas físicas ou representantes da sociedade civil, considerado o interesse público de ver debatido o tema, cuja relevância ultrapassa as raias do processo administrativo e alcança a própria coletividade. Cuida-se, no fundo, de modalidade de consulta pública, com a particularidade de se materializar através de debates orais, em sessão previamente designada para esse fim. A oralidade, portanto, é seu traço marcante. Esse instrumento legal é considerado como um apoio à tomada de decisões por parte do Órgão Público que a convoca.

Em outros termos, pragmaticamente, as audiências públicas (com livre participação cidadã e de entidades ou órgãos que atuem no território avaliado) devem ser o ápice do processo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico no estado do Maranhão, pois apresentará à população os resultados obtidos após as consultas públicas e demonstrará, a todos os setores, os reais cenários e prognósticos do espaço total analisado.

Esse instrumento é condição *sine qua non* para a validação do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico no estado do Maranhão, devendo ser obrigatoriamente realizado nos mesmos municípios-sede apontados para a realização da fase anterior, que envolveram as consultas públicas. Ademais, a participação popular precisa ser garantida e efetivada, devendo os órgãos e entidades mapeados, durante a Fase de Diagnóstico, ser obrigatoriamente convidados a participar da(s) audiência(s) pública(s), nos municípios-sede que diretamente estejam relacionados à(s) sua(s) região(ões) de atuação. As audiências ocorrerão em 07 (sete) municípios-sede: Imperatriz, Grajaú, Bacabal, Santa Inês, Governador Nunes Freire, Pinheiro e São Luís, envolvendo territórios de suas áreas de influência direta, conforme indicado pela Figura 4.

Posteriormente, haverá a configuração de revisões do ZEE-MA para o Bioma Amazônico, assim como, a elaboração de minuta de lei, a ser entregue ao Governador do Estado, que encaminhará à Assembleia Legislativa do Estado do Maranhão (ALEMA), para que sigam os trâmites legais para a transformação dos produtos ora apresentados e discutidos, em lei estadual.

Figura 4 - Municípios-sede das audiências públicas que serão desenvolvidas, no âmbito do ZEE-MA para o Bioma Amazônico



REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: FERRI, Mário Guimarães (coord.). **III Simpósio sobre o Cerrado**. São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 1971. p. 01-14.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Amazônia: proteção ecológica e desenvolvimento. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 6, n. 1-2, p. 112-126, 1992.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Amazônia:** do discurso à práxis. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 2004. 320 p.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Ecossistemas do Brasil** [com fotos de Luiz Cláudio Marigo]. São Paulo: Metalivros, 2006. 300 p.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 159 p.

ABREU, Sílvio Fróes de. Observações sobre a Guiana Maranhense. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, ano I, vol. 4, out.,1939. p. 25 – 50.

BERTALANFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas**. Petropólis: Vozes, 1973. 351 p.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'E GA**. Curitiba: Editora da UFPR, n. 8, 2004. p. 141-152.

BECKER, Bertha K. **Amazônia:** geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2007. 172 p.

CAILLEUX, André; TRICART, Jean. Zonas fitogeográficas e morfoclimáticas do Quaternário, no Brasil. In: AB'SÁBER, Aziz Nacib (org.). **Leituras indispensáveis.** v. 2. São Paulo: Ateliê Editorial, 2010. p. 91-99.

CELENTANO, D. et. al. Desmatamento, degradação e violência no "Mosaico Gurupi" – a região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, 2018, p. 315-339.

CLEMENT, C. R. Da domesticação da floresta ao subdesenvolvimento da Amazônia. Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos, 29 março 2017. **Cadernos de Debate**, 2018.

COSTA, Allana Pereira da; PORTELA, Anny Karolyny Oliveira. **Base cartográfica do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão, escala 1:250.000 – Tema: Ecologia da Paisagem**. São Luís: IMESC, 2019 (inédito).

DIAS, Luiz Jorge B.; TEIXEIRA, Wenderson; SILVA, Jessica Conceição; SOUSA, Jéssica Suyane. Vulnerabilidades morfoclimáticas no Bioma Amazônia no Estado do Maranhão: orientações ao Zoneamento Ecológico-Econômico regional. In: SEABRA, Geovanni (org.). **Educação Ambiental:** natureza, biodiversidade e sociedade. Ituiutaba: Barlavento, 2017. p. 461-472.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil.** 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. 350 p.

MARQUES, Válter José. **Zonificação ambiental do Estado do Maranhão utilizando os geossistemas como categoria geográfica de análise**. 2016. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas:** a história de uma procura. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127 p.

PRADO JÚNIOR, Caio. **Formação do Brasil contemporâneo**. 23. ed. São Paulo: Brasiliense, 2008. 390 p.

SOTCHAVA, Viktor B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**, n. 16. São Paulo: IGEOG, 1977.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da; CAVALCANTI, Agostinho Paula Brito. **Geoecologia das paisagens:** uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 222 p.

SILVA, Carlos Alberto Franco da. Fronteira agrícola capitalista e ordenamento territorial. In: SANTOS, Milton; BECKER, Bertha K. (orgs.). **Território, territórios:** ensaios sobre ordenamento territorial. 3. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007. p. 282 – 312.

SILVA, José Maria C. da; RYLANDS, Anthony B.; FONSECA, Gustavo A. B. da. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1, jul. 2005, p. 124-131.

TRICART, Jean. **As zonas morfoclimáticas do Nordeste Brasileiro**. Salvador: Progresso Editora, 1959. 15 p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 97 p.

TRICART, Jean; CAILLEUX, André. Mophogenic systems and morphoclimatic regions. In: DERBYSHIRE, Edward (ed.). **Climatic geomorphology**. London: MacMillan, 1973. p. 228-268.

VICENTE, Luiz Eduardo; PEREZ FILHO, Archimedes. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Revista Geografia**, v.28, n.3, set-dez/2003. p. 323-344.

TROVÃO, José Ribamar. **Ilha latifundiária na Amazônia Maranhense:** estudo da expansão da fronteira agrícola no Médio Vale do Pindaré – o caso de Santa Inês. São Luís: UFMA\PPPG, 1989. 220 p.

WAIBEL, Leo. **Capítulos de Geografia Tropical e do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 326 p.

ZACHARIAS, Andréa Aparecida. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010. 211 p.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia geográfica:** teoria e prática de pesquisa. Campinas: Alínea, 2013. 151 p.

II GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

Jorge Hamilton Souza dos Santos (Coordenador)
Ediléa Dutra Pereira
Leonardo Gonçalves de Lima
Mauricio Eduardo Salgado Rangel
Hélio Oliveira Costa
Jorge Xavier da Silva
Gabriel Irvine Ferreira Alves dos Santos
Joelson Pereira da Graça
Suena dos Santos Silva
Matheus Gomes Moreno
Jhony Frota Macedo
Samuel Lopes Serra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 31
2 MATERIAIS E MÉTODOS 31
3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA AMAZONIA LEGAL – MARANHÃO ... 35
3.1 Unidades Litoestratigráficas Craton São Luís - Paleoproterozoico (2.300 - 1.800ma) 38
3.2 Cinturão Gurupi – Neoproterozoico (1.000 a 542Ma) 39
3.3 Grupo Serra Grande – Siluriano – 444Ma 45
3.4 Formação Sambaíba – Triássico – 251Ma 45
3.5 Formação Mosquito – Mesozoico (Jurássico – 200Ma) 46
3.6 Formação Corda – Mesozoico (Jurássico 200Ma) 47
3.7 Formação Grajaú – Mesozoico (Cretáceo – 145MA) 48
3.8 Formação Codó – Mesozoico (Cretáceo – Aptiano) 49
3.9 Grupo Itapecuru – Mesozoico (Cretáceo – Albiano) 50
3.10 Cobertura Laterítica Matura e Grupo Barreira – Paleógeno (65,5Ma) ao Neógeno (23Ma) 53
3.11 Depósitos Quaternários 56
3.12 Depósitos de Mangues/Apicum – Quaternário 56
3.13 Depósitos Litorâneos – Quaternário 58
3.14 Depósitos Eólicos Continentais – Quaternário 59
3.15 Depósitos Flúvio-Lagunares/Flúvio-Marinho-Quaternário 61
3.16 Depósitos Aluvionares, Depósitos Eólicos e Lateríticos – Quaternário 63
4 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO BIOMA AMAZÔNIA MARANHENSE 65
4.1 Litoral das Reentrâncias Maranhenses 66
4.2 Golfão e Baixada Maranhense 72
4.3 Tabuleiros de São Luís e Alcântara – Guimarães 74
4.4 Superfície Sublitorânea de Bacabal 75
4.5 Lençóis Maranhenses 75
4.6 Superfícies Aplainadas do Noroeste do Maranhão 76
4.7 Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú 78
4.8 Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins 84
4.9 Baixos Platôs de Barra do Corda 85
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 86
REFERÊNCIAS 87

1 INTRODUÇÃO

O Zoneamento Econômico e Ecológico do estado do Maranhão (ZEE-MA) compreende o bioma Amazônico que ocupa, aproximadamente, 1/3 do seu território, visa o levantamento das potencialidades e fragilidades do ambiente e é um instrumento para fundamentar a formulação e a espacialização das políticas públicas.

O mapeamento geológico, geomorfológico e hidrogeológico na escala 1:250.000 foi realizado na porção ocidental do estado do Maranhão em uma área de, aproximadamente, 114.944,2km². Foi realizado para subsidiar não apenas o reconhecimento das formações geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas como também suas suscetibilidades e potencialidades, associado à interpretação de imagens de satélites, a trabalhos preexistentes do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a trabalhos de campo.

A execução desse instrumento de planejamento foi realizada através do Convênio de Cooperação Técnica entre o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos e a Universidade Estadual do Maranhão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização desse mapeamento contou com a utilização de materiais cartográficos, imagens de satélites, técnicas de interpretação, trabalhos de campo, análise laboratorial para elaborações de cartas temáticas utilizando o método do mapeamento geológico sistemático (CPRM, 2004), o detalhamento progressivo Cerri et al. (1996) a partir do Mapeamento Geológico do Programa Geologia do Brasil na escala 1:750.000, conforme Klein e Sousa (2012) e do Mapeamento Geomorfológico do estado do Maranhão, na escala de 1:400.000, de 2011 do IBGE.

O mapeamento geológico e geomorfológico possibilitou melhor compreensão das causas e dos processos que promoveram a formação das rochas e a geração dos bens minerais, e permitiu definir, com maior precisão, sua espacialização e seu potencial. O mapeamento geológico e geomorfológico sistemático na escala 1:250.000 se desenvolveu conforme descrito a seguir:

- **Principais fontes de pesquisa bibliográficas**

Realizou-se levantamento, avaliação e integração de informações pretéritas disponíveis a fim de compreender melhor os aspectos relevantes para o desenvolvimento do mapeamento geológico, geomorfológico e caracterização hidrogeológica dos aquíferos, em âmbito regional na escala 1:250.000. As publicações científicas e técnicas se referem às dissertações, teses, anais de eventos científicos, periódicos nacionais e internacionais alicerçados nas proposições do Serviço Geológico do Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

- **Materiais cartográficos elaborados**

Elaboração de uma base cartográfica digital georreferenciada e análise dos documentos cartográficos disponíveis como o Mapa Geológico, Hidrogeológico, Geomorfológico e de Recursos Minerais do Maranhão, na escala 1:250.000 da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais - CPRM, arquivos formato *shapefile* do Programa Geologia do Brasil, na escala 1:750.000 conforme Klein e Sousa, (2012), associada à interpretação de imagens de satélite (imagens *RapyEye*), fotografias aéreas, dados aerogeofísicos ou outros sensores remotos aerotransportados.

- **Trabalhos de campo**

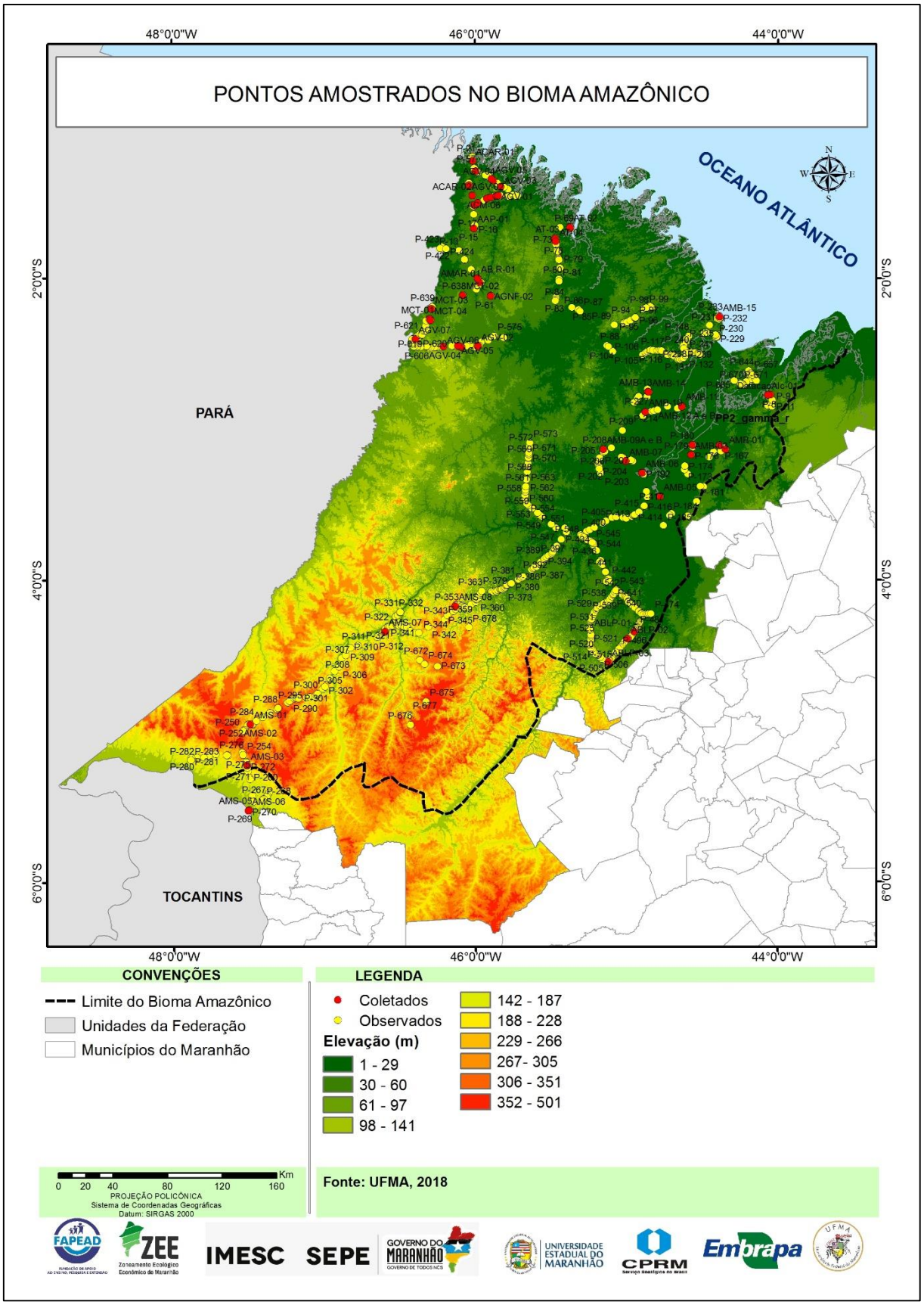
O reconhecimento de campo, estratégico para coleta de informações básicas, objetivou a caracterização das diferentes formações geológicas e recursos minerais envolvidos, conforme o método do mapeamento geológico sistemático (CPRM, 2004). As descrições litológicas e hidrogeológicas das unidades hidrogeológicas foram baseadas nos trabalhos de diversos autores e nos relatórios das Folhas Açailândia (VILLAS BOAS; ARAÚJO, 1999), Bacabal (RODRIGUES et al*.,* 1994), Barra do Corda (LOVATO et al*.,* 1994), Caxias (RIBEIRO et al*.,* 1998), Imperatriz (SOUZA et al*.,* 1990), Itapecuru-Mirim (LOVATO et al., 1995), Presidente Dutra (LEITES et al*.,* 1994), São Luís (RODRIGUES et al*.,* 1994) e Vitorino Freire (COLARES et al*.,*1990), do Programa Levantamentos Geológicos Básicos (PLGB/CPRM) e no Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo, em ambiente SIG (MONTEIRO, 2012a e b; KLEIN, SOUSA, 2012) associados aos trabalhos de campo.

O método utilizado na caracterização das formações geológicas foi a descrição táctil-visual, destacando-se aspectos locacionais, geomorfológicos, litológicos, texturais, mineralógicos e estruturais, uso e ocupação atual, perfil de alteração, processos e problemas ambientais registrados na área, tais como, a erosão, o assoreamento, os deslizamentos e outros.

A caracterização geológica/geomorfológica foi realizada na escala 1:250.000, execução de perfil e coleta de amostras, em que a área mínima mapeável foi de 2,5 km. Foram realizadas observações nos afloramentos existentes em cortes de vias, voçorocas, drenagens, escavações e outros para melhor definição de seus limites e contatos geológicos.

Foram levantados 643 pontos observados, 63 pontos amostrados e 37 analisados através de análise granulométrica pelo método da pipetagem e observações na lupa, associada aos testes da presença de carbonato nas amostras do Grupo Itapecuru. Os pontos observados e coletados permitiram melhor caracterização e representatividade da geologia do Bioma Amazônico Maranhense (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de amostragem do Bioma Amazônico Maranhense



3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA AMAZONIA LEGAL - MARANHÃO

As formações geológicas presentes na área do Bioma Amazônico Maranhense foram as rochas metavulcanossedimentares e metassedimentares do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi do Paleo ao Neoproterozoico (2.300Ma a 542Ma).

Do Paleozoico ao Mesozoico (542 a 65Ma) ocorreu a deposição de uma sequência de arenitos, siltitos e argilas do Grupo Serra Grande, Formação Sambaíba; cortado por derrames basálticos da Formação Mosquito, e recobertos parcialmente por uma sequência de arenitos da Formação Corda, Formação Grajaú, Formação Codó, Grupo Itapecuru; e no Paleógeno a formação da Cobertura Lateríticas Maturas, no Neógeno os sedimentos do Grupo Barreiras. E finalmente todas essas sequências de sedimentos foram recobertos pelos Depósitos Quaternários. Essas litológias resguardaram a história da deposição desses sedimentos e intrusão dos granitoides em diferentes períodos geológicos, em variadas condições ambientais e climáticas. Esses fatores criaram propriedades geológicas quanto à presença de minerais minérios e hidrogeológias diferenciadas a cada aquífero, que refletem em sua produtividade, vulnerabilidade e sustentabilidade hídrica na área do bioma maranhense (Figura 2 e Quadro 1).

Figura 2 - Mapa geológico do Bioma Amazônia Maranhense – ZEE - MA

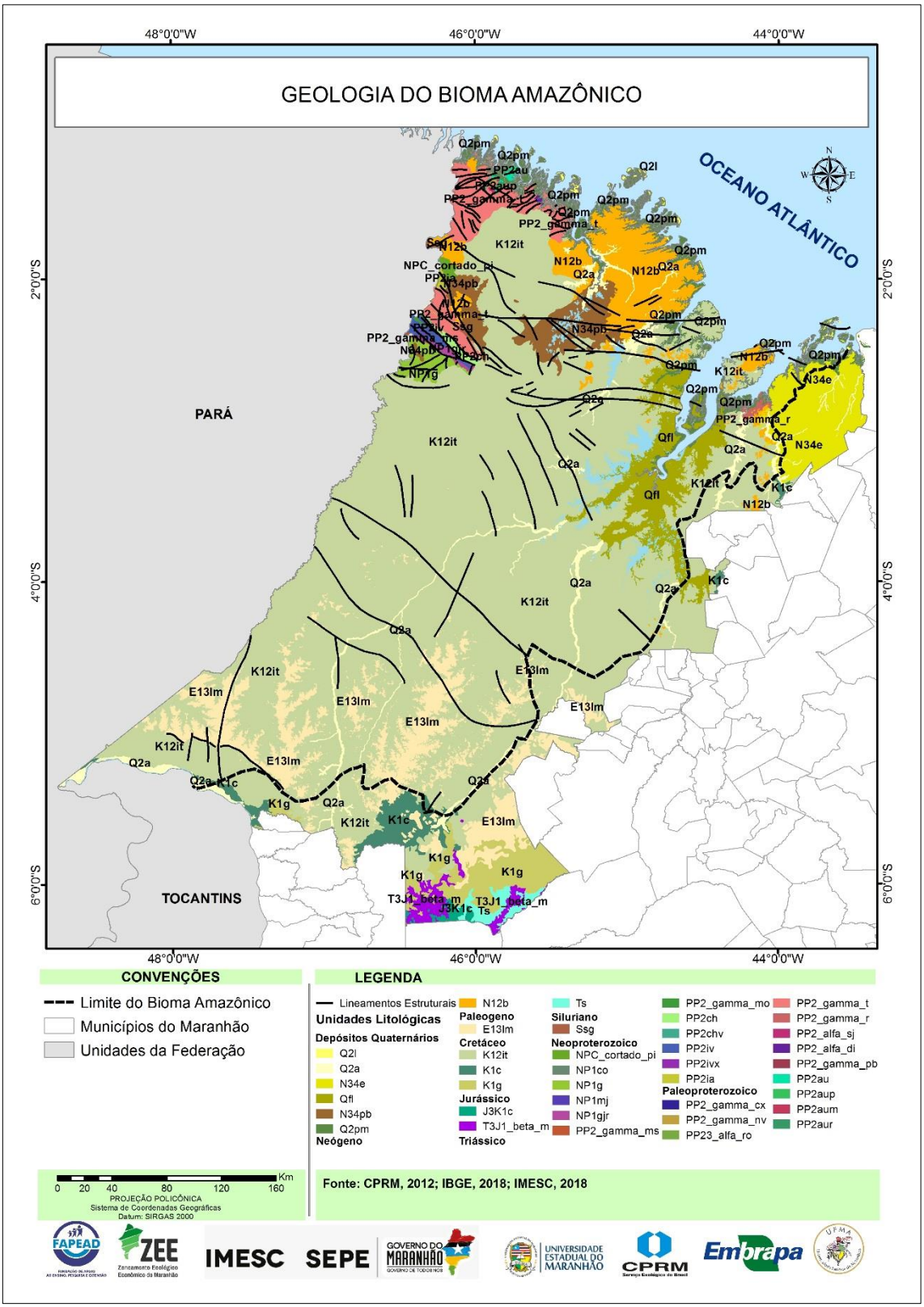


Tabela 2 - Siglas e nomes das unidades de Mapeamento Geológico

Depósitos Quaternários		
	Q2l	Depósitos litorâneos
	Q2a	Depósitos aluvionares
	N34e	Depósitos eólicos continentais antigos
	Qfl	Depósitos flúvio-lagunares
	N34pb	Depósitos aluviais, eólicos e lateríticos
	Q2pm	Depósitos de pântanos e mangues
Neógeno		
	N12b	Barreiras, sedimentos argilosos, arenosos e conglomeráticos
Paleogeno		
	E13lm	Coberturas Lateríticas Maturas
Cretáceo		
	K12it	Itapecuru
	K1c	Codó
	K1g	Grajaú
Jurássico		
	J3K1c	Corda
	T3J1_beta_m	Mosquito
Triássico		
	Ts	Sambaíba
Siluriano		
	Ssg	Serra Grande
Neoproterozoico		
	NPC_cortado_pi	Piriá
	NP1co	Anfibolito Cocal
	NP1g	Gurupi
	NP1mj	Marajupema
	NP1gjr	Jaritequara
	PP2_gamma_ms	Granito Maria Suprema
	PP2_gamma_mo	Granito Moça
	PP2ch	Chega Tudo
	PP2chv	Formação Chega Tudo vulcânica
	PP2iv	Itapeva
	PP2ivx	Itapeva xisto
	PP2ia	Igarapé de Areia
Paleoproterozoico		
	PP2_gamma_cx	Microtonalito Garimpo Caxias
	PP2_gamma_nv	Granito Negra Velha
	PP23_alfa_ro	Vulcânica Rosilha
	PP2_gamma_t	Tromaí
	PP2_gamma_r	Rosário
	PP2_alfa_sj	Vulcânica Serra do Jacaré
	PP2_alfa_di	Rio Diamante
	PP2_gamma_pb	Granodiorito Piaba
	PP2au	Aurizona
	PP2aup	Pirocaua
	PP2aum	Matará
	PP2aur	Ramos

Quadro 1 – Coluna litoestratigráfica do Bioma Amazônico Maranhense – ZEE-MA

ÉON	ERA	PERÍODO	Ma	DOMÍNIO GEOLÓGICO		CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
FANEROZOICO	CENOZOICO	QUATERNÁRIO HOLOCENO	0,01	DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS	DEPÓSITOS DE MANGUES/APICUM	Sedimentos esverdeados escuros, argilosos e siltosos, lamosos, lodosos ricos em matéria orgânica, encharcados, sujeitos a dinâmica da maré.
					DEPÓSITOS LITORÂNEOS	Sedimentos esbranquiçados, quartzosos, finos a muito finos, presentes no litoral maranhense ao longos das praias.
					DEPÓSITOS EÓLICOS CONTINENTAIS	Sedimentos esbranquiçados, quartzosos, finos, bem selecionados, presentes nas dunas móveis e fixas ao longo do litoral maranhense.
					DEPÓSITOS FLÚVIO-LAGUNARES E FLÚVIO-MARINHOS	Sedimentos cinzas escuros, argilosos, siltes a areias finas, ricos em materias orgânicas, encontrados na região do Golfão Maranhense, nas planícies de inundações e lagos.
					DEPÓSITOS ALUVIONARES, DEPÓSITOS EÓLICOS E LATERÍTICOS	Sedimentos esbranquiçados a avermelhados, finos a médios, quartzosos, com lateritas de tamanhos cm a mm, angulosas a subangulosas, presentes nos canais e barras fluviais.
		PLEISTOCENO	2,59			
		NEÓGENO	23	GRUPO BARREIRAS		Sedimentos e rochas inconsolidadas, amarelados a avermelhados, arenosos finos a argilosos, maciços por vezes mosqueados nítidos, com presença de lateritas concentradas ou dispersas.
		PALEÓGENO	65,5	COBERTURA LATERÍTICAS MADURAS		São sedimentos concrecionários residuais ferruginosos angulosos a subangulosos, ocorrem geralmente no topo das chapadas e planaltos dissecados no sul do bioma amazônico maranhense.
	MESOZOICO	CRETÁCEO		GRUPO ITAPECURU	FORMAÇÃO CUJUPE	São rochas avermelhadas a amareladas por vezes violáceos, com intercalações de arenitos, siltitos e argilitos (folhelhos), macicos e mosqueados com estratificações cruzadas.
					FORMAÇÃO ALCÂNTARA	São rochas avermelhadas a esbranquiçadas, com intercalações de arenitos, siltitos e argilitos (folhelhos) em acamamentos heterolíticos, centimétricos e sub-horizontais, estratificações cruzadas. Presentes no litoral maranhense.
				FORMAÇÃO CODÓ		São rochas amareladas, compostas por arenitos e argilas, com lentes de calcarenitos, maciças com finíssimas plaquetas de micas biotitas e inclusões escuras carbonosas.
				FORMAÇÃO GRAJAÚ		Composta por arenitos esbranquiçados, cremes, róseos, granulometria fina a média com estratificações paralelas e cruzadas.
				FORMAÇÃO CORDA		Constituida por uma sequência de arenitos de coloração cinza a avermelhada, fino a média, baixa a média consistência, com presença de conglomerados com estratificações planos-paralelas.
			145			
		JURÁSSICO	200	FORMAÇÃO MOSQUITO		Compreende os derrames basálticos de cor cinza escura, maciços, texturas afaníticas, aflorantes em blocos descontínuos intensamente intemperizados exibindo esfoliações esferoidais.
		TRIÁSSICO	251	FORMAÇÃO SAMBAÍBA		Formada por arenitos de colorações avermelhadas a esbranquiçadas, granulometria fina a média, maciça, consistência baixa a friável, com estratificações cruzadas.
	PALEOZOICO	SILURIANO	542	FORMAÇÃO SERRA GRANDE		Composta por uma sequência de sedimentos esbranquiçados a cinzentos ou amarelados, arenitos finos, quartzosos, silticos-argilosos, folhelhos, maciços e as vezes mosqueados. Registra-se a presença de esmectita.
PROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO	TONIANO AO EDICARANO	1000	CINTURÃO GURUPI	GRUPO GURUPI FORMAÇÃO PIRIÁ E ANFIBOLITO COCAL MAGMATISMOS OROGÊNICOS: GRANITO MARIA SUPREMA E MOÇA FORMAÇÃO CHEGA TUDO COMPLEXO METAMÓRFICO ITAPEVA	Conjunto de rochas sedimentares, metassedimentares do Grupo Gurupi, associadas às metavulcanossedimentares da Formação Chega Tudo e ao Complexo Metamórfico Itapeva (gnaisses, tonalíticos, granodioritos, granitos...) e Complexo Itapeva Xitos, associadas a um magmatismo orogênicos representados pelos granitos Maria Suprema e Moça. Registra-se a presença de mineralizações de ouro.
	PALEOPROTEROZOICO	RIACIANO	2300	CRÁTON SÃO LUÍS	FORMAÇÃO IGARAPÉ DE AREIA MAGMATISMO OROGÊNICO:GRANITO VELHA NEGRA, UNIDADE VULCÂNICA ROSILHA SUÍTE INTRUSIVA TROMAÍ E ROSÁRIO, VULCÂNICA SERRA DO JACARÉ E FORMAÇÃO RIO DIAMANTE GRUPO AURIZONA	Compreende um conjunto de rochas metavulcanossedimentares (xistos, filitos, metachert, metavulcânicas e outros) e por vulcânicas. Registra-se a presença de mineralizações de ouro, principalmente ao longo dos veios de quartzos intensamente milonitizados.

3.1 Unidades Litoestratigráficas Craton São Luís - Paleoproterozoico (2.300 - 1.800ma)

O Cráton São Luís é formado por um conjunto de rochas vulcano-plutônicas constituídas por tonalitos, trondhjemitos, granodioritos (TTG), granitos, quartzo-andesitos, riolitos e dacitos da Suíte Intrusiva Tromaí, a as metavulcanossedimentares do Grupo Aurizona, associadas aos granitoides e vulcânicas. A Suíte Intrusiva Tromaí

presente nos municípios de Carutapera, Luís Domingues, Godofredo Viana, Candido Mendes dentre outros, representa o fragmento da placa tectônica (orógeno) que permaneceu no continente sul-americano após a separação entre América do Sul e a África durante a abertura do oceano Atlântico no Mesozoico (KLEIN; MOURA, 2008). O Grupo Aurizona constitui um conjunto de rochas metavulcanossedimentares de idade 2.240+/-5Ma (KLEIN; MOURA, 2001), representando as rochas mais antigas da região, intrudidas pelos granitoides da Suíte Tromaí (Fotos 1 e 2) e por vulcânicas, nas quais se encontram as mineralizações de ouro (KLEIN et al*.,* 2005; KLEIN et al*.,* 2008; KLEIN, SOUSA, 2012). Essas rochas são portadoras de mineralizações de ouro, principalmente, ao longo dos veios quartzosos intensamente fraturados (Figura 2, Quadro 1).

A Suíte Intrusiva Rosário aflora como plútons no município de Bacabeira e Rosário, compreende um conjunto de granitoides representado por tonalitos, granodioritos intensamente cortados por veios e diques. Apresenta idade de 2139+/-22Ma (GORAYEB et al. 1999) correlacionáveis à Suíte Intrusiva Tromaí. Essas rochas são utilizadas como britas e empregadas na construção civil (Fotos 3 e 4).

3.2 Cinturão Gurupi – Neoproterozoico (1.000 a 542Ma)

O conjunto de rochas metassedimentares do Grupo Gurupi, metavulcanossedimentares da Formação Chega Tudo e Complexo metamórfico Itapeva, associadas a um magmatismo orogênico representado pelos granitos Maria Suprema e Moça (KLEIN, SOUSA, 2012). Representa as rochas crustais mais antigas da Terra, associadas às rochas do Cráton São Luís. Essas rochas também são portadoras de mineralizações de ouro (Figuras 2 e 3, Quadro 1).

No garimpo Chega Tudo existe a presença das rochas xistosas cortadas por veios quartzosos intensamente fraturados (milonitizados) e com direção preferencial NW/SE (Fotos 5 e 6).

As unidades pertencentes ao paleo e neoproterozoica (Cráton São Luís e Cinturão Gurupi) são, tipicamente, meios com porosidade de fissuras em rochas compactas. Seus produtos de intemperismo agem como camadas confinantes acima das rochas preservadas do embasamento, prevalecendo a natureza argilosa nesse meio confinante.

Figura 3 – Mapa de ocorrências minerais no Bioma Amazônico – ZEE-MA

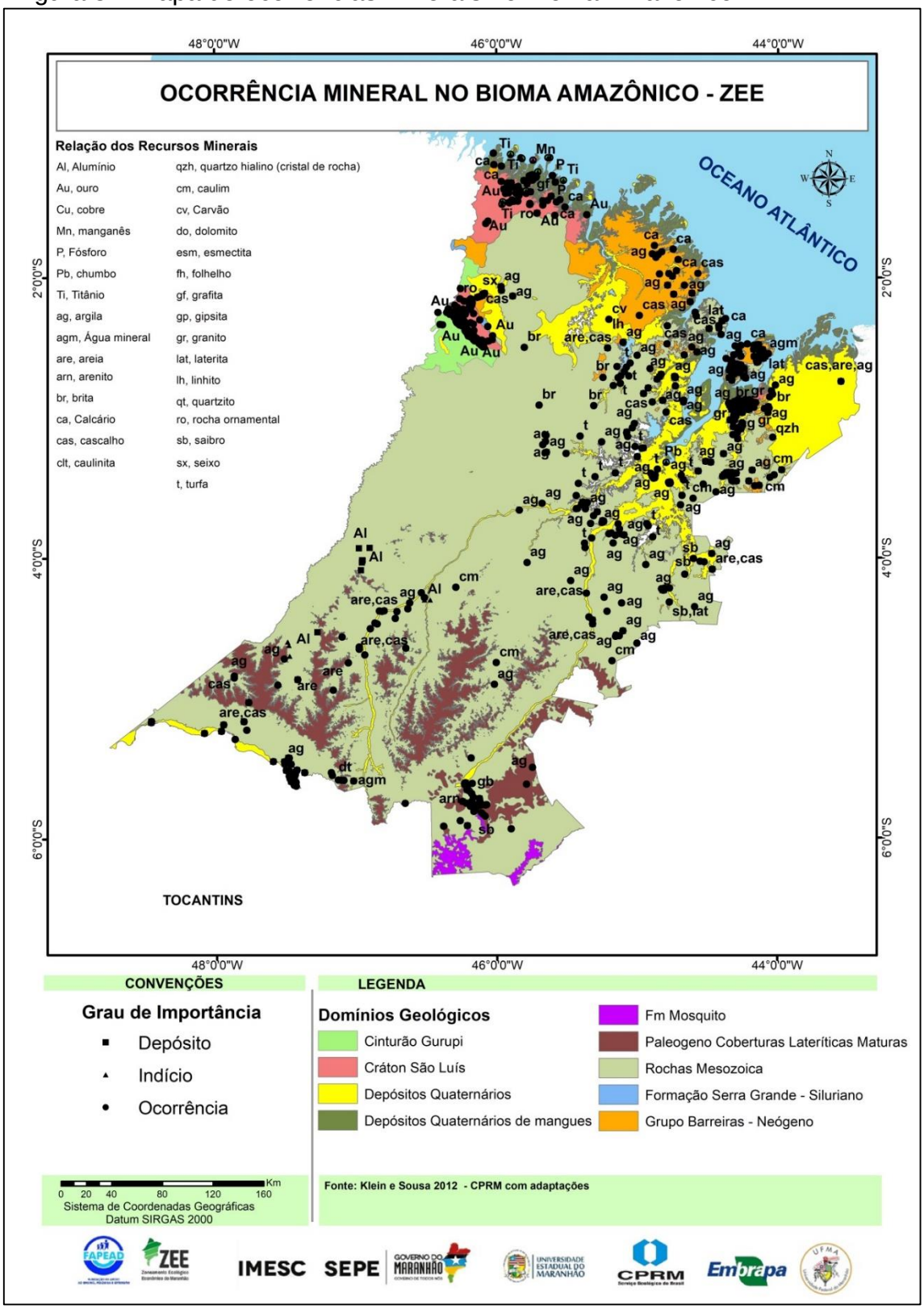


Foto 1 – Vista parcial das rochas intemperizadas da Suíte Intrusiva Tromaí – Turiaçu, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 2 – Vista parcial do granitoide intemperizado Suíte Intrusiva Tromaí, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 3 – Vista parcial do granitoide fraturado da Suíte Intrusiva Rosário, MA



Fonte: Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 4 – Vista de detalhe do granitoide da Suíte Intrusiva Rosário, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 5 – Vista frontal de veio quartzo milonitizado cortando os xistos do Complexo Itapeva – Garimpo Chega-Tudo, Centro do Guilherme, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

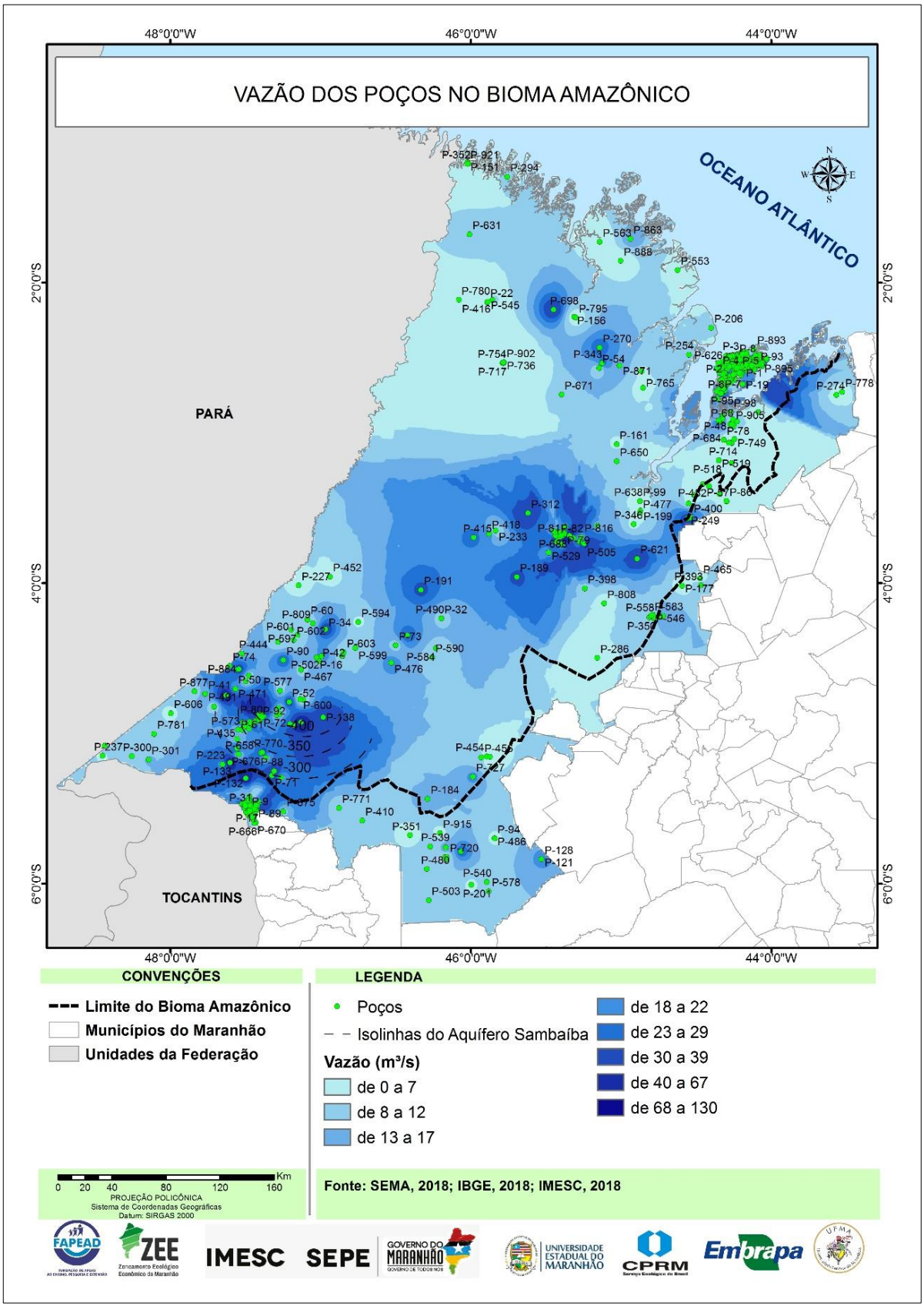
Foto 6 – Vista do veio quartzo milonitizado e estirado cortando os xistos do Complexo Itapeva – Garimpo Chega-Tudo, Centro do Guilherme, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Conforme classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 *Apud* Monteiro et al., 2013), a estimativa da produtividade aquífera Q/s ($m^3/h/m$) do aquífero fraturado no domínio da Suíte Intrusiva Tromaí apresenta pouca produtividade (Q/s<0,04$m^3/h/m$), com a qualidade da água subterrânea geralmente salobra na área do Cráton São Luís (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de tendência das vazões dos poços tubulares do Bioma Amazônia Maranhense – ZEE - MA



3.3 Grupo Serra Grande – Siluriano – 444Ma

O Grupo Serra Grande é composto pelas Formações Ipu, Tianguá e Jaicós, estudados por Carozzi et al. (1975), (CAPUTO; LIMA, 1984; GOES; FEIJÓ, 1994). Na área do Bioma Maranhense não foi possível individualizar essas formações. Essa sequência sedimentar foi identificada por KLEIN; LOPES (2011) ocorrendo na divisa Pará/Maranhão e entre as cidades de Centro Novo do Maranhão e Centro do Guilherme, em contato discordante erosivo com a Suíte Intrusiva Tromaí. Na área, esta sequência é composta por quartzo arenito fino, síltico-argiloso, folhelho, maciço e às vezes mosqueados, esbranquiçado a cinzento ou amarelado, moderadamente selecionado com grãos angulosos, registrando-se a presença de esmectita, conforme (KLEIN; LOPES, 2011).

3.4 Formação Sambaíba – Triássico – 251Ma

Nessa época, à cerca de 251Ma até 65Ma, a Terra era povoada pelos grandes répteis, representados pelos dinossauros, crocodilos (existentes até hoje), pterossauros (voadores) e outros. O esqueleto de dinossauro do grupo saurópodes foi encontrado em Cajapió no norte do litoral Maranhense (Medeiros et al., 2015).

A Formação Sambaíba é constituída por arenitos de coloração avermelhada a esbranquiçada, granulação fina a média, maciça, consistência baixa a friável, com estratificação cruzada. Esta formação é muito susceptível à erosão em forma de ravinas e voçorocas (Foto 7). A Formação Sambaíba é afossilífera e com idade de deposição no Triássico com base nas intercalações de contato com os derrames basálticos da Formação Mosquito (KLEIN; SOUSA, 2012; LIMA; LEITE, 1978). Apresenta ocorrência ao longo das colinas intensamente dissecadas e encostas. Na área do Bioma Maranhense ocorrem na porção sul, nos municípios de Sítio Novo e Grajaú na bacia do Parnaíba. E em subsuperfície o aquífero Sambaíba se encontra a uma profundidade de aproximadamente 300-400m, próximo às cidades de Imperatriz, João Lisboa, Buritirana e Amarante do Maranhão (SOUZA, VERÍSSIMO E ARAÚJO,1990).

Destaca-se que o aquífero Sambaíba é o melhor aquífero do Maranhão. A estimativa da produtividade Q/s ($m^3/h/m$) da água subterrânea, de acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 *Apud*

Monteiro et al., 2013) é de produtividade alta (2<Q/s<4,0m³/h/m) a muito alta (Q/s>4,0m³/h/m).

Foto 7– Vista parcial dos sedimentos avermelhados da Formação Sambaíba – Sítio Novo - Ma



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.5 Formação Mosquito – Mesozoico (Jurássico – 200Ma)

A Formação Mosquito compreende os derrames basálticos aflorantes no rio homônimo, encontrados em blocos descontínuos, intensamente intemperizados exibindo esfoliação esferoidal (Foto 8). Os derrames basálticos são de coloração cinza escura, verde escuro, maciços, textura afanítica com amigdalas preenchidas por carbonatos (SOUZA; VERÍSSIMO; ARAÚJO, 1990). Esta formação não apresenta produtividade aquífera e está presente na região de Imperatriz, Sítio Novo, João Lisboa e Amarante do Maranhão.

Foto 8 - Blocos de basaltos exibindo esfoliação esferoidal - Sítio Novo – Ma



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.6 Formação Corda – Mesozoico (Jurássico 200Ma)

A Formação Corda é constituída de sequência de arenitos de coloração cinza a avermelhada, fino a médio, baixa a média consistência, com presença de conglomerados bem arredondados (mm a cm) com estratificação plana-paralela. Esses arenitos formam os chapadões dissecados com altitudes de 350 a 500m. Destaca-se que a intensa laterização sustenta os topos dos chapadões (Foto 9).

Esta unidade recobre discordantemente os basaltos da Formação Mosquito e seu contato superior é discordante com a Formação Grajaú, Codó e Itapecuru, conforme Lima e Leite (1978), Klein e Sousa (2012) e trabalhos de campo. O sistema deposicional desta sequência é interpretado como desértico e contribuições lacustres interdunas e fluviais (CAPUTO, 1984; REZENDE, 2002 *Apud* Klein e Sousa, 2012).

A estimativa da produtividade aquífera de acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 apud Monteiro et al., 2013) para o aquífero Corda indicou produtividade Geralmente Baixa, porém, Localmente Moderada (Classe 4), com vazão $10<Q<25$ m³/h.

Em geral, suas águas são carbonadas a cloretadas sódicas, boas para consumo humano e agricultura, conforme SOUZA, VERÍSSIMO E ARAÚJO (1990).

Foto 9 – Vista parcial da encosta da chapada – Formação Corda - Mirador



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.7 Formação Grajaú – Mesozoico (Cretáceo – 145MA)

Esta formação é composta por arenitos esbranquiçados, creme, róseos e raramente arroxeados, granulação fina a média, com estratificação plana paralela e cruzada. Ocorrem na margem direita do rio Tocantins e sul de Imperatriz. Apresenta contato interdigitado com a Formação Codó indicando deposição sincrônica próxima em ambientes flúvio deltaicos, conforme Lima e Leite (1978).

A estimativa da produtividade aquífera de acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 apud Monteiro et al., 2013) para o aquífero livre Grajaú indicou produtividade Geralmente Baixa, porém, Localmente Moderada (Classe 4) a Geralmente Muito Baixa (Classe 5) com vazão variando de $1<Q<25$ m³/h.

3.8 Formação Codó – Mesozoico (Cretáceo – Aptiano)

As rochas da Formação Codó são constituídas por arenito fino e argila, de cor amarelado a esbranquiçado, com lentes de calcarenitos, com micas biotitas em lâminas pequeníssimas e inclusões escuras carbonosas. Aflora ao longo da margem direita do Rio Tocantins (Figura 2, Fotos 10 e 11). As rochas apresentam suscetibilidade à erosão e ao deslizamento e possuem potencialidades para minerais minérios de emprego direto na construção civil como areia, argila e piçarra.
Registram-se ocorrências e depósitos de calcário e gipsita nesta formação geológica (Figura 3).

A estimativa da produtividade Q/s ($m^3/h/m$) da água subterrânea, de acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 *Apud* Monteiro et al., 2013) é muito baixa ($0,04<Q/s<0,4 m^3/h/m$) e localmente baixa ($0,4<Q/s<1,0 m^3/h/m$) com espessura média de 70m (Figura 4).

Foto 10 – Vista parcial dos sedimentos argiloso-arenosos da Formação Codó – Margem do Rio Tocantins – Imperatriz, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 11 – Sedimentos argiloso-arenosos com tons esbranquiçados da Formação Codó – Margem do Rio Tocantins – Imperatriz, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.9 Grupo Itapecuru – Mesozoico (Cretáceo – Albiano)

Os arenitos aflorantes entre os rios Itapecuru e Alpercatas foi descrito inicialmente por Lisboa (1914). O Grupo Itapecuru é uma das unidades com maior distribuição espacial no Maranhão e compreende as Formações Cujupe, Alcântara e Unidade Indiferenciada, conforme (ROSSETTI; TRUCKENBRODT, 1997; ROSSETTI, 2001).

A Formação Cujupe compreende uma sequência de intercalação de arenitos, siltitos e argilitos avermelhados a amarelados, por vezes violáceos, maciços e mosqueados com estratificações plano-paralelas e cruzadas (Fotos 12 e 13). Essas rochas foram depositadas de forma discordante sobre as rochas da Formação Codó. Na Ilha do Maranhão, essas rochas afloram na porção oeste, na área Itaqui-Bacanga e outras (PEREIRA, 2006).

Nas proximidades de Buriticupu a Imperatriz, têm-se os planaltos dissecados de siltitos e arenitos finos, avermelhados maciços com conglomerados bem arredondados, em porções ora concentradas ora difusas, e, às vezes, desenvolvendo lentes centimétricas a métricas, principalmente ao sul do Maranhão. A laterização é um processo importante nessa formação e se apresenta entre os estratos em forma de “linha de pedras” ou em forma difusa no topo e na porção média das colinas e tabuleiros dissecados (Figura 2).

Foto 12 – Sedimentos avermelhados maciços no topo e silto-argiloso mosqueado na base do afloramento – Governador Nunes Freire, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 13 – Siltito-arenoso avermelhado, maciço da Formação Cujupe – Buriticupu, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

A Formação Alcântara compreende uma sequência de siltito, arenito e folhelho em acamamentos heterolíticos, centimétricos e sub-horizontais, aflorantes na Praia da Baronesa em Alcântara (Figura 2, Foto 14).

Foto 14 - Vista parcial dos acamamentos subhorizontal de siltitos, arenitos e folhelho intercalados – Falésia da Baronesa – Formação Alcântara, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

O ambiente reinante na época de sua deposição está representado por canal de maré, preenchimento de baia estuarina, planície de areia e delta de maré. O sistema estuarino era dominado por ondas, composto por barras de desembocaduras fluviais e prodelta, conforme (ROSSETTI, 2001).

As rochas dessas formações geológicas são suscetíveis a processos erosivos como voçorocas e deslizamentos e possuem potencialidades para minerais minérios de emprego direto na construção civil como areia, argila, laterita e piçarra (Figura 3). Destaca-se que a região da Baixada Maranhense, São Luís e Alcântara são áreas potenciais como polo cerâmico, sendo necessário maior detalhamento e estudos na caracterização e cubagem das argilas (Figura 3).

O aquífero Itapecuru ocorre como aquífero livre ou semi-confinado, em decorrência da sua composição litológica formada por arenitos finos a muito finos, predominantemente argilosos, com intercalações de siltitos e argilitos. Pode ser classificado como de potencial hidrogeológico de fraco a médio, com vazões variando entre 5,0 a 12,0m³/h, podendo, em alguns casos, atingir mais de 20,0m³/h (RODRIGUES et al.,1994). Trata-se de um aquífero poroso, contínuo, livre a semiconfinado, de grande extensão regional, espessura média de 130m, sendo o

aquífero mais explorado no Maranhão, em decorrência de grande área de ocorrência, tipologia livre e espessura (Figura 4).

De acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 apud Monteiro et al., 2013), o aquífero Itapecuru apresenta produtividade Moderada (1,0<Q/s<2,0m³/h/m), variando para Baixa (0,4<Q/s<1,0m³/h/m), porém, Localmente Moderada em decorrência de sua litologia areno-argilosa, principalmente na região central do estado.

Em geral, suas águas são boas para consumo humano e adequadas para agricultura, apresentando média de 230µS/cm para condutividade elétrica (CE) e de 147mg/L para sólidos totais dissolvidos (STD), conforme (COLARES; ARAÚJO, 1990). Os projetos construtivos de poços tubulares, notadamente para o abastecimento público, adotam profundidades superiores a 150 metros como forma de compensar os grandes rebaixamentos ocorrentes na busca de vazões cada vez mais elevadas (Figura 4).

As águas subterrâneas geralmente apresentam alto teor de ferro, que representa uma contaminação natural em decorrência do Grupo Itapecuru aportar altos teores desse metal, o que exigirá a adoção de processo de tratamento anterior à distribuição das águas subterrâneas para consumo humano e animal.

3.10 Cobertura Laterítica Matura e Grupo Barreira – Paleógeno (65,5Ma) ao Neógeno (23Ma)

As Coberturas Lateritas Maturas são coberturas residuais e concrecionárias dos tipos aluminosa, bauxítica, caulinítica, fosfática, argilosa e ferruginosa (KLEIN E SOUSA, 2012), ocorrem nos topos das chapadas e planaltos dissecados da Serra de Tiracambu no sul do Bioma Maranhense e representam as áreas de recargas de aquíferos em decorrência da macroporosidade fornecida pelas lateritas de tamanhos variados (mal selecionada). São importantes áreas de recarga do aquífero Barreiras e por infiltração (drenança) vertical alimenta os aquíferos Itapecuru, Corda e Sambaíba e são responsáveis pela surgência de várias nascentes que drenam para os rios maranhenses (Foto 15).

Na Amazônia, os minerais mais frequentes nas lateritas maturas são: caulinita, quartzo, goethita aluminosa, gibsita e fosfatos aluminosos. Destacam-se

ocorrências de lateritas fosfáticas estroncíferas em Trauira e Pirocaua; lateritas titanífero, em Jacaré e lateritas manganesífera, em Aurizona (COSTA, 1991).

Foto 15 – Vista do topo do tabuleiro dissecado intensamente laterizado – estrada Arame-Grajaú – Ma



Fonte: Elaboração própria (2019)

Os sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras são amarelados e avermelhados, arenosos finos a argilosos, maciços e por vezes mosqueados, com presença de lateritas concentradas ou dispersas (Fotos 16 e 17). São depositados discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Itapecuru. Esses sedimentos têm abrangência em todo o Bioma Amazônico Maranhense, principalmente, nas áreas ao norte do estado do Maranhão.

O Grupo Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, em consequência, suas características hidrodinâmicas variam de ponto a ponto, dependendo do contexto hidrogeológico local, com as possibilidades hidrogeológicas desse aquífero, estando restritas às fácies arenosas, normalmente inseridas em sequências argilosas. As vazões predominantes são inferiores a 2,0m³/h, porém, algumas áreas podem apresentar vazões bem superiores (máximas de 10,0m³/h), quando os poços tubulares captam água dos estratos inferiores mais arenosos.

De acordo com a classificação de Struckmeier e Margat (1995), modificada por Diniz (2012 apud Monteiro et al., 2013), o aquífero Barreiras apresenta produtividade Moderada (1,0<Q/s<2,0m³/h/m) a geralmente baixa (0,4<Q/s<1,0m³/h/m), porém, Localmente Moderada. Esse aquífero apresenta uma significativa variação textural sendo caracterizado como heterogêneo e livre. Apresenta uma espessura média de 60 metros e representa um aquífero livre. Na Ilha do Maranhão, na bacia do Rio Paciência próximo à Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Cidade Operária, estes sedimentos alcançam até 77m de espessura (SANTOS; PEREIRA, 2019), e na bacia do Rio Anil, na área do Outeiro da Cruz, o Grupo Barreiras alcançou 76m de espessura (RIBEIRO, PEREIRA, 2019).

Esses sedimentos são muito suscetíveis à erosão em forma de ravinas e voçorocas e possuem potencialidades minerais como fonte de insumo de areia e laterita para emprego direto na construção civil.

Foto 16 - Sedimentos arenosos intensamente ravinados do Grupo Barreiras – Maracaçumé, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 17 - Sedimentos areno-argiloso avermelhado com laterita do Grupo Barreiras – Via Expressa – São Luís, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.11 Depósitos Quaternários

Os depósitos recentes do período Quaternário encontrados no Bioma Amazônico Maranhense são: depósitos de mangue/apicum, litorâneos (praias/dunas), eólicos continentais, flúvio lagunares/fluviomarinhos, aluvionares, eólicos e lateríticos.

3.12 Depósitos de Mangues/Apicum – Quaternário

Os depósitos de mangues são encontrados em toda a zona costeira maranhense, do município de Carutapera a Humberto de Campos, desenvolvem-se em ambiente estuarino, sujeito a inundações periódicas pelas mesos e macromarés, podendo atingir até 7 metros de amplitude, e por águas doces provenientes dos rios que dão origem às águas salobras (Foto 18).

Foto 18 - Vista parcial da planície de maré – Apicum Açu, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Os depósitos de mangue apresentam coloração esverdeada escura, sedimentos argilosos e siltosos, lamosos, lodosos, ricos em matéria orgânica e se encontram permanentemente encharcados, sujeitos à dinâmica da maré. Trata-se de uma área que representa um “berçário ecológico” por abrigar uma rica variedade de espécies de fauna e flora (biodiversidade), representando alto potencial pesqueiro de peixes e mariscos, além de relevante beleza cênica (Fotos 19 e 20).

As áreas de mangues são atingidas por intenso desmatamento para o uso da madeira, aterramento e/ou assoreamento, contaminação por esgoto *in natura,* ocupações espontâneas e outras. Destaca-se que as áreas de mangues possuem a função ecológica de manter a integridade ambiental da faixa costeira, são responsáveis pela manutenção de diversas atividades econômicas e são protegidas pela Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Os depósitos de mangue apresentam uma constituição, predominantemente, pelítica (argila e silte) e matéria orgânica, com permeabilidade fraca e, por isso, caracterizam-se como um aquitardo, cujo potencial hidrogeológico é extremamente fraco.

Foto 19 - Vista parcial da planície de maré em Alcântara, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 20 - Vista parcial da planície de maré - Porto das Arraias – São Luís, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.13 Depósitos Litorâneos – Quaternário

Os depósitos litorâneos são encontrados no litoral Maranhense nas belas praias da zona costeira maranhense como as Praias do Olho D'água a Panaquatira, na Ilha do Maranhão; Praia da Baronesa e Mamuna, em Alcântara; Praia de Carutapera, na Ilha dos Lençóis; Bate Vento (Cururupu); Praia de Quaxanduba (Icatu) e outras (Fotos 21 e 22).

Foto 21 – Vista parcial das praias de Alcântara, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 22 – Vista parcial da praia com suave declividade para o interior da Baía de São Marcos - Farol de São Marcos - São Luís, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.14 Depósitos Eólicos Continentais - Quaternário

São depósitos arenosos encontrados na zona costeira, formados por areias esbranquiçadas, granulometria fina a muito fina, quartzosas, bem selecionadas que ocorrem na faixa costeira. São constituídos por dunas móveis e fixas, originadas pela dinâmica dos ventos alísios de nordeste principalmente sob a influência das ondas e marés (Fotos 23, 24 e 25).

Trata-se de uma área de uso público em que se desenvolvem várias atividades turísticas, ecoturismo e pesca. As dunas são depósitos de areias formadas pela ação dos ventos, podendo ser fixas, quando protegidas pela vegetação, ou móveis, quando mudam de lugar conforme a direção e intensidade dos ventos, principalmente, os alísios de nordeste. As dunas são excelentes armazenadoras de água da chuva, tornando-se áreas de recarga de aquíferos. Esses serviços ecológicos são responsáveis pela sustentação e permanências das comunidades residentes nas ilhas dos Lençóis, Bate Vento, Jaú, Baleia e outras. Devido à excelente facilidade de infiltração de água no solo, as dunas tornam-se suscetíveis à poluição da água subterrânea quando atingida por soluções poluentes de origem diversas.

Foto 23 – Vista parcial das dunas fixas – Praia de São Marcos – São Luís, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 24 – Vista parcial das dunas fixas – Alcântara – Praia Mamuna – Alcântara, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 25 – Vista parcial das dunas fixas – Ilha dos Lençóis – Cururupu, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.15 Depósitos Flúvio-Lagunares/Flúvio-Marinho-Quaternário

Os depósitos flúvio-lagunares são formados por sedimentos argilosos, silte e areia fina de coloração cinza escura, rica em matéria orgânica. Encontram-se nas áreas da região do Golfão Maranhense (Perizes) e da Baixada Maranhense nas planícies de inundação dos lagos de Cajari, Penalva, Viana, Monção e outros. Essas

áreas recebem contribuição da água dos rios, água subterrânea e das chuvas da região e, geralmente, apresentam vegetação herbáceas e gramiformes.

Destacam-se por suas belezas cênicas e potencialidades para o desenvolvimento do turismo e ecoturismo. Estas áreas são muito férteis, com potencialidade pesqueira, criação de búfalos e realização de plantios de curta duração como arroz, algodão e melancia (Fotos 26, 27 e 28).

Foto 26 – Vista parcial da planície de inundação flúvio-marinha – Perizes – Bacabeira, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 27 – Vista parcial da planície de inundação com plantio de arroz - Lago Viana, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 28 – Vista parcial da planície de inundação do Rio Pericumã – Pinheiro, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

3.16 Depósitos Aluvionares, Depósitos Eólicos e Lateríticos – Quaternário

Os depósitos aluvionares, eólicos e lateríticos são formados por sedimentos de coloração esbranquiçadas e avermelhados, finos a médios, quartzosos, com presença de lateritas centimétricas e milimétricas, angulosa a subangulosas (Fotos 29, 30 e 31). Originam-se pelas atividades dos rios, compreendendo fácies de canal e barras de canal fluvial (VEIGA JR., 2000).

Esses depósitos são geralmente encontrados ao longo das margens dos rios maranhenses como Rios Maracaçumé, Pindaré, Mearim, Itapecuru e outros. Essas áreas são utilizadas para extração mineral, lazer, ecoturismo e pesca.

Os depósitos flúvio lagunares, quando associados aos depósitos de praias e dunas, e os depósitos aluvionares, com uma constituição litológica mais arenosa (areia e silte), apresentam uma permeabilidade regular, caracterizando um potencial hidrogeológico de fraco a médio.

Os problemas ambientais geralmente encontrados são assoreamento, erosão das margens e contaminação por efluentes domésticos e metais pesados, principalmente nas áreas de garimpos.

Foto 29 – Vista parcial do Depósito de Aluvião – Rio Pindaré, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 30 – Vista parcial dos aluviões do Rio Pindaré – Bom Jesus das Selvas, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 31 – Vista parcial dos aluviões do Rio Maracaçumé, MA



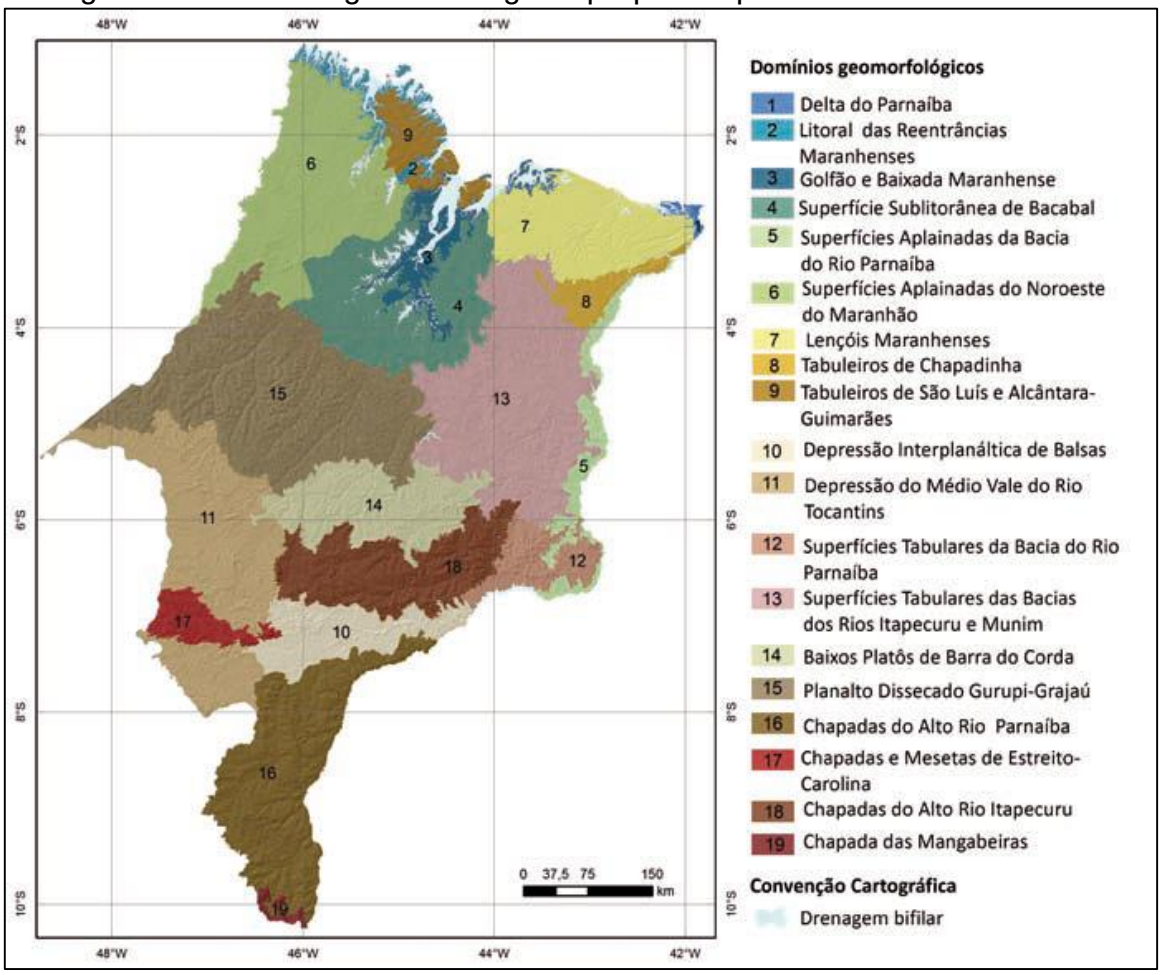
Fonte: Elaboração própria (2019)

4 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DO BIOMA AMAZÔNIA MARANHENSE

A identificação dos domínios e unidades geomorfológicas do Bioma Amazônia Maranhense foi baseada no trabalho de Dantas et al*.,* (2013), o qual identificou 19 domínios geomorfológicos (Figura 5) para o estado do Maranhão, sendo que no bioma em questão destacam-se os seguintes domínios: Litoral das Reentrâncias Maranhenses, Golfão e Baixada Maranhense, Superfície Sublitorânea de Bacabal, Superfícies Aplainadas do Noroeste do MA, Lençóis Maranhenses, Tabuleiros de São Luís e Alcântara-Guimarães, Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins e Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú.

No mapeamento do relevo do Bioma da Amazônia Maranhense, foram realizados seis trabalhos de campo que totalizaram 22 dias, bem como foram utilizadas diversas publicações sobre os aspectos geomorfológicos do Maranhão, os mapeamentos do Projeto RADAM (1976), IBGE (2011), CPRM (2013) existentes, a utilização de imagens Landsat-8 (resolução espacial de 15m) e dados de elevação do SRTM - *Shuttle Radar Topographic Mission*, com resolução espacial de 30m objetivando a descrição do relevo da área em análise e a respectiva elaboração das cartas de geomorfologia, hipsometria e declividade.

Figura 5 - Domínios geomorfológicos propostos para o estado do Maranhão



Fonte: Dantas et al., (2013)

Apresenta-se uma descrição sobre os domínios geomorfológicos e suas respectivas unidades (feições geomorfológicas) reconhecidas no Bioma Amazônico no estado do Maranhão, as quais possuem padrões de respostas espectrais e variações topográficas distintas, conforme dados a seguir.

4.1 Litoral das Reentrâncias Maranhenses

Diferentemente das demais costas do mundo dominadas por lama (silte+argila), as Reentrâncias Maranhenses exibem, em suas rias, uma dominância que não é manifestada por grandes sistemas fluviais. Nesta costa, os sistemas fluviais foram instalados a partir do término da Transgressão Marinha Pós-Glacial (TMP), drenando e lixiviando formações geológicas predominantemente siltosas (Grupo Itapecuru) que ampliaram a disponibilidade de lama, tornando esta costa uma clássica costa dominada por lama. Aliado a isto, quase a totalidade do material em suspensão

aportado pela Margem Equatorial Brasileira sofre um desvio impulsionado pela Corrente Norte Brasileira, encontrando nas rias destas reentrâncias um propício sítio de deposição. Estes fatores somados a uma pequena declividade da plataforma, um elevado índice pluviométrico e um regime dominado por macro-maré e uma tendência de queda do Nível Relativo do Mar (NRM) nos últimos 7.000 anos A.P. fazem desta localidade uma das mais expressivas costas lamosas do mundo, colonizadas por uma exuberante vegetação de mangue (Foto 32), tornando-a uma costa significativamente piscosa e com elevado potencial para o desenvolvimento de atividades pesqueiras e do turismo.

Foto 32 – Vista da exuberante vegetação de mangue existente no município de Apicum-Açu nas Reentrâncias Maranhenses



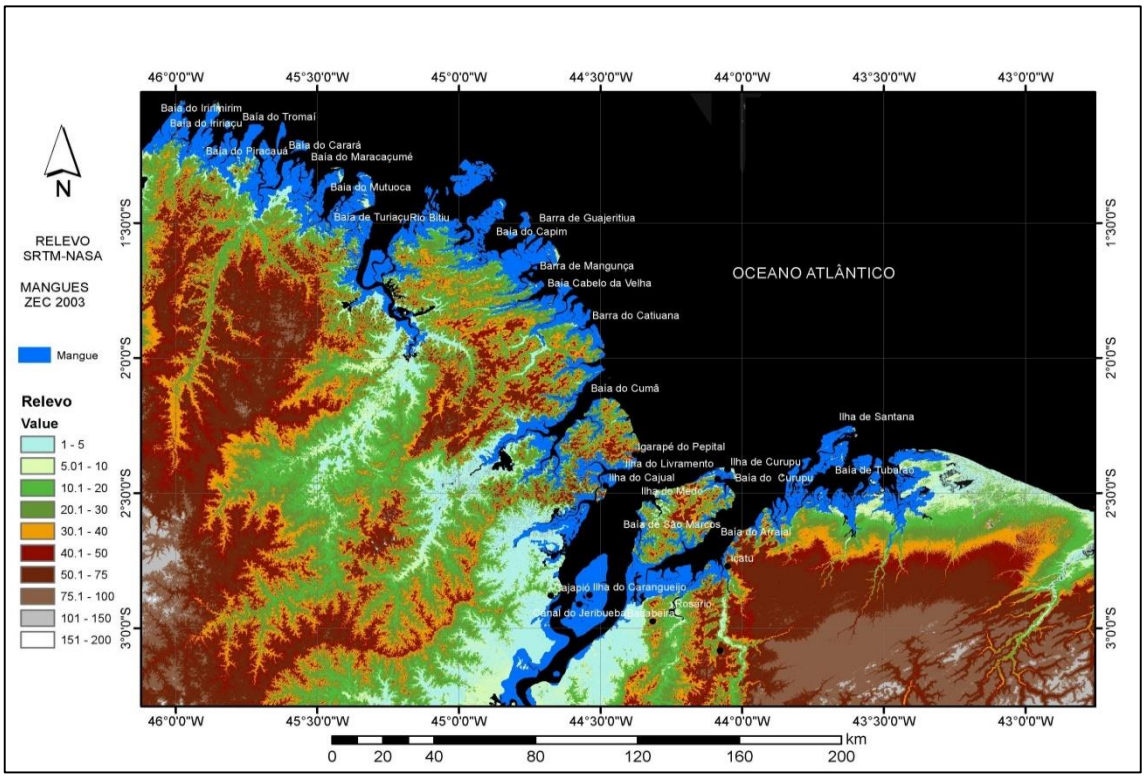
Fonte: Elaboração própria (2019)

As Reentrâncias Maranhenses são basicamente compostas de terras baixas (0-5m) inundáveis, com predominância de sedimentos terciários, pleistocênicos e holocênicos cuja morfologia é típica de uma costa deposicional, sendo dominada por extensas planícies de maré lamosa, com ou sem vegetação de mangue, praias arenosas, dunas costeiras móveis e fixadas, lagunas e apicuns (Coutinho, 1996).

As Reentrâncias Maranhenses abrigam, em seu litoral recortado, a mais complexa gama de ambientes deposicionais do Litoral Brasileiro. Neste litoral é possivel encontrar, em pequenas distâncias, planícies de cheniers, sistemas laguna-barreira, esporões arenosos, cordões litorâneos (*beach ridges*), planícies de maré

(*tidal flats*), sistemas de canais meandrantes, sistemas eólicos de dunas frontais, transgressivas e parabólicas, deltas de maré enchente (*flood tidal deltas*), deltas de maré vazante (*ebb tidal deltas*), além de lagunas e lagoas costeiras. Neste complexo de sistemas deposicionais, a evolução costeira atua rapidamente, ocasionando retrogradação, progradação e agradação da linha de costa, da mesma forma que ocorre brusca variabilidade dos ambientes deposicionais, ou seja, em curtas escalas espaciais. Sua configuração se dá, diretamente, pelo ancoramento dos sistemas modernos nas antigas cabeceiras de drenagem de vales fluviais que foram preenchidos (vales incisos) durante a TMP (Figura 6).

Figura 6 - Composição de dados de radar SRTM das Reentrâncias Maranhenses



Fonte: El-Robrini et al., (2018)

As planícies de cheniers são representadas por feixes de cordões litorâneos arenosos que se sobrepõem e separam os terraços de maré lamacentos com vegetação de manguezal e marismas. São feições costeiras tipicamente progradacionais indicando setores costeiros nos quais ocorre um balanço positivo de sedimentos, geralmente caracterizado por uma baixa energia de onda atuando sobre uma planície lamosa de baixo gradiente. Nas Reentrâncias Maranhenses, estes feixes de cordões arenosos com larguras de até 500m encontram-se separados por 500-300

metros de planícies lamosas ocupadas por densa vegetação de manguezais (Figura 7). As alturas típicas destes cordões encontram-se entre 3 a 6m. Sua formação ocorre devido à formação de uma barreira costeira pelo mecanismo de emersão de barras (*sensu* De Beaumont, 1845), em que passam a ter grande influência as feições deposicionais desenvolvidas em ambientes de macro-maré, denominadas de calhas de maré.

Figura 7 - Planícies de Cheniers nas Reentrâncias Maranhenses



Fonte: Google Earth (2018)

Os sistemas de barreiras costeiras encontrados nas Reentrâncias Maranhenses não se equadram na tipologia clássica de “costas dominadas por ondas”. Segundo Davis e Hayes (1984) estas costas são caracterizadas como aquelas nas quais a ação das marés gera um significativo transporte sedimentar, que predominam sob a forçante de ondas. Mesmo assim, nas extremidades das protuberâncias destas reentrâncias se desenvolvem extensas feições deposicionais arenosas, também conhecidas como Barreiras Costeiras (*coastal sandy barriers*). Essas feições representam uma parcela pequena das Reentrâncias Maranhenses podendo apresentar como sub-ambientes deposicionais as praias, dunas frontais, transgressivas e parabólicas, planícies de deflação, calhas de maré, leques de sobrelavagem e lagunas. Nas reentrâncias, especificamente, ocorrem barreiras costeiras do tipo esporões arenosos - *spits*, em virtude de seu mecanismo principal de formação, a emersão de barras arenosas. Uma vez emersas, estas barras arenosas migram no sentido do continente projetando suas extremidades com maior velocidade que seu centro o que aprisiona a retrobarreira, possibilitando o desenvolvimento de marismas e manguezais (Figura 8).

Figura 8 - Sistemas de Barreiras Costeiras na costa do Maranhão



Fonte: Google Earth (2018)

Os cordões litorâneos (*beach ridges*) consistem em uma sequência de praias paralelas e sobrepostas, nas quais se configura uma morfologia típica de cristas, alternando com a de canal. Estes ambientes deposicionais originam-se da progradação do sistema praia/antepraia/duna, nas Reentrâncias Maranhenses, e ocorrem com algumas centenas de metros de largura, mas geralmente contínuas. Esses cordões são formados pela deposição de areia junto aos arcos das dunas frontais onde, à medida que o sistema prograda, novas dunas são formadas, ancorando-se aos sistemas de calhas de maré, que constituem o cavado ou calha destes cordões litorâneos. Neste cavado deprimido, a água acumula-se, às vezes, formando lagoas rasas. Geralmente os sistemas de cordões litorâneos das Reentrâncias Maranhenses apresentam-se preservados a muitos quilômetros da linha de costa atual, indicando que sua origem e evolução encontram-se vinculadas aos estágios de nível do mar mais altos da TMP e, portanto, da máxima excursão continente adentro da linha de costa. Desta forma, exibem as antigas configurações e posições que este litoral apresentava no momento de instalação destes sistemas, quando ancorados diretamente nos Grupos Itapecuru e Barreiras (Figura 9).

Figura 9 - Planícies de Cordões Litorâneos nas Reentrâncias Maranhenses



Fonte: Google Earth (2018)

As dunas frontais figuram como elementos chave na configuração deste litoral, à medida que representam os primeiros obstáculos à sobreelevação do nível ocasionada pelas marés equinociais e pelos sistemas de tempestades oriundos do Hemisfério Norte. São formadas pela ampla pista de vento (*fetch*) desenvolvida na face praial nestes ambientes de macro-maré. O cordão frontal deste tipo de duna apresenta-se extremamente contínuo com a quase ausência de corredores erosivos (*blow-outs*), o que configura a vegetação como extremamente bem adaptada às condições impostas a este litoral. Dunas parabólicas ocorrem pontualmente em locais nos quais ocorram mudanças abruptas da linha de costa, próximas, geralmente, a pequenos centros urbanos ou onde o suprimento sedimentar é extremamente positivo, próximo, geralmente, a uma foz de um canal de maré ou junto a deltas de maré vazante que se soldam à linha de costa.

Os terraços de maré são os terrenos que exibem alternâncias regulares de exposição e inundação de marés. Estes ambientes não representam uma zona de amortecimento que acomoda o aumento do nível do mar e as marés equinociais. Isto porque se encontram situados na região de retrobarreira dos sistemas deposicionais costeiros e onde as condições hidrodinâmicas são geralmente baixas, prevalecendo a deposição de silte ou argilas. Nas Reentrâncias Maranhenses, os terraços de maré são, em sua maioria, recobertos por vegetação de mangue, com exceção de áreas pontuais, localizadas na foz de canais de maré em que prevalece o balanço positivo de sedimentos, por influência de deltas de maré, enchente e vazante.

4.2 Golfão e Baixada Maranhense

A geologia do Golfão Maranhense insere-se na Bacia Costeira de São Luís, parte integrante da margem costeira do Brasil, situada ao norte do estado do Maranhão. De acordo com Santos et al., (2004), o referido golfo limita-se ao norte pela Plataforma Ilha Santana, ao sul pelos Altos Estruturais (Arco Ferrer Urbano Santos), a leste pelo *Horst* de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins.

A evolução geomorfológica do Golfão Maranhense, de acordo com Ab'Saber (1960), inicia-se com o soerguimento da faixa litorânea no Plioceno e implica em superimposição da rede de drenagem e erosão do Grupo Barreiras, seguindo por um novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível inferior. Já o Pleistoceno segue pela maior regressão marinha, originando uma nova configuração das Baias de São Marcos e São José, o insulamento da Ilha do Maranhão, e deixa como testemunho no continente, a planície Flúvio-marinha de Perizes. No final da Época Pleistocênica, ocorreu um novo soerguimento de menor intensidade e uma moderada transgressão marinha que foi responsável pela redefinição da morfologia do Golfão Maranhense. A fase máxima de erosão teria sido processada sob as condições climáticas mais secas que as atuais, quando da formação de cangas ferruginosas.

Segundo Santos et al., (2004), as principais feições geomorfológicas existentes na área de abrangência do Golfão Maranhense são baías, canais e planícies de maré lamosa, com ou sem manguezais, praias dissipativas de areia fina, dunas e paleodunas, falésias, afloramentos com concreções lateríticas, plataforma de abrasão e terraço de abrasão de superfície irregular, tabuleiros, planície arenosa, dunas, lagoas, lagunas e campos.

De uma maneira geral, ainda de acordo com Santos et al., (2004), as marés, ondas, correntes (de marés e litorâneas) associadas aos ventos constituem os principais agentes responsáveis pela morfodinâmica costeira na área em questão.

A Baixada Maranhense é uma unidade ecossistêmica de 1.775.035ha, situada na planície costeira da área em análise, na qual são encontradas as praias, os estuários e os baixos cursos dos rios. Esta configuração é resultante da última Transgressão Marinha Pós-Glacial (TMP) que no decorrer do Holoceno invadiu as baías do Cumã, São José, São Marcos e Tubarão, inundando também os cursos inferiores do Rio Pericumã, Turiaçu e Mearim. Este evento transgressivo está

relacionado a uma rápida ascensão do Nível Relativo do Mar (NRM) que alcançou os arenitos cretácicos do Grupo Itapecuru e sedimentos Neógenos do Grupo Barreiras, criando reentrâncias, no que hoje reconhecemos como falésias e colinas com topos aplainados (tabulares). Remanescentes, isolados desta fase erosiva, restaram apenas morrotes cônicos, aflorantes em meio aos lagos e regiões de baixadas como em Anajatuba, Santa Rita, São Bento, Alcântara e São Vicente Ferrer (Foto 33).

Foto 33 – Remanescentes topográficos isolados, aflorantes em meio aos lagos e campos inundáveis



Fonte: Elaboração própria (2019)

A fisionomia da Baixada Maranhense, de acordo com Feitosa (2006), é marcada pela grande dimensão fisiográfica e econômica das bacias lacustres e por extensos pântanos abundantes na área denominada “Pantanal Maranhense”, merecendo destaque os lagos Açu, Cajari, Bacuri, Formoso e Viana. Segundo o referido autor, os lagos transbordam durante o período chuvoso interligando-se por um sistema de canais divagantes, que servem como vias de comunicação entre as cidades e os povoados, substituindo parcialmente as estradas. Durante o período seco, o cenário hídrico transforma-se em grandes extensões de campos ressequidos. Quando dos trabalhos de campo realizados na Baixada Maranhense, constatou-se como atividades econômicas desenvolvidas pela população local: a pesca, a agropecuária, com destaque para a bubalinocultura.

4.3 Tabuleiros de São Luís e Alcântara - Guimarães

Regionalmente conhecidos como baixos planaltos sedimentares são caracterizados por apresentar topografia mais ou menos plana e baixa altitude. De acordo com a CPRM, os tabuleiros costeiros ocorrem em duas áreas principais: tabuleiros de Chapadinha, ao sul dos vastos campos de dunas fixas dos Lençóis Maranhenses; e tabuleiros de São Luís e Alcântara - Guimarães, entre o Golfão Maranhense e o noroeste do Estado.

Na Baia de São Marcos, os tabuleiros são compostos por uma sequência areno-argilosa do Grupo Barreira e, em algumas áreas, podem aflorar também arenitos do Grupo Itapecuru.

Esta feição geomorfológica relacionada ao grupo Barreiras ou Itapecuru apresentando escarpas íngremes em contato com a linha de praia dão origem às exuberantes falésias na zona costeira maranhense, a exemplo das existentes no referido domínio geomorfológico (Foto 34). Em várias áreas destas falésias, tem-se a intensificação dos processos erosivos devido aos agentes oceanográficos (ondas e marés) associados aos processos subaéreos representados pelos agentes climáticos. Desta forma, faz-se necessário manter o distanciamento estabelecido pela legislação (Código Florestal) que é de 100m da borda dos tabuleiros ou chapadas, visando evitar a destruição ou perda das edificações ou demais obras de engenharia construídas em locais proibidos.

Foto 34 – Vista de uma falésia em processo de erosão (recuo) na praia de Panaquatira, em São Jose de Ribamar, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

4.4 Superfície Sublitorânea de Bacabal

A Superfície Sublitorânea de Bacabal, de acordo com Barbosa e Novaes Pinto (1973), é um relevo monótono, caracterizado por vastas superfícies de aplainamento, topografia plana a levemente ondulada, presença de colinas baixas e suaves, modeladas em vales amplos com pequena a moderada densidade de drenagem do tipo dendrítico.

De acordo com Dantas et al., (2013), esse domínio circunda a Baixada Maranhense e representa uma verdadeira região mesopotâmica, entrecruzada pelos rios Pindaré, Grajaú, Mearim e Itapecuru, todos convergindo para o Golfão Maranhense. Tal domínio apresenta terrenos planos, adjacentes a baixadas alagadas com a presença de inúmeros lagos temporários e permanentes utilizados, pela população local, nas atividades agropecuárias.

4.5 Lençóis Maranhenses

Geologicamente, os Lençóis Maranhenses situam-se na Bacia Cretácea de Barreirinhas, a qual genericamente localiza-se na porção nordeste do Estado entre a Baia de Tubarão, a oeste; e o Delta do Parnaíba, a leste.

Quanto aos limites, a bacia sedimentar é limitada ao norte, pelo Alto Atlântico; ao sul, por uma série de falhamentos normais e pelo Arco Estrutural Férrer-Urbano Santos; ao leste, pela fossa do Piauí e a plataforma de Parnaíba; e ao oeste, pelo graben de Ilha Nova (VEIGA JÚNIOR, 2000).

A planície costeira na qual se insere os Lençóis Maranhenses, de acordo com Santos (2008), caracteriza-se por apresentar um relevo suave a moderadamente ondulado, em que são comuns extensos campos de dunas móveis de diversas configurações, com altura de até 30m. As referidas dunas, quando recobertas por vegetação, são classificadas como dunas fixas. Nessa área destacam-se as seguintes entidades morfológicas: praias, lençóis de areia, pontais, cordões e terraços arenosos, planícies de deflação, inundação e maré, tabuleiro dissecado, rastros de dunas e montes residuais, além das dunas barcanas, parabólicas, oblíquas e das cadeias de barcanas, parabólicas e transversais.

Na área do referido Bioma podem ser encontradas dunas móveis e fixas (Foto 35) nas proximidades do litoral, bem como, outras mais interiorizadas como as

dunas fixas observadas nos municípios de Icatu, Axixá e Morros, com idades superiores a 5.900 AP, segundo Santos (2008).

Foto 35 – Duna fixada pela vegetação no município de Icatu, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

4.6 Superfícies Aplainadas do Noroeste do Maranhão

O referido domínio geomorfológico ocupa extensa área rebaixada entre o Golfão Maranhense e a divisa do estado do Pará, sendo sustentado tanto pelo embasamento ígneo-metamórfico do Cráton São Luís, quanto por coberturas sedimentares de idade cretácica da Formação Itapecuru (DANTAS et al., 2013).

Esse domínio é delimitado, a norte, pelas planícies flúvio-marinhas das Reentrâncias Maranhenses; a leste, pelo Golfão e Baixada Maranhense; e a sul, pelo *front* entalhado do Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú. O citado domínio estende-se a oeste, adentrando pelo território do Pará. É composto de extensa superfície arrasada por meio de processos de erosão generalizados do relevo, mantendo uma superfície de erosão conservada ou levemente reafeiçoada durante o Quaternário, com caimento muito suave de sul para norte, apresentando densidade de drenagem baixa a moderada. Esse conjunto de superfícies aplainadas (Foto 36) registra, portanto, cotas baixas que variam entre 20 e 130m, com elevações residuais que não ultrapassam os 250m de altitude (DANTAS et al., 2013). Nas áreas mais planas tem-se a criação de gado.

Foto 36 - Relevo caracterizado por uma superfície aplainada no noroeste do Maranhão no município de Turiaçu



Fonte: Elaboração própria (2019)

Nesse domínio geomorfológico há a ocorrência de colinas e cristas Metavulcânicas sedimentares (Foto 37) cuja litologia é formada pelo conjunto de rochas metassedimentares do Grupo Gurupi, metavulcanossedimentares da Formação Chega Tudo e Complexo metamórfico Itapeva, associadas a um magmatismo orogênico representado pelos granitos Maria Suprema e Moça. No município de Centro Novo do Maranhão, a atividade de extração de ouro é bastante disseminada.

Foto 37 – Vista das colinas e cristas Metavulcânicas sedimentares no município de Centro Novo do Maranhão



Fonte: Elaboração própria (2019)

4.7 Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú

O Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú, segundo proposta do IBGE (2011), ocupa o setor centro-ocidental do estado do Maranhão e caracteriza-se por um conjunto de superfícies tabulares elevadas por epirogênese e bruscamente delimitadas em rebordos erosivos, por onde se encaixam vales incisos e aprofundados que apresentam desnivelamentos locais, por vezes, superiores a 100m (DANTAS et al., 2013). Os citados planaltos estão alçados de forma irregular em cotas altimétricas diferenciadas, sendo crescentes de norte a sul, variando entre, aproximadamente, 100 e 465m. Em observação ao mapa de hipsometria do Bioma Amazônico, constata-se que as menores altitudes situam-se na planície costeira ao norte, enquanto as maiores elevações encontram-se no setor Sul do Bioma (Figura 10).

O planalto dissecado se destaca topograficamente dos relevos planos ou aplainados da Baixada Maranhense, da Superfície Sublitorânea de Bacabal e da Superfície Aplainada do Noroeste do Maranhão, situados a norte e nordeste, por um *front* movimentado de colinas dissecadas e morros (DANTAS et al., 2013). Quanto à declividade (Figura 11), há nesta unidade os maiores desnivelamentos que indicam a suscetibilidade aos processos erosivos e aos diferentes movimentos de massa.

Figura 10 - Mapa de hipsometria do Bioma Amazônia Maranhense

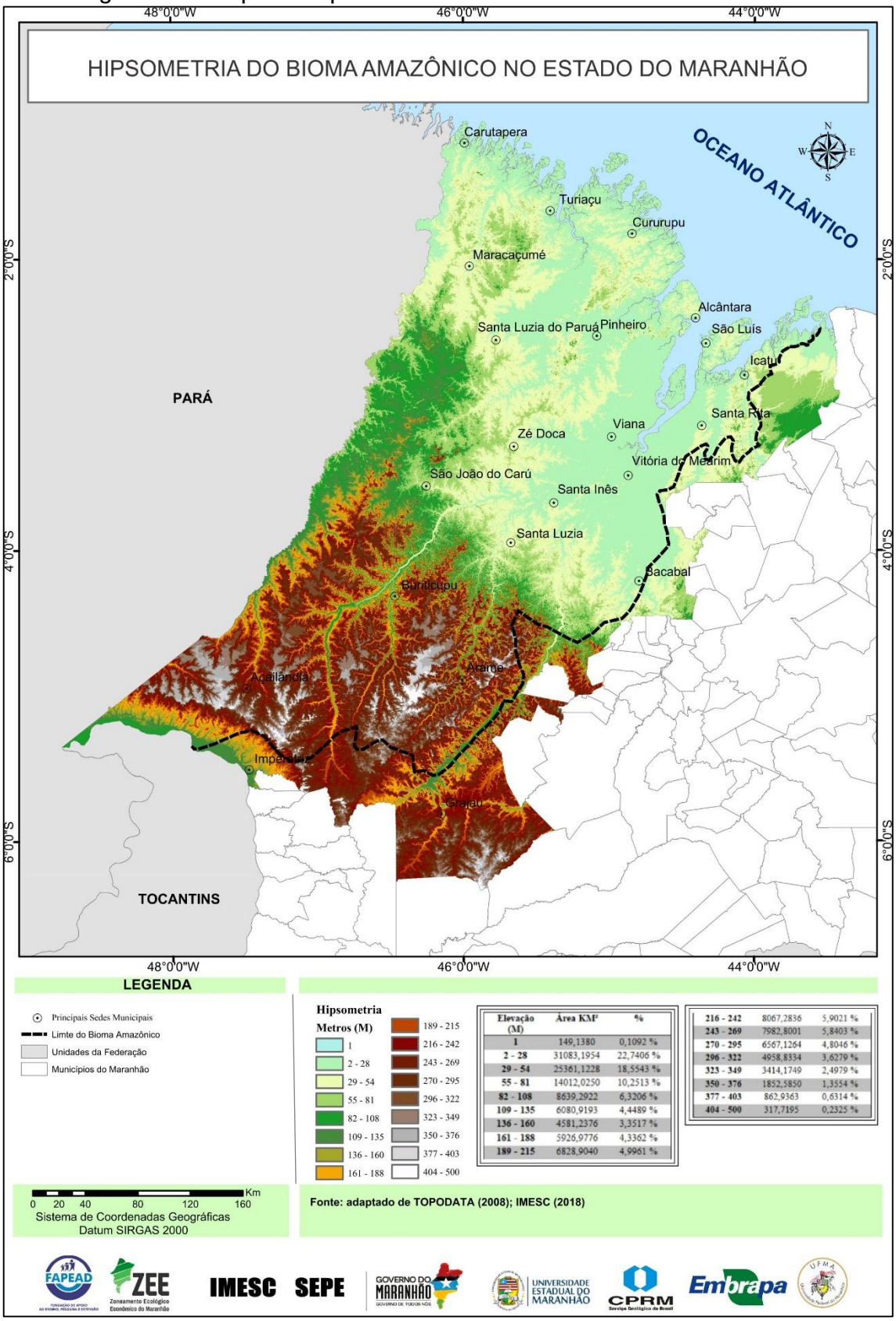
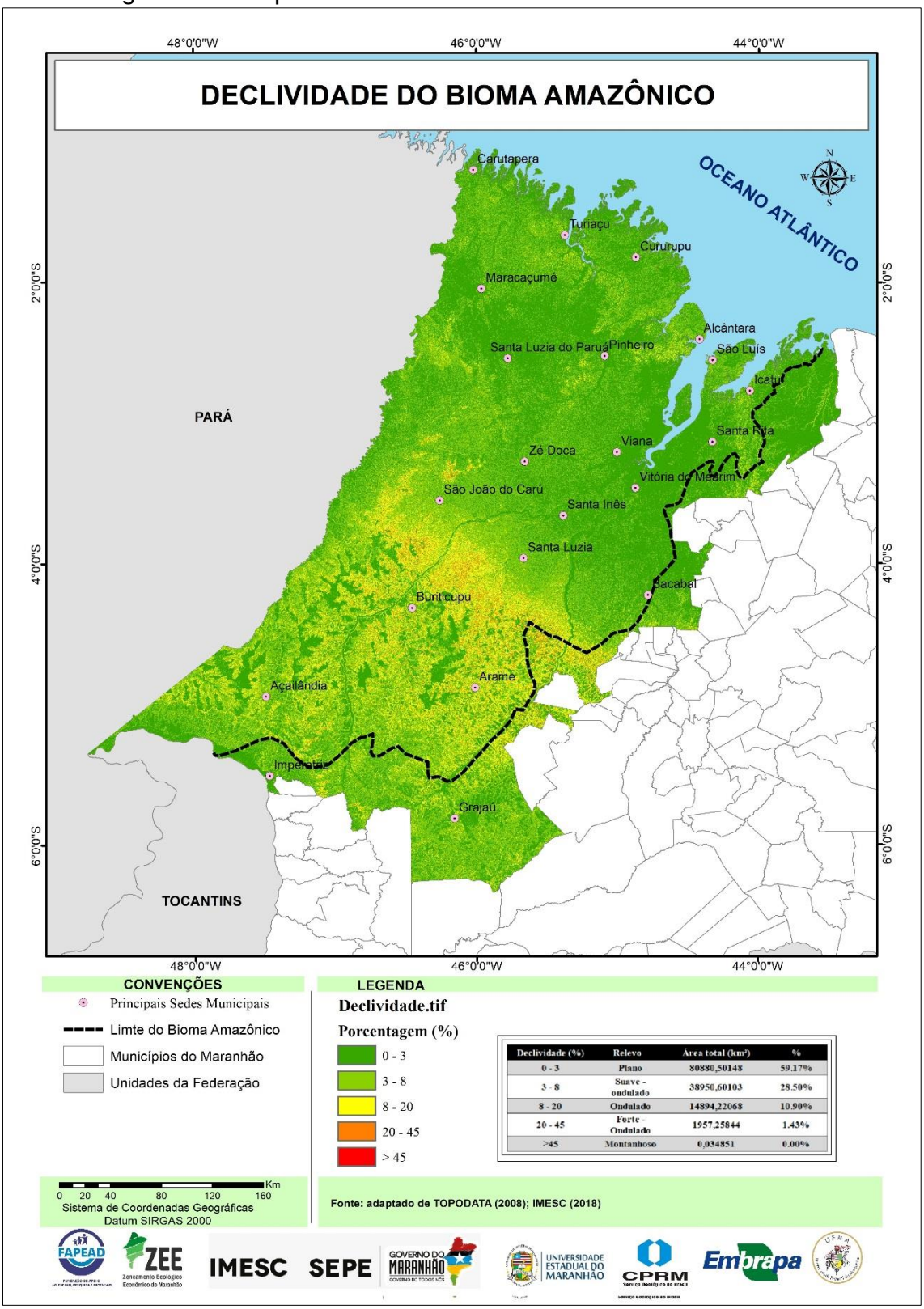


Figura 11 – Mapa de declividades do Bioma Amazônia Maranhense



Merecem menção as orientações de encostas nas clássicas direções NE/SW e NW/SE, compondo poderosas bordas de chapadões e depressões limitados por encostas verticais e sub-retilíneas nas quais se instalam drenagens nitidamente incapazes de tê-las gerado. As direções em que estas encostas se verificam, descontados desgastes erosivos de menor porte, são tipicamente NE/SW, NW/SE e N/S, típicas do assoalho crustal brasileiro, e, em alguns casos, orientadoras do direcionamento de grandes trechos da drenagem do vasto planalto em estudo.

O quadro de controle tectônico acima esboçado é definidor da presença constatável de um enorme planalto, em processo de erosão fluvial e alterações paulatinas dos sedimentos depositados, gerando a presença de blocos alçados e deprimidos que representam descontinuidades, nas extensas planuras constituintes de superfícies planálticas dominantes na paisagem.

Inúmeros pontos ao longo das rodovias foram inspecionados, na ida e na volta, com algumas pequenas incursões laterais em locais como Buriticupu, em que ocorre gigantesca voçoroca (Foto 38), e no vale do rio Pindaré Mirim, localmente encaixado em uma estrutura de depressão do tipo "*graben*", alongada entre áreas planálticas (Foto 39).

Foto 38 - Voçoroca incidente em borda de planalto na área urbana de Buriticupu. Exemplo de erosão possivelmente orientada por fraturamento crustal



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 39 – Vista do rio Pindaré correndo no interior de uma considerável depressão do tipo *graben*



Fonte: Elaboração própria (2019)

Ao longo do extenso deslocamento efetuado a partir de São Luís foi possível observar resultados da exposição dos sedimentos do Grupo Itapecuru, tais como: alterações induzidas pelo intemperismo (horizontes laterizados e depósitos cauliníticos) e pela exposição a agentes geomórficos subaéreos, sob a forma de linhas de seixos e pequenos depósitos arenosos com incipientes estratos cruzados (Foto 40 e 41).

Foto 40 - Laterização Incipiente no Alto Planalto



Fonte: Elaboração própria (2019)

Foto 41 - Linha de seixos de pequena envergadura, indicando transporte localizado



Fonte: Elaboração própria (2019)

O planalto centro ocidental ora sendo sucintamente apresentado, tem grande extensão, como pode ser aquilatado da inspeção dos mapeamentos apresentados. Seus limites sul e leste são condicionados, possivelmente, pelo poderoso condicionante estrutural, de dimensões subcontinentais, denominado Arco Xambioá-Teresina. A coincidência das configurações da borda sul e leste do planalto com a curvatura do Arco de Xambioá parece não ser fortuita. Elementos estruturais de menor porte, ainda que gigantescos na escala humana, tais como, "*grabens*" e "*horts*" aparecem na paisagem do sul do planalto (Fotos 42).

Foto 42 - Detalhe do mesmo *graben* (depressão) mostrando suas paredes pouco alçadas



Fonte: Elaboração própria (2019)

4.8 Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins

Esse domínio é representado por vasta superfície de aplainamento pontilhada por relevos residuais sob forma de mesetas e morros-testemunhos, apresentando caimento geral de leste para oeste em direção à calha do rio Tocantins. Estende-se por uma comprida faixa de direção norte-sul, que abrange o sudoeste do estado do Maranhão, abrangendo a Depressão de Imperatriz, o Patamar de Porto Franco e a Superfície de Carolina, individualizados, por mapeamentos realizados pelo IBGE (2011). Seu relevo é constituído por extensas superfícies de aplainamento, por vezes, ligeiramente retocadas por uma rede de drenagem de baixa densidade, de forma esparsa, com baixos platôs ligeiramente ressaltados topograficamente. Nesse

domínio, existem colinas com grau variável de dissecação, ocorrendo, também, esparsas “serras” alinhadas e pequenas cristas, que se destacam em cotas mais elevadas na paisagem regional (CPRM, 2013). Observa-se, ainda, a planície aluvial do rio Tocantins, que ocorre de forma descontínua ao longo de seu fundo de vale. Finalmente destaca-se que esse conjunto de formas de relevo resulta do arrasamento generalizado do substrato geológico de uma sequência vulcano sedimentar (permocretácica) da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

No interior do planalto, essas depressões existem, porém são menos notáveis, embora também condicionando, em boa medida, tanto a drenagem, quanto a ocupação humana. Depressões e altos estruturais também fazem parte do domínio “Depressão do Médio Vale do Tocantins” (Foto 43), que se justapõe ao “Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú”, segundo a abrangente classificação dos “Domínios Geomorfológicos” do Maranhão proposta pela CPRM, em 2013.

Foto 43 – Vista da Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins no Município de Imperatriz, MA



Fonte: Elaboração própria (2019)

4.9 Baixos Platôs de Barra do Corda

Os Baixos Platôs de Barra do Corda (denominação adaptada da proposta realizada pelo IBGE, 2011) dizem respeito a um conjunto de extensas superfícies planálticas, pouco dissecadas e posicionadas, invariavelmente, em cotas baixas, entre 150 e 250m (DANTAS et al., 2013). Esse domínio caracteriza-se por formas

dissecadas, por uma rede de drenagem dendrítica a sub-dendrítica, de baixa a moderada densidade, responsáveis pela presença de topos tabulares e encostas relativamente abruptas. Ainda de acordo com DANTAS et al., (2013) em restritas áreas que apresentam uma alta densidade de drenagem, os baixos platôs estão francamente dissecados em relevo de colinas tabulares. Destaca-se que sobre as superfícies planas dos baixos platôs, nos últimos anos, têm sido observadas áreas de recente expansão da fronteira agrícola, onde a vegetação típica do cerrado vem sendo substituída por extensas plantações de soja e milho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área do Bioma Amazônico Maranhense apresenta rochas e sedimentos que retratam o passado geológico da Terra desde Paleoproterozoico ao Cenozoico. Estas rochas e sedimentos apresentam potencialidades para exploração nas áreas de minerais minérios de emprego direto na construção civil, considerando a abrangência das rochas e sedimentos do Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras e Suíte Intrusiva Rosário associados aos Depósitos Quaternários e as explorações de gemas (ouro e outros) nas rochas do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi. Destaque para maior fiscalização nos garimpos com a manipulação de mercúrio (Hg).

Estas áreas carecem de estudos e delimitação, principalmente em cartografia de detalhe, quanto à natureza e ocorrências de argilominerais e outros minerais de importância econômica, com reais possibilidades de apoio à criação de um “polo cerâmico” na porção norte do bioma.

A disponibilidade de água subterrânea considerando a abrangência do aquífero Itapecuru, que apresenta uma geometria bastante complexa, predominando formas lenticulares nos estratos arenosos, função dos ambientes continentais de deposição desenvolvidos próximos à zona costeira, e do grau de retrabalhamento dos materiais. Considerado um aquífero livre a semi-confinado com vazões moderadas ($25<Q<50 m^3/h$) utilizadas geralmente para consumo humano. Destaca-se a presença de vazões maiores no sul do bioma maranhense.

A disponibilidade de água depende das chuvas na região, sendo um bem estratégico para a sadia qualidade de vida. Os reservatórios naturais (aquíferos) e as nascentes dos rios precisam da preservação das áreas de recarga de aquíferos

representada, principalmente, pelos sedimentos do Grupo Barreiras e Coberturas Lateríticas Maduras.

A porção norte do bioma, área costeira, precisa ser monitorada quanto à presença da entrada da cunha salina, registrando-se graves problemas com presença de água salobra nas Ilhas dos Lençóis, Bate Vento, nos municípios da baixada maranhense e na ilha do Maranhão.

Espera-se que o presente texto transmita uma imagem razoável da presença e importância das unidades geomorfológicas: Planície Costeira e Planalto, embora discutindo a origem e causas de configurações de feições geomorfológicas julgadas de maior importância. Ambas são unidades territoriais de grande porte, devendo ser considerado que a baixa altitude da Planície Costeira, com influência das marés e presença de alagadiços, tem sua importância para uma ocupação humana assim relativizada por vários pontos de vista. Esse não é o caso com relação ao Planalto, cujas grandes disponibilidades de áreas passíveis de utilização inclinam o domínio geomorfológico para atividades de grande porte. Dessas, são exemplos os usos agropecuários, tanto as monoculturas como a criação de gado e cultivo de eucalipto (este uso associado a terrenos de certa declividade), que se beneficiam das extensões territoriais disponíveis, naturalmente limitados pelas disponibilidades de solos adequados e de água, particularmente. A parte sul deste planalto, tem se beneficiado com o incremento da produção de soja, sendo exemplos o desenvolvimento de cidades como Imperatriz e Açailândia, assim como outros núcleos urbanos, cujo desenvolvimento está ligado ao uso das áreas mais favoráveis, que são grandes extensões planas para o típico tratamento mecanizado da cultura da soja. Contudo, devem ser observadas todas as técnicas de manejo e proteção do solo e dos recursos hídricos, para que seja conciliado o desenvolvimento das referidas atividades econômicas com a proteção ambiental.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. **Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão**. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 3, n. 5, p. 35-45, 1960.

BARBOSA, G.V.; BOAVENTURA, R.S.; NOVAES PINTO, M. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAM**. Folha SB.23 Teresina e parte da folha SB.24 Jaguaribe; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. v. 2. p. 1-39 (Levantamento de Recursos Naturais, 2).

BARBOSA, G.V.; NOVAES PINTO, M. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.23 São Luís e parte da folha SA.24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. p. 1-26. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

BRASIL. Lei nº **12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 07 jun. 2017.

BRIERLEY, G.J., 1996. **Channel morphology and element assemb-lages**: a constructivist approach to facies modeling. In: Carling, P.A., Dawson, M.R. (Eds.), Advances in Fluvial Dynamics and Stratigraphy. Wiley, New York, pp. 263–298.

BRIERLEY, G.J.; FERGUSON, R.J.; WOOLFE, K.J. **1997. What is a fluvial levee?** Sedimentary Geology 114, 1–9.

BEZERRA FHR, BARRETO AMFAND SUGUIO K. 2003.**Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte state coast, Brazil**. Mar Geol 196: 73-89.

CERRI, L. E. S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINE, J. E. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas**: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo. In: *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia,* 8, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ABGE, 1996, p. 537-548.
COLARES, J. Q. S.; ARAÚJO, C. C. Santa Inês, **Folha SA.23-Y-D**: Estado do Maranhão. Escala 1:250.000 Brasília, DF: CPRM, 1990. 67 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB; Projeto Especial Mapas

COLARES, J.Q.S.; ARAUJO, C.C.; PARENTE FILHO, J.. **Projeto Especial Mapas de Recursos Minerais, Solos e Vegetação para a área do Programa Grande Carajás.** Subprojeto Recursos Minerais. Vitorino Freire Folha SB.23-V-B, Estado do Maranhão. Carta de zoneamento hidrogeológico e de pontos de água-Escala 1:250.000. Brasilia: DNPM/CPRM, 1990,70pg.

COSTA, M. L. Aspectos Geológicos dos Lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**. 21(2): 146-160. 1991.
CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Programa Levantamentos Geológicos Sistemáticos. **Relatório Anual** - 2004, 20 p.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I.C.N.; VARGAS, L. & RENK, J.F.C. (2013). Compartimentação geomorfológica do Estado do Maranhão, cap. 3.In: BANDEIRA, I.C.N. (ed.) **Geodiversidade do Estado do Maranhão**, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Teresina/PI, p. 31-62.

DE BEAUMONT LE .1845**. Lecons de Geologie Practique. Septieme lecon**. Bertrand, Paris, pp 221–252.

FEITOSA, A.C. **Relevo do Estado do Maranhão**: uma nova proposta de classificação topomorfológica. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 4 Goiânia, Anais. Goiânia: UGB, 2006. P. 1-11. CD-ROM

GILBERT G.K. 1885. **The topographic features of lake shores**. US Geological Survey, 5th Annual Report, pp 69–123.

GORAYEB, P. S. S.; GAUDETTE, H., MOURA, C. A.V.; ABREU, F. A. M. Geologia e Geocronologia da Suíte Rosário, Nordeste do Brasil e sua Contextualização Geotectônica. **Revista Brasileira de Geociências** 29(4):571-578, dezembro de 1999.

IBGE. Divisão de Geociências da Bahia. **Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão: diretrizes gerais para a ordenação territorial**. Salvador. 1997. 44p.

IBGE. **Geomorfologia**: mapa geomorfológico do estado do Maranhão. Rio de Janeiro: IBGE, 2011c. Escala 1:400.000.

IBGE. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Mapeamento de Recurso Naturais do Brasil escala 1:250.000 Documentação Técnica Geral**. Rio de Janeiro. 2018.

KLEIN, E. L. *et al.* **Geologia e recursos minerais da Folha Cândido Mendes, SA.23-V-D-II**: Estado do Maranhão: escala 1:100 000. Belém: CPRM, 2008. 146 p. Programa Geologia do Brasil - PGB; Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. **Síntese geológica e geocronológica do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi**: implicações para a litoestratigrafia e modelos geotectônicos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7, Belém, 2001. *Resumos Expandidos*. Belém, SBG. (CD-ROM).

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V.; PINHEIRO, B. L. S. **Paleoproterozoic crustal evolution of the São Luís Craton, Brazil**: evidence from zircon geochronology and Sm-Nd isotopes. Gondwana Research, v. 8, n. 2, p. 177-186, 2005.

KLEIN, E. L.; MOURA, C. A. V. São Luís craton and Gurupi belt (Brazil): possible links with the West-African craton and surrounding Pan-African belts. In: PANKHURST, R. J. et al (Eds.) **West Gondwana**: pre-Cenozoic correlations across the South Atlantic region. London: Geological Society, 2008. p. 137-151. (Special Publications, 294).

KLEIN, E.L,; SOUSA, C.S.; VASQUEZ, M.L.; LOPES, E.C.S.; TEIXEIRA, S.G.; OLIVEIRA, J.K.M.; MOURA, E.M.; LEÃO M.H.B. 2012. **Mapa Geológico e Recursos Minerais do Estado do Maranhão**. In: Klein, E.L.; Sousa, C.S. (organizadores) Geologia e Recursos Minerais do Estado do Maranhão: Sistema de Informações Geográficas – SIG, Escala 1:750.000. Belém: CPRM. 2012.

LEITES, S.R.(ORG.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** Presidente Dutra. Folha SB-23-X-C. Estado do Maranhão. Escala 1: 250.000. Brasília: CPRM, 1994.

LOVATO, O. G.(Org.). Barra do Corda. Folha SB.23-V-D. Estado do Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 1994. **Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.**

LOVATO, O. G.; CAYE, B. R.; ARAÚJO, C. C. Itapecuru- Mirim. Folha SA.23-Z-C: Estado do Maranhão. Escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 1995. **Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.**

MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, F. A. C, FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J.G. A. MEDEIROS, M.A; ARCANJO, S.H.; CARVALHO, I.S.; PEREIRA, A.A., LINDOSO, R.M.; MENDES, I.D.; SOUSA, E.P; COSTA FILHO, J.F.; SIQUEIRA, W.S. Nova **Ocorrência de Diplodocoidea na Bacia de São Luís (Cretáceo, Cenomaniano), norte do Maranhão**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 14, Livro de Resumos, Marabá, SBG. CD room. 2015.

MONTEIRO, A. B. *et al.* **Mapa Hidrogeológico do Brasil, escala 1:5.000.000**. Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo, CPRM/MME SIG, 2014.

MONTEIRO, A.B.; CORREIA FILHO, F. L.; DINIZ, J.A.O.; SOUZA, R. R. **Recursos hídricos subterrâneos**. *In:*BANDEIRA, I. C. N. (Org.) Geodiversidade do Estado do Maranhão, Teresina: CPRM, 2013.

MONTEIRO, A.B.; CORREIA FILHO, F.G.; DINIZ, J.A.O.; SOUZA, R.R. IN: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Teresina: CPRM, 2013. 294p.

PEREIRA, E. D. **Vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do Aquífero do Reservatório Batata**. Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Unesp; Rio Claro, 174p. 2006.

PEREIRA, E. D.; ARCANJO, S. H. S.; CASTRO, H.F.R. As Lateritas nos tabuleiros dissecados da Ilha do Maranhão: ocorrências e exploração. *In*: Aline Maria Meiguins de Lima; Paulo Sergio de Sousa Gorayeb. (Org.). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. 1ed., Belém: SBG Núcleo Norte, 2017, v. 10, p. 33-40.

PEREIRA, E.D.; SANTOS, J.H.S. **Avaliação da vulnerabilidade à intrusão marinha do aquífero costeiro da bacia hidrográfica do rio paciência utilizando o método galdit**, Relatório Final de Pesquisa. Convênio FAPEMA/UFMA, 2017.

RIBEIRO, J. A. P.. Caxias. Folha SB.23-X-B. Escala 1:250. 000.. **Estados do Pará e Maranhão**. Brasília: CPRM, 2001.

RIBEIRO, D.Q.; PEREIRA, E.D. **Levantamento das Caraterísticas Hidrogeológicas do Aquífero Barreiras e Itapecuru na Bacia do Rio Anil-Ma**. Relatório Final de Pesquisa- PIBIC, convênio Fapema/UFMA (no prelo).

RODRIGUES, T. L. N. *et al.* (Org.). **São Luís Folha SA.23- Z-A, Cururupu Folha SA.23-X-C: Estado do Maranhão**: escala 1:250.000. Brasília, DF: CPRM, 1994a. 185 p. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB.
RODRIGUES. Bacabal. **Folha SA.23-X-A**: Estado do Maranhão. Escala 1:250.000.

Brasília, DF: CPRM, 1994b. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.

ROY P.S.; COWELL P.J.; FERLAND M.A.; THOM B.G. 1994. Wave Dominated Coasts. In: **CARTER R.W.G. e WOODROFFE CD** (Ed.), Coastal Evolution, Late Quaternary Shoreline Morphodynamics, Cambridge: Cambridge University Press, p. 121-186.

ROSSETTI, D. F. **Arquitetura Deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú**. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Coords). O Cretáceo na Bacia de São-Luís Grajaú. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001. p.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W. 1997. **Revisão estratigráfica para os depósitos do Albiano Terciário Inferior** (?) na Bacia de São Luís (MA), Norte do Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, v. 9, p. 29-41.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos Sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Série Ciências da Terra, v. 1, p. 25-74, 1989.

SANTOS, J. H. S. dos. **Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos**: um tratamento espacial. Rio de Janeiro: Doutorado. UFRJ/PPGG, 2008. 248 p.

SOUZA, A. S. (Org.) Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Imperatriz – Folha SB.23-V-C, Estados do Maranhão e do Tocantins. Escala 1:250.000, Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2002.

SOUZA. A.S.; VERISSIMO, L.S.; ARAUJO, C.C. (Org.). **Imperatriz. Folha SB.23-V-C. Estado do Maranhão e Tocantins**. Escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB Brasília, DF: CPRM, 1990.

VEIGA JÚNIOR, J. P. **São Luís NE/SE, Folhas SA- 23-X e SA-23-Z**: Estados do Maranhão e Piauí: escala 1:500.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos – PLGB. Brasília, DF: CPRM, 2000.

VILLAS BÔAS, J. M.; ARAÚJO, C.C**. Açailândia. Folha SB.23-V-A, escala 1:250.000**. Estados do Pará e Maranhão: Brasília: CPRM, 1999.

TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A., 1991. **Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Pesquisas 18, 13–24.

III CLIMATOLOGIA REGIONAL

Gunter de Azevedo Reschke (Coordenador)
Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes
Carlos Márcio de Aquino Eloi
Hallan David Velasco Cerqueira
Márcio Roberto Bezerra Fialho
Carlos Wendell Soares Dias
Messias Galvão Abreu (estagiário)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 94
2 OBJETIVOS 95
2.1 Geral 95
2.2 Específicos 95
3 DADOS E MÉTODOS UTILIZADOS 95
3.1 Dados Utilizados 95
3.1.1 Diagnóstico Climático 95
3.1.2 Cenários climáticos perspectivos - anos secos, normais e chuvosos 96
3.1.3 Cenários climáticos prospectivos - Mudanças Climáticas 97
3.2 Procedimentos Metodológicos 99
3.2.1 Diagnóstico Climático 99
3.2.2 Cenários climáticos perspectivos - anos secos, normais e chuvosos 100
3.2.3 Cenários climáticos prospectivos (Mudanças Climáticas) 101
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 103
4.1 Diagnóstico Climático 103
4.1.1 Precipitação Pluvial 103
4.1.2 Temperatura do Ar 104
4.1.3 Evapotranspiração Potencial 105
4.1.4 Excesso Hídrico 105
4.1.5 Deficiência Hídrica 105
4.1.6 Índice de erosividade 106
4.1.7 Índice de Aridez 106
4.1.8 Risco climático para culturas de sequeiro 108
4.1.8.1 Cultura da Soja 108
4.2 Cenários Perspectivos - anos secos, normais e chuvosos 115
4.2.1 Precipitação Pluvial 115
4.2.1.1 Anos Secos 115
4.2.1.2 Anos Normais 117
4.2.1.3 Anos Chuvosos 119
4.2.2 Temperatura do ar 121
4.2.2.1 Anos Secos 121
4.2.2.2 Anos Normais 123
4.2.2.3 Anos Chuvosos 125
4.2.3 Erosividade das chuvas 127
4.2.3.1 Anos Secos 127
4.2.3.2 Anos Normais 129
4.2.3.3 Anos Chuvosos 131
4.2.4 Evapotranspiração 134
4.2.4.1 Anos Secos 134

4.2.4.2 Anos Normais 136
4.2.4.3 Anos Chuvosos 138
4.2.5 Excedente Hídrico 141
4.2.5.1 Anos Secos 141
4.2.5.2 Anos Normais 143
4.2.5.3 Anos Chuvosos 145
4.2.6 Deficiência Hídrica 147
4.2.6.1 Anos Secos 147
4.2.6.2 Anos Normais 149
4.2.6.3 Anos Chuvosos 151
4.3 Cenários Prospectivos - Mudanças Climáticas 153
4.3.1 Temperatura do Ar 154
4.2 Precipitação Pluvial 157
4.3 Evapotranspiração Potencial 160
4.4 Deficiência Hídrica 163
4.5 Excesso Hídrico 166
4.6 Erosividade das Chuvas 169
4.7 Índice de Aridez 172
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 175
5.1 Diagnóstico Climático 175
5.2 Cenários Perspectivos - anos secos, normais e chuvosos 176
5.3 Cenários Prospectivos - Mudanças Climáticas 176
REFERÊNCIAS 178

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Maranhense é detentora de uma biodiversidade abundante, presente em 62 municípios do estado e representa, em termos de bioma, 34% do Maranhão. No entanto, ela corre o sério risco de desaparecer. Há anos sofre com desmatamentos, retirada ilegal de madeira, mineração, produção de carvão, caça excessiva e criação de gado. Além disso, recebe pouca atenção do poder público estadual e federal e sua importância é ignorada por grande parte dos maranhenses (MIOTTO, 2012).

O Bioma Amazônico Maranhense está localizado no setor oeste do Maranhão, junto ao estado do Pará e representa uma região marcada pela baixa densidade de estações de observação do tempo e clima, por se tratar de um local onde existem muitas reservas indígenas e ambientais, fazendo com que seja também uma região com baixa densidade demográfica.

Por se tratar de um bioma importantíssimo, de caráter estratégico, tanto no contexto regional como global, a Amazônia Maranhense é alvo de interesse, tanto científico quanto econômico. Em nível regional, o diagnóstico climático tem o intuito de fornecer subsídios às políticas de desenvolvimento econômico e conservação do bioma, como o manejo sustentável e técnicas adequadas de preservação.

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Bioma Amazônico Maranhense surge, justamente, contra essa problemática e funciona como um instrumento para planejar e ordenar o território, sendo que nos últimos anos, a proposta do governo brasileiro para apoiar as decisões de planejamento do desenvolvimento e do uso do território nacional em bases sustentáveis, integra o Plano Plurianual (PPA) do governo federal, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente e execução descentralizada, por diversos órgãos federais e estaduais. A elaboração do ZEE é uma determinação legal conferida pelo Decreto Federal nº 7.378/2010 (SPINELLI-ARAÚJO, 2016).

Nesse contexto, o ZEE do Bioma Amazônia no estado do Maranhão, no âmbito de estudos do clima, se propôs a fazer um diagnóstico da situação atual do Estado, que inclui o índice de erosividade da chuva, balanço hídrico climático, índice de aridez, risco climático e aptidão climática, bem como, os cenários perspectivos de possibilidades para anos secos, normais e chuvosos. Este estudo também contempla os resultados das simulações obtidas do modelo regional de mudanças climáticas,

baseados em cenários prospectivos utilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Portanto, espera-se que todas essas informações possam contribuir no planejamento de políticas públicas que visem minimizar os possíveis impactos dessas mudanças em segmentos importantes, como os econômicos, sociais e ambientais, contribuindo para a preservação e conservação dos biomas existentes, notadamente, o Amazônico no estado do Maranhão.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Elaborar o diagnóstico e cenarização do ambiente climático do bioma Amazônico no estado do Maranhão, com vistas ao planejamento ambiental, social e econômico da região.

2.2 Específicos

a) Criar uma base de dados climáticos georreferenciados.
b) Compreender os padrões de variabilidade espacial e temporal das chuvas e temperatura do ar.
c) Avaliar a suscetibilidade da região aos efeitos da erosividade das chuvas;
d) Avaliar a suscetibilidade da região à seca e ao processo de desertificação.
e) Avaliar a disponibilidade hídrica da região.
f) Avaliar os riscos climáticos para o cultivo agrícola.
g) Identificar o potencial de aptidão climática para o cultivo agrícola.
h) Desenvolver cenários climáticos de expectativas para anos secos, normais e chuvosos.
i) Avaliar os cenários de mudanças climáticas obtidos por modelos regionais.

3 DADOS E MÉTODOS UTILIZADOS

3.1 Dados Utilizados

3.1.1 Diagnóstico Climático

Inicialmente, foi realizada a aquisição, catalogação, processamento e análise - preenchimento de falhas e consistência - dos dados climáticos. Posteriormente, foram selecionados para compor a base de dados para a elaboração do diagnóstico climático, 62 pontos de coleta de dados, sendo 36 no interior do Bioma Amazônico no estado do Maranhão e 26 adjacentes à área do bioma (18 no Maranhão, 3 no Tocantins e 5 no Pará), conforme observado na Figura 1.

Os dados básicos utilizados foram os de precipitação pluvial e temperatura do ar, em seus totais mensais, contemplando 30 anos de informação (1987 a 2016). Os dados de temperatura do ar, em virtude da baixa densidade da rede de coleta, foram obtidos através do banco de dados de temperatura média do ar a 2 metros de altura da GHCN (Global Historical Climatology Network) e CAMS (Climate Anomaly Monitoring System), órgãos pertencentes à NOAA (National Oceanicand Atmospheric Administration).

Este conjunto de dados é diferente de alguns conjuntos de dados de temperatura de superfície existentes, pois usa uma combinação de dois grandes conjuntos de dados individuais de observações de estações climatológicas de superfície, coletados da Rede Histórica de Climatologia Global (versão 2) e do Sistema de Monitoramento de Anomalias Climáticas (GHCN + CAMS). Assim, ele pode ser regularmente atualizado, quase em tempo real, com várias estações e também usa alguns métodos de interpolação únicos, como a aproximação de interpolação de anomalias com taxas de variação de temperatura espaciais e temporais, derivadas da reanálise baseada em dados de observação para ajuste topográfico; sendo que o conjunto de técnicas utilizadas para geração desse banco de dados consta no trabalho de Fan e van denDool (2008). O GHCN CAMS usa alta resolução (0,5x0,5), totalizando em uma grade 360x720 de latitude e longitude de temperaturas da superfície terrestre global, analisadas de 1948 até quase o presente.

3.1.2 Cenários climáticos perspectivos - anos secos, normais e chuvosos

Os dados climáticos (precipitação pluvial e temperatura do ar) utilizados nessa etapa, bem como os procedimentos metodológicos adotados são os mesmos estabelecidos para o diagnóstico climático. A diferença é que, nesta etapa, os dados de chuvas foram analisados na visão de cenários, aqui denominados de perspectivos, ou seja, de possibilidade para condições de anos secos, normais e chuvosos.

3.1.3 Cenários climáticos prospectivos - Mudanças Climáticas

Para este estudo, os dados climáticos utilizados na avaliação dos cenários futuros de mudanças climáticas sobre a região do Bioma Amazônico no estado do Maranhão foram a precipitação pluvial e a temperatura média do ar, obtidos a partir das simulações realizadas através do modelo regional de mudanças climáticas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Os dados foram obtidos em pontos de grade, com resolução de 20km, conforme Figura 2. Posteriormente, foram extraídos para cada localidade, os valores de precipitação e temperatura média do ar, levando em consideração suas coordenadas geográficas. Os dados climáticos simulados pelos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, referem-se a séries do período chamado de clima presente ou "*baseline*", na escala mensal, que se estende de 1961 a 2005. A projeção futura utilizada compreendeu um período de 40 anos, de 2020 a 2059.

Figura 1 - Distribuição espacial das estações climatológicas e postos pluviométricos, utilizadas nas análises

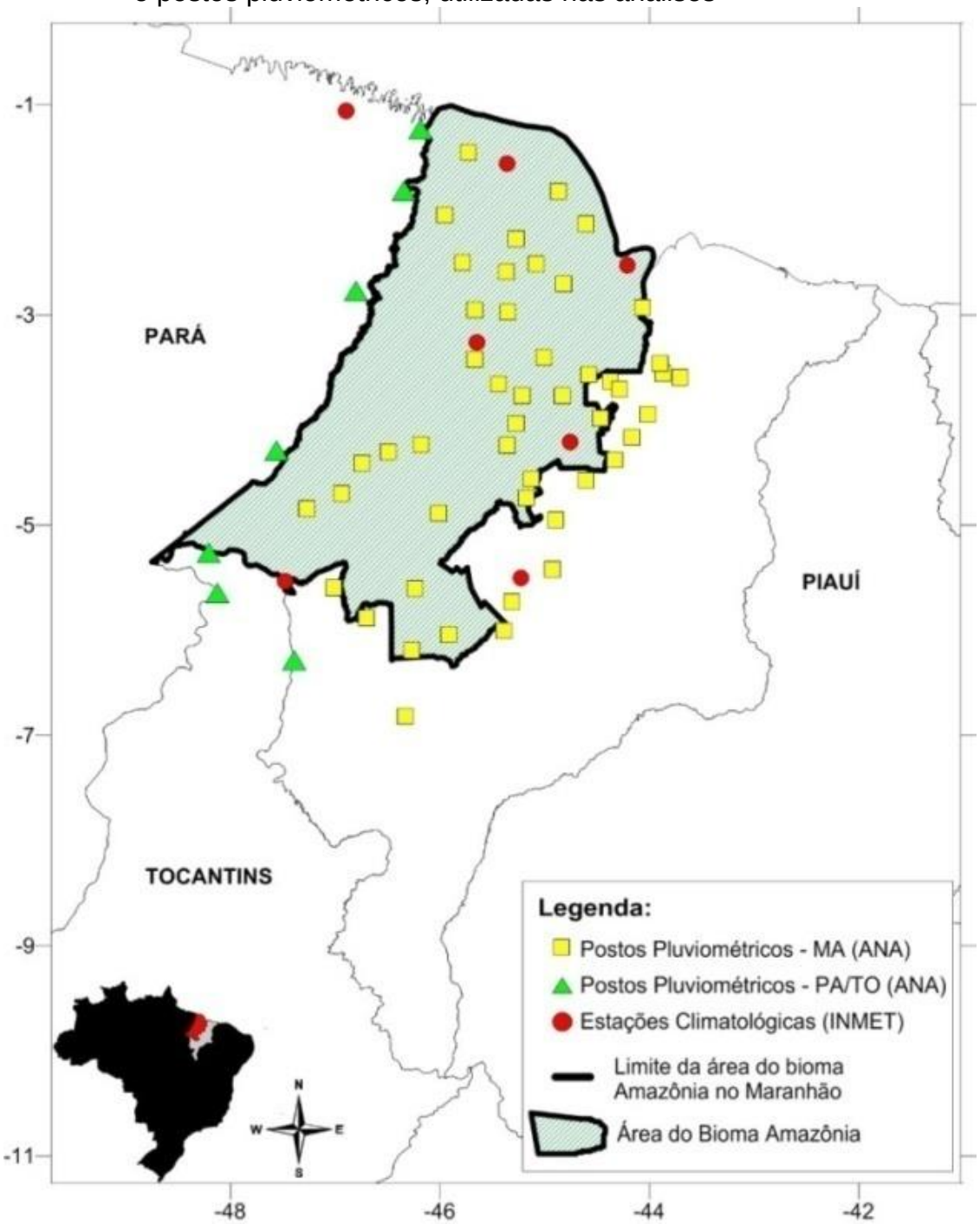
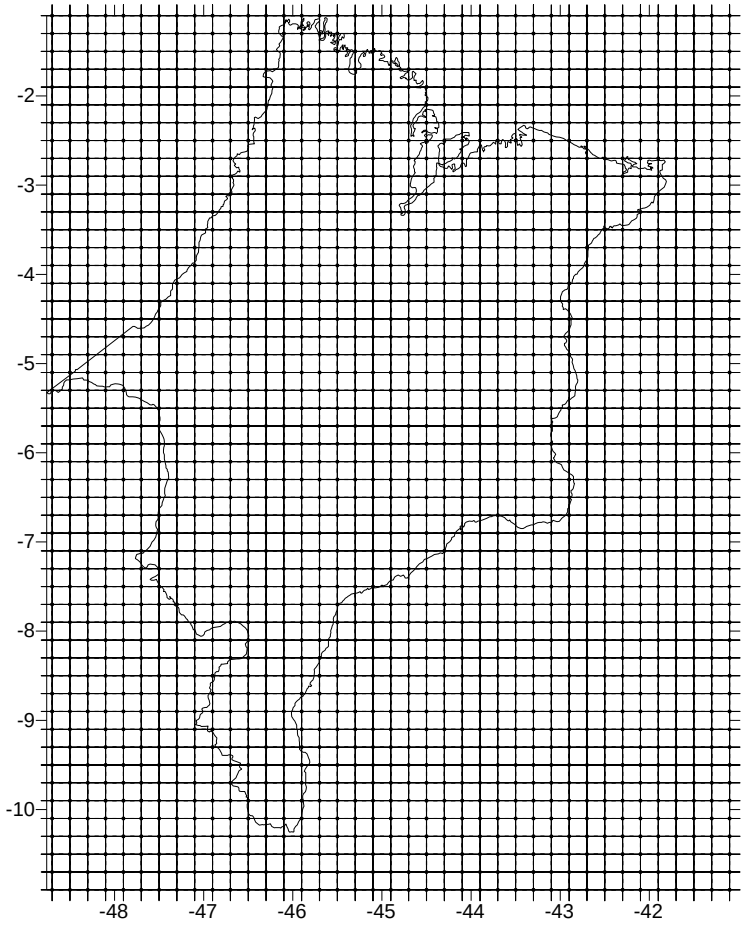


Figura 2 - Grade do modelo regional ETA com resolução de 20km



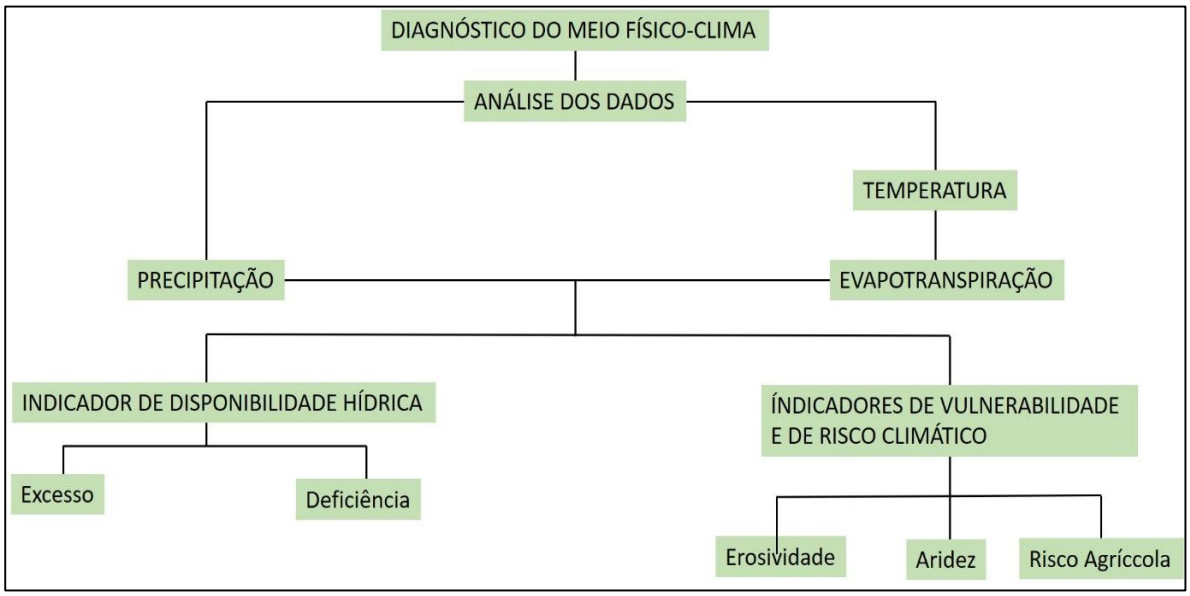
3.2 Procedimentos Metodológicos

3.2.1 Diagnóstico Climático

Para o diagnóstico climático foram elaborados mapas temáticos mostrando a distribuição espacial dos principais elementos climáticos (precipitação pluvial e temperatura do ar), indicadores de seca (índice de aridez), processos erosivos (índice de erosividade das chuvas), disponibilidade hídrica (evapotranspiração, excesso e deficiência de água) e indicadores de risco climático para a definição das épocas de plantio para culturas de sequeiro.

Os dados de precipitação pluvial e temperatura do ar foram espacializados em seus valores mensais, sazonais (trimestrais) e anuais. Estes dados serviram de base para a construção dos indicadores, conforme sequência descrita na Figura 3.

Figura 3 - Diagnóstico do meio físico



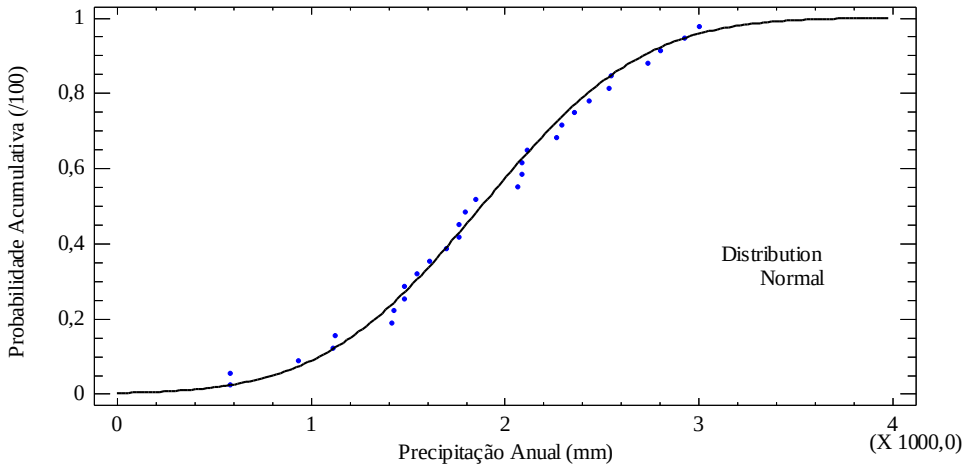
3.2.2 Cenários climáticos perspectivos - anos secos, normais e chuvosos

Para a construção dos cenários perspectivos, que definem anos secos, normais e chuvosos, os dados de chuva foram submetidos à análise de frequência e teste de normalidade. O teste foi aplicado aos totais anuais de precipitação pluvial para cada localidade, sendo constatado o ajuste aproximado dos dados à distribuição normal, verificado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 95%, sendo esta utilizada na definição dos anos secos, normais e chuvosos.

A título de exemplo, a Figura 4 mostra o ajuste da curva normal aos dados anuais de chuvas para a localidade de Cururupu (posto 144002) para o período de 1987 a 2016 (30 anos). Foi adotada a probabilidade de 25% para a definição de anos secos e 75% para anos chuvosos. O intervalo entre esses dois níveis de probabilidade consiste em anos normais ou regulares com relação aos totais anuais de chuvas.

Para o referido posto, a probabilidade de 25% correspondeu a 1443mm e a de 75% correspondeu a 2321mm. Então, para esta localidade, os anos com totais anuais inferiores a 1443mm foram considerados secos e acima de 2321mm, anos considerados chuvosos. Os anos com totais anuais entre 1443mm e 2321mm foram considerados regulares ou normais.

Figura 4 - Critério para caracterização dos anos secos, regulares e chuvosos, segundo a distribuição dos totais anuais de chuva



Este procedimento foi aplicado a todas as localidades utilizadas nas análises. Posteriormente, foram selecionados os anos secos, normais e chuvosos e uma nova base de dados foi criada para os respectivos anos. Os resultados foram descritos sazonalmente (a cada três meses e anualmente) e submetidos à análise espacial sobre a região do Bioma Amazônico no estado do Maranhão.

3.2.3 Cenários climáticos prospectivos (Mudanças Climáticas)

Para a descrição do cenário climático futuro, foram utilizadas simulações baseadas no modelo climático regional ETA forçado por dois modelos climáticos globais, o HadGEM2-ES - Hadley Centre Global Environmental Model, version 2 Earth System (COLLINS *et al.*, 2011; MARTIN *et al.*, 2011) e o MIROC5 - Model for Interdisciplinary Research on Climate (WATANABE *et al.*, 2010), e dois cenários baseados em forçantes radiativas denominadas de RCP - Representative Concentration Pathways (MOSS et al., 2010). Os RCPs abordam desde futuros otimistas, nos quais a forçante radiativa decorrentes de ações antrópicas é reduzida (RCP 2.6), até situações pessimistas (RCP 8.5), sendo o RCP 4.5 uma situação considerada intermediária. Neste estudo foram utilizados RCP 4.5 e RCP 8.5.

O cenário RCP 4.5 estabelece a estabilização da forçante radiativa pouco depois de 2100, porém mantendo os níveis de radiação a longo prazo igual ou abaixo de 4,5 W/m^2. Este cenário é consistente com a estabilização da demanda energética mundial, programas de reflorestamento fortes e políticas climáticas rigorosas. Com

relação às emissões de gases do efeito estufa, há projeção de estabilização das emissões de metano, porém com leve aumento das emissões de CO_2 até 2040, com valor máximo atingido de 650 ppm equivalente na segunda metade do século XXI.

Por outro lado, o cenário RCP 8.5 projeta um futuro de crescimento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico lento, com acentuadas emissões de CO_2. Este cenário é sombrio, o mais pessimista para o século XXI em termos de emissões de gases de efeito de estufa, sendo consistente com uma política que não priorizará a redução das emissões, apresentando uma forte dependência de combustíveis fósseis.

O HadGEM2-ES é um modelo climático global da categoria de sistemas terrestres desenvolvido pelo Hadley Center. A resolução é de cerca de 1,875 graus de longitude e 1,275 graus de latitude e 38 níveis na atmosfera. Possui esquema de vegetação dinâmica com representação do ciclo de carbono. O MIROC5 é um modelo de resolução oceânica de cerca de 150km na horizontal e 40 níveis na vertical.

O modelo Eta foi desenvolvido na Universidade de Belgrado, e é empregado operacionalmente pelo National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (BLACK, 1994; MESINGER *et al.*, 2012). No Brasil o modelo Eta é aplicado pelo CPTEC/INPE (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para previsão do tempo e estudos sobre cenários exploratórios de mudanças climáticas futuras, em diferentes escalas de tempo e resoluções espaciais (CHOU; BUSTAMANTE; GOMES, 2005; CHOU *et al.*, 2014a).

As projeções de clima presente obtidas pelos modelos compreenderam o período de 1961 a 2005, enquanto que os dados médios observados, obtidos das estações meteorológicas, compreenderam o período de 1987 a 2016. Portanto, para a análise da concordância e desempenho do modelo, em relação aos dados observados, foi analisado o período de 1987 a 2005.

As projeções futuras foram realizadas para os próximos 40 anos e em intervalos de 10 anos (décadas), 2020-2029, 2030-2039, 2040-2049, 2050-2059, com descrição sazonal a cada três meses e anual, contemplando as variáveis: precipitação pluvial e temperatura do ar.

Para avaliar as projeções futuras da precipitação pluvial e temperatura média do ar, os valores foram comparados com período de tempo presente (histórico) obtidos pelos modelos (1961-2005). Com relação à temperatura média do ar, a avaliação foi obtida através da diferença entre: a temperatura média do ar, obtida pela

projeção, e a temperatura média do ar, obtida pela simulação do modelo regional de previsão climática, definido após a análise de exatidão e desempenho. Por outro lado, as análises de precipitação pluvial foram realizadas com base no Desvio Percentual (DP), obtido pela expressão:

$$DP = ((P_{projeção} - P_{tempo\ presente})/ P_{tempo\ presente})*100$$

em que: $P_{projeção}$, corresponde às projeções futuras para o período entre 2020-2059; $P_{tempo\ presente}$, que corresponde ao período de simulação compreendido entre 1961 e 2005.

Para avaliar a variabilidade espacial dos desvios de temperatura média do ar e precipitação pluvial das projeções, em relação ao tempo presente, obtidos pelo modelo, os mesmos foram espacializados sobre a região do Bioma Amazônico no estado do Maranhão.

A nova série de dados, para a composição dos cenários futuros foi obtida somando-se os valores climatológicos observados entre 1987 e 2016 com os desvios obtidos.

A partir das novas séries de dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar, que constituíram os cenários de mudanças climáticas, foram obtidos a evapotranspiração potencial e os indicadores de vulnerabilidade, com relação à erosividade das chuvas, à disponibilidade hídrica e às condições de aridez.

A partir das matrizes de dados geradas pelas análises foram construídos os mapas prospectivos, que mostram a distribuição espacial dos desvios de chuva e temperatura média do ar, bem como, os indicadores de vulnerabilidade. A metodologia refere-se à mesma aplicada no diagnóstico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagnóstico Climático

4.1.1 Precipitação Pluvial

A distribuição espacial das chuvas ao longo do Bioma Amazônico no estado do Maranhão é condicionada pela atuação de diferentes sistemas produtores de

tempo, que atuam sobre áreas específicas e em meses diferentes do ano. Os dois principais sistemas produtores de chuvas são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua predominantemente na parte Norte da região e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), mais efetiva na parte Sul. A atuação desses sistemas fica evidente, observando-se a distribuição espacial das chuvas ao longo da área delimitada do bioma.

Na parte Norte, concentram-se os maiores volumes pluviométricos, com totais anuais superiores a 2.000mm. Por outro lado, na parte Sul os totais anuais são inferiores a 1.500mm.

A distribuição sazonal das chuvas revela que no trimestre janeiro, fevereiro e março, os totais pluviométricos variam entre 460mm, na parte Sul e acima de 960mm, na parte Norte da região.

No trimestre abril, maio e junho, o padrão espacial das chuvas permanece o mesmo, sendo observados os maiores totais no Norte e os menores no Sul da região, porém, com alteração em relação aos totais pluviométricos. Os totais pluviométricos variam entre 1.100mm, no Norte, a 100mm, no Sul da região.

O trimestre julho, agosto e setembro é o mais seco da região, com totais pluviométricos que variam entre 10mm, na parte Sul, e 250mm, na parte Noroeste da região.

No trimestre outubro, novembro e dezembro, observa-se inversão dos totais de chuvas entre o Norte e o Sul da região. Este trimestre marca o início das chuvas na parte Sul da região do bioma, enquanto que a parte Norte se encontra no trimestre mais seco do ano, com totais variando entre 160mm e 40mm, respectivamente.

4.1.2 Temperatura do Ar

Na região do Bioma Amazônico Maranhense, a temperatura média anual do ar é de 27,3°C, apresentando as maiores temperaturas do ano em torno de 27,8°C, nos municípios de São Luís, Itapecuru-Mirim (Miranda) e em Vitória do Mearim (Lago Açu), respectivamente. Por outro lado, os menores registros médios anuais da temperatura do ar são verificados na Fazenda São Vicente, em Grajaú, com 25,7°C.

4.1.3 Evapotranspiração Potencial

No bioma em estudo, os totais anuais de evapotranspiração potencial são de 1.812,51mm, apresentando as maiores taxas evaporativas anuais em Lago Açu, no município de Vitória do Mearim, com registro de 1.952,76mm. Por outro lado, os menores registros anuais de evapotranspiração potencial ocorrem na Fazenda São Vicente, em Grajaú, com o registro de 1.477,63mm.

4.1.4 Excesso Hídrico

O excesso hídrico indica a quantidade de água que precisa ser drenada para que o solo atinja a umidade na capacidade de campo. A distribuição espacial do excesso hídrico sobre a área do bioma, indica que os maiores totais se concentram no Norte da região, com volumes superiores a 800mm, e os menores na parte Sudeste, com volumes inferiores a 100mm.

Os excedentes hídricos são mais elevados no primeiro semestre do ano. O primeiro trimestre (janeiro, fevereiro e março) e o segundo trimestre (abril, maio e junho)-mantêm o padrão do comportamento anual, com os maiores volumes de água em excesso, atingindo 450mm no Norte e os menores no Sudeste da região, com volume abaixo de 50mm. No trimestre julho, agosto e setembro, o excesso de água no solo se concentra apenas no Norte e Oeste da região do bioma, com volumes inferiores a 100mm. No quarto trimestre (outubro, novembro e dezembro), não se observa excesso de água sobre a região.

4.1.5 Deficiência Hídrica

A deficiência hídrica surge quando a demanda hídrica estabelecida pela evapotranspiração potencial é superior à oferta de água pela chuva. Refere-se à quantidade de água necessária, que precisa ser reposta, para que a umidade do solo atinja a capacidade de campo.

A deficiência hídrica anual é mais acentuada na parte leste do bioma, variando entre 400mm, no Noroeste da região e 900mm, no Sudeste.

Em relação à distribuição sazonal, considerando o acumulado trimestral, observa-se variabilidade espacial de deficiência hídrica. No primeiro trimestre do ano

(janeiro, fevereiro, março), a deficiência hídrica é menor no Centro-Norte da região e maior, com perdas de até 180mm, no Sul/Sudeste da Região. No trimestre abril, maio e junho não é observada deficiência de água no solo.

Assiste-se, portanto, à sazonalidade da disponibilidade hídrica sobre a região do Bioma Amazônico no estado do Maranhão. No primeiro semestre do ano há grande disponibilidade de água, em função do grande volume de chuvas, principalmente, na porção Centro-Norte e no segundo semestre, a demanda pela evapotranspiração é maior que a oferta de chuvas, o que mantém a região em estado de deficiência hídrica.

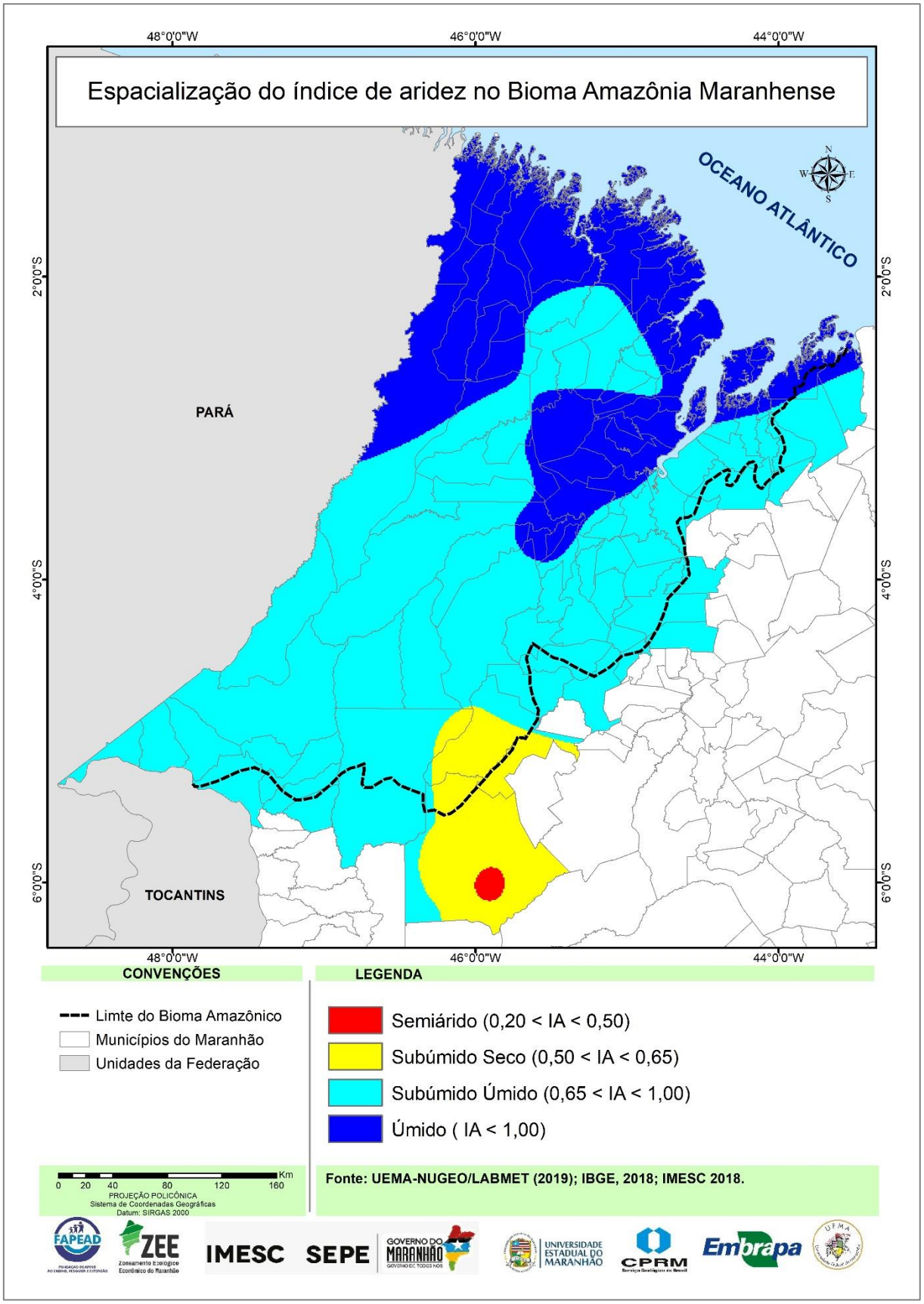
4.1.6 Índice de erosividade

Na região do Bioma Amazônia Maranhense, os índices de erosividade médias anuais são de 11.749,7MJmm^{-1}haano^{-1}, apresentando as maiores intensidades em Guimarães 18.048,8MJmm^{-1}haano^{-1} e menores intensidades na Fazenda Piranhas, em Grajaú, com 4.736,0MJmm^{-1}haano^{-1}.

4.1.7 Índice de Aridez

Analisando os índices de aridez na Figura 5, observa-se que grande parte do Bioma Amazônico no Maranhão pertence ao clima de categoria subúmido úmido (cor em branco). Entretanto, além deste tipo climático, encontraram-se mais três: os extremos norte e noroeste e parte da baixada maranhense pertencem ao tipo climático úmido (cor em azul), segundo descrito na metodologia de Penman (1953). Já a região extremo sul do Bioma Amazônico pertence às categorias: subúmida seca (cor laranja) e semiárido (cor vermelha), sendo que nesta última categoria está incluído apenas o município de Grajaú na estação da Fazenda Piranhas.

Figura 5 - Espacialização do índice de aridez no Bioma Amazônia Maranhense



4.1.8 Risco climático para culturas de sequeiro

A análise de risco climático consiste na identificação das melhores épocas de plantio de forma a minimizar o risco de perdas de produtividade agrícola. Neste estudo, foi avaliada a disponibilidade de água para as culturas na fase de floração e enchimento de grãos, fase mais sensível da necessidade de água.

As análises foram realizadas considerando três tipos de solos: arenoso, textura média e argiloso. Em função da grande quantidade de mapas gerados, serão apresentados aqui apenas os resultados referentes à cultura da soja com apenas seis datas de plantio, correspondendo ao primeiro decêndio dos meses de outubro a março para o solo de textura média.

4.1.8.1 Cultura da Soja

O cultivo da soja é pouco explorado na região do Bioma Amazônico Maranhense. No primeiro decêndio de outubro as condições climáticas não se mostram favoráveis ao plantio da soja em toda a região, exceto em uma pequena área, no extremo sul da região que apresenta condições intermediárias, onde o plantio pode ser realizado com restrições (Figura 6).

No primeiro decêndio de novembro, Figura 7, o plantio é recomendado sem restrição em grande parte da região. Apenas o extremo Norte encontra-se em condições de alto risco para o plantio.

No primeiro decêndio de dezembro, Figura 8, o plantio é recomendado em toda a região. O risco de ocorrer falta de água para a cultura na fase de floração e enchimento de grãos é baixo para o plantio na referida data. Observa-se também padrão espacial similar para o plantio em janeiro (Figura 9).

O plantio no primeiro decêndio de fevereiro sofre restrição apenas no sudeste da região do bioma. Na fase de floração e enchimento de grãos, nessa região, a disponibilidade de água para a manutenção normal do ciclo produtivo deve ser afetada, o que restringe o seu plantio no referido decêndio (Figura 10).

No primeiro decêndio de março, Figura 11, há expansão da área com restrição para o plantio abrangendo o Centro-Sul da região. Apenas a parte Norte continua com condições favoráveis ao plantio da soja.

Figura 6 - Plantio da soja no primeiro decêndio de outubro para solos de textura média

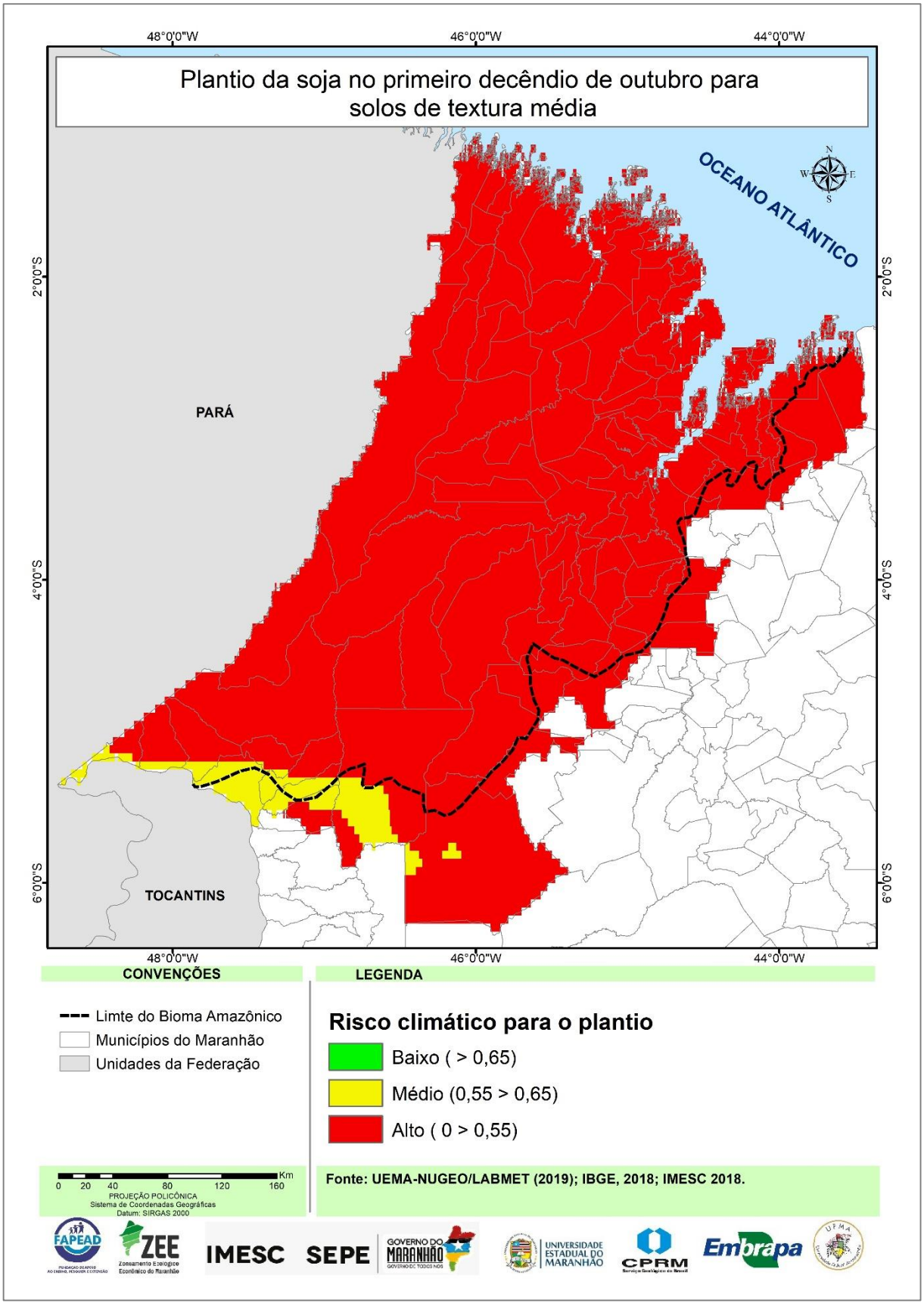


Figura 7 - Plantio da soja no primeiro decêndio de novembro para solos de textura média

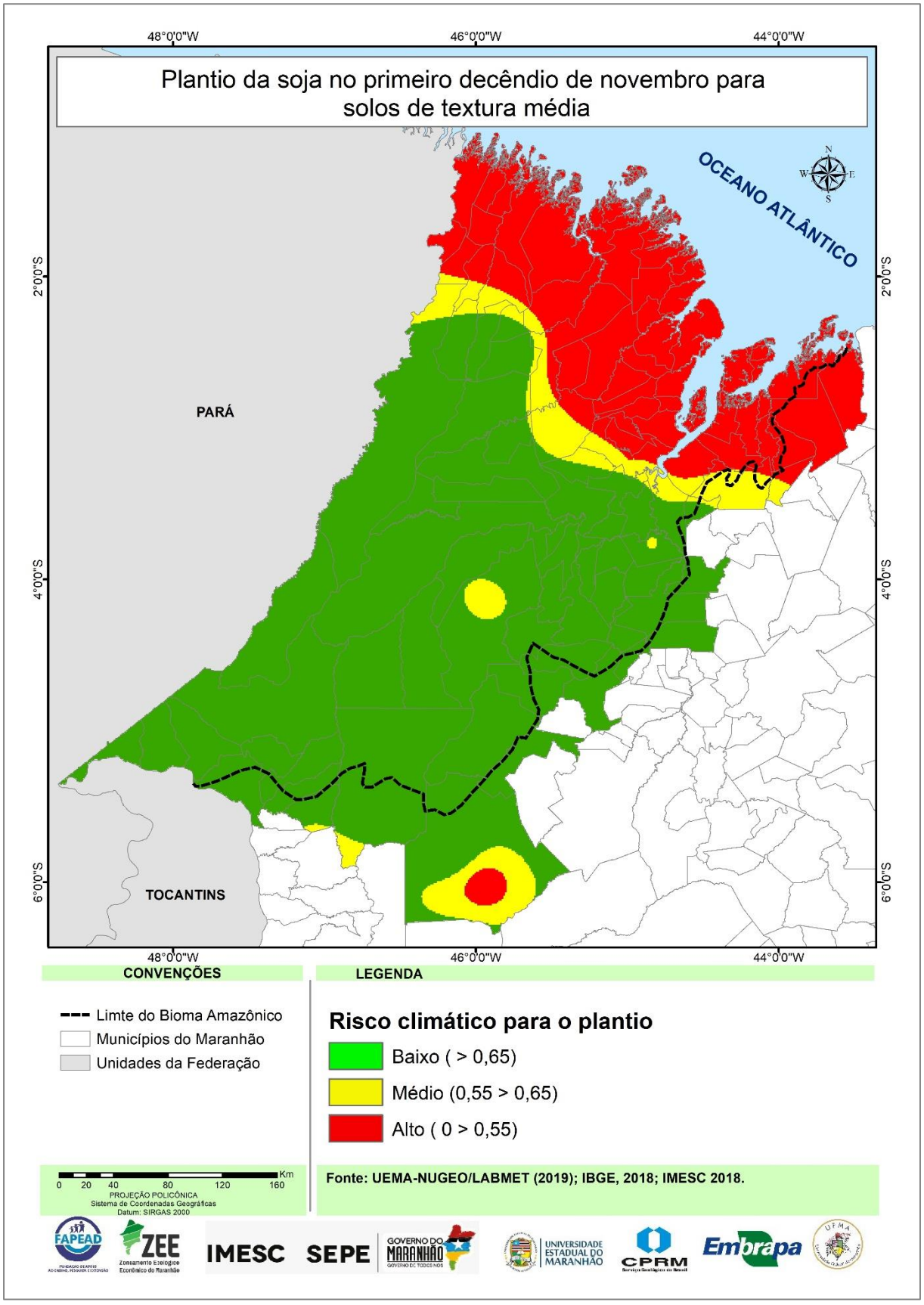


Figura 8 - Plantio da soja no primeiro decêndio dezembro para solos de textura média

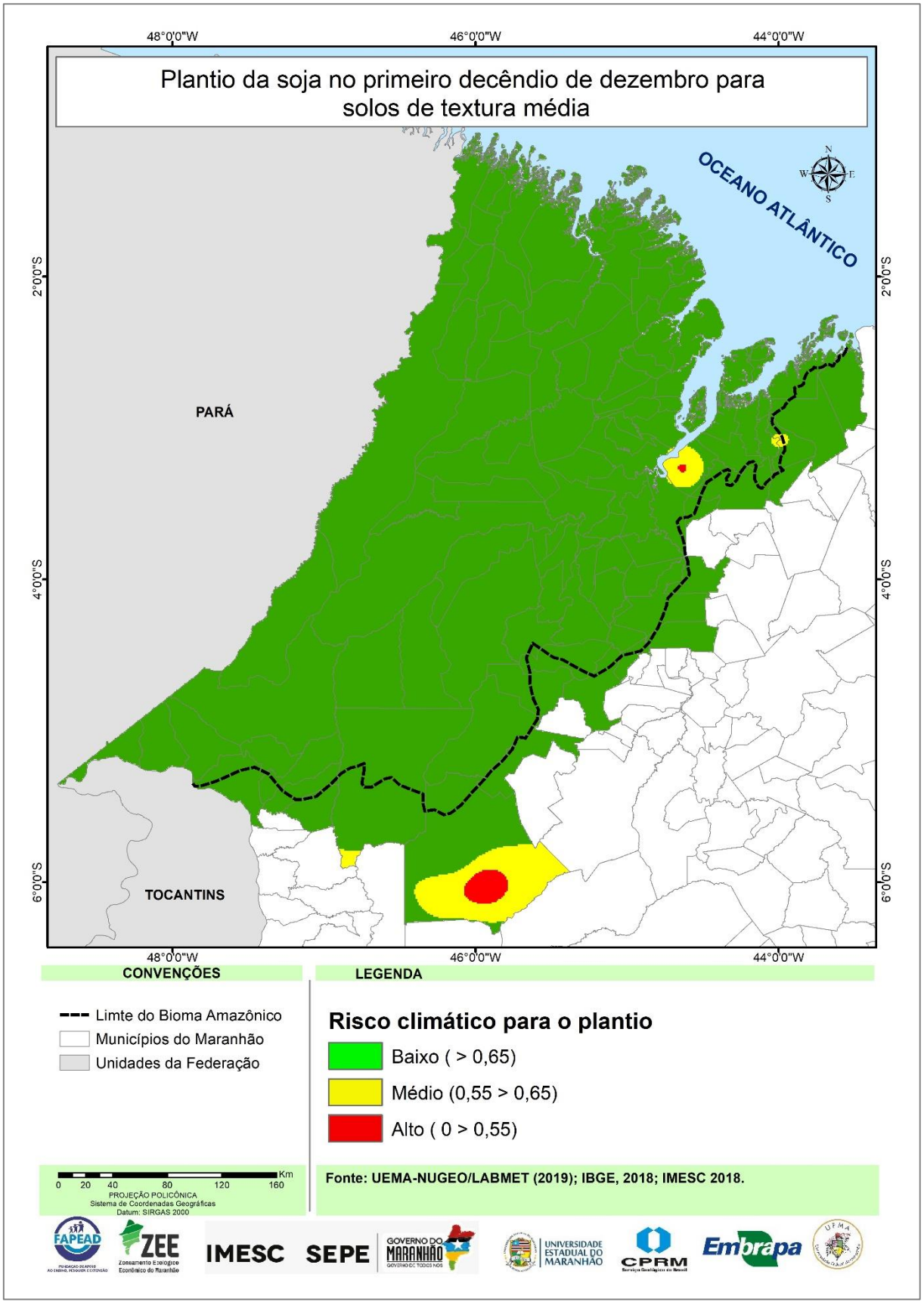


Figura 9 - Plantio da soja no primeiro decêndio de janeiro para solos de textura média

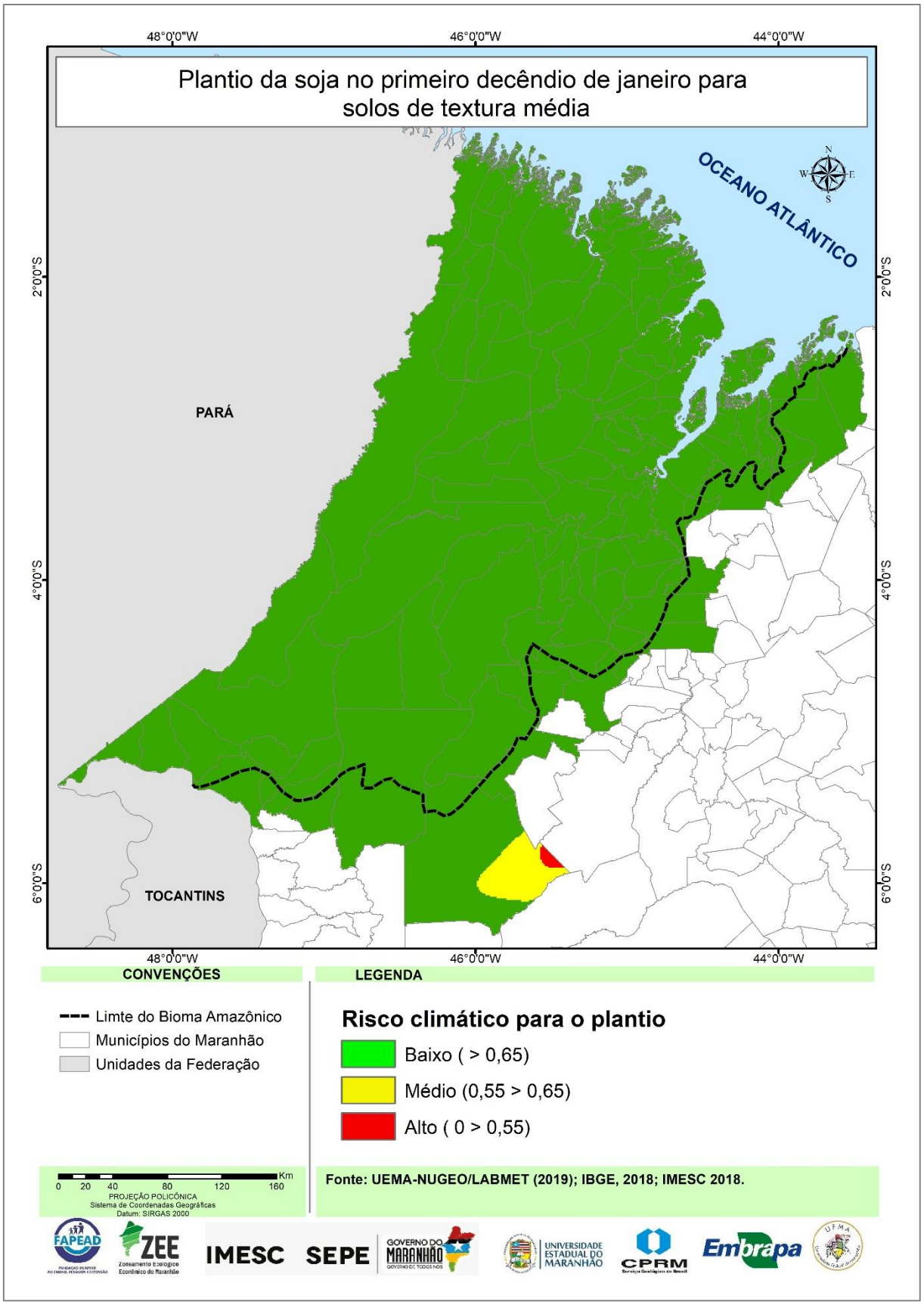


Figura 10 - Plantio da soja no primeiro decêndio de fevereiro para solos de textura média

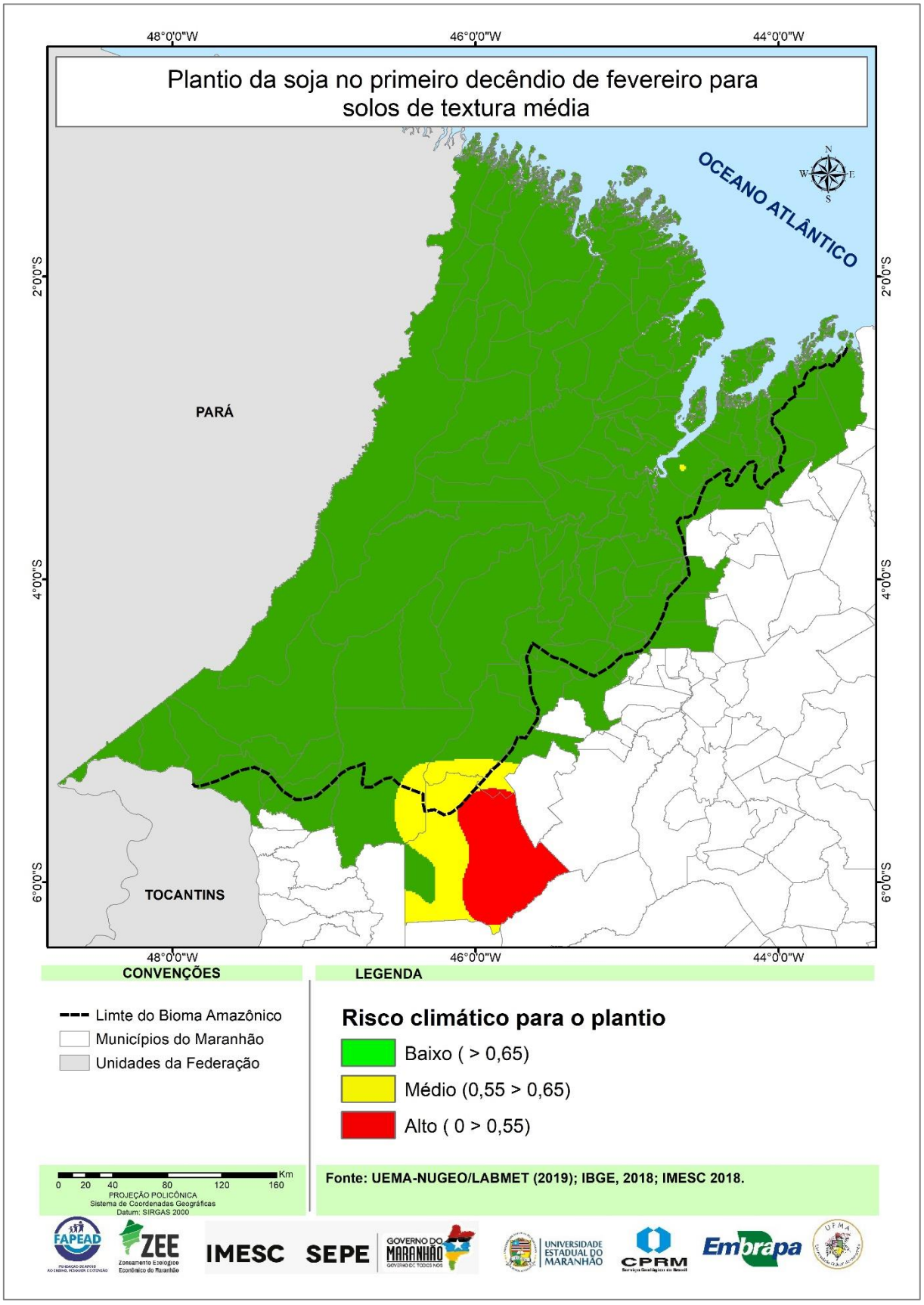
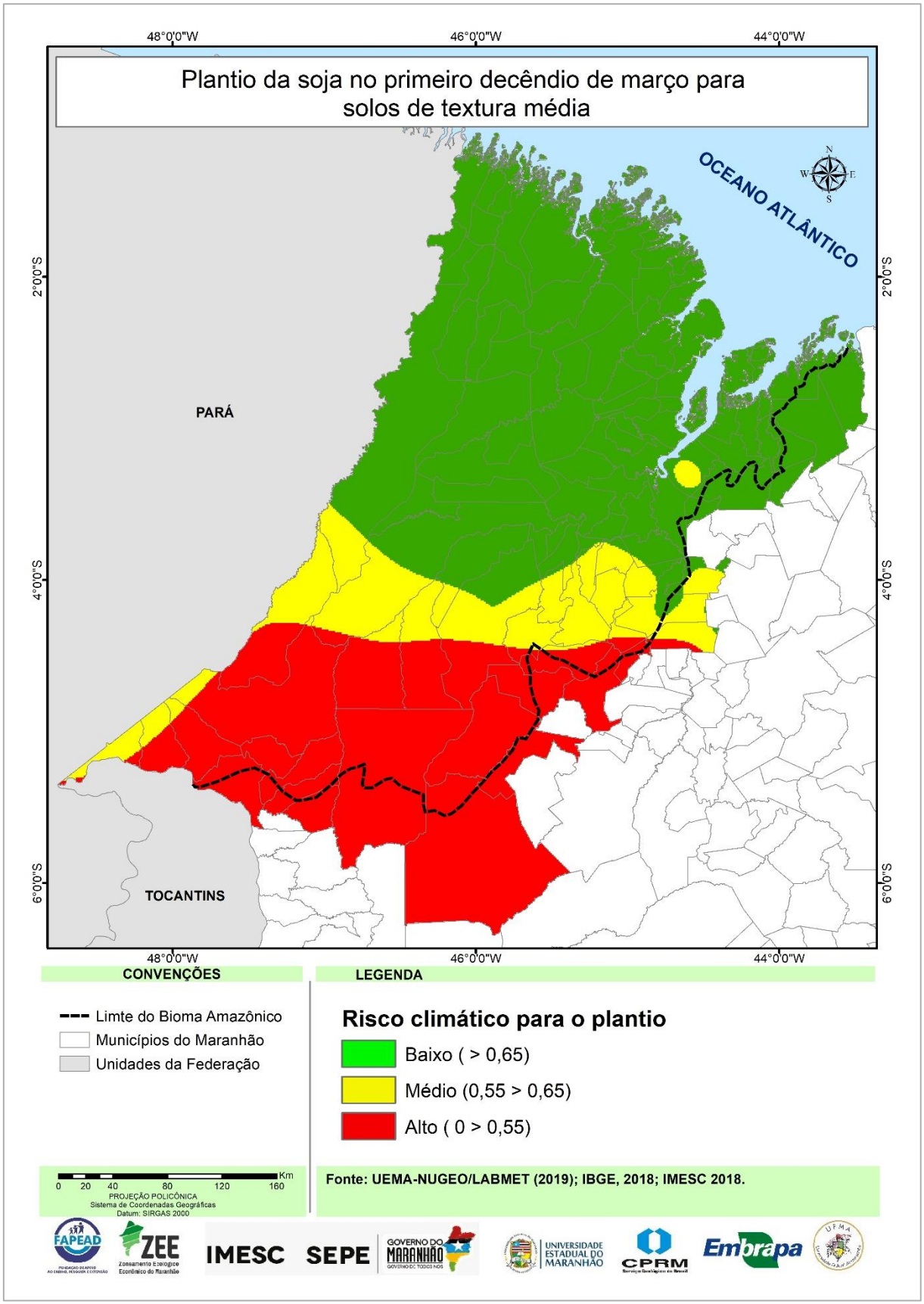


Figura 11 - Plantio da soja no primeiro decêndio de março para solos de textura média



4.2 Cenários Perspectivos - anos secos, normais e chuvosos

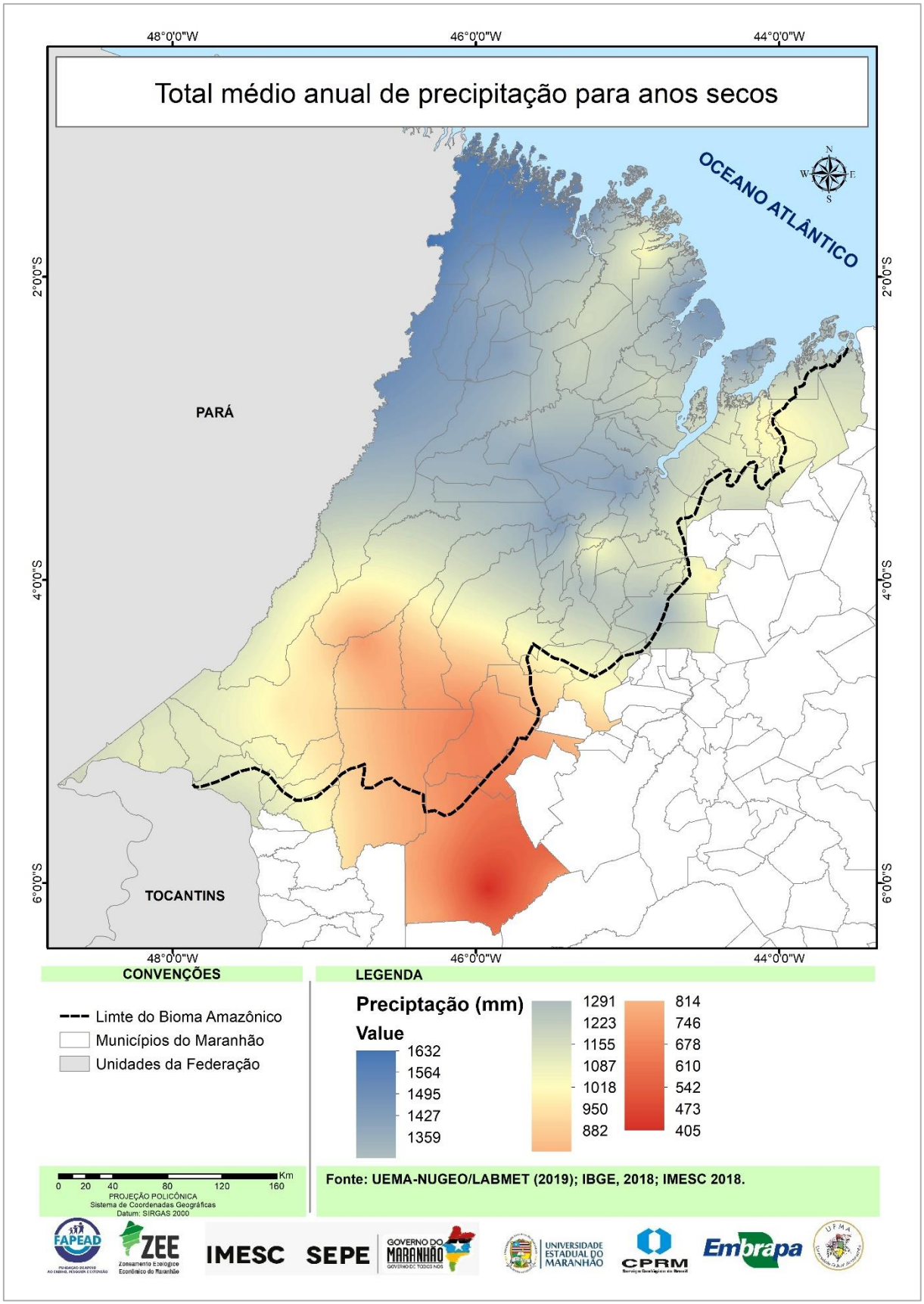
4.2.1 Precipitação Pluvial

Seguindo a metodologia proposta, foram estabelecidos, em média, 7 anos secos, 15 anos normais e 8 anos chuvosos, dentro do Bioma Amazônico Maranhense, os quais foram separados, calculadas as médias e somadas para o estabelecimento dos trimestres e dos totais anuais, cenarizados na perspectiva dos mapas. Neste Sumário serão comentados apenas os mapas médios anuais.

4.2.1.1 Anos Secos

Os totais médios anuais para anos secos, mostrados na Figura 12, indicam índices pluviométricos superiores a 1750mm, principalmente no norte do bioma, enquanto que no Sul foram encontrados valores mínimos de 450mm.

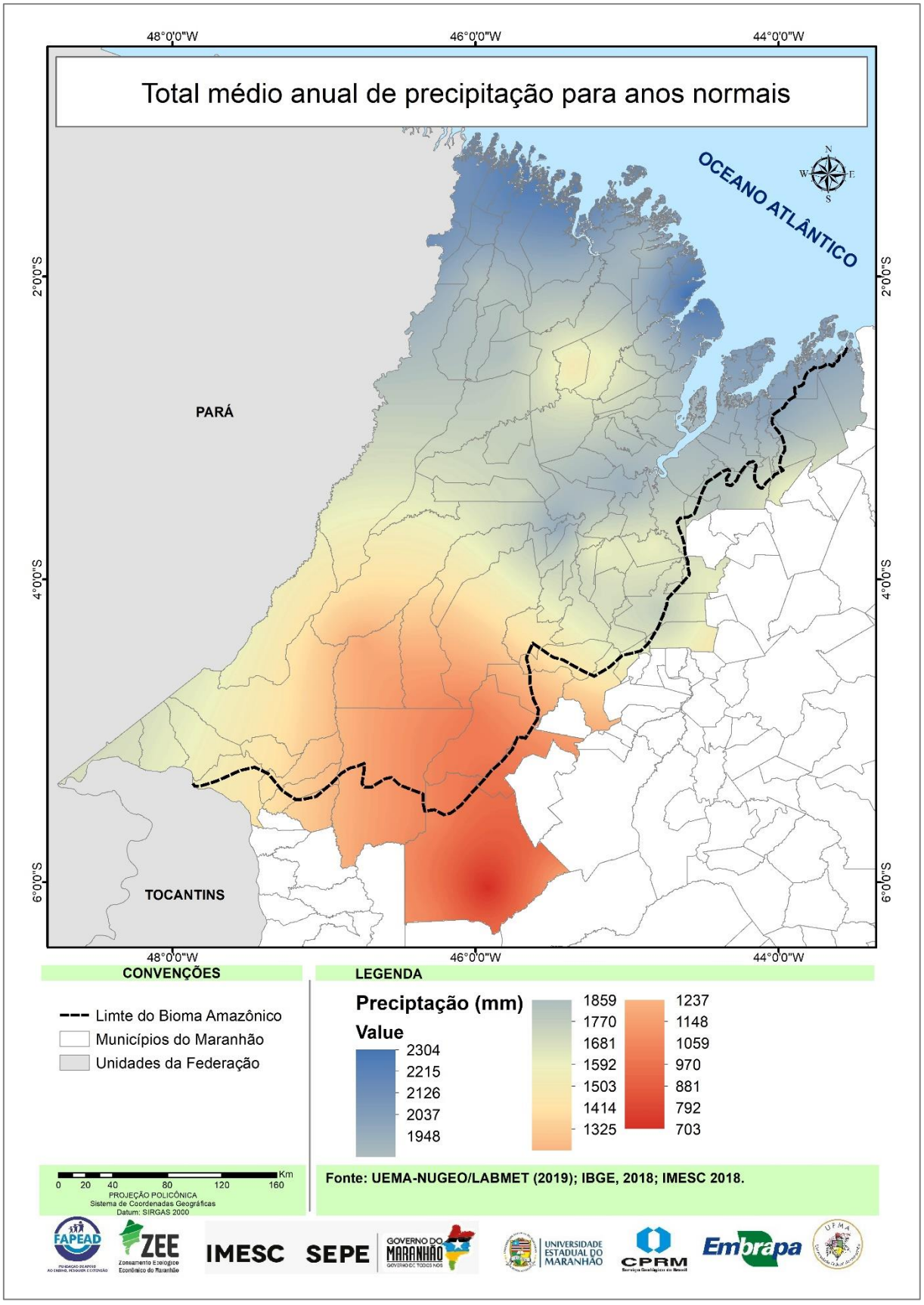
Figura 12 - Total médio anual de precipitação para anos secos



4.2.1.2 Anos Normais

Para os anos normais, apresentado na Figura 13, os valores se aproximam aos da climatologia, porém, os mapas subsequentes de chuvas para anos normais não são mapas climatológicos e sim cenarização de anos que apresentam valores normais segundo a metodologia proposta. Nesta figura, observam-se valores de precipitação anuais superiores a 2000mm, principalmente no setor norte do bioma e valores abaixo de 1500mm mais ao sul, chegando a valores abaixo de 900mm, no extremo sul.

Figura 13 - Total médio anual de precipitação dos anos normais



4.2.1.3 Anos Chuvosos

O total anual médio dos anos chuvosos, mostrado na Figura 14, não apresentou chuvas abaixo de 1.000mm, e os valores mínimos ficaram na ordem de 1.200mm no extremo sul do bioma. Já ao norte, não houve precipitação inferior a 2.000mm e foi registrada precipitação de até 4.000mm em alguns pontos.

Em síntese, para avaliar o impacto dos cenários secos, normais e chuvosos no regime de chuvas da região do bioma, fez-se a comparação em relação à climatologia das chuvas, conforme representado na Figura 15.

Figura 14 - Total médio anual de precipitação dos anos chuvosos

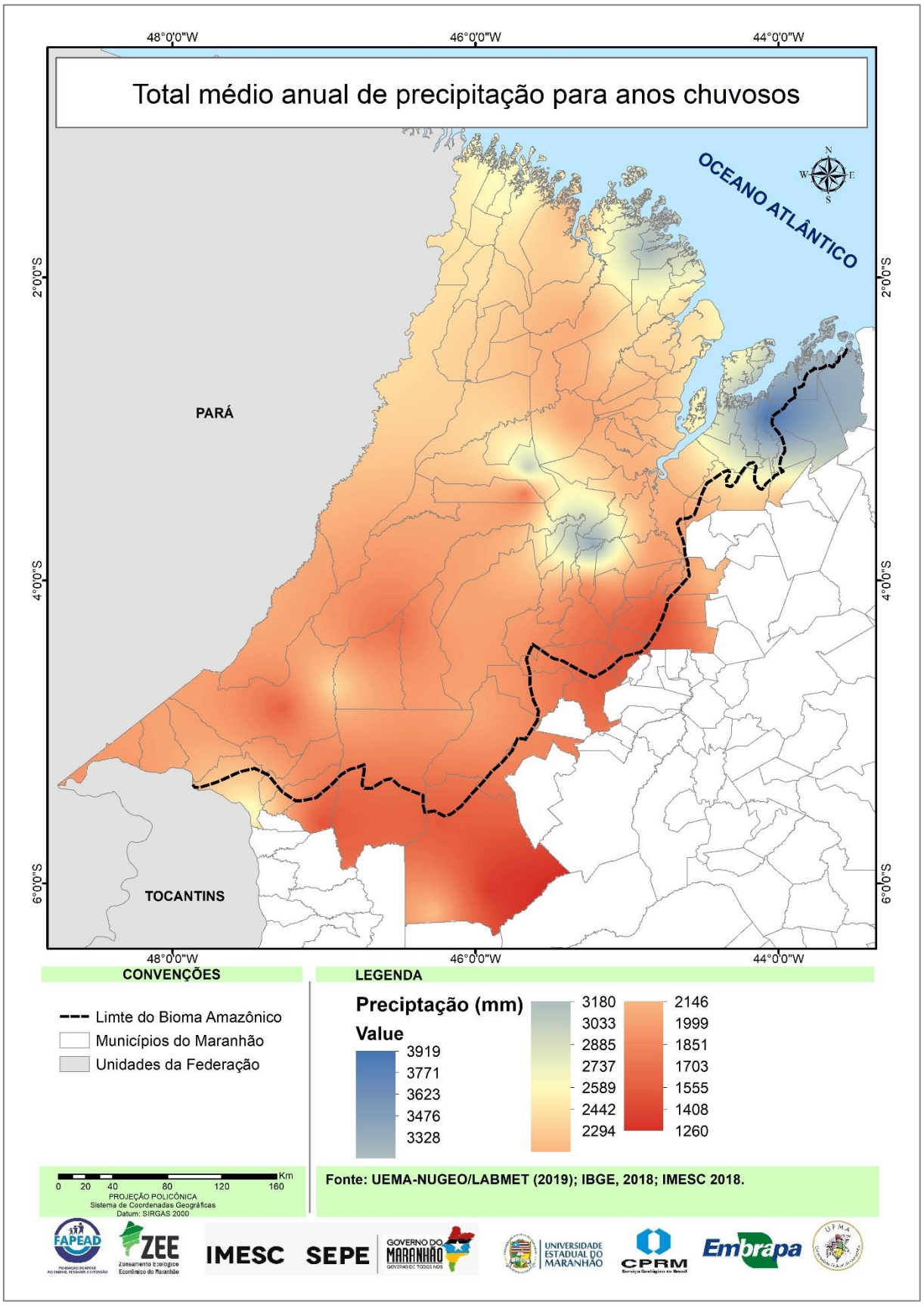
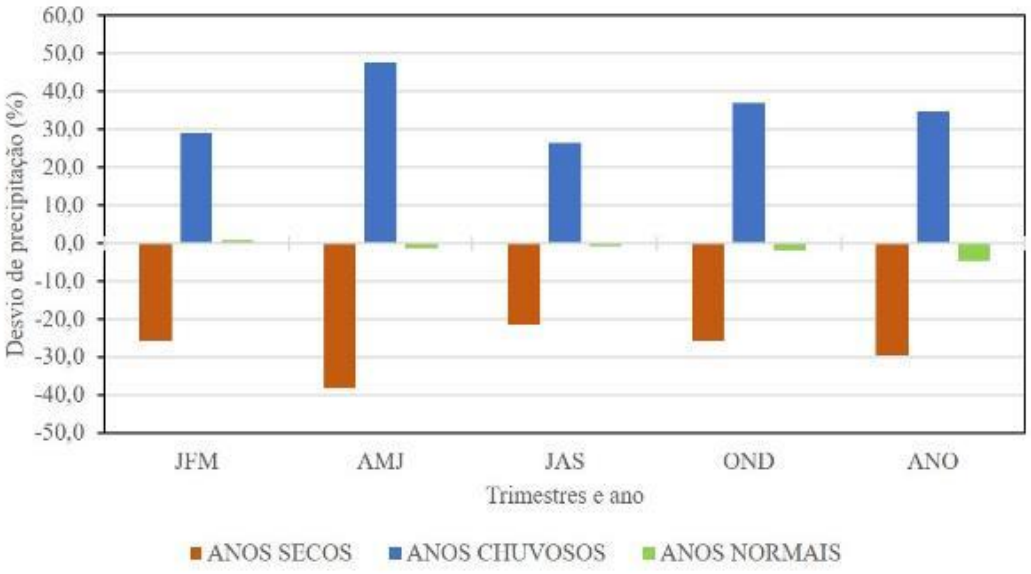


Figura 15 - Desvio Percentual de precipitação dos anos secos, normais e chuvosos, em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônico Maranhense

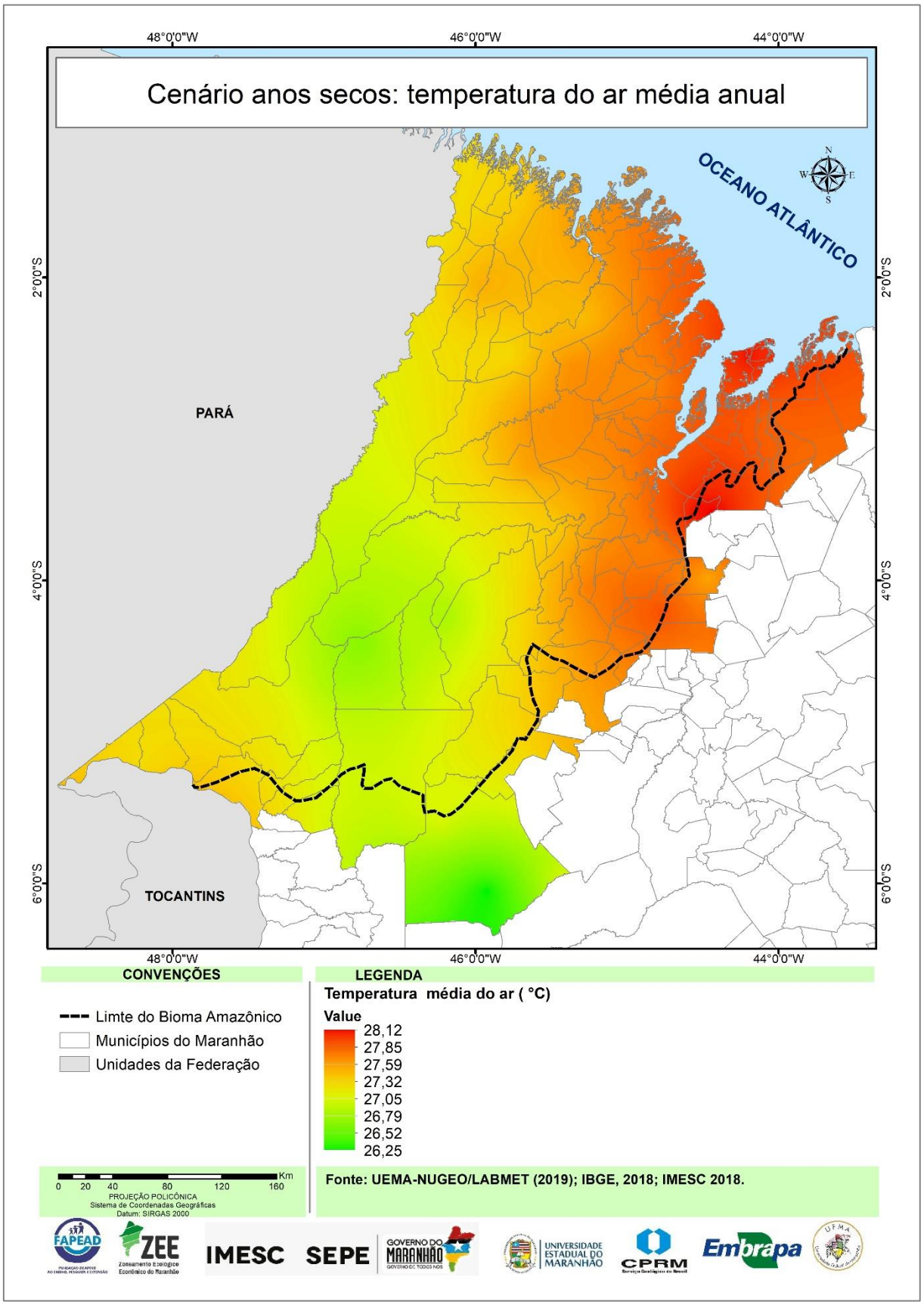


4.2.2 Temperatura do ar

4.2.2.1 Anos Secos

Na Figura 16, a média da região do Bioma Amazônia, em anos considerados secos, porque os registros de pluviometria são inferiores a 25% da climatologia, as temperaturas médias anuais do ar são de 27,4°C, apresentando as maiores temperaturas do ano para estas condições pluviométricas, sobre as regiões de cor laranja, a leste do Bioma Amazônia, com até 28,2°C. Por outro lado, os menores registros médios anuais de temperatura média do ar para anos secos são verificados na região sul, sobre as áreas em verde mais escuro com até 25,9°C.

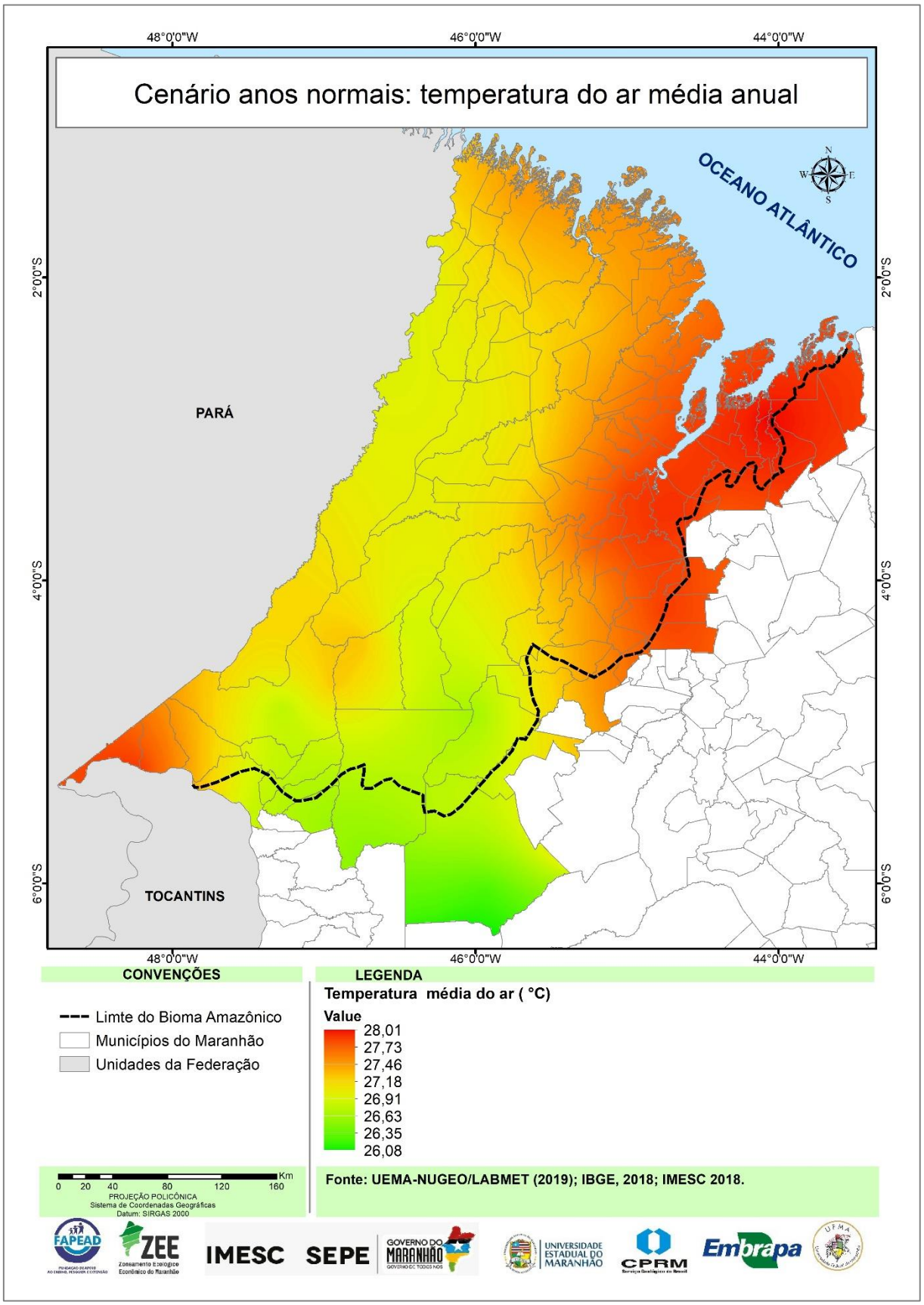
Figura 16 - Cenário anos secos: temperatura do ar média anual.



4.2.2.2 Anos Normais

Na Figura 17, na média da região do Bioma Amazônia, em anos normais, as temperaturas médias anuais do ar são de 27,3°C, apresentando as maiores temperaturas do ano nas regiões em laranja com até 28,0°C. Por outro lado, os menores registros médios anuais da temperatura média do ar são verificados na região sul sobre as áreas em verde mais escuro com até 25,6°C.

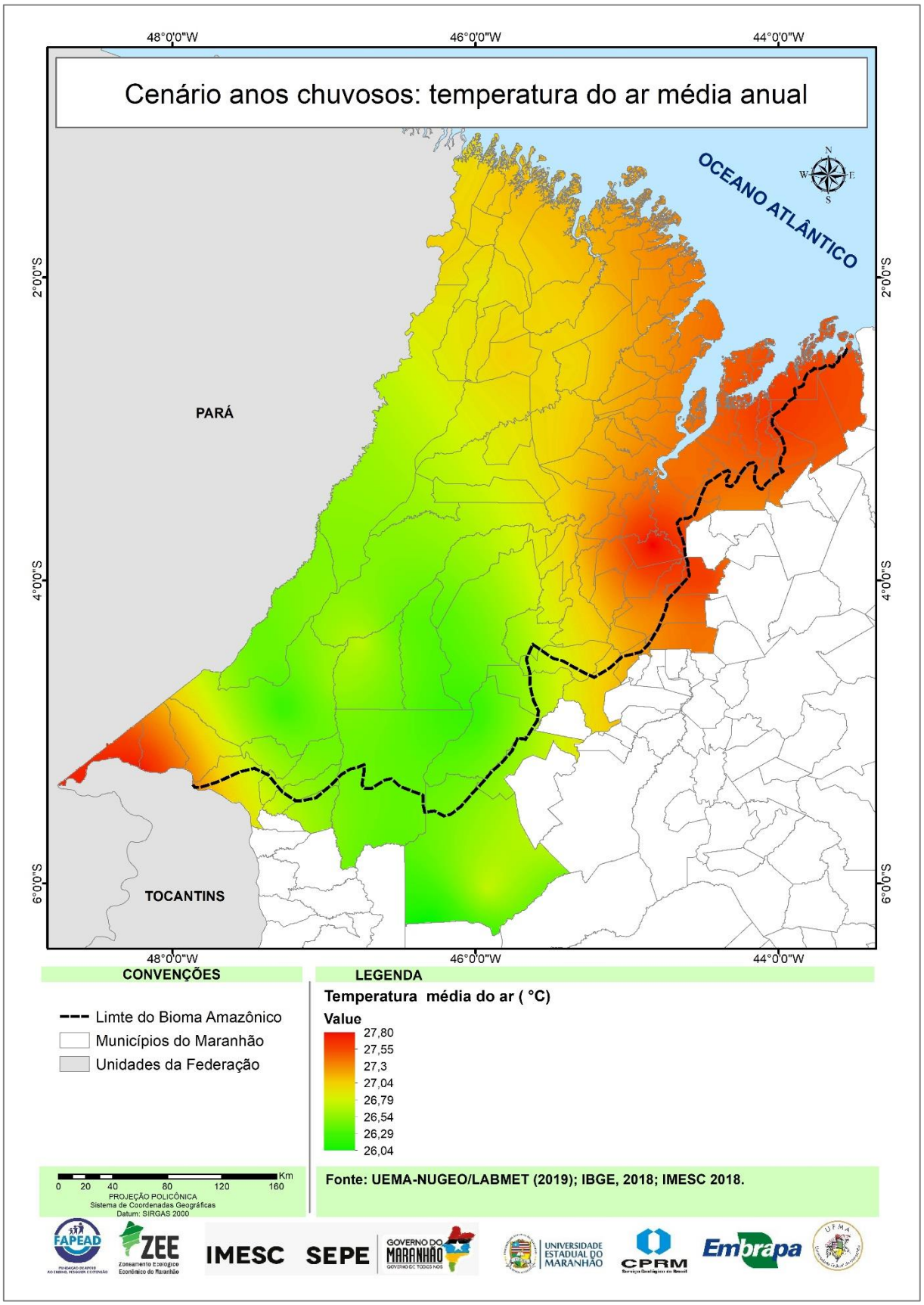
Figura 17 - Cenário anos normais: temperatura do ar média anual



4.2.2.3 Anos Chuvosos

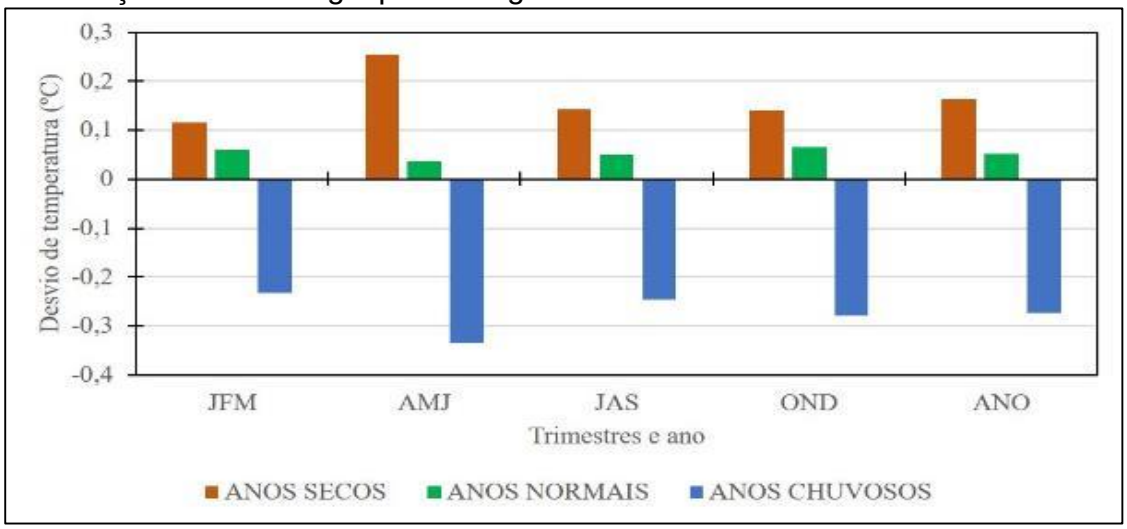
Na Figura 18, na média da região do Bioma Amazônia, em anos considerados chuvosos, as temperaturas médias anuais do ar são 27,0°C, apresentando as maiores temperaturas do ano para anos chuvosos, a leste no Bioma Amazônia, na região de cor vermelha, com até 27,8°C. Por outro lado, os menores registros médios anuais de temperatura média do ar para anos chuvosos são verificados nas regiões em verde mais escuro com até 25,6°C.

Figura 18 - Cenário anos chuvosos: temperatura do ar média anual



Conforme sintetizado na Figura 19, os anos considerados normais ou regulares e secos são em média ligeiramente mais quentes que a climatologia. Nos anos normais, o acréscimo de temperatura do ar em relação à climatologia variou entre 0,03ºC no segundo trimestre a 0,06ºC, no terceiro trimestre. No ano, o aquecimento médio para anos normais foi de apenas 0,05ºC. Nos anos considerados secos, a temperatura média anual foi 0,16ºC mais quente que a climatologia, com variação entre 0,11ºC, no trimestre de janeiro a março e 0,25ºC, no trimestre de abril a junho. Nos anos chuvosos, observa-se queda na temperatura do ar, com redução anual de 0,27ºC e variação entre 0,23ºC, no primeiro trimestre 0,33ºC, no segundo.

Figura 19 - Desvio de temperatura do ar nos anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônico Maranhense

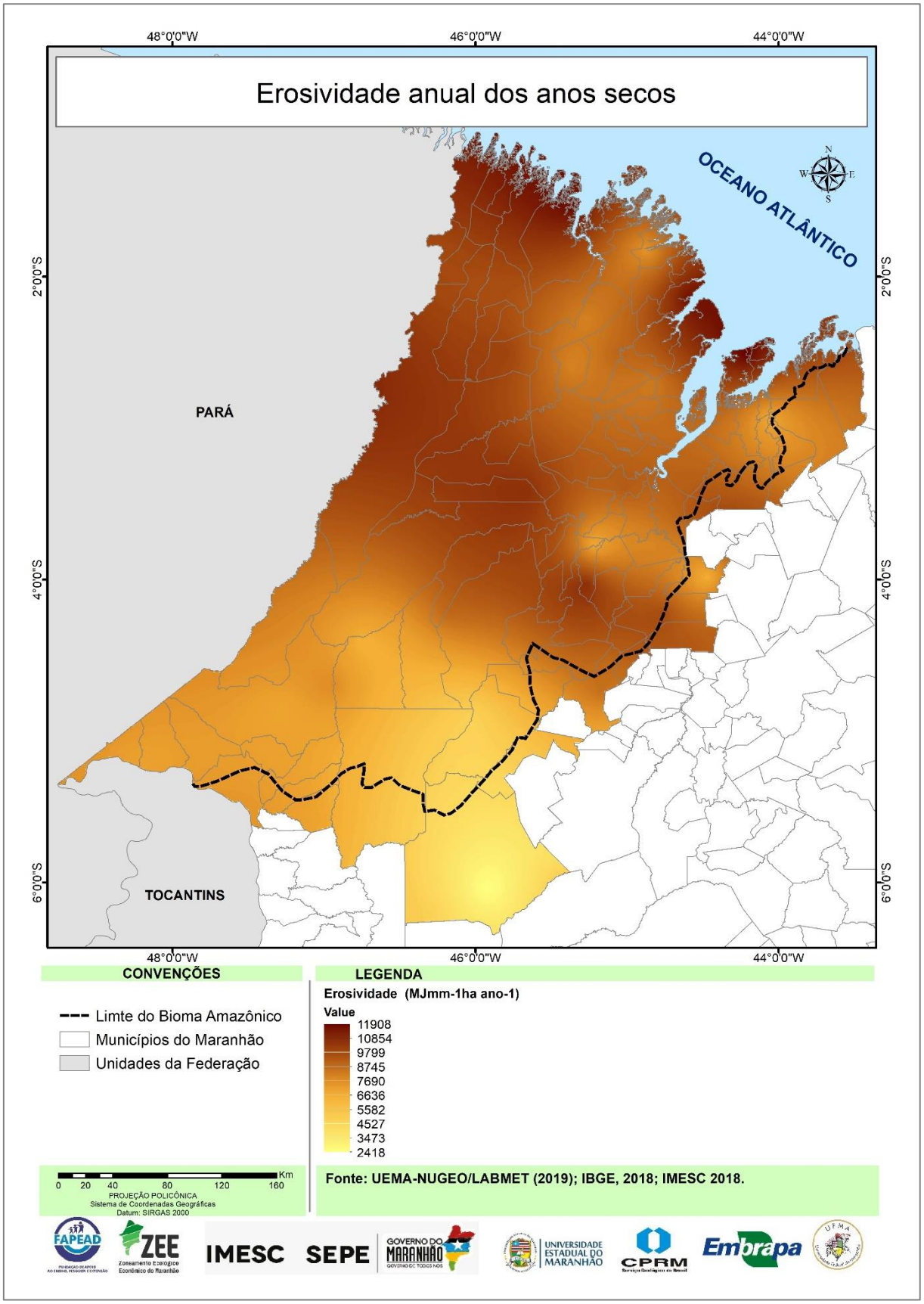


4.2.3 Erosividade das chuvas

4.2.3.1 Anos Secos

A Figura 20 mostra que o índice de erosividade média anual para o Bioma Amazônico Maranhense é de 8.267,2MJmm^{-1}haano^{-1} em anos secos. Em anos nos quais o índice pluviométrico fica abaixo de 25% do climatológico, observa-se que os maiores registros neste bioma ocorrem nas áreas de cor marrom escuro com o valor máximo de 12.679,4MJmm^{-1}haano^{-1}. Por outro lado, verifica-se que os menores índices de erosividade média anual são registrados na região sul do Bioma Amazônico Maranhense (amarelo claro), atingindo um valor mínimo de 2.398,3MJmm^{-1}haano^{-1}. O índice médio anual da erosividade em anos secos é cerca de 49% menor que em anos chuvosos nos quais este índice alcança o valor de 16.249,0MJmm^{-1}haano^{-1}.

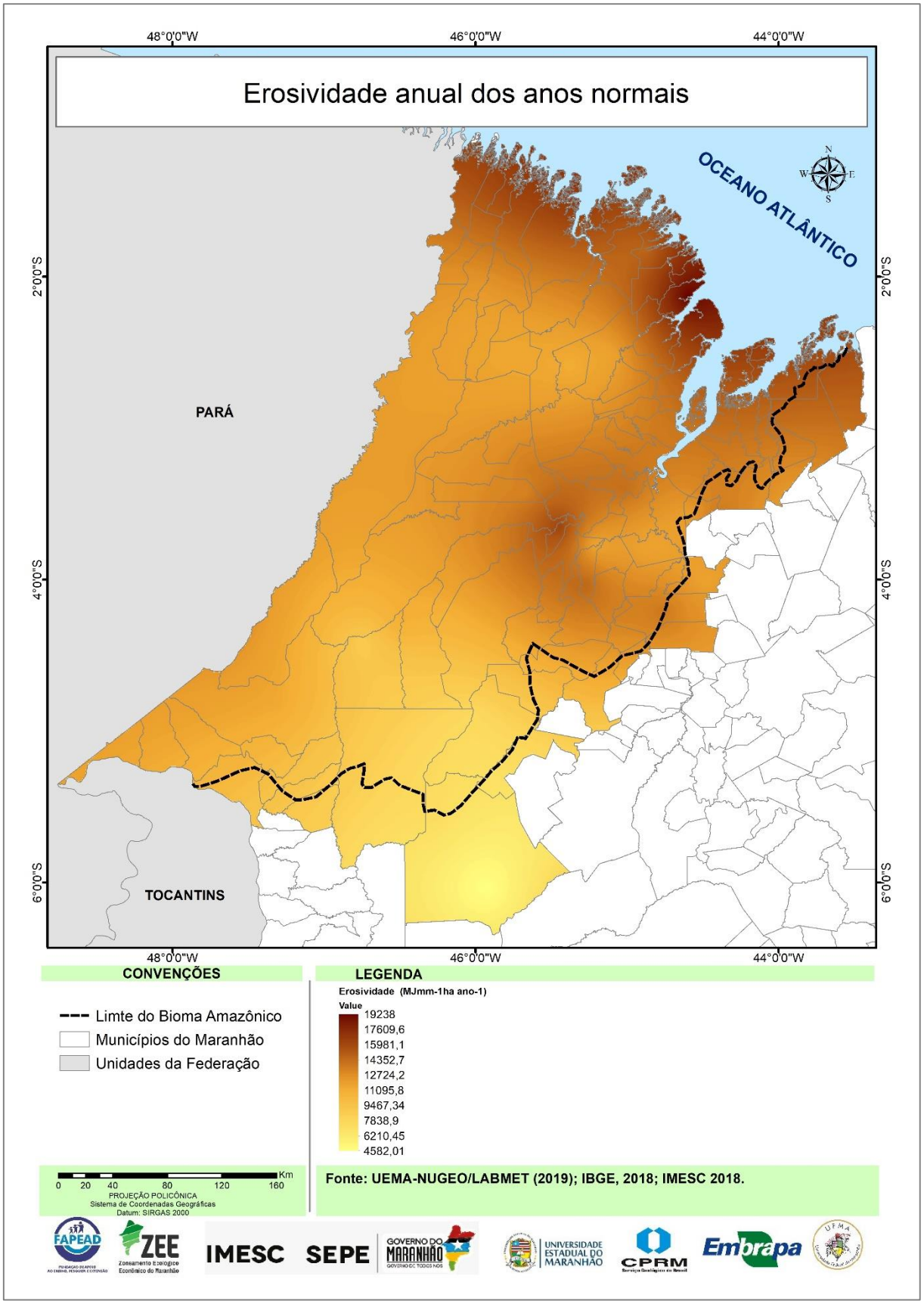
Figura 20 - Erosividade anual dos anos secos



4.2.3.2 Anos Normais

A Figura 21 mostra que em anos considerados normais o índice de erosividade média anual para o Bioma Amazônico Maranhense é de 11.708,3MJmm^{-1}haano^{-1}. Em anos nos quais o índice pluviométrico se comporta de acordo com a climatologia, observa-se que os maiores registros, neste bioma, ocorrem nas áreas de cor marrom escuro, com o valor máximo de 19.261,7MJmm^{-1}haano^{-1}. Por outro lado, verifica-se que os menores índices de erosividade média anual são registrados na região sul do Bioma Amazônico Maranhense (amarelo claro), atingindo valor mínimo de 4.558,0MJmm^{-1}haano^{-1}.

Figura 21 - Erosividade anual dos anos normais

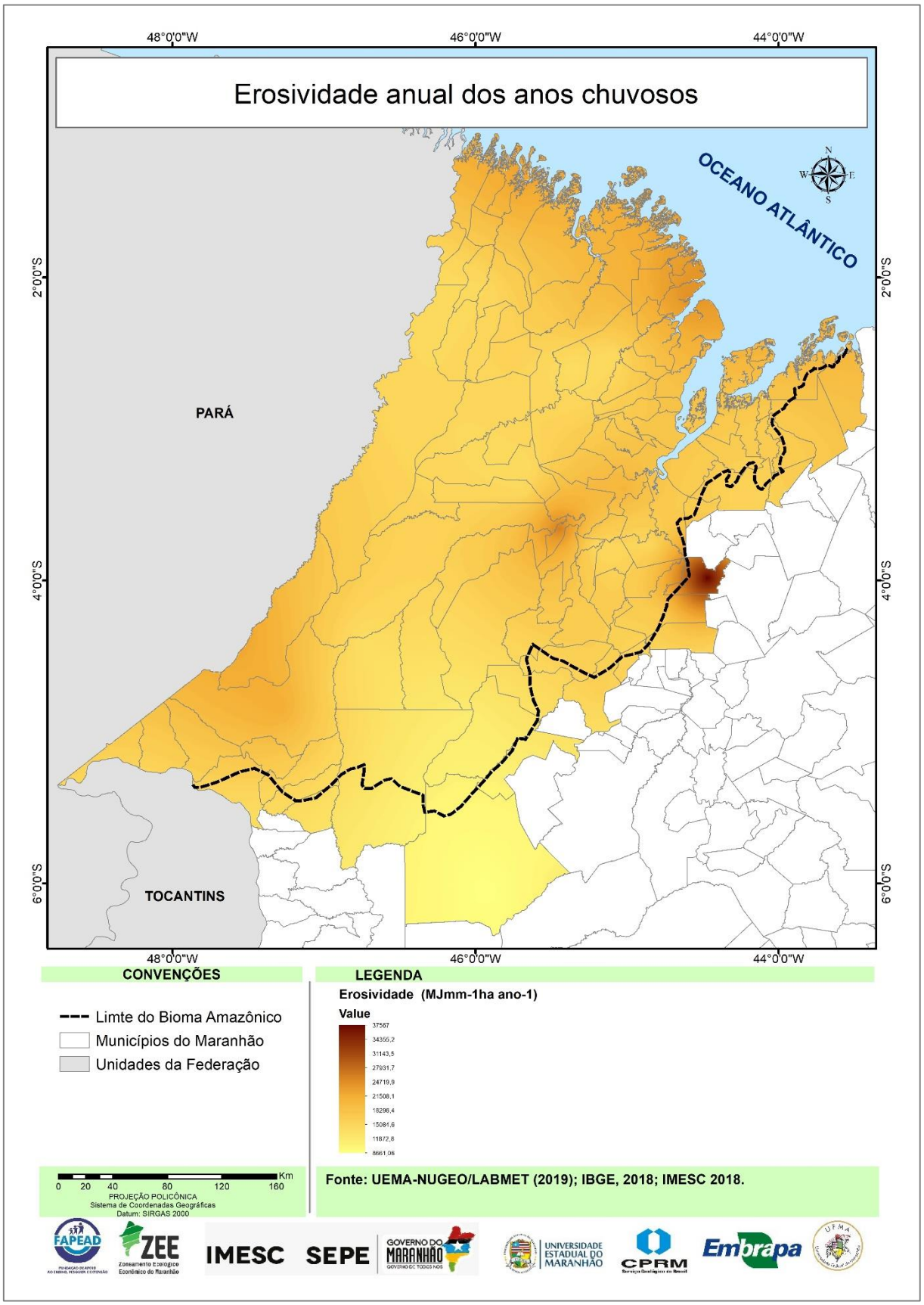


4.2.3.3 Anos Chuvosos

Segundo Wischmeier e Smith (1978), a erosividade pluviométrica é uma interação entre a energia cinética de gotas de chuva e a superfície do solo, podendo resultar em maior ou menor grau de desprendimento, queda e transporte de partículas do solo, de acordo com a quantidade de energia e intensidade da chuva, considerando o mesmo tipo de solo, as mesmas condições topográficas, cobertura do solo e gestão (uso). Portanto, em se tratando de anos chuvosos, esse poder de causar erosão do solo, devido às chuvas, será maior.

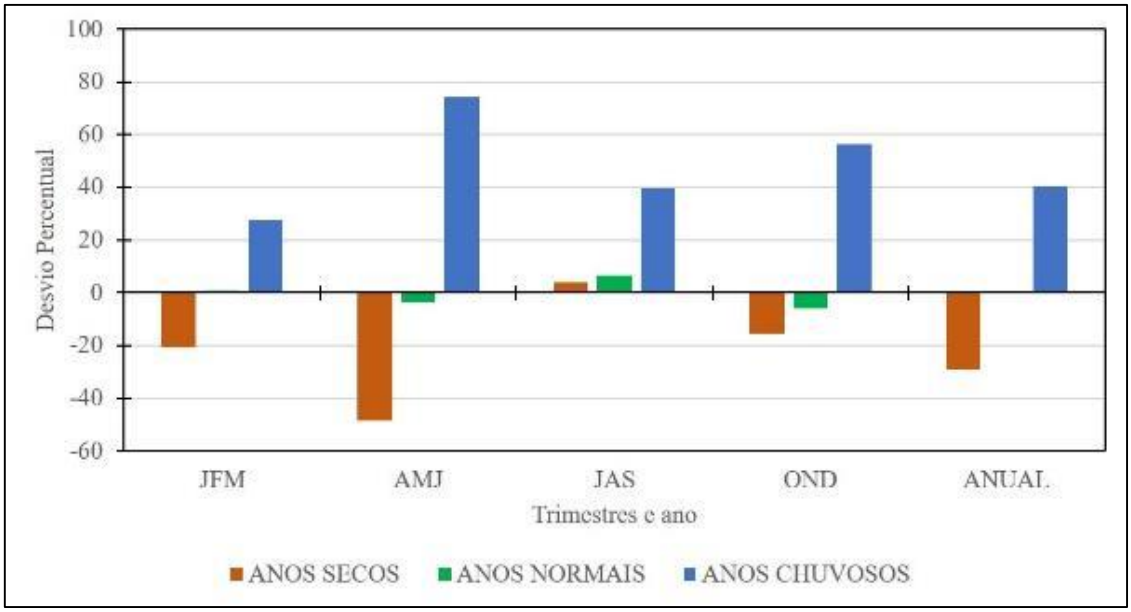
A Figura 22 mostra que o índice de erosividade média anual para o Bioma Amazônico Maranhense é de 11.708,3MJmm^{-1}haano^{-1} em anos chuvosos. Em anos em que o índice pluviométrico fica acima de 25% em relação ao padrão normal climatológico, observa-se que os maiores registros neste bioma, ocorrem nas áreas de cor marrom escuro com o valor máximo de 19.261,7MJmm^{-1}haano^{-1}. Por outro lado, verifica-se que os menores índices de erosividade média anual são registrados na região sul do Bioma Amazônico Maranhense (amarelo claro), atingindo valor mínimo de 4.558,0MJmm^{-1}haano^{-1}. O índice médio anual da erosividade em anos chuvosos é cerca de 96,5% maior que em anos secos, em que este alcança o valor de 8.267,2MJmm^{-1}haano^{-1}, ou seja, praticamente o dobro.

Figura 22 - Erosividade Anual dos anos chuvosos



Em síntese, conforme observado na Figura 23, para a região do Bioma Amazônico Maranhense, durante os anos considerados secos, o potencial erosivo das chuvas, durante a estação chuvosa, é reduzido em 21% no trimestre – janeiro, fevereiro e março, em 49% no trimestre – abril, maio e junho, e anualmente em 29%, em relação à climatologia. Nos anos considerados normais ou regulares, o potencial erosivo das chuvas apresenta pequenas variações em relação à climatologia. Nos anos considerados chuvosos, o potencial erosivo aumenta 27% em relação à climatologia no primeiro trimestre do ano e 74% no segundo trimestre. No ano, o potencial erosivo provocado pelas chuvas nos anos chuvosos aumenta em torno de 40% em relação à climatologia.

Figura 23 - Desvio Percentual de erosividade dos anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônia Maranhense

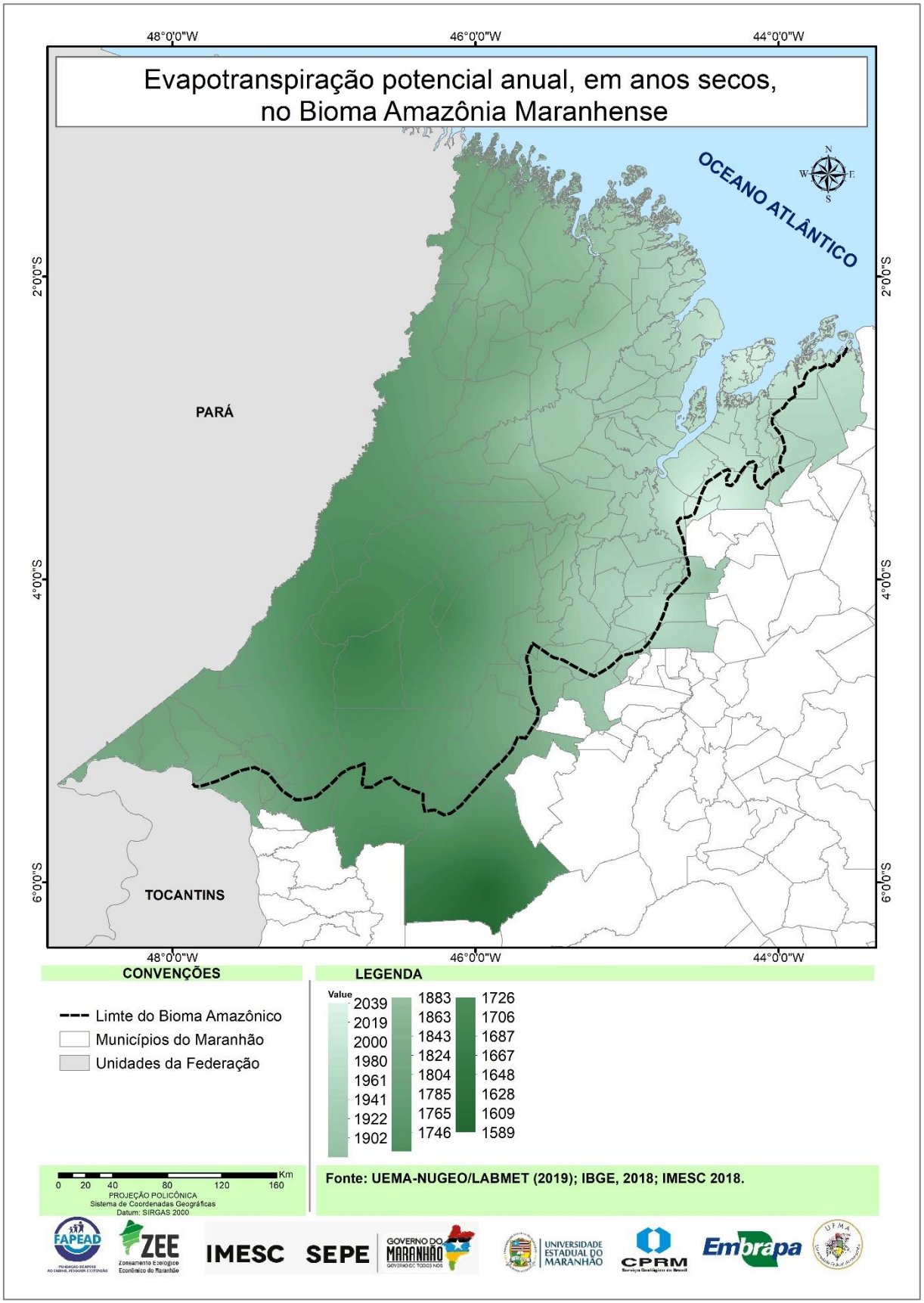


4.2.4 Evapotranspiração

4.2.4.1 Anos Secos

Na Figura 24, observa-se que em média, na região do Bioma Amazônia do Maranhão, os totais anuais de evapotranspiração potencial em anos secos são de 1.851,91mm, apresentando as maiores taxas evaporativas anuais sobre os setores leste e nordeste do Bioma Amazônico Maranhense (áreas em verde claro), com registro máximo de 2.048,67mm. Por outro lado, os menores registros anuais de evapotranspiração potencial, em anos secos, ocorrem nos setores sul e sudoeste do Bioma, com valores mínimos na ordem dos 1.526,06mm (áreas em verde escuro). Em anos secos, com baixos índices pluviométricos e elevadas temperaturas, a evapotranspiração potencial também apresenta índices bastante elevados ao longo do ano, principalmente, no trimestre mais seco de outubro a dezembro, com valores médios superiores a 500mm.

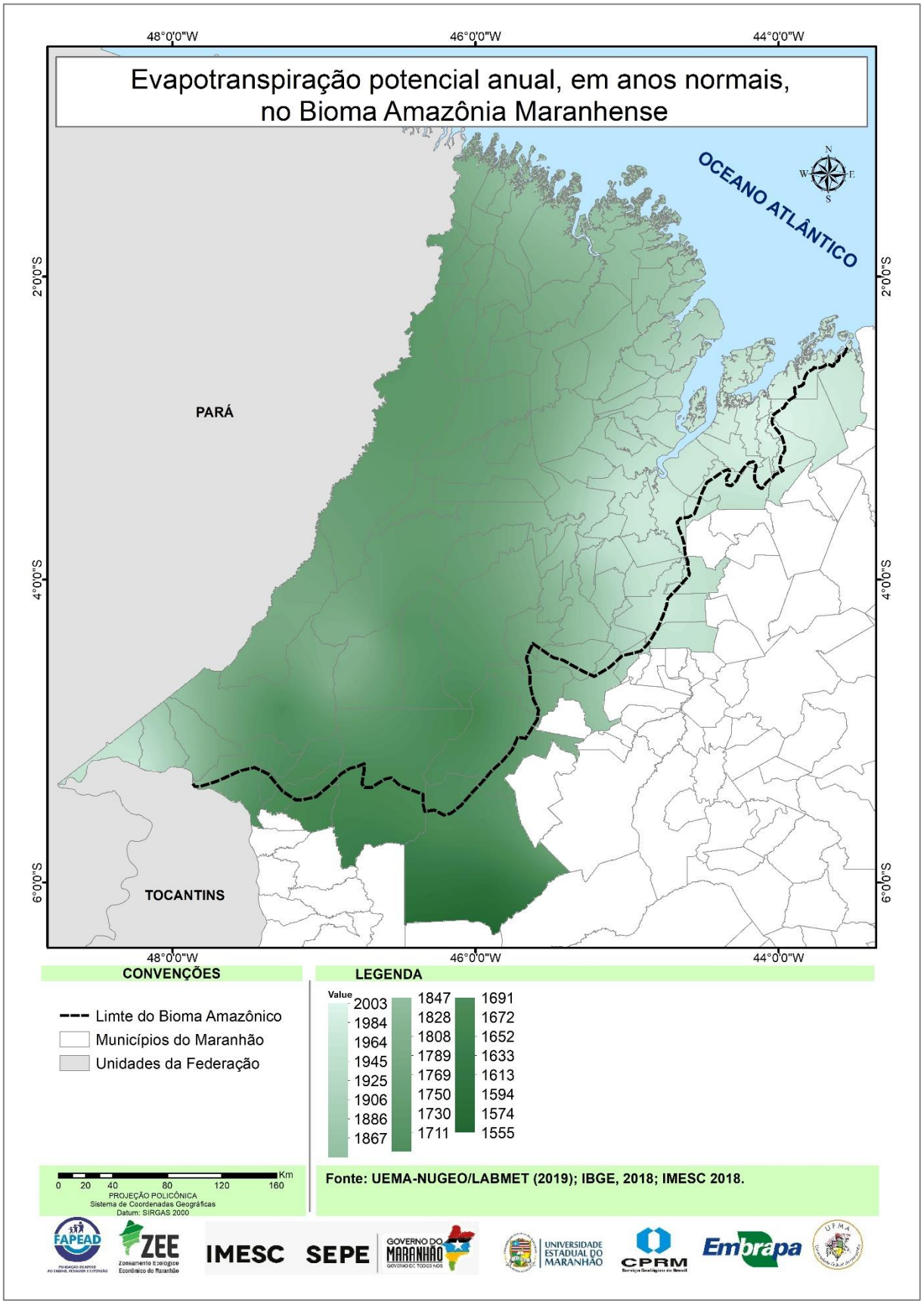
Figura 24 - Evapotranspiração potencial anual em anos secos no Bioma Amazônia Maranhense



4.2.4.2 Anos Normais

A Figura 25, mostra que em anos normais, no Bioma Amazônico Maranhense, a evapotranspiração potencial anual é, em média, cerca de 1.825,69mm. Sendo os maiores valores anuais de evapotranspiração potencial verificados no setor nordeste do bioma, especialmente, sobre as áreas de cor verde esbranquiçado, com o valor máximo de 2.003,80mm. Por outro lado, pode-se perceber que os menores registros de evapotranspiração potencial anual para anos normais ocorrem na região em verde escuro, no sudeste do Bioma Amazônico Maranhense, com registros de até 1.458,55mm.

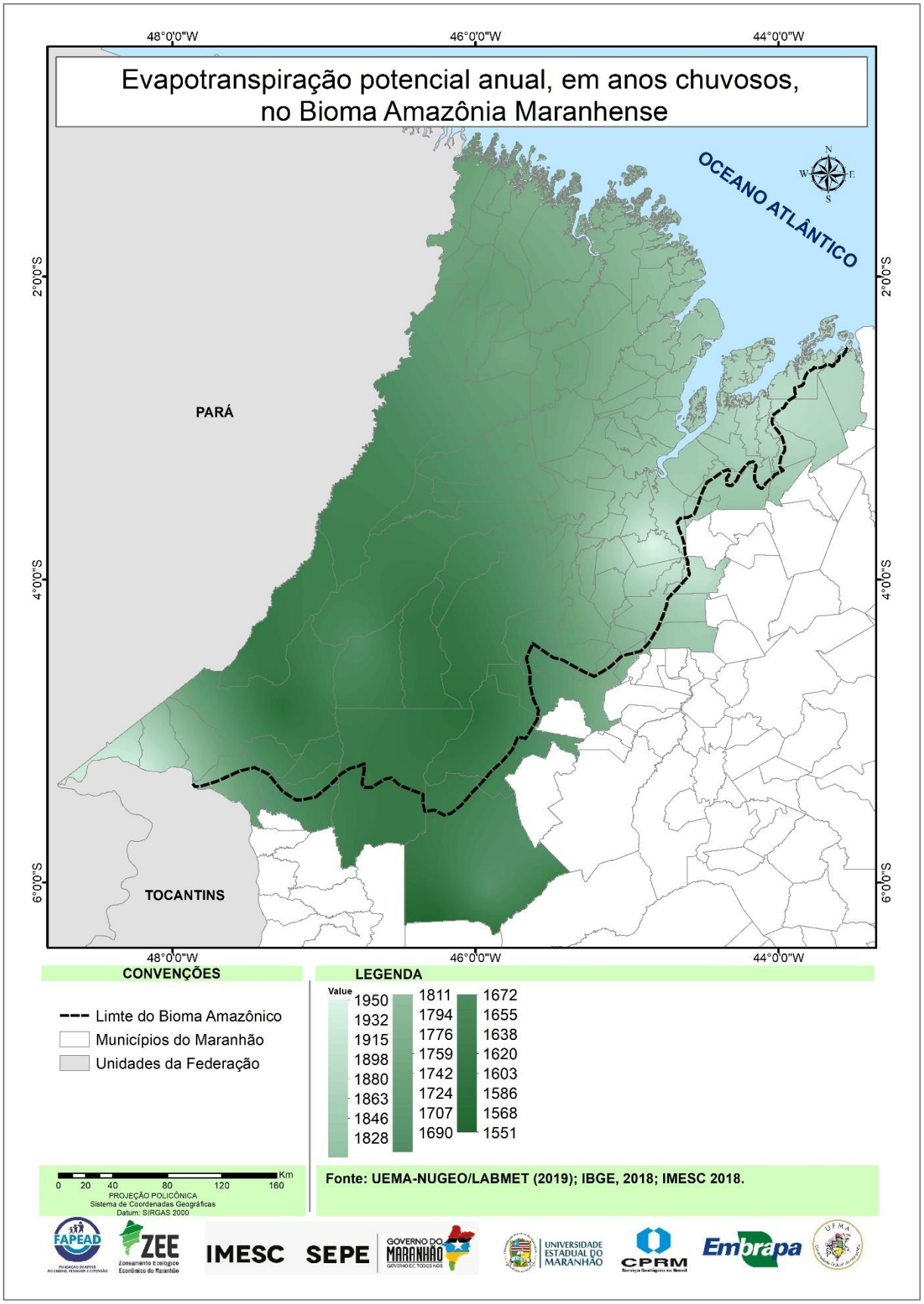
Figura 25 - Evapotranspiração potencial anual, em anos normais, no Bioma Amazônia Maranhense



4.2.4.3 Anos Chuvosos

A Figura 26 mostra que em anos chuvosos sobre o Bioma Amazônico Maranhense, em média, a evapotranspiração potencial anual é, aproximadamente, 1.747,59mm. Os maiores valores anuais de evapotranspiração potencial verificados no setor leste do bioma, especialmente sobre as áreas de cor verde esbranquiçado, com o valor máximo de 1.951,38mm. Por outro lado, pode-se perceber que os menores registros de evapotranspiração potencial anual, para anos chuvosos, ocorrem na região em verde escuro, no sudeste do Bioma Amazônico Maranhense, com registros de até 1.469,20mm.

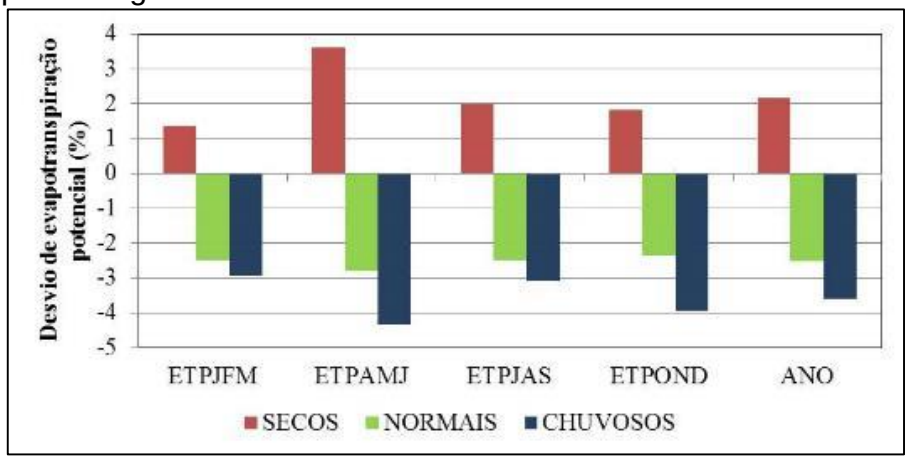
Figura 26 - Evapotranspiração potencial anual nos anos chuvosos



No Bioma Amazônia Maranhense, climatologicamente, os totais anuais de evapotranspiração potencial são 1812,51mm, com registros máximos anuais de até 1952,76mm e mínimos anuais de 1477,63mm. Em termos percentuais, considerando a média anual, conforme mostrado na Figura 27, pode-se perceber que esta climatologia é superada apenas em anos secos, em mais de 2%, apresentando comportamento contraditório em anos normais ou chuvosos, respectivamente, em cerca de -2,5% e -3,5%.

Considerando o caráter trimestral da evapotranspiração potencial, evidenciado na Figura 27, observa-se que em todos os trimestres do ano a evapotranspiração potencial tende a ser superior à climatologia durante os anos secos e, em anos considerados chuvosos, inferior à climatologia. No trimestre Janeiro-Fevereiro-Março, a evapotranspiração potencial nos anos secos tendem a ser, aproximadamente, de 1,5% superiores à climatologia, nos anos normais e chuvosos foram, respectivamente, inferiores em cerca de 2,5% e 3,0%. No trimestre Abril-Maio-Junho, a evapotranspiração potencial em relação à climatologia foi aproximadamente 3,5% superior nos anos secos, inferior, em torno de 3,0%, nos anos normais e 4,5% inferior, em relação aos anos chuvosos. Para o trimestre Julho-Agosto-Setembro, o desvio percentual em relação à climatologia foi de aproximadamente, para os anos secos, superior a 2,0%, já para anos normais, foi inferior a 2,5% e, para os anos chuvosos, inferior a 3,0%. O mesmo padrão se observa para o trimestre Outubro-Novembro-Dezembro que nos anos secos o acréscimo foi de cerca de 2,0%, com decréscimo nos anos normais de cerca de 2,5% e em anos chuvosos cerca de 4,0%.

Figura 27 - Desvio Percentual da evapotranspiração potencial dos anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônico no Maranhão

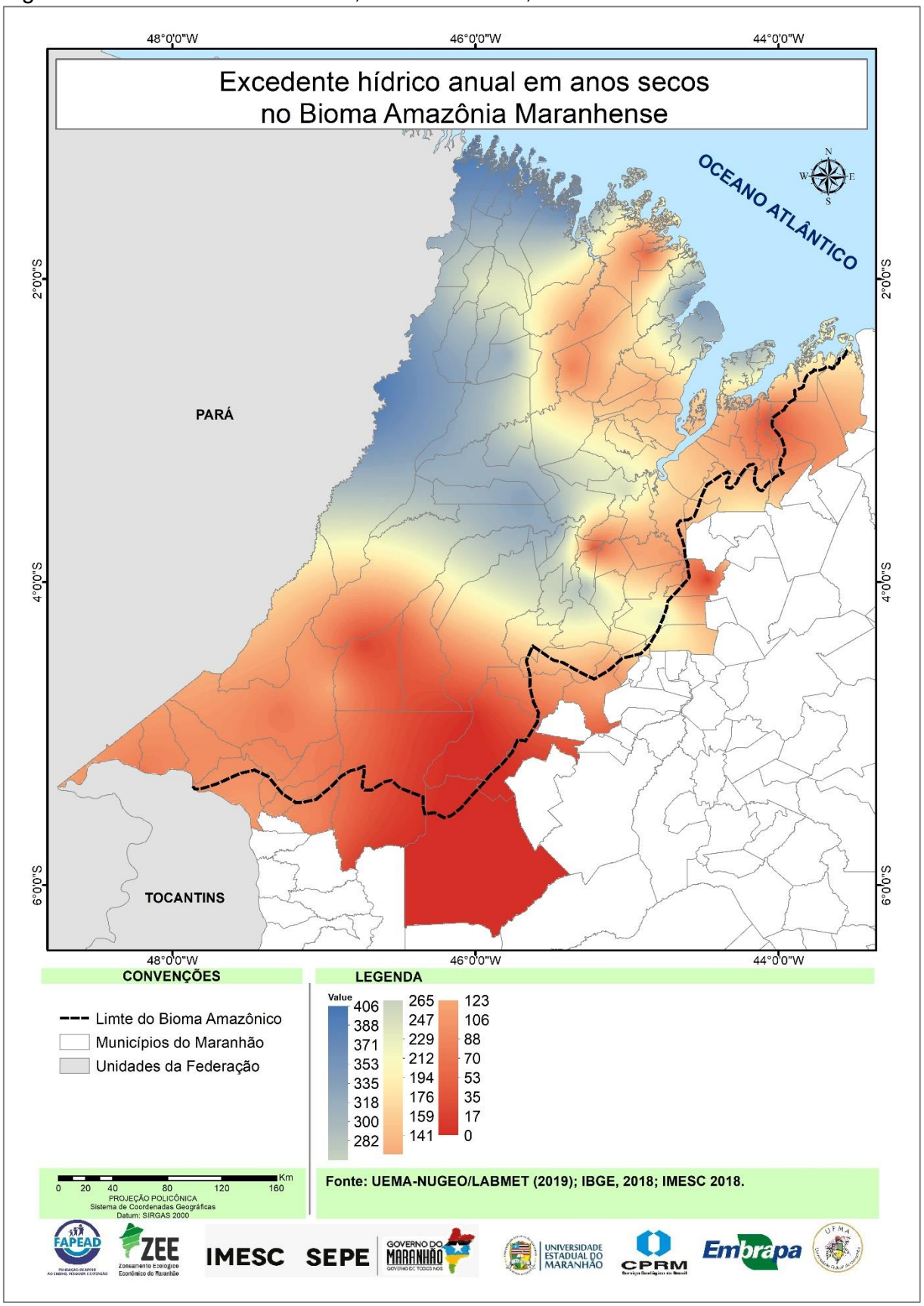


4.2.5 Excedente Hídrico

4.2.5.1 Anos Secos

O Excesso Hídrico indica a quantidade de água que precisa ser drenada para que o solo atinja a umidade na capacidade de campo. O Bioma Amazônia do Maranhão tem apenas seis meses de excesso hídrico e em anos secos, a quantidade de água disponível é bastante reduzida. Neste bioma, em anos secos, o excedente hídrico médio anual é de 155,88mm, sendo, 69% menor que a média climatológica para o mesmo bioma, que é de 505,15mm. A distribuição espacial do excesso hídrico sobre a área do bioma, conforme mostrado na Figura 28, indica que os maiores totais se concentram no setor centro-norte da região, com volumes superiores a 400mm, e os menores na parte Sul, com volumes inferiores a 50mm.

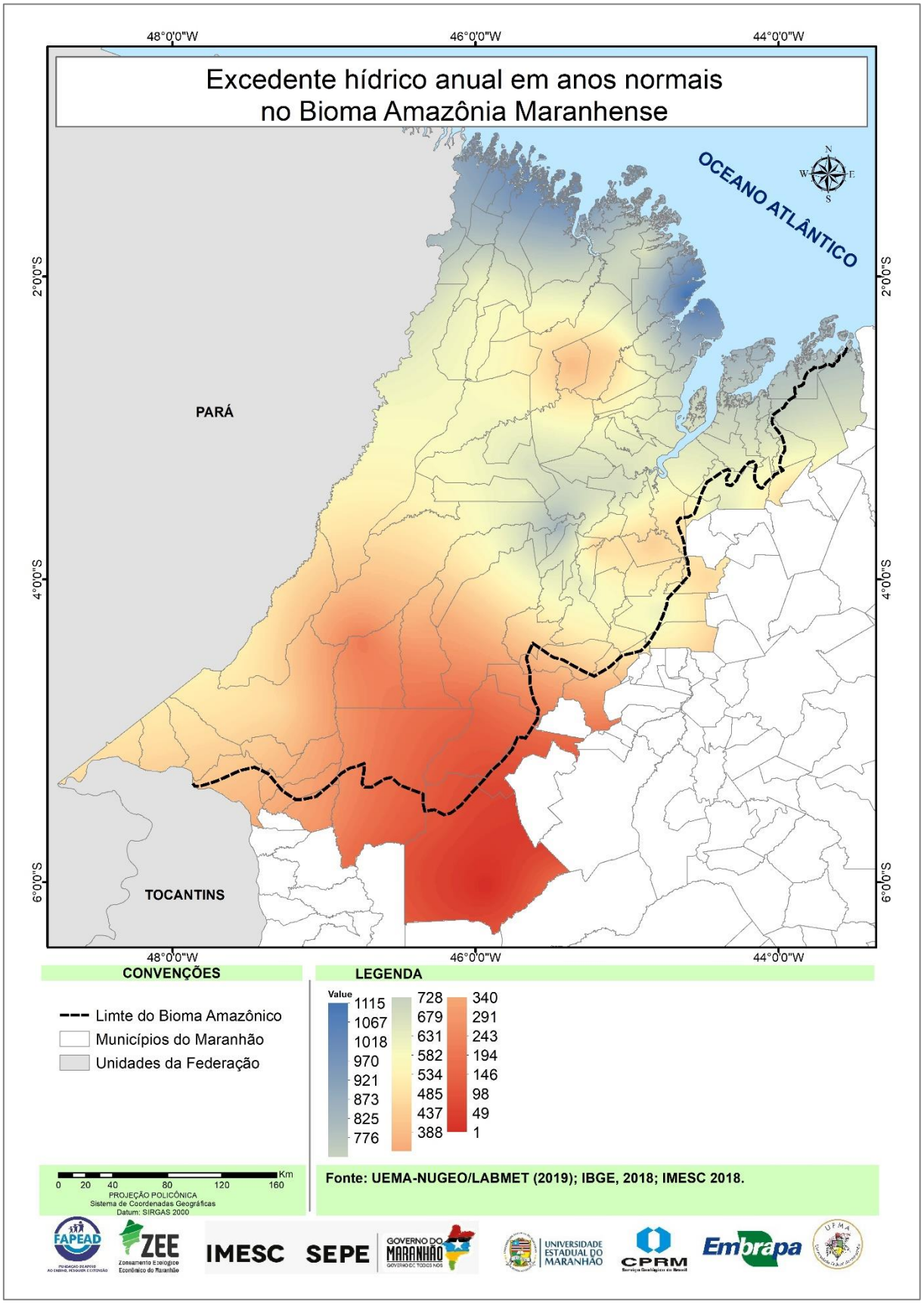
Figura 28 - Excesso hídrico anual, em anos secos, no Bioma Amazônico Maranhense



4.2.5.2 Anos Normais

A Figura 29 mostra que em anos normais para o Bioma Amazônico Maranhense, em média, o excedente hídrico médio anual é de 486,65mm. Sendo os maiores excedentes hídricos anuais verificados, nos setores norte, noroeste e nordeste do bioma (azul), com o valor máximo de 1.119,44mm. Por outro lado, pode-se perceber que nos anos normais não existe registro de excedente hídrico anual, na Fazenda Piranhas, em Grajaú (vermelho escuro).

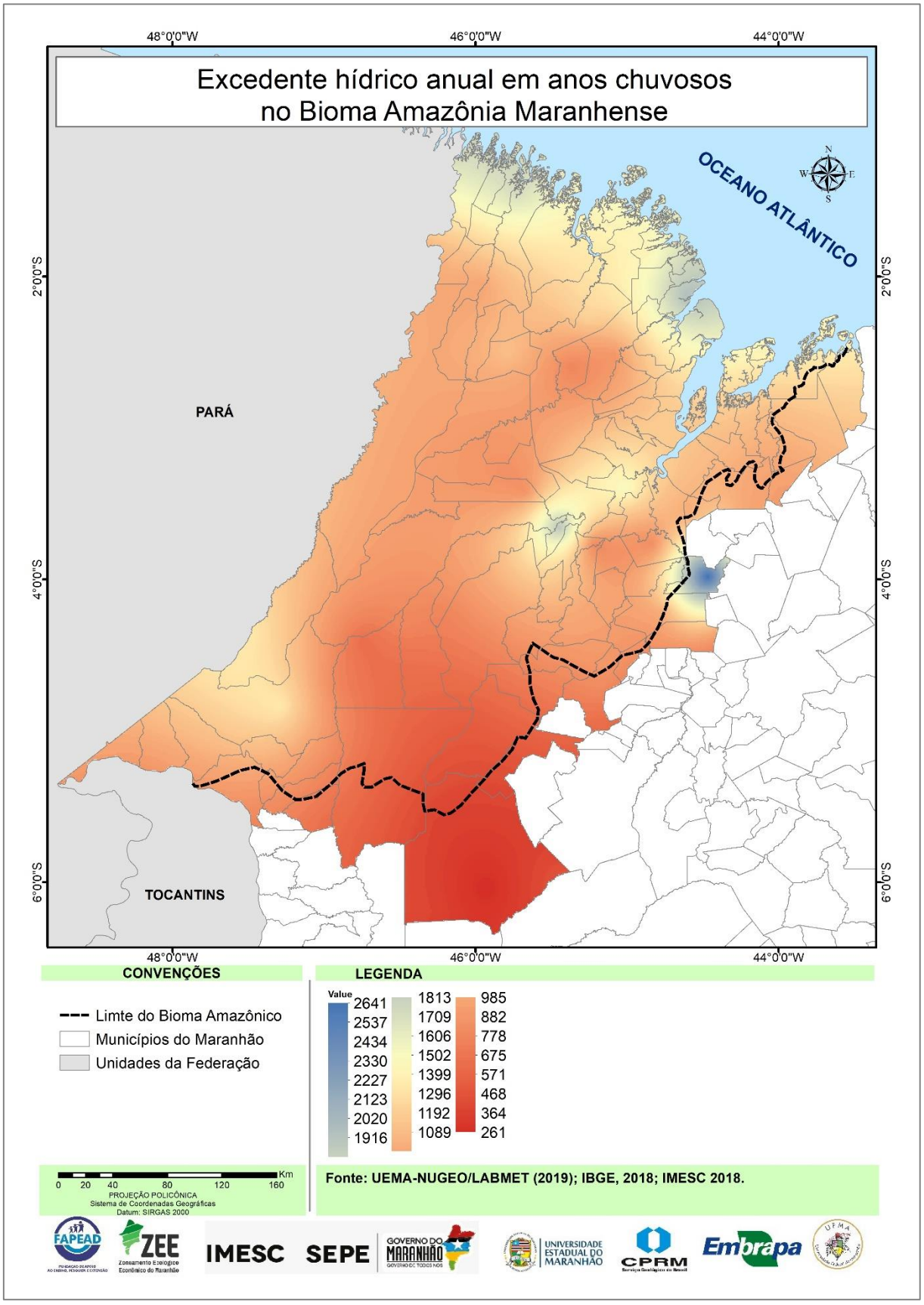
Figura 29 - Excedente hídrico anual em anos normais no Bioma Amazônia Maranhense



4.2.5.3 Anos Chuvosos

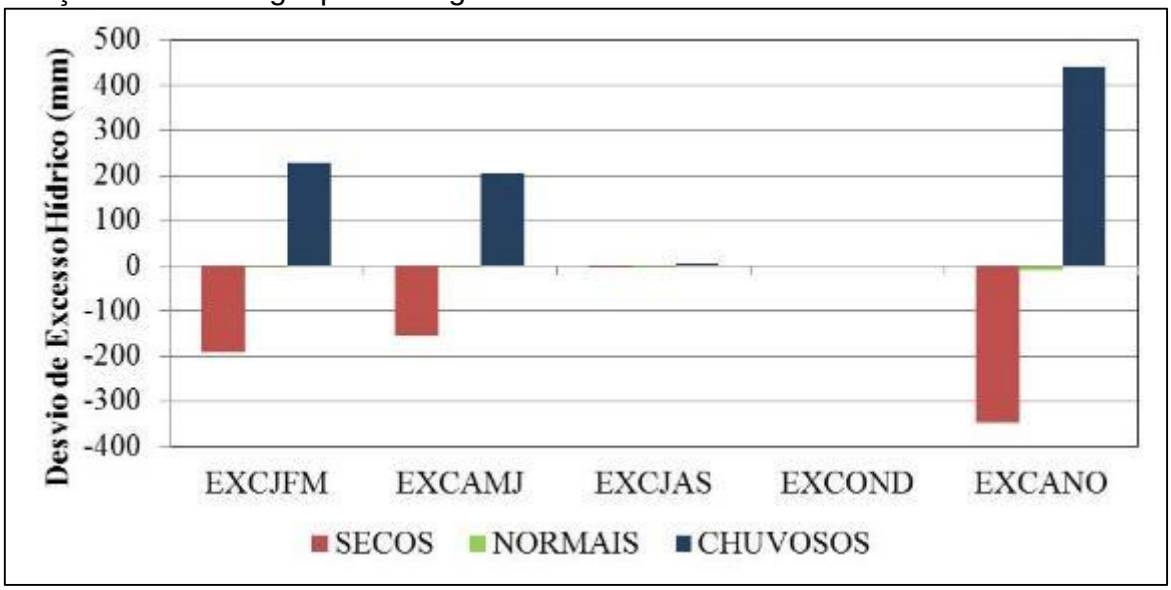
Em anos considerados chuvosos, no Bioma Amazônico Maranhense, o excedente hídrico anual médio é da ordem de 946 mm, superando a climatologia em 440 mm. Os maiores totais de excedentes hídricos anuais, conforme Figura 30, são verificados no setor leste do bioma, especialmente, sobre as áreas de cor azul mais escuro, com o valor máximo de 2.652,2mm. Por outro lado, pode-se perceber nos anos chuvosos, que os menores excedentes hídricos anuais ocorrem na região em vermelho, no sudeste do Bioma Amazônico Maranhense, com registros até 260,39mm.

Figura 30 - Excedente Hídrico anual em anos chuvosos no Bioma Amazônico do Maranhão



A Figura 31 mostra o desvio em mm do excedente hídrico médio para a região do Bioma Amazônico Maranhense para os anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia. Nos anos considerados normais, em todos os trimestres do ano, o excedente hídrico se aproximou da climatologia. Isto também se observa para os anos secos e chuvosos nos dois últimos trimestres do ano. Por outro lado, nos dois primeiros trimestres do ano, o excesso de água no solo, nos anos considerados chuvosos, é em torno de 200mm superior à climatologia, enquanto que para os anos secos, o excedente hídrico é inferior à climatologia em até 200mm e 150mm, respectivamente, para o dois trimestre supra citados.

Figura 31 - Desvio do Excedente Hídrico nos anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônico Maranhense



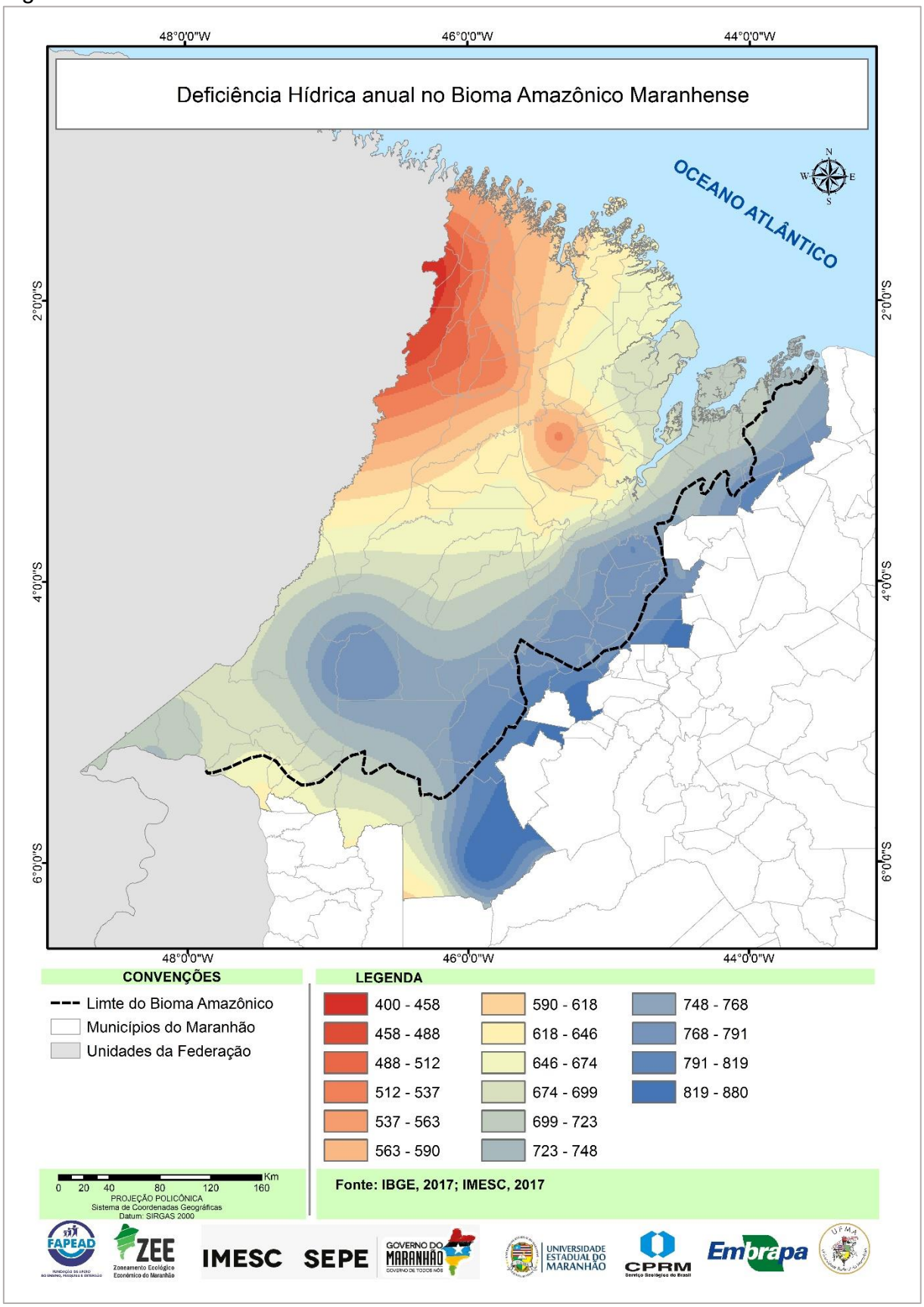
4.2.6 Deficiência Hídrica

4.2.6.1 Anos Secos

A Deficiência Hídrica surge quando a demanda hídrica estabelecida pela evapotranspiração potencial é superior à oferta de água pela chuva, e refere-se à quantidade de água necessária, que precisa ser reposta, para que a umidade do solo atinja a capacidade de campo.

Em anos secos, a Deficiência Hídrica anual é mais acentuada nas regiões leste e sul do bioma, com valores superiores a 1000mm, conforme observado na Figura 32.

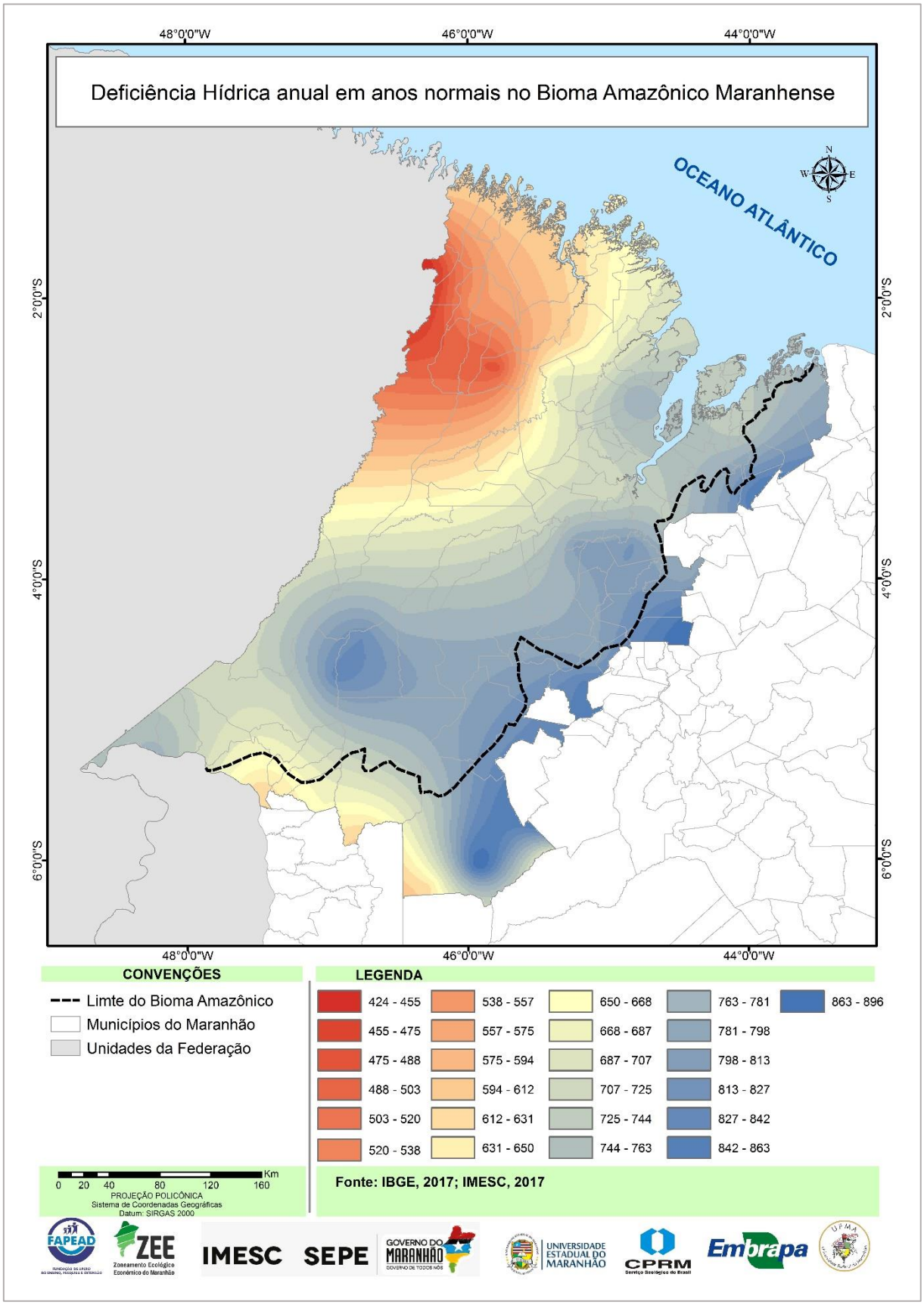
Figura 32 - Deficiência Hídrica anual no Bioma Amazônico Maranhense



4.2.6.2 Anos Normais

A Figura 33 mostra que, em anos considerados normais, no Bioma Amazônico Maranhense, em média, a deficiência hídrica anual é de 729,47mm. Sendo as maiores deficiências hídricas anuais verificadas nos setores leste e sudeste do bioma (cor vermelho), com o valor máximo de 991,14mm. Por outro lado, pode-se notar que, em anos chuvosos, as menores deficiências hídricas anuais ocorrem na região em azul a noroeste, no Bioma Amazônico, com registros de até 409,99mm.

Figura 33 - Deficiência Hídrica anual em anos normais no Bioma Amazônico Maranhense



4.2.6.3 Anos Chuvosos

A Figura 34 mostra que, em anos considerados chuvosos - precipitação pluvial 25 % superior à normalidade, no Bioma Amazônico Maranhense, em média, a deficiência hídrica média anual é de 576,8mm. Sendo as maiores deficiências hídricas anuais verificadas no setor leste do bioma, especialmente, sobre as áreas de cor marrom mais escuro, com o valor máximo de 783,8mm. Por outro lado, perceber-se que, nos anos chuvosos, as menores deficiências hídricas anuais ocorrem na região em azul mais escuro, no centro do Bioma Amazônico Maranhense, com registros até 238,6mm.

A Figura 35 demonstra que a climatologia de deficiência hídrica é superestimada: nos anos secos, em mais de 150mm; nos anos normais, em menos de 50mm e subestimada em -150mm relativamente à climatologia nos anos chuvosos. É notório também que no trimestre de janeiro a março, os anos normais e os anos chuvosos respeitaram a climatologia e os anos secos superestimaram a climatologia, em menos de 50mm. De abril a junho, os anos secos estiveram cerca de 50mm superiores à climatologia, os anos normais próximos à climatologia e os anos chuvosos menos de 50mm inferiores à climatologia. De julho a setembro, os anos secos estiveram cerca de 50mm superiores à climatologia, os anos normais próximos à climatologia e os anos chuvosos cerca de 50mm inferiores à climatologia. De outubro a dezembro, os anos secos estiveram cerca de 50mm superiores à climatologia, os anos normais em torno da climatologia e os anos chuvosos mais de 50mm inferiores à climatologia.

Figura 34 - Deficiência Hídrica anual em anos chuvosos no Bioma Amazônico Maranhense

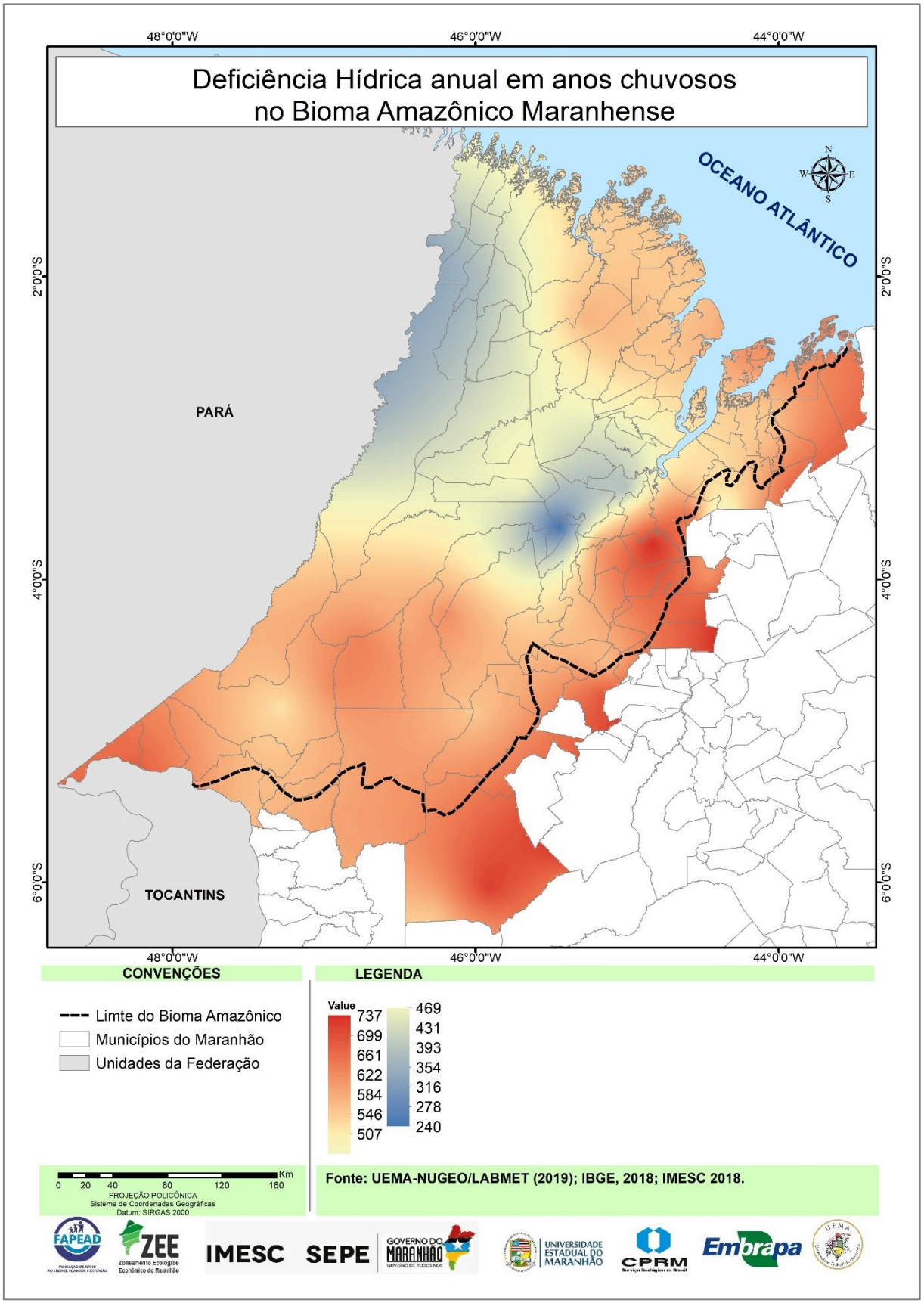
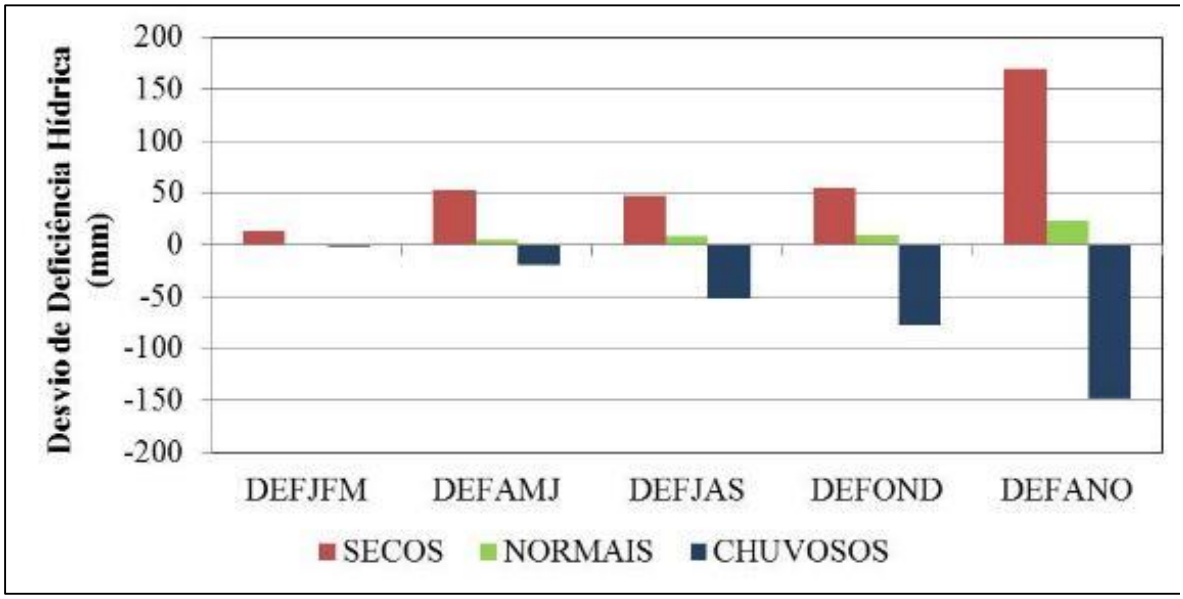


Figura 35 - Desvio Percentual de deficiência hídrica nos anos secos, normais e chuvosos em relação à climatologia para a região do Bioma Amazônico no Maranhão



4.3 Cenários Prospectivos - Mudanças Climáticas

Foram analisadas as projeções para os próximos 40 anos (2020-2059) da temperatura do ar e precipitação, os quais serviram de base para a construção e avaliação de alguns indicadores de vulnerabilidade associados à disponibilidade hídrica, aos processos erosivos provocados pelas chuvas e aos processos de desertificação, em dois cenários de mudanças climáticas:

1. Cenário 4.5 (mais otimista): Estabelece a estabilização da demanda energética mundial, programas de reflorestamento fortes e políticas climáticas rigorosas, estabilização das emissões de gases de efeito estufa, notadamente o metano, porém, com leve aumento das emissões de CO_2 até 2040, atingindo o valor máximo de 650ppm equivalente, na segunda metade do século XXI.
2. Cenário 8.5 (Pessimista): Estabelece o crescimento contínuo da população e desenvolvimento tecnológico lento, com acentuadas emissões de CO_2. É considerado um cenário sombrio e pessimista, em termos de emissões de gases de efeito de estufa, sendo consistente com uma política que não priorizará a redução das emissões, dependendo fortemente de combustíveis fósseis.

4.3.1 Temperatura do Ar

Para o cenário mais otimista (RCP 4.5), considerando a média anual (Figura 36), o aumento poderá variar entre 1,3ºC, no Norte da região ~~a~~ e 2ºC no Sul. O primeiro trimestre anual será o menos quente, com aumentos variando entre 1,05ºC, no Norte da região e 1,65ºC no Sul. Por outro lado, o terceiro trimestre que é o mais seco do ano, será o mais quente, com variação de temperatura entre 1,45ºC e 2,35ºC, no Sul e Norte da região, respectivamente.

Para o cenário pessimista (RCP 8,5) as projeções indicam aumentos mais expressivos da temperatura do ar, ao longo do Bioma, para os próximos 40 anos. Em média, anualmente, o aumento poderá variar entre 1,8ºC no Norte da região e superior a 2,8ºC no Sul da região, conforme mostrado na Figura 37. A região Sul do Bioma continuará apresentando projeções de aquecimento mais elevadas, podendo chegar a temperaturas acima dos 3,2ºC, no último trimestre anual. Na região Norte do Bioma, o aquecimento será menos expressivo, em torno de 1,6ºC.

Figura 36 - Anomalia espacial de temperatura média do ar anual (°C) para o modelo ETA-HadGEM_ES, para o cenário RCP 4.5 e para o período de 2020 a 2059

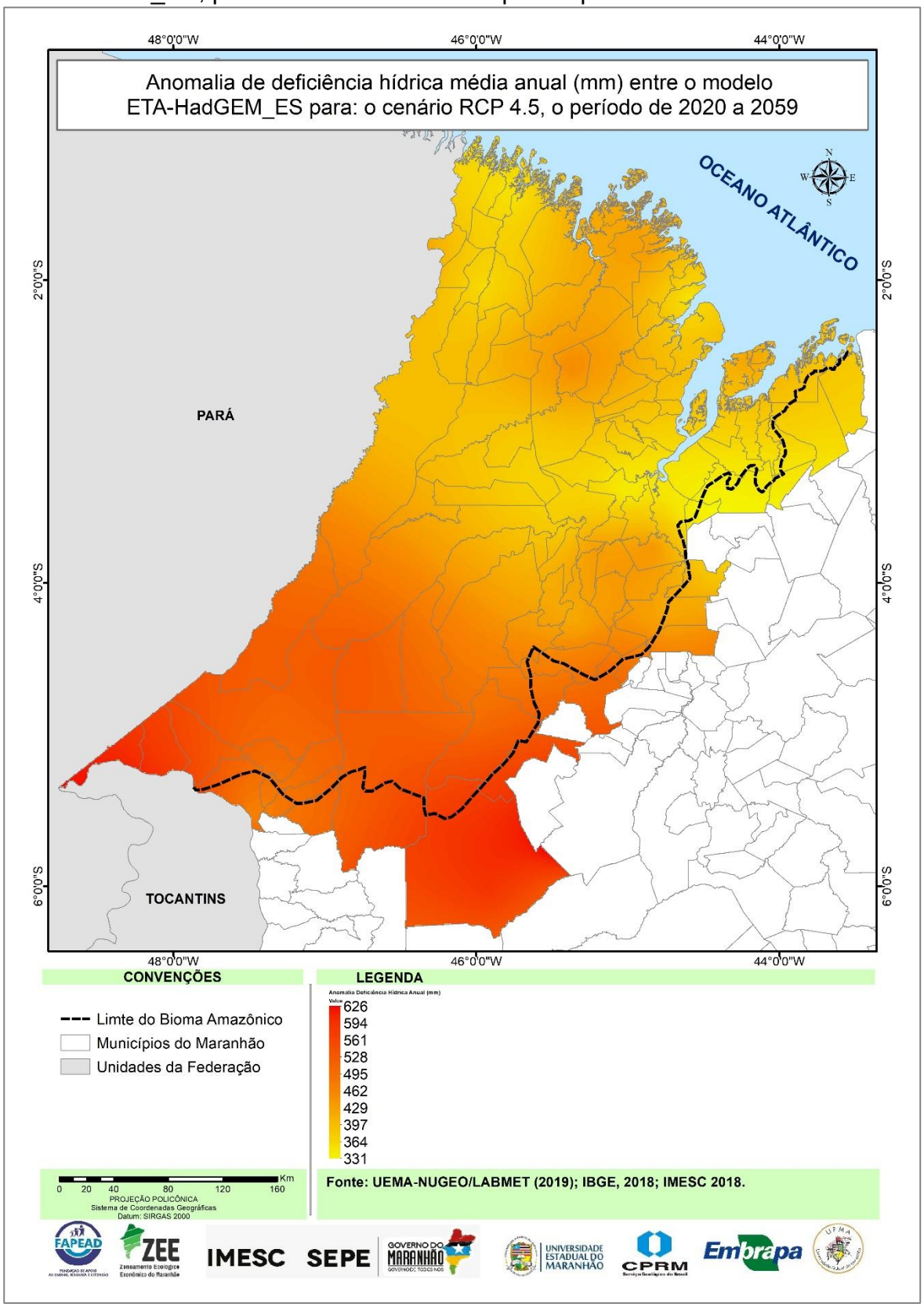
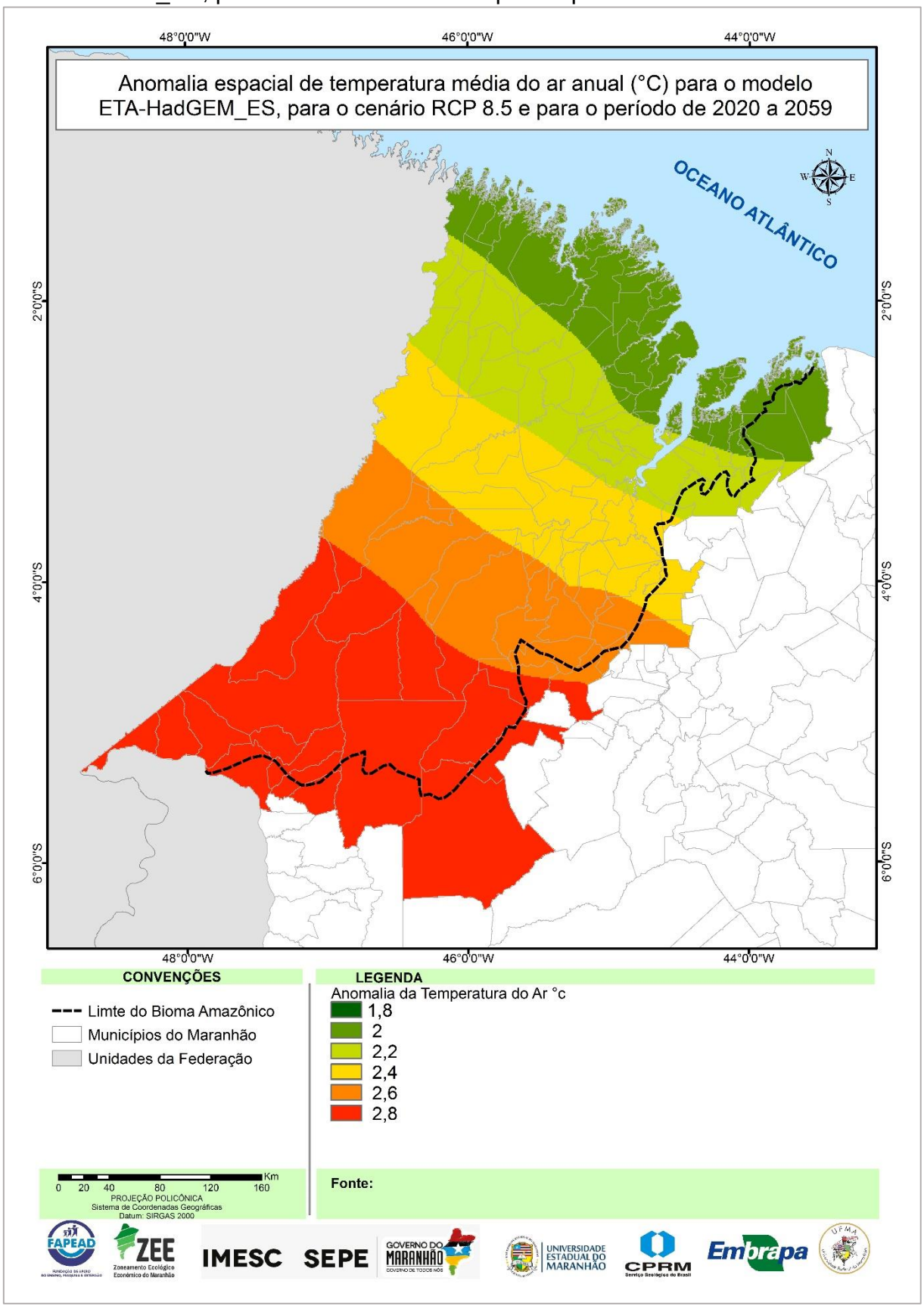


Figura 37 - Anomalia espacial de temperatura média do ar anual (°C) para o modelo ETA-HadGEM_ES, para o cenário RCP 8.5 e para o período de 2020 a 2059



4.2 Precipitação Pluvial

Em média, para o cenário 4.5, e conforme o mostrado na Figura 38, entre os anos de 2020 e 2059, os totais pluviométricos anuais deverão ser inferiores a 3.5% no Nordeste da região e 15,5% inferiores no Sudoeste, em relação às condições normais. O primeiro trimestre, que é o mais chuvoso, deverá ser o que apresentará menor taxa de queda da precipitação, de 1,5% nas partes nordeste e sul da região e 10,5% observadas no leste e norte. Já o terceiro trimestre, o mais seco do ano, deverá ser ainda mais seco, com taxa de redução de chuvas variando entre 20,5% no norte da região e a 34,5% nas partes oeste, sul e leste. Os totais pluviométricos no último trimestre deverão ser mais elevados, em relação às condições normais, no norte da região (em torno de 45%), com taxas negativas no Sul, -25%.

Para o cenário mais pessimista 8.5, os totais anuais de chuvas deverão ser reduzidos em 15%, no nordeste da região e 26%, no sudeste, conforme Figura 39. No trimestre de janeiro a março, a redução poderá chegar a 17%, no nordeste e 29%, no sul e sudeste da região. Os totais deverão ficar em torno da média, nos meses de abril a junho, na parte Sudeste do Bioma, e apresentar uma redução de 22%, na parte norte. O trimestre de julho a setembro deverá ficar ligeiramente mais seco na parte Oeste (-12%) e com chuvas acima da média, em torno de 24%, nas partes norte, sudeste e sudoeste da região. A redução das chuvas deverá ser mais acentuada no trimestre de outubro a dezembro, com taxas variando de -39% no Leste a -55% nas partes sudeste e norte.

Figura 38 - Desvio percentual de precipitação média anual (%) para o modelo ETA-HadGEM_ES, para o cenário RCP 4.5 e para o período de 2020 a 2059

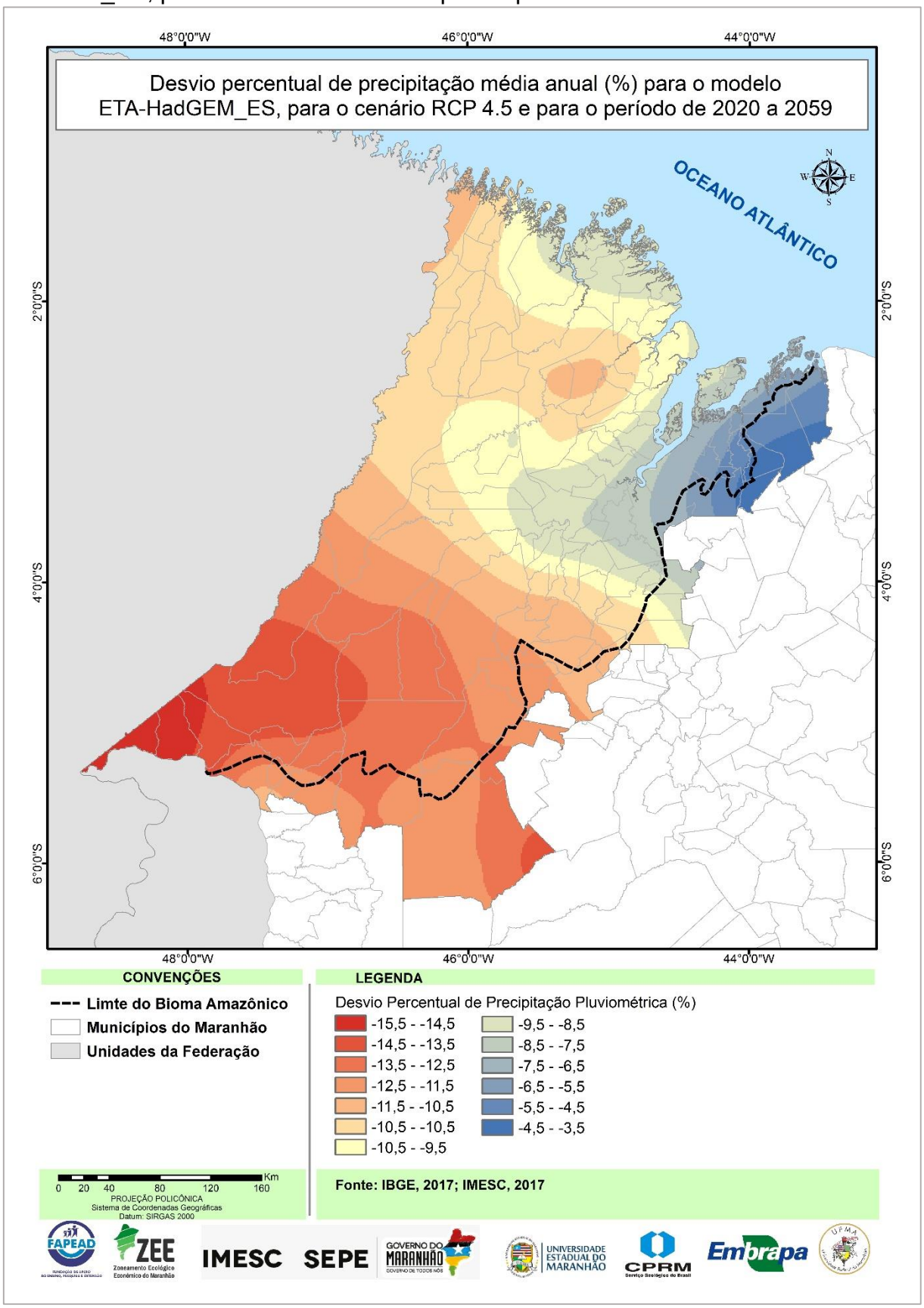
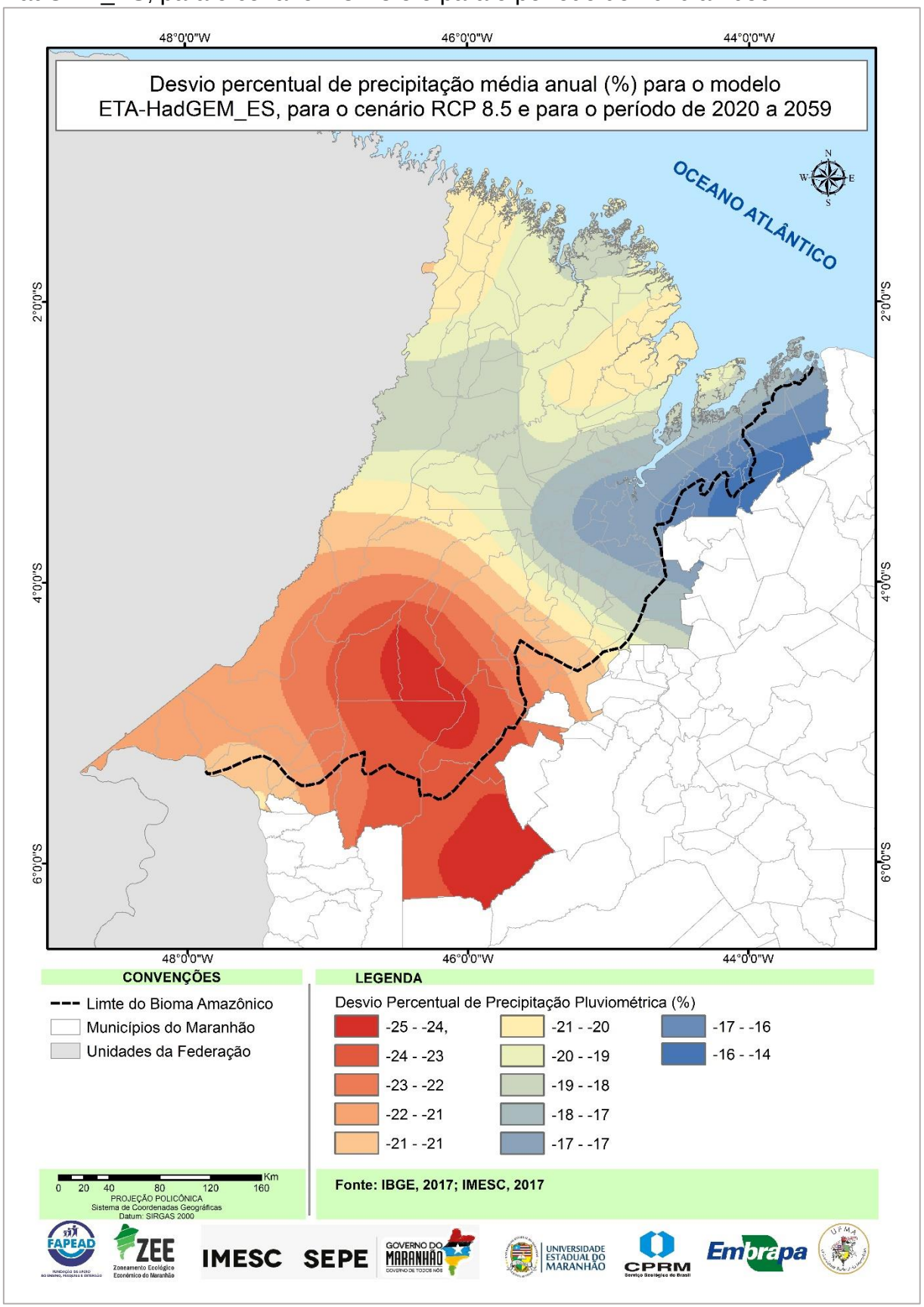


Figura 39 - Desvio percentual de precipitação média anual (%) para o modelo ETA-HadGEM_ES, para o cenário RCP 8.5 e para o período de 2020 a 2059



4.3 Evapotranspiração Potencial

Em termos anuais, conforme mostrado na Figura 40, as perdas de água por evapotranspiração deverão variar entre 380mm, no sul do bioma a 700mm, na parte norte. Durante os trimestres mais chuvosos da região, as perdas por evapotranspiração deverão sofrer aumentos, variando de 69mm a 104mm, em janeiro, fevereiro e março e de 85mm a 150mm, no trimestre de Abril a Junho. Por outro lado, nos trimestres mais secos, compreendendo os meses de julho a setembro e outubro a dezembro, as perdas de água deverão ser mais elevadas, variando de 110mm a 250mm e de 110mm a 190mm, respectivamente.

Para o cenário pessimista 8.5 observa-se que as projeções para os próximos 40 anos deverão indicar um aumento mais expressivo na perda de água, por evapotranspiração potencial. Em média, anualmente, os aumentos variarão entre 560mm no Norte e 1160mm no Sudoeste do bioma, conforme observado na Figura 41. O mesmo padrão de comportamento é observado trimestralmente, com faixas de variação de 130mm a 210mm em janeiro, fevereiro e março; de 135mm a 235mm em abril, maio e junho; de 150mm a 360mm em julho, agosto e setembro; e de 150mm a 330mm em outubro, novembro e dezembro.

Figura 40 - Anomalia de evapotranspiração potencial média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 4.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia

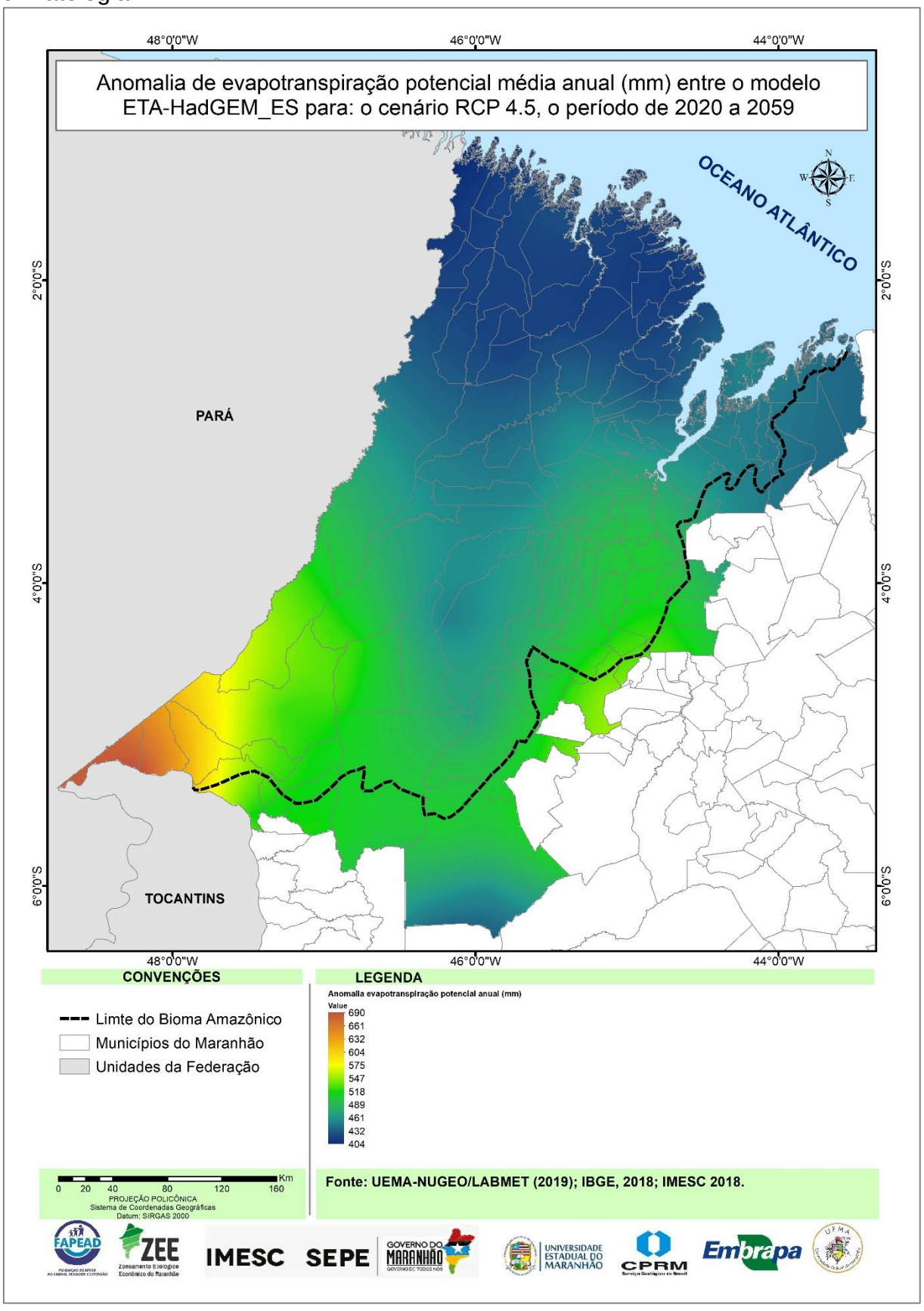
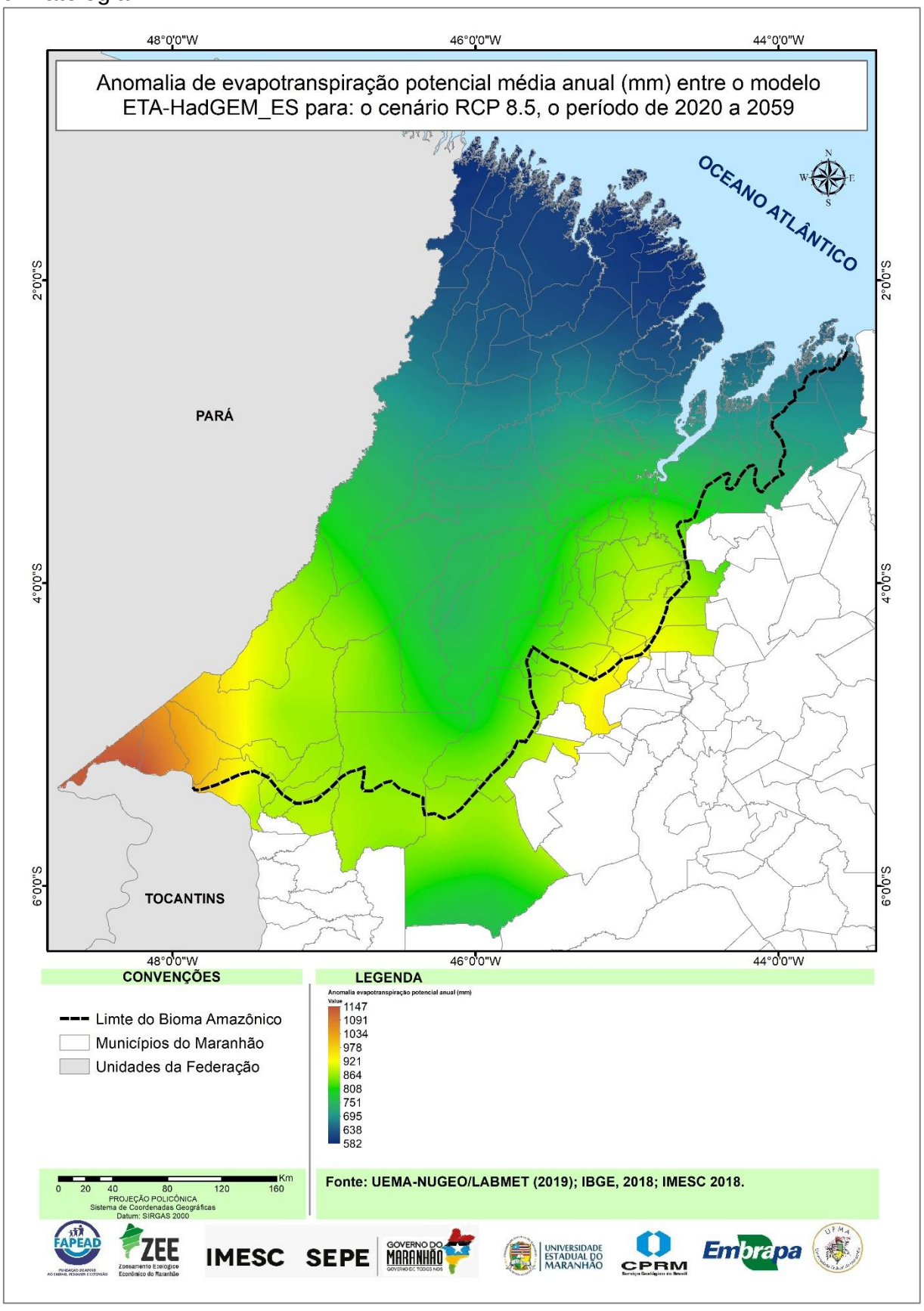


Figura 41 - Anomalia de evapotranspiração potencial média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 8.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia



4.4 Deficiência Hídrica

A projeção anual de deficiência hídrica para o cenário 4.5 indica valores que variam entre 300mm e 720mm acima do normal, conforme mostra a Figura 42. O maior impacto é observado na parte centro-sul do bioma. Durante o trimestre chuvoso, de janeiro a março, no qual é observado um pequeno aumento de deficiência hídrica, predominando valores de até 10mm acima do normal, e com valores mais elevados na parte Sudeste da região, que poderão alcançar até 90mm. No trimestre seguinte, a projeção indica anomalias positivas com valores mais elevados de deficiência hídrica no centro-sul, podendo alcançar até 330mm e menos elevados no centro-norte da região, em torno de 30mm. No trimestre seco, de julho a setembro, a projeção indica um padrão espacial diferente em relação ao trimestre anterior, com valores mais elevados no centro-norte e menos elevados no centro-sul do bioma com valores de 360mm e 140mm, respectivamente. A projeção para o último trimestre indica uma redução de deficiência hídrica em alguns pontos no centro-norte, especificamente na região do Gurupi e Itapecuru Mirim, porém, ainda com anomalias positivas de até 140mm no centro-sul do bioma.

Para um cenário pessimista 8.5 o bioma deverá ficar mais seco, com valores anuais de deficiência hídrica que poderão alcançar até 1100mm na parte sul, conforme mostrado na projeção da Figura 43. O primeiro trimestre deverá apresentar aumento de deficiência hídrica de até 200mm na parte sudeste, com valores mais elevados, também sendo observados na região da Baixada. No segundo trimestre, a projeção indica aumento de deficiência hídrica no centro-sul, com valores em torno de 240mm e de até 20mm, no extremo norte. Os dois últimos trimestres deverão ficar mais secos, com intensificação e expansão das áreas com deficiência hídrica apresentando valores de 360mm a 480mm, respectivamente. O menor impacto será observado no extremo norte da região.

Figura 42 - Anomalia de deficiência hídrica média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 4.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia

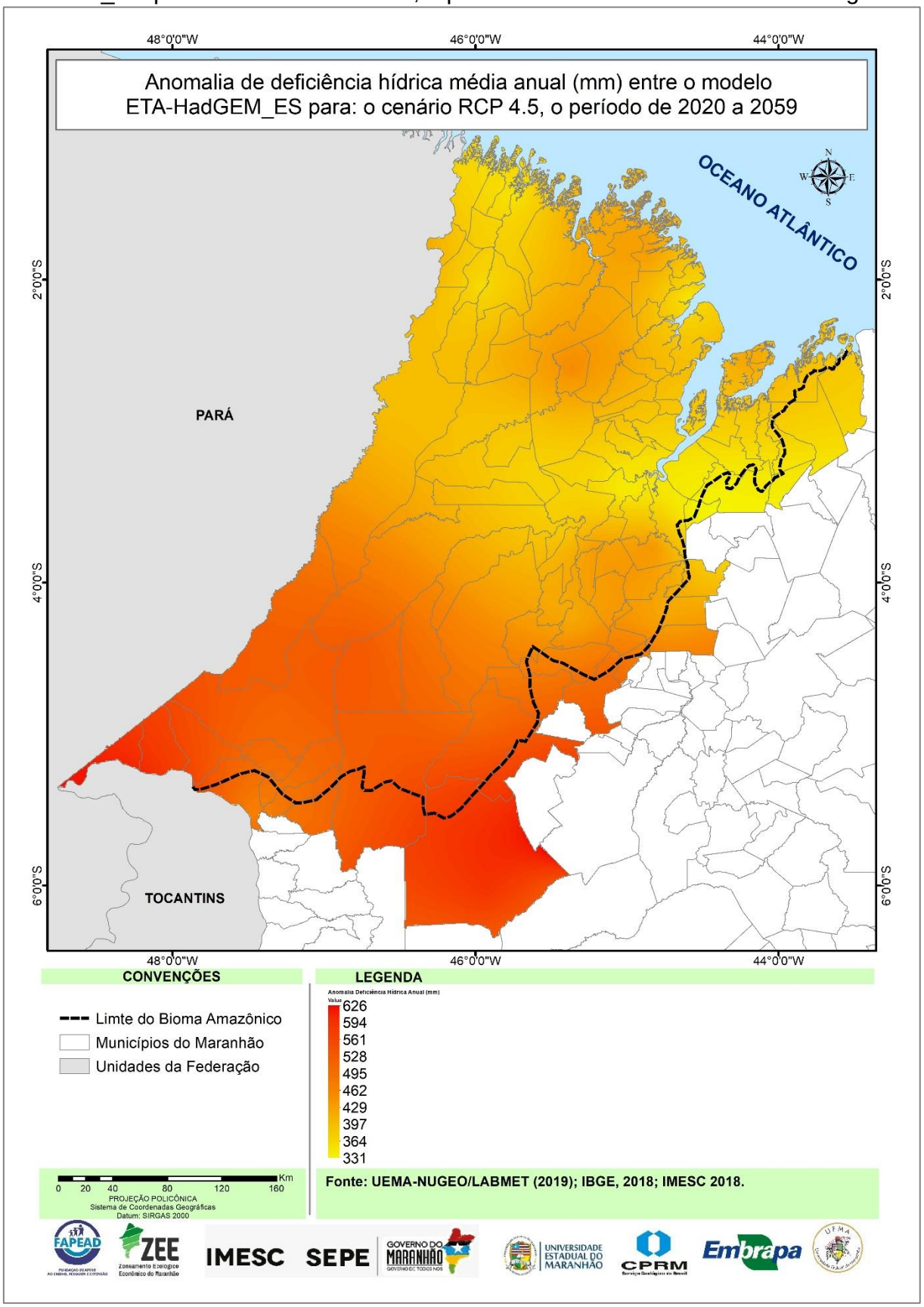
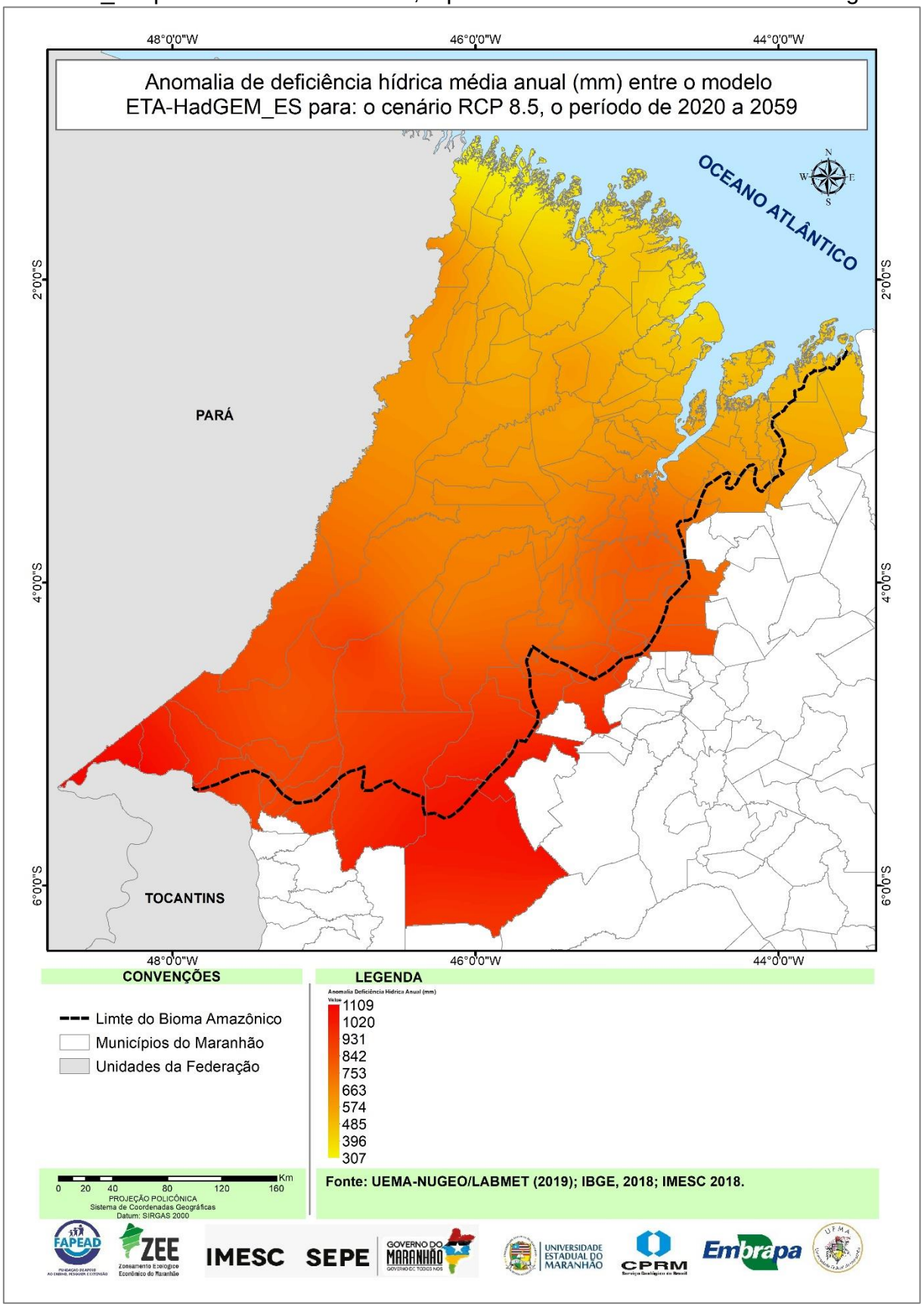


Figura 43 - Anomalia de deficiência hídrica média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 8.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia



4.5 Excesso Hídrico

Em termos anuais, considerando o cenário mais otimista para a projeção, deverá ocorrer redução da disponibilidade hídrica com anomalias predominantemente negativas de excesso hídrico, sendo mais expressiva no norte da região, com valores que deverão alcançar 650mm conforme observado na Figura 44. Por outro lado, as menores anomalias negativas de excesso hídrico ocorrerão na parte sudeste da região. Considerando a variação sazonal, os trimestres mais chuvosos de janeiro a março e de abril a junho deverão sofrer diminuição quantitativa de excesso hídrico, em relação às condições normais. As reduções serão mais acentuadas na parte sudoeste e na região do Gurupi no primeiro trimestre, em que as reduções devem alcançar 320mm e 200mm, respectivamente. No segundo trimestre as reduções serão mais acentuadas no norte da região, com valores da ordem de 500mm, com menor impacto no centro-sul. No trimestre mais seco, julho a setembro, o excesso hídrico apresenta as menores anomalias com redução, que deverá variar entre 2mm e 35mm, no norte da região.

A distribuição espacial anual da projeção de excesso hídrico, para os próximos 40 anos e para o cenário pessimista 8.5, constando na Figura 45, se assemelha à projeção do cenário mais otimista, porém, com redução de excesso hídrico mais acentuada, da ordem de 750mm, na parte norte da região. Em termos quantitativos, não haverá neste cenário, em comparação com o cenário mais otimista, grande redução do excesso hídrico. Haverá apenas diferença na distribuição espacial, na qual as maiores reduções de excesso hídrico ocorrerão, no cenário pessimista, nas partes sudoeste, centro, nordeste e norte do bioma para o trimestre de janeiro a março, e no extremo norte para o segundo trimestre. O padrão espacial no terceiro trimestre é similar ao padrão espacial observado no mesmo período, do cenário mais otimista, com pequena redução das anomalias negativas.

Figura 44 - Anomalia do excesso hídrico médio anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 4.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia

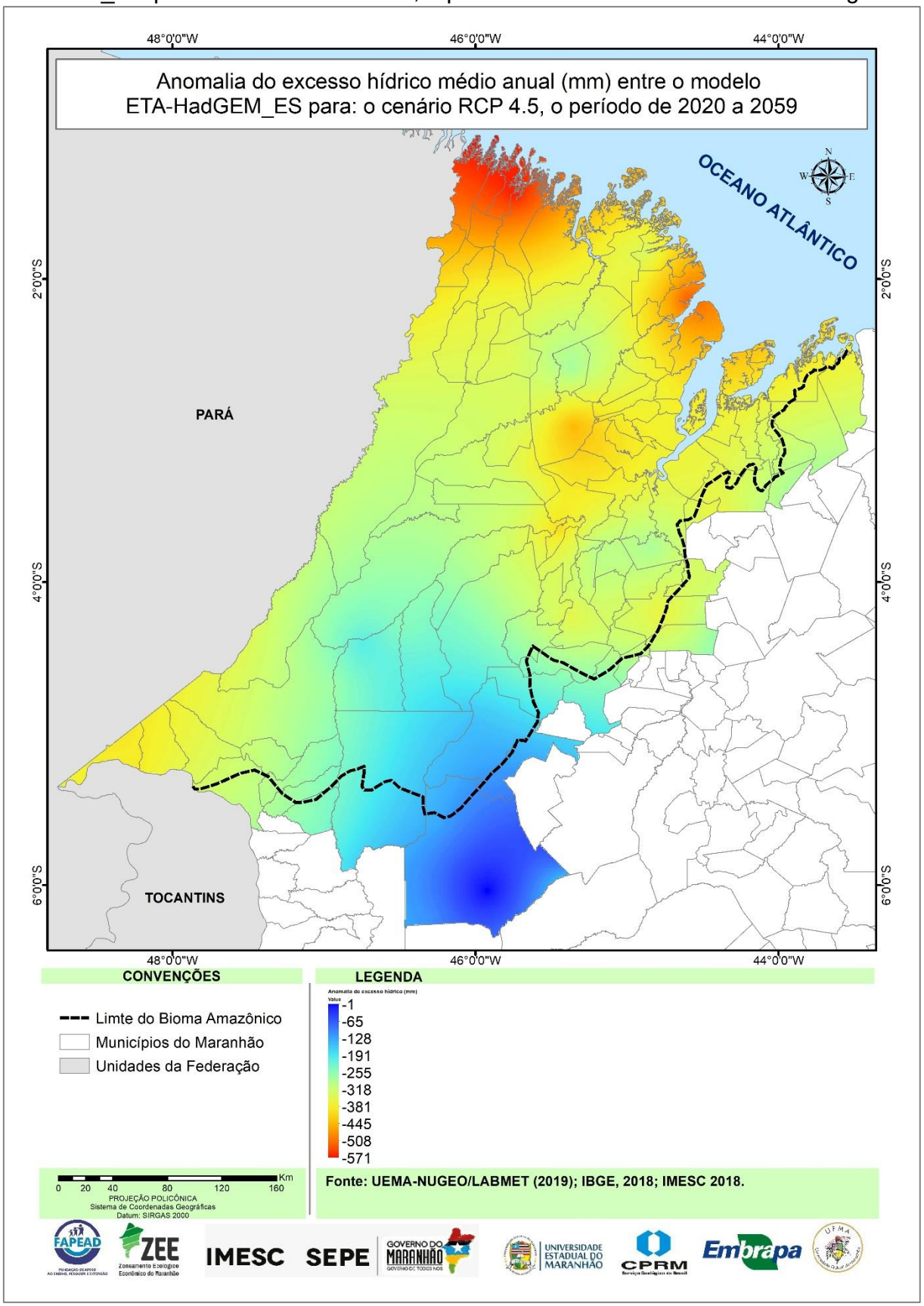
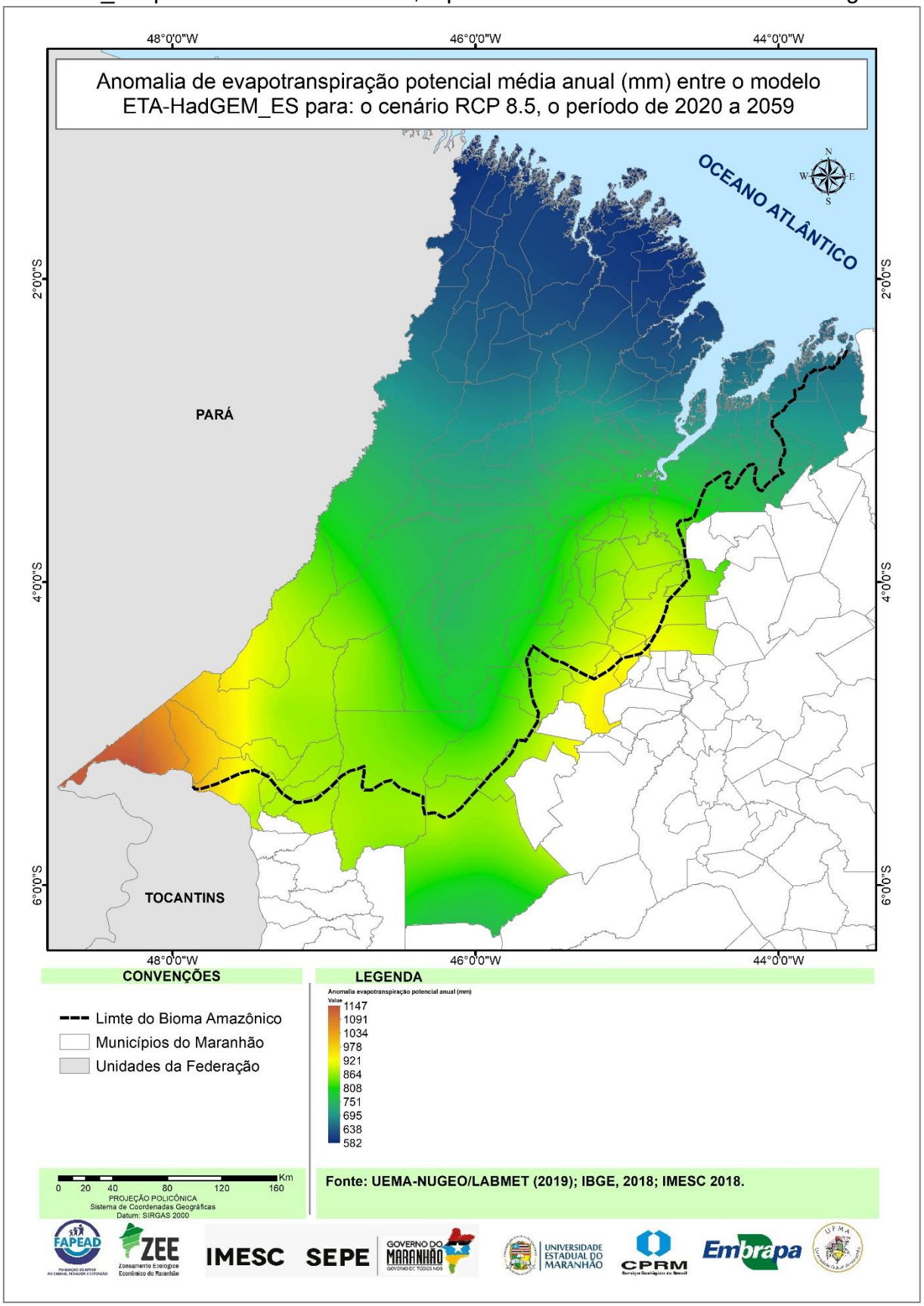


Figura 45 - Anomalia do excesso hídrico médio anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 8.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia



4.6 Erosividade das Chuvas

Anualmente, o potencial erosivo das chuvas projetado para o cenário 4.5 deverá ser menor em comparação com as condições normais, com anomalias predominantemente negativas, segundo a Figura 46. Os menores impactos deverão ser observados no setor norte da região do bioma e maior na parte sudeste. Para o primeiro trimestre, as anomalias serão negativas, com menor potencial erosivo no centro-sul e região do Gurupi, sendo que, por outro lado, na parte central e norte, o potencial erosivo provocado pelas chuvas deverá ser maior, com anomalias positivas. No segundo trimestre haverá predominantemente redução do potencial erosivo das chuvas, em toda a área do bioma. No trimestre de julho a setembro, as chuvas já se encontram reduzidas, com potencial de erosividade baixo e predominantemente negativo, com exceção do extremo sul da região, que apresenta ligeiro aumento. No último trimestre, as anomalias são predominantemente positivas, com os maiores valores sendo observados no sudoeste, leste e região do Gurupi.

Para o cenário 8.5, considerado pessimista, conforme Figura 47, a projeção anual média, para os próximos 40 anos, indica menor potencial de erosividade das chuvas, principalmente, no extremo norte da região. A projeção também indica menor potencial de erosividade para os dois primeiros trimestres com exceção do extremo sudeste onde as anomalias são ligeiramente positivas. De julho a setembro , com exceção do oeste da região, as anomalias serão positivas, ou seja, a erosividade deverá ser maior, em relação às condições normais. Já no último trimestre, as anomalias deverão ser negativas, mostrando novamente, redução do poder erosivo das chuvas, em relação às condições normais.

Figura 46 - Anomalia da erosividade das chuvas média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 4.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia

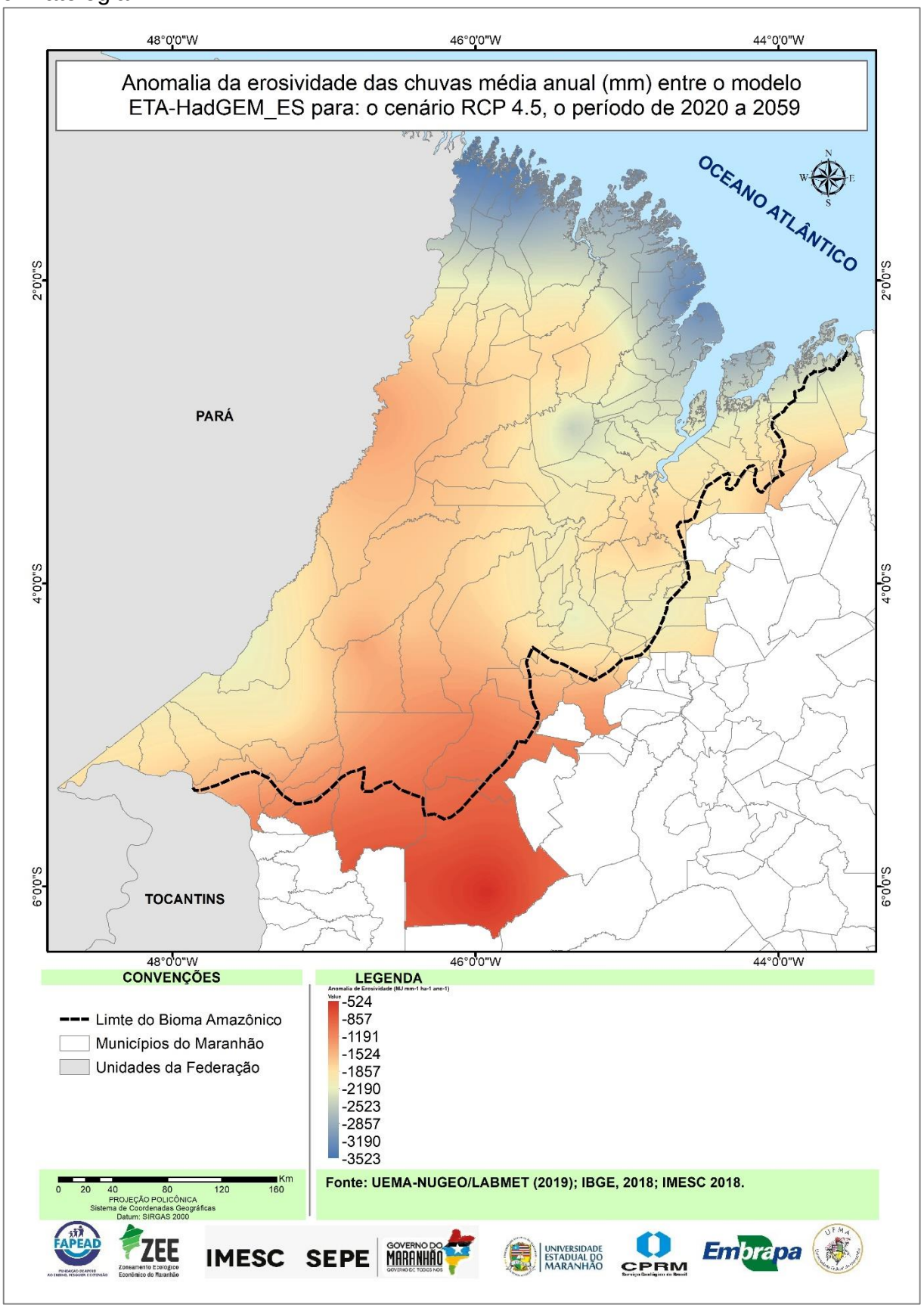
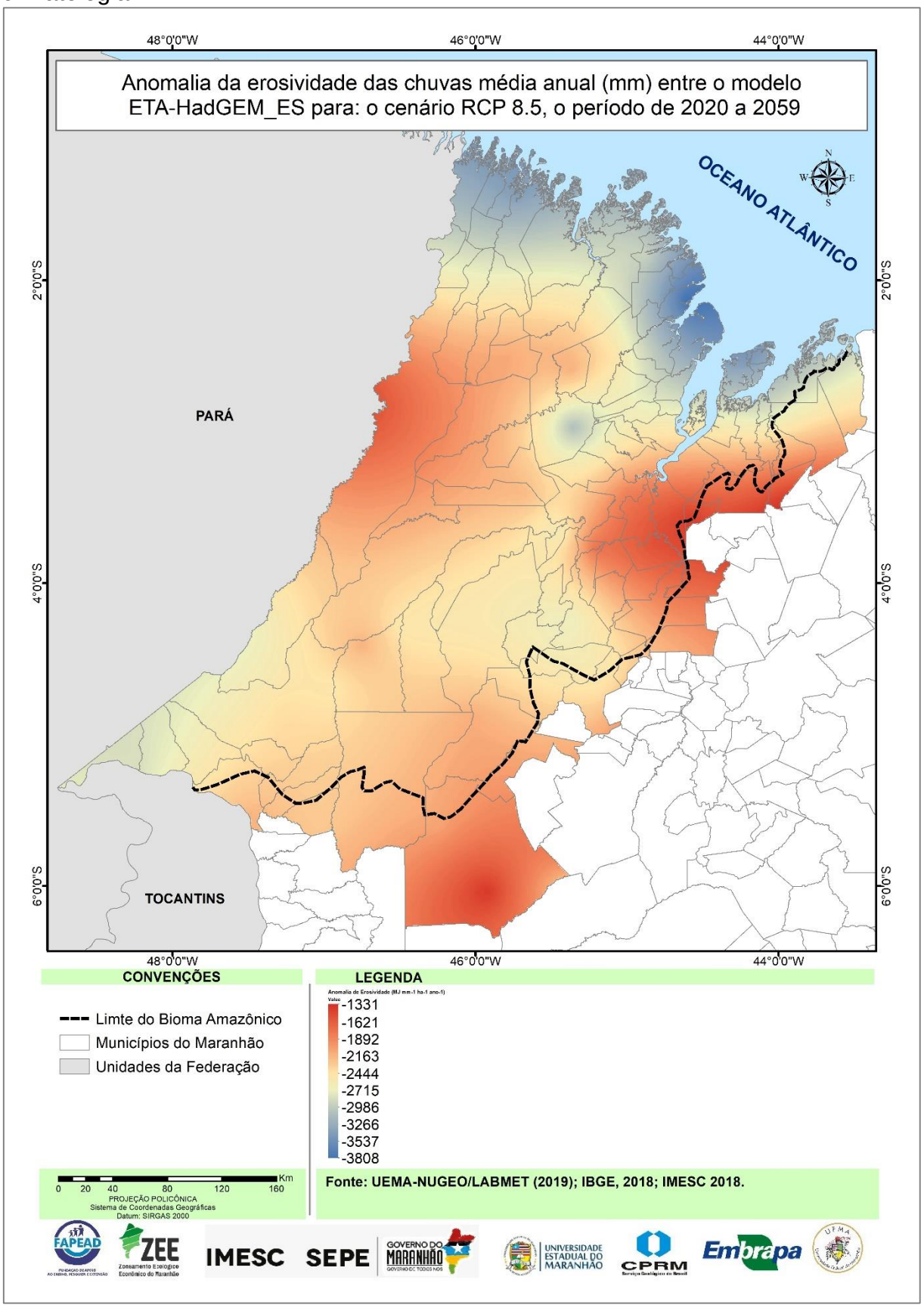


Figura 47 - Anomalia da erosividade das chuvas média anual (mm) entre o modelo ETA-HadGEM_ES para: o cenário RCP 8.5, o período de 2020 a 2059 e a climatologia.



4.7 Índice de Aridez

A distribuição espacial do índice de aridez indica expansão da área considerada semiárida em relação às condições normais para os dois cenários analisados. Para o cenário mais otimista, Figura 48, observa-se que a área semiárida projetada compreende o sudeste da região, e considerando por outro lado, o cenário pessimista, na Figura 49, a área projetada avança para o centro-sul da região. Observa-se ainda, comparando os dois cenários, o recuo da área com característica subúmida úmida para o extremo norte, e um avanço, para esta região, da área subúmida seca.

Figura 48 - Índice de aridez médio (mm) segundo o modelo ETA-HadGEM_ES para o cenário RCP 4.5 e para o período de 2020 a 2059

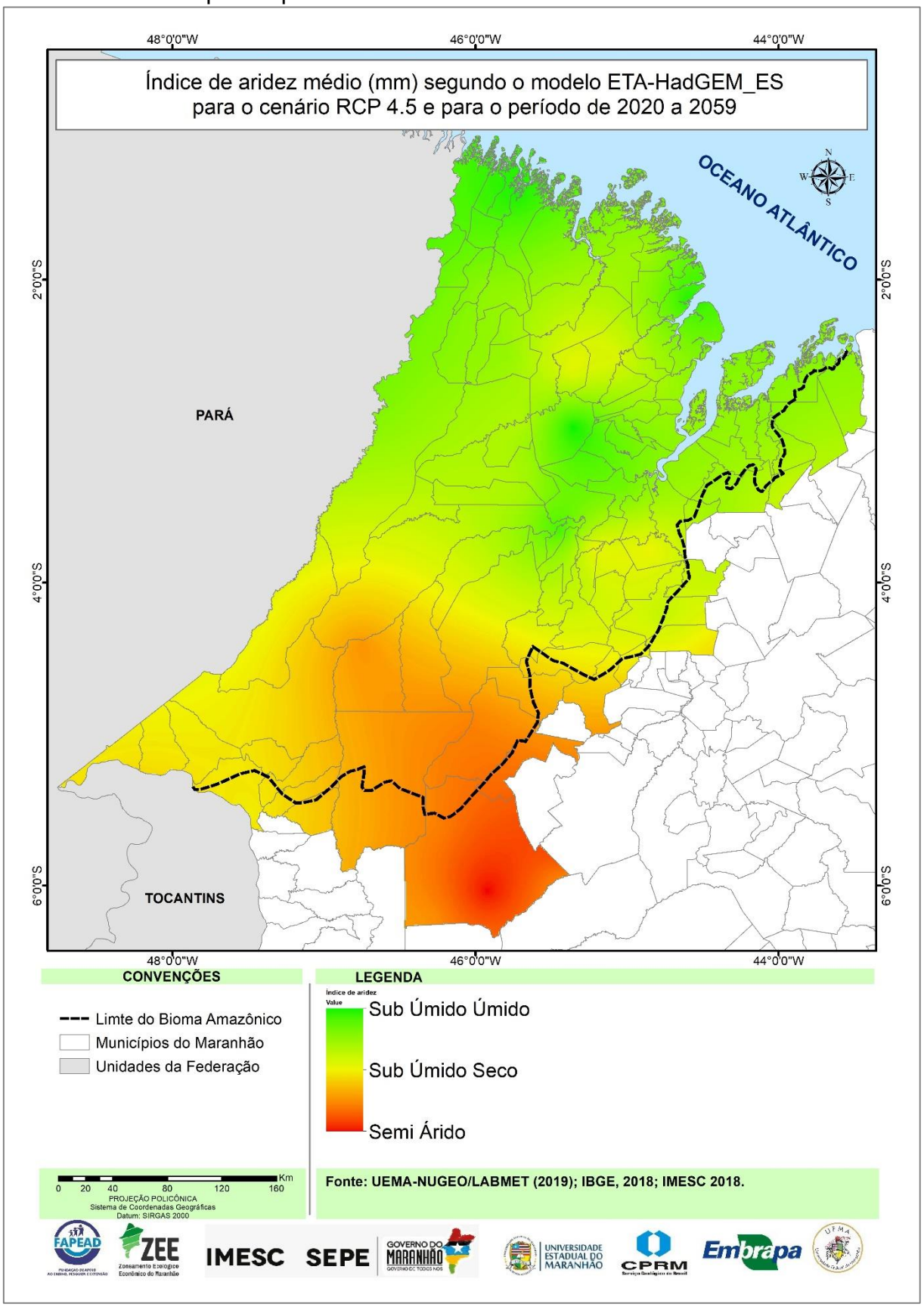
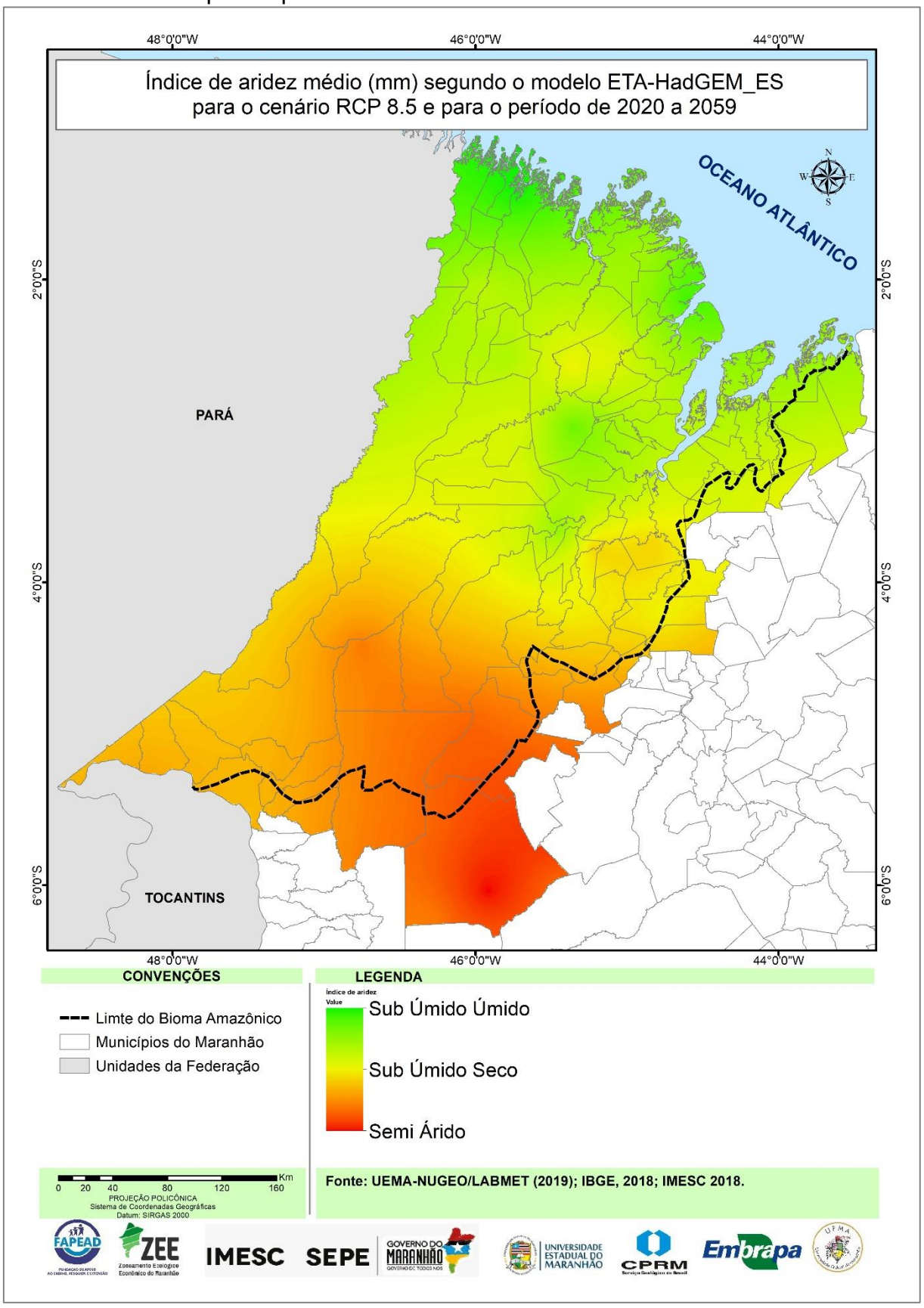


Figura 49 - Índice de aridez médio (mm) segundo o modelo ETA-HadGEM_ES para o cenário RCP 8.5 e para o período de 2020 a 2059.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Diagnóstico Climático

Para o diagnóstico climático foram elaborados mapas temáticos mostrando a distribuição espacial dos principais elementos climáticos (precipitação pluvial e temperatura do ar), indicadores de seca (índice de aridez), processos erosivos (índice de erosividade das chuvas), disponibilidade hídrica (evapotranspiração, excesso e deficiência de água) e indicadores de risco climático, para a definição das épocas de plantio das culturas de sequeiro.

Os dois principais sistemas meteorológicos produtores de chuvas, no Bioma Amazônico Maranhense, são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua predominantemente na parte norte da região, e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, mais efetiva na parte sul. Na parte norte estão concentrados os maiores volumes pluviométricos, com totais anuais superiores a 2000mm. Por outro lado, na parte sul, os totais anuais são inferiores a 1500mm.

A temperatura média anual do ar na região do Bioma Amazônia do Maranhão é de 27,3ºC. As maiores temperaturas médias verificadas ao longo do ano, concentram-se mais ao norte, estando as menores temperaturas localizadas no extremo sul do Bioma Amazônico Maranhense.

As maiores perdas de água para a atmosfera ao longo do ano, por meio da evaporação e transpiração das plantas, assim como os excedentes hídricos, concentram-se no setor norte, enquanto que os menores valores de evapotranspiração potencial ocorrem na região sul do Bioma Amazônico Maranhense.

Os maiores índices de erosividade das chuvas e os possíveis efeitos do risco de erosão do solo ao longo do ano ocorrem na região norte da região de estudo, enquanto que os menores índices de erosividade são observados no setor sul do Bioma Amazônico Maranhense.

Neste estudo constatou-se que grande parte do Bioma Amazônico pertence ao clima de categoria subúmido úmido. Entretanto, mais três tipos climáticos foram encontrados: o úmido, no extremo norte e noroeste e parte da Baixada Maranhense; o subúmido seco, no extremo sul do bioma e o semiárido, no município de Grajaú.

Os resultados adquiridos até o momento expressam de o comportamento do clima na área de estudo. Esses resultados servirão como base para a execução das demais etapas, em especial, do prognóstico climático.

5.2 Cenários Perspectivos - anos secos, normais e chuvosos

Os cenários na ótica da perspectiva, ou seja, de possibilidades para anos secos, normais e chuvosos são importantes para a tomada de decisão e planejamento estratégico, possibilitando definir ações, de forma antecipada, que possam minimizar os impactos causados devido à variabilidade das chuvas, podendo afetar a disponibilidade de água para a agricultura, abastecimento, geração de energia, etc., bem como, as condições ambientais do bioma.

Nos anos secos, a redução média anual de chuvas na área do bioma, quando comparado com a climatologia, foi de 29%. Nos anos chuvosos, o aumento no volume de chuvas foi de 35% em relação à climatologia. A variabilidade das chuvas afeta o poder erosivo, durante a época seca, diminuindo, em média, o poder erosivo das chuvas em 29% em relação à climatologia. Por outro lado, durante os anos chuvosos o potencial erosivo aumenta em 40%, em relação à climatologia. Não se constataram mudanças significativas na temperatura do ar, principalmente, nos anos normais e secos, quando a temperatura obteve ligeiro aumento. Já nos anos chuvosos, a redução da temperatura foi um pouco mais pronunciada em relação à climatologia.

O balanço hídrico mostrou-se uma ferramenta essencial para a confirmação das condições a que a Amazônia Maranhense está sujeita diante de cenários de aumento ou diminuição da precipitação pluviométrica como demonstrado nos mapas de excedente hídrico e deficiência hídrica.

5.3 Cenários Prospectivos - Mudanças Climáticas

Os resultados das projeções obtidas do modelo regional de mudanças climáticas para a região do Bioma Amazônico Maranhense e para os cenários analisados mostraram:

- aumento da temperatura do ar principalmente no cenário mais pessimista;
- gradativa redução dos totais de chuvas;
- aumento das perdas de água por evapotranspiração potencial;
- aumento de deficiência hídrica, com ocorrência até mesmo, na época das chuvas;
- redução do excesso hídrico;

- avanço das áreas de semiaridez e
- redução do potencial erosivo das chuvas.

Dentre os impactos esperados frente aos cenários apresentados nos regimes térmicos e de precipitação, para os próximos 40 anos, pode-se citar:

- redução da disponibilidade das reservas hídricas com efeito direto no ciclo hidrológico e, consequentemente, em todo o ecossistema da região e a biodiversidade existente. A redução da disponibilidade hídrica, além de afetar o ecossistema da região, poderá impactar no abastecimento de água às comunidades e na demanda hídrica para a agricultura de sequeiro e irrigada;
- aumento do número de queimadas e da extensão das áreas atingidas, resultando em perdas florestais, da fauna e degradação do solo;
- perda de biodiversidade e das condições de subsistência da população local;
- redução do nível dos rios;
- perda de biomassa e produtividade da floresta e intensificação da seca, resultando em perda de biodiversidade, pois as espécies vegetais existentes no bioma dependem da regularidade do regime de chuvas e das condições de umidade do solo;
- aumento do tempo de resiliência do ecossistema;
- redução da erosividade das chuvas, considerando a escala temporal utilizada (anual e sazonal), porém não estão descartadas ocorrências de eventos extremos de chuvas, em escala de tempo menor, o que pode contribuir para a intensificação do processo erosivo do solo;
- mudança do teor de umidade do solo que poderá levar à degradação/compactação e perda de produtividade, ameaçando a agricultura local e a segurança alimentar dos agricultores de subsistência;
- processo de desertificação, principalmente, no Centro-Sul do bioma, que poderá promover a esterilidade do solo, perda de nutrientes e da capacidade de produção das áreas afetadas e
- alteração da composição arbórea favorecendo as espécies mais adaptadas às condições semiáridas.

REFERÊNCIAS

BLACK, T. L. **The New NMC Mesoescale Eta model**. Description and forecast examples. Weather and Forecasting. v. 9, n. 2, p. 265-278, jun. 1994.

CHOU, S. C. et al. **Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models.** American Journal of Climate Change, v. 3, n. 5, p. 438-454, dez. 2014a.

CHOU, S. C. et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-525, dez. 2014b.

COLLINS, W. J. et al. **Development and Evaluation of an Earth-System Model-HadGEM2.** Geoscientific Model Development, v. 4, n. 4, p. 1051-1075, nov. 2011.

FAN, Y.;H. van den Dool (2008), **A global monthly land surface air temperature analysis for 1948-present, J. Geophys**. Res., 113, D01103, doi:10.1029/2007JD008470.

MARTIN, G. M. et al. **The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations**. Geoscientific Model Development, v. 4, n. 3, p. 723-757, set. 2011.

MESINGER, F. et al. **An upgraded version of Eta Model**. Meteorology and Atmospheric Physics, v. 116, n. 3, p. 63-79, mai. 2012.

MIOTTO, K. **Amazônia Maranhense requer atenção para continuar existindo**. Disponível em: https://www.oeco.org.br/reportagens/25649-amazonia-maranhense-requer-atencao-para-continuar-existindo/. Acesso em: jun. de 2019.

MOSS, R. H. et al. **The next generation of scenarios for climate change research and assessment**. Nature, v. 463, n. 7282, p. 747–756, fev. 2010.

PENMAN H.L. (1953). **The physical basis of irrigation control**. In: 13th International Horticultural Congress, London: Royal Horticultural Society, 2: 913-914.

SPINELLI-ARAÚJO. L. et al. **Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão**: cenário atual em dados geoespaciais/Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

WATANABE, M. et al. **Improved climate simulation by MIROC5**: mean states, variability, and climate sensitivity. Journal of Climate, v. 23, n. 23. p. 6312–6335, dez. 2010.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537). https://www.oeco.org.br/reportagens/25649-amazonia-maranhense-requer-atencao-para-continuar-existindo/

IV PEDOLOGIA

Elienê Pontes de Araújo (Coordenadora)
Adriano Venturieri
José Raimundo N. Ferreira Gama
Moacir Azevedo Valente
Gustavo Souza Valladares
Marcelino Silva Farias Filho
Luiz Guilherme Teixeira Silva
Sandra Maria Neiva Sampaio
José Ferreira da Rocha
João Firminiano da Conceição Filho
Tassio Koiti Igawa
Antônio Guilherme Campos
Deysiele Viana de Oliveira
Leticia Pontes de Araújo Cavalcante
Idevan Gusmão Soares
Silvio Aurélio Cavalcante
Jucivan Ribeiro Lopes (colaborador)
Hauanen Araújo Rocha (colaboradora)
Danúbio Pinheiro Campo (colaborador)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 180
2 ÁREA DE ESTUDO 181
3 METODOLOGIA 182
3.1 Confecção do mapa de solos 182
3.2 Confecção do mapa de Aptidão Agrícola das Terras 183
4 RESULTADOS 184
4.1 Representação Cartográfica das Classes de Solos Dominantes 184
4.2 Quantificação e Representação Gráfica das Classes de Solos Dominantes 190
4.3 Conceituação das Classes de Solos Dominantes 191
4.3.1 Argissolos 191
4.3.2 Gleissolos 192
4.3.3 Latossolos 195
4.3.4 Luvissolos 196
4.3.5 Neossolos 197
4.3.6 Nitossolos 200
4.3.7 Planossolo 201
4.3.8 Plintossolos 202
4.3.9 Vertissolos 203
4.4 Aptidão Agrícola das terras 204
4.4.1 Representação Cartográfica das Classes de Aptidão Agrícola das Terras 204
4.4.2 Quantificação e Representação Gráfica das Classes de Aptidão Agrícola das Terras 206
4.5 Conceituação das Classes de Aptidão Agrícola das Terras 207
4.5.1 B/A – Classe de aptidão BOA para agricultura 207
4.5.2 R/A – Classe de aptidão REGULAR para agricultura 208
4.5.3 B/P – Classe de aptidão BOA para pecuária 208
4.5.4 R/P – Classe de aptidão REGULAR para pecuária 209
4.5.5 N/R – Classe de aptidão NÃO RECOMENDADA para atividades agropecuárias 209
5 CONCLUSÕES 209
REFERÊNCIAS 210

1 INTRODUÇÃO

O Bioma Amazônia abrange sete milhões de quilômetros quadrados, onde a biodiversidade se destaca como uma de suas características mais marcantes, sendo reconhecido como a maior reserva natural do planeta. Apesar de sua incalculável importância ambiental, há pouco mais de três décadas, a expansão da fronteira agrícola tem contribuído para mudanças significativas na paisagem, que resultam do desmatamento indiscriminado, ocasionando perda de serviços ecossistêmicos.

Nesse contexto, se insere a Amazônia Maranhense correspondendo a 81.208,40km^2, representando 24,46% do território do Estado (MPEG, 2011) que ao longo do tempo sofre com o desmatamento, a retirada ilegal de madeira, a mineração, a produção de carvão e a pecuária. Para Sampaio et al. (2017), considerando estes aspectos, o curso da dinâmica da estruturação territorial, descritos em relatórios oficiais, dizem respeito ao insucesso do planejamento, à falta de organização espacial ou à limitação de recursos financeiros, cuja dimensão é inerente à sustentabilidade.

Nesse sentido, a identificação dos ambientes naturais e de suas fragilidades potenciais e emergentes tem fundamental importância para subsidiar a gestão do uso sustentável, a partir da efetivação de diretrizes e ações no espaço físico-territorial, com melhores possibilidades de uso, locação de infraestrutura e definição de atividades econômicas, sociais e ambientais. O “Zoneamento Ecológico-Econômico” do Bioma Amazônia do Maranhão objetiva atender a essas demandas por meio da gestão de um processo de desenvolvimento sustentável. Esse estudo contém resultados de pesquisa que podem servir como indicadores para elaboração de ações estratégicas concretas, por parte dos gestores das esferas estadual e municipais, visando solucionar os entraves identificados e, assim, promover eficazmente o desenvolvimento desejado.

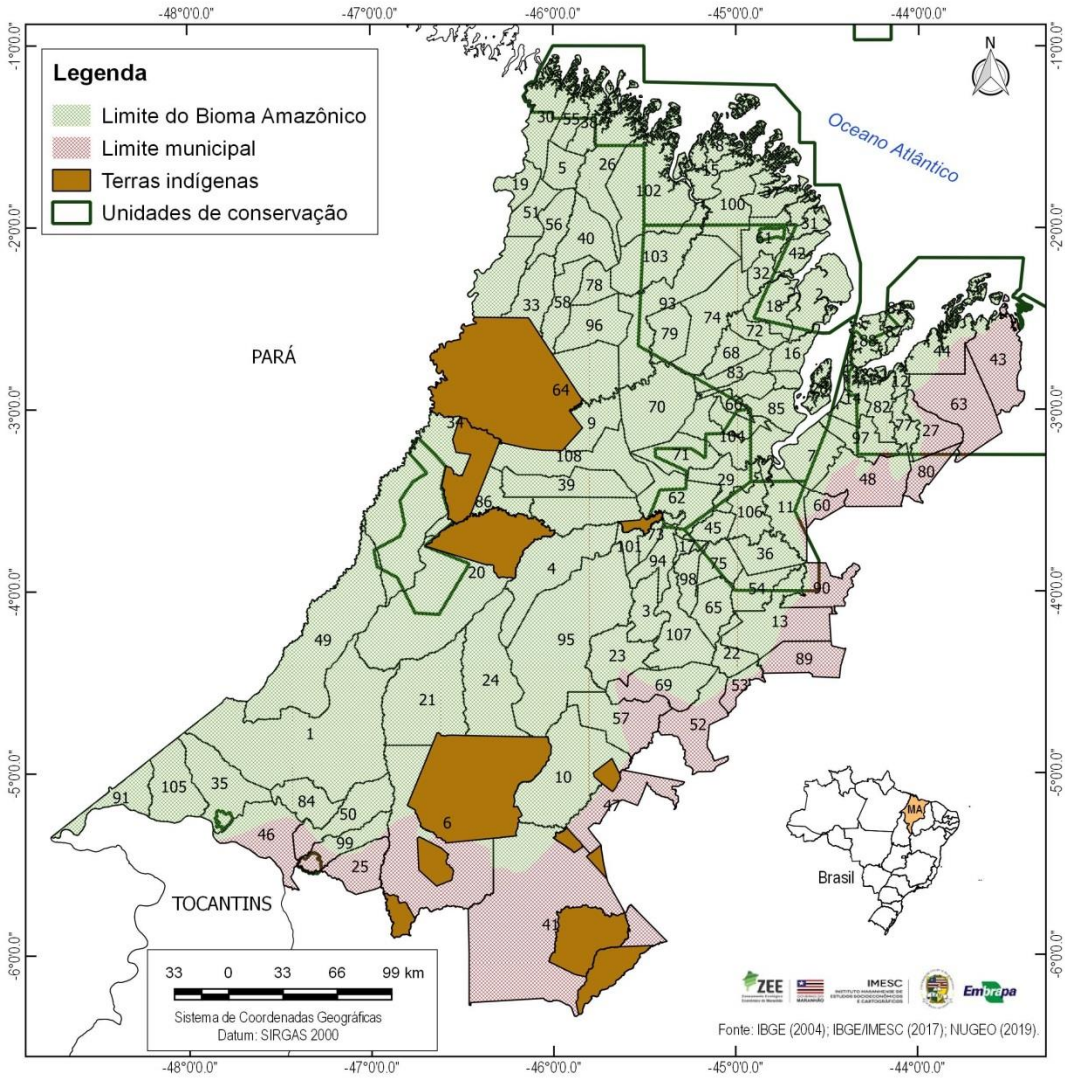
Um dos temas importantes que servirá de subsídio para elaboração do referido zoneamento é o “Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras e Uso e Cobertura Vegetal”. Trata-se de um plano de ação contemplado no projeto “Desenvolvimento de Estudos dos Recursos Naturais no estado do Maranhão”, que está sendo executado através do “Contrato de Cooperação Técnico-Científica”, celebrado entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e a Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAPEAD), na condição de interveniente.

O presente relatório é o resultado dos estudos preliminares, em fase de andamento, executados em escritório e campo do Bioma Amazônia do Maranhão.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na parte ocidental do estado do Maranhão entre as coordenadas 0º 47’ 33” e 05º 37’ 02” de latitude Sul e 43º 37’ 54” e 48º 53’ 05” de longitude Oeste, correspondente ao Bioma Amazônico do estado do Maranhão, que representa 24,46% do território maranhense (IBGE, 2002), no qual estão incluídos 108 municípios (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo

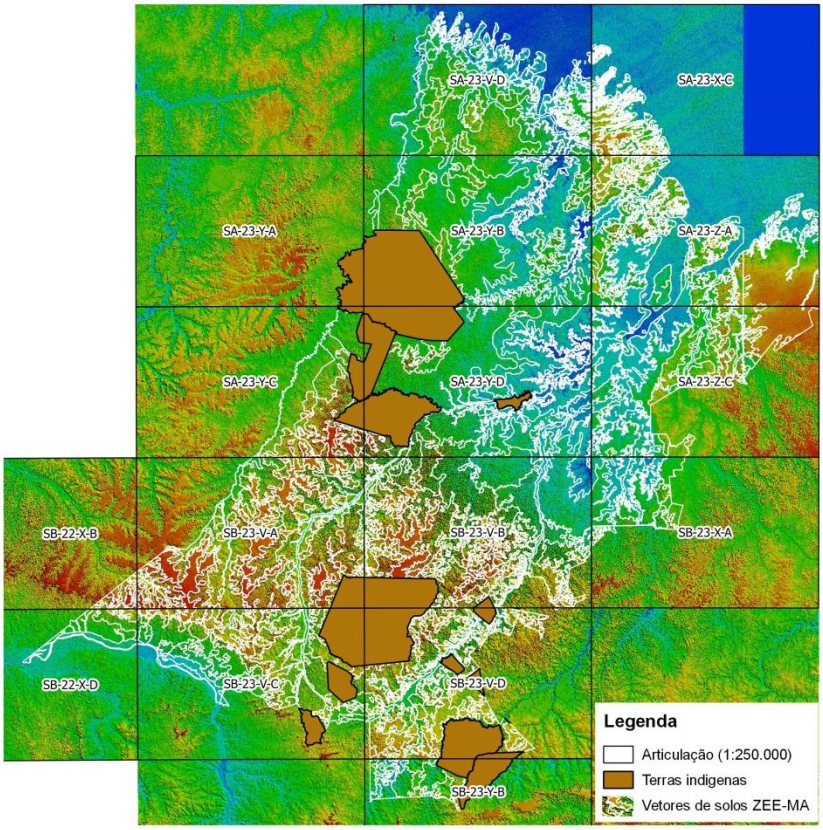


3 METODOLOGIA

3.1 Confecção do mapa de solos

O mapa de solos foi confeccionado com base no banco de dados disponibilizado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) da EMBRAPA/RJ. Para o detalhamento das unidades de mapeamento foram utilizadas imagens de Radar do Projeto TOPODATA (INPE DSR, 2013) e imagens do satélite *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS/PALSAR) do portal de dados *Alaska Satellite Facility* (NASA, 2011) (Figura 2).

Figura 2 – Imagem de Radar em Composição Colorida do Projeto TOPODATA



Fonte: INPE DSR (2013)

Esta ferramenta é de extrema importância para se realizar as aferições nos limites dos polígonos das unidades de mapeamento, principalmente no que se refere à classificação do relevo, conforme os critérios constantes no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015), pois o relevo é o elemento de interpretação de maior importância na elaboração de mapas pedológicos.

Os trabalhos de campo foram realizados em áreas previamente selecionadas de acordo com os padrões fisiográficos identificados nas imagens de radar. Nessas áreas foram abertas trincheiras (perfis e minitrincheiras) ou limpeza de cortes de estrada (barrancos) para descrição morfológica, classificação taxonômica preliminar e coleta de amostras de solos para análise em laboratório, de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015).

As análises físicas e químicas das amostras de solos foram realizadas no laboratório de análises de solos da Embrapa Amazônia Oriental, de acordo com os métodos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solos (CLAESSEN, 1997).

A classificação taxonômica dos solos foi feita com base nos atributos diagnósticos físicos e químicos dos solos até o 4º nível categórico (subgrupo) de acordo com as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Foram também incluídas, na classificação taxonômica, as fases de relevo que qualificam as condições de declividade, importantes para análise dos graus de intensidade dos fatores limitantes de uso da terra, como a suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização.

O mapa final de solos foi confeccionado na escala 1:250.000 enquadrando-se na modalidade de “Reconhecimento de Média Intensidade”, utilizado para planejamento em grandes áreas, elaboração de projetos agrícolas ou definição de áreas para colonização, assim como, instalação de núcleos de colonização e de estações experimentais (IBGE, 2015).

3.2 Confecção do mapa de Aptidão Agrícola das Terras

A confecção do mapa de aptidão agrícola das terras foi baseada na interpretação dos atributos diagnósticos dos solos, conjuntamente com a análise do grau de intensidade dos fatores limitantes do uso da terra (deficiência de fertilidade; deficiência de água; excesso de água ou deficiência de oxigênio; suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização), de acordo com a metodologia proposta por Ramalho Filho & Beek (1995), em uso no Brasil. A interpretação dos resultados para definição do tipo de utilização preferencial das terras baseia-se em práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico com investimento de capital, utilização de

resultados de pesquisa e uso de insumos modernos para manejo, melhoramento e conservação dos solos e das lavouras ou pastagens.

Para facilitar o entendimento por parte dos usuários, foi adotada a simbologia simplificada já em uso nos Estados do Pará e Amapá (VENTURIERI et al., 2010, 2016, 2017), como se descreve a seguir:

B/A – Terras que apresentam classe de aptidão BOA para agricultura.

R/A – Terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para agricultura.

B/P - Terras que apresentam classe de aptidão BOA para pecuária.

R/P - Terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para pecuária

N/R - Terras NÃO RECOMENDADAS para atividades agropecuárias.

4 RESULTADOS

4.1 Representação Cartográfica das Classes de Solos Dominantes

De acordo com as normas técnicas (SANTOS et al., 2018) as classes dos solos dominantes são representadas por convenção de cores nos sistemas RGB, CMYK ou HSV, até o segundo nível categórico de classificação taxonômica (Figura 3).

Os resultados apresentados no mapa de solos referem-se às atividades de escritório, resultados de pesquisa de campo publicados em estudos anteriores (EMBRAPA.SNLCS, 1982 e 1986; VENTURIERI et al., 2017; BRASIL, 1973), ao mapeamento dos solos do “PROGRAMA + IDH” (NUGEO/UEMA, 2017) e às pesquisas de campo do ZEE.

Para se proceder às correlações necessárias para validação da classificação taxonômica dos solos foram feitas 228 observações com o auxílio de trado holandês nas áreas com possibilidade de acesso, utilizados 126 perfis sendo 85 perfis de solos descritos durante os trabalhos de campo do programa +IDH e do ZEE do Bioma do estado do Maranhão (Tabela 1) e mais 41 perfis existentes em trabalhos publicados anteriormente (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

Figura 3 – Mapa de Solos do Bioma Amazônico no Estado do Maranhão

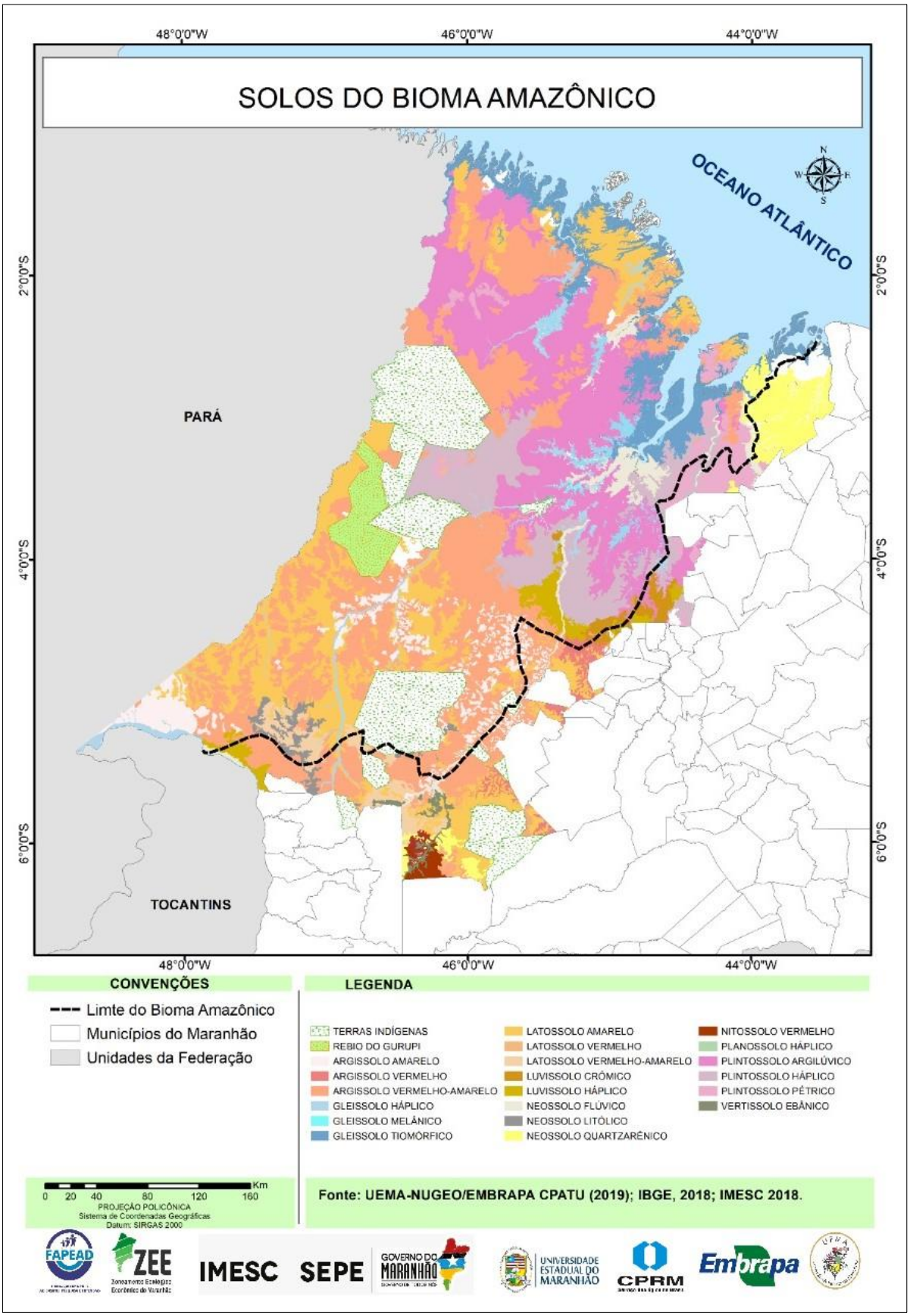


Tabela 1 - Relação das amostras de solos protocoladas no laboratório da Embrapa Amazônia Oriental para as análises físicas e químicas (+IDH e ZEE Maranhão)

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Município)	Nº de Amostras por perfil	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 1	Arame	6	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico
Perfil 2	Amarante do Maranhão	5	GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 3	Arame	6	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico
Perfil 4	Arame	6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 5	Arame	6	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso típico
Perfil 6	Arame	16	NEOSSOLO FLÚVICO Distrófico típico
Perfil 7	Arame	6	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 8	Arame	7	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 9	Marajá do Sena	6	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 10	Santa Luzia	6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 11	Brejo de Areia	6	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico
Perfil 12	Satubinha	6	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 13	Satubinha	7	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 14	Satubinha	7	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 15	Satubinha	5	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico plintossólico
Perfil 16	Satubinha	5	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 17	Conceição do Lago-Açu	5	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 18	São João do Carú	6	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 19	São João do Carú	6	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 20	Governador Newton Bello	5	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 21	Governador Newton Bello	7	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico plintossólico
Perfil 22	Governador Newton Bello	6	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico fragipânico
Perfil 23	Pedro do Rosário	6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 24	Pedro do Rosário	7	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 25	Cajari	7	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 26	Cajari	5	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 68	Santa Luzia do Paruá	6	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 69	Maranhãozinho	7	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 70	Centro do Guilherme	5	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico
Perfil 71	Centro Novo do Maranhão	6	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico
Perfil 72	Maracaçumé	7	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico
Perfil 73	Turilândia	6	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico
Perfil 74	Governador Nunes Freire	7	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 75	Governador Nunes Freire	6	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico e plintossólico

Perfil 76	Cândido Mendes	7	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 77	Luís Domingues	5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 78	Carutapera	5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 79	Carutapera	2	GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico
Perfil 80	Turiaçu	6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 81	Turiaçu	7	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 82	Turiaçu	6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 83	Bacuri	6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 84	Apicum-Açu	6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 85	Bacuri	6	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico típico
Perfil 86	Bacuri	6	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 87	Cururupu	7	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 110	Bacabal	5	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico
Perfil 111	São Mateus do Maranhão	5	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico petroplíntico
Perfil 112	Lago da Pedra	5	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico
Perfil 113	Pio XII	5	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico abrúptico
Perfil 114	Paulo Ramos	4	LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico
Perfil 115	Santa Luzia	5	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 116	Brejo de Areia	5	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
Perfil 117	Zé Doca	3	NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico
Perfil 118	Zé Doca	5	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico abrúptico
Perfil 119	Zé Doca	5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 120	Centro Novo do Maranhão	4	LATOSSOLO AMARELO Distrófico petroplíntico
Perfil 121	Alto Alegre do Pindaré	4	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 122	Santa Luzia	5	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
Perfil 123	Itapecuru Mirim	5	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 124	Presidente Juscelino	4	ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico arênico
Perfil 125	Grajaú	6	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
Perfil 126	Grajaú	3	NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico
Perfil 127	Grajaú	6	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico
Perfil 128	Amarante do Maranhão	6	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico
Perfil 129	Açailândia	4	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrocoeso típico
Perfil 130	Buritirana	4	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico luvissólico
Perfil 131	Senador La Rocque	5	ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico
Perfil 132	João Lisboa	5	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
Perfil 133	Açailândia	6	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
Perfil 134	Açailândia	5	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
Perfil 135	Açailândia	5	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico endoconcrecionário
Perfil 136	Itinga do Maranhão	5	LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico
Perfil 137	Itinga do Maranhão	6	ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 138	Itinga do Maranhão	6	LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico típico
Perfil 139	Presidente Juscelino	5	ESPODOSSOLO FERRILÚVICO Órtico espessarênico

Perfil 140	Itinga do Maranhão	5	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 141	Rosário	5	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 142	Bacabeira	3	GLEISSOLO MELÂNICO Halítico típico
Perfil 143	Ferrer	6	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico
Perfil 144	São Bento	5	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico espessarênico
Perfil 145	Bequimão	6	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico petroplíntico
Perfil 146	Bequimão	6	ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico plintossólico
Perfil 147	Morros	?	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico
Perfil 148	Humberto de Campos	?	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico

Tabela 2 - Relação de amostras de solos publicadas em trabalho anterior na área do projeto com os resultados analíticos

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 27	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 28	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 29	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 30	Tufilândia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 31	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 32	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 33	Amarante do Maranhão	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 34	Bom Jesus das Selvas	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 35	Arame	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 36	Tufilândia	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico

Fonte: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 1982 (Boletim Pesquisa n° 15)

Tabela 3 - Relação de amostras de solos publicadas em trabalho anterior na área do projeto com os resultados analíticos

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 37	Grajaú	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 38	Turiaçu	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 39	Cidelândia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 40	Paço do Lumiar	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 41	Imperatriz	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico
Perfil 42	Santa Inês	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 43	Anajatuba	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 44	São Bento	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 45	Bacabeira	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 46	Anajatuba	PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico típico
Perfil 47	Bom Jardim	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico

Perfil 48	Bacabeira	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico típico

Fonte: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 1986 (Boletim de Pesquisa n° 35, v.1)

Tabela 4 - Relação de amostras de solos publicadas em trabalho anterior na área do projeto com os resultados analíticos

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 49	Bacabeira	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico
Perfil 50	Itapecuru Mirim	PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário típico
Perfil 51	São João Batista	VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Sálico típico
Perfil 52	Anajatuba	GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico
Perfil 53	Anajatuba	GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico

Fonte: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, 1986 (Boletim de Pesquisa n° 35, v.2)

Tabela 5 - Relação de amostras de solos publicadas em trabalho anterior na área do projeto com os resultados analíticos

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 54	Bom Jesus da Selvas	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico
Perfil 55	São Luís Gonzaga do Maranhão	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico típico
Perfil 56	Bacabeira	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Fonte: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. PROJETO RADAM (Rio de Janeiro, 1973. V.II e III)

Tabela 6 - Relação de amostras de solos publicadas em trabalho anterior na área do projeto com os resultados analíticos

Identificação das Amostras	Local de coletas das amostras (Municípios)	Classificação Taxonômica Preliminar até o 4° nível categórico (Subgrupos)
Perfil 57	Santa Inês	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Epieutrófico típico
Perfil 58	Santa Inês	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Epieutrófico típico
Perfil 59	Santa Inês	PLINTOSSOLO HÁPLICO Alítico típico
Perfil 60	Monção	GLEISSOLO MELÂNICO Alítico típico
Perfil 61	Monção	GLEISSOLO MELÂNICO Alítico típico
Perfil 62	Monção	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico
Perfil 63	Monção	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico abrúptico
Perfil 64	Monção	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico típico
Perfil 65	Santa Inês	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Eutrófico abrúptico
Perfil 66	Arari	PLINTOSSOLO HÁPLICO Eutrófico solódico
Perfil 67	Monção	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico latossólico

Fonte: VENTURIERI et al. Belém, PA; EMBRAPA Amazônia Oriental, 2017 (Série Documentos, 433)

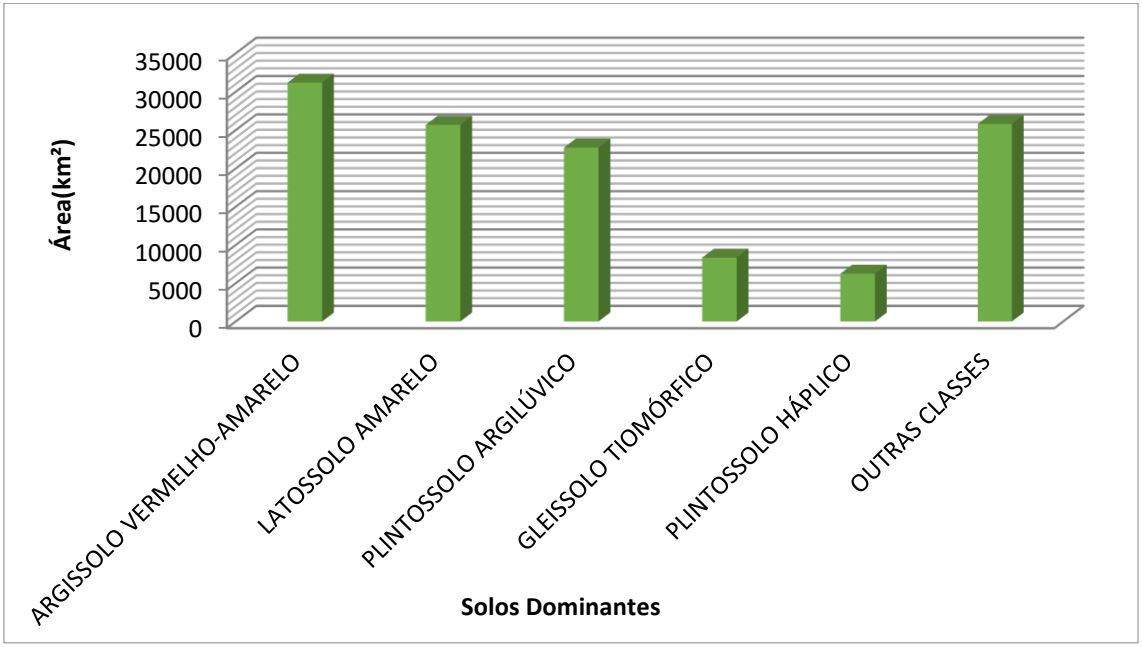
4.2 Quantificação e Representação Gráfica das Classes de Solos Dominantes

Os resultados mostram que 78,48% do bioma é composto pelas seguintes classes de solos: Argissolo Vermelho-Amarelo (25,98%), Latossolo Amarelo (21,40%), Plintossolo Argilúvico (18,94%), Gleissolo Tiomórfico (6,95%) e os Plintossolos Háplicos (5,21%). As outras classes somam 21,52% do total de 119.989,87km^2 da área mapeada (Tabela 7 e Figura 4).

Tabela 7 – Quantificação das classes de solos (Subordens) identificadas e mapeadas no Bioma Amazônico no estado do Maranhão

Unidade de Mapeamento	Classificação Taxonômica dos Solos (Subordens)	Área Mapeada (km²)	%
PA	ARGISSOLO AMARELO	4.240,70	3,53
PV	ARGISSOLO VERMELHO	693,64	0,58
PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	31.178,79	25,98
GX	GLEISSOLO HÁPLICO	1.970,31	1,64
GM	GLEISSOLO MELÂNICO	37,37	0,03
GJ	GLEISSOLO TIOMÓRFICO	8.343,69	6,95
LA	LATOSSOLO AMARELO	25.683,42	21,40
LV	LATOSSOLO VERMELHO	109,61	0,09
LVA	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	2.435,44	2,03
TC	LUVISSOLO CRÔMICO	789,23	0,66
TX	LUVISSOLO HÁPLICO	2.220,75	1,85
RY	NEOSSOLO FLÚVICO	3.109,28	2,59
RL	NEOSSOLO LITÓLICO	11,42	0,01
RQ	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	5.393,47	4,49
NV	NITOSSOLO VERMELHO	568,37	0,47
SX	PLANOSSOLO HÁPLICO	43,24	0,04
FT	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO	22.727,67	18,94
FX	PLINTOSSOLO HÁPLICO	6.252,92	5,21
FF	PLINTOSSOLO PÉTRICO	3.750,00	3,13
VE	VERTISSOLO EBÂNICO	430,55	0,36
	TOTAL	119.989,87	100,00

Figura 4 – Representação gráfica das classes dos solos dominantes na área do Bioma Amazônia do estado do Maranhão



4.3 Conceituação das Classes de Solos Dominantes

4.3.1. Argissolos

São grupamentos de solos minerais profundos, bem drenados, tendo como principal característica um acentuado aumento do conteúdo de argila do horizonte superficial “A” para o subsuperficial “B”, evidenciando o horizonte diagnóstico B textural (Bt), podendo ou não apresentar cerosidade.

A nomenclatura das classes de textura desses solos é sempre do tipo binária, arenosa/média, média/argilosa ou argilosa/muito argilosa. Quando a diferença do conteúdo de argila do horizonte “A” para o “B” é muito acentuada (abrupta) a nomenclatura das classes de textura é arenosa/argilosa ou média/muito argilosa. Comummente apresentam adensamento de partículas na profundidade de 30 a 70cm da superfície do solo, o que é verificado pela resistência à penetração da faca pedológica, caracterizando o caráter coeso (SANTOS et al., 2018).

Os solos argilosos apresentam horizontes genéticos dispostos na sequência A, Bt (B textural) e C. Quimicamente, estes solos apresentam muito baixo nível de fertilidade química natural. Os solos pertencentes a este grupamento, de um

modo geral, podem ser encontrados em áreas com relevo plano, suavemente ondulado, ondulado ou até fortemente ondulado, o que interfere grandemente na definição da sua classe de aptidão agrícola.

Foram mapeadas as seguintes classes de argissolo: Argissolo Amarelo Distrófico Típico, Argissolo Vermelho Distrófico Típico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, identificadas no mapa de solos pelos símbolos PAd, PVd e PVAd, respectivamente. Diferenciam-se morfologicamente uns dos outros, basicamente, pela cor do matiz dominante no perfil: 10 YR e 7,5YR para os Argissolos Amarelos; 2,5YR e 10R para os Argissolos Vermelhos; e 7,5 YR e 5YR para os Argissolos Vermelho-Amarelos (Figuras 5, 6 e 7).

Figura 5 – Perfil de Argissolo amarelo



Figura 6 – Perfil de Argissolo Vermelho



Figura 7 – Perfil Argissolo Vermelho Amarelo



4.3.2 Gleissolos

São solos minerais hidromórficos, mal drenados, desenvolvidos de sedimentos recentes, sob forte influência do lençol freático. Apresentam forte gleização evidenciada por cores acinzentadas e azuladas, com muitos mosqueados decorrentes do processo de oxirredução. Apresentam-se pouco desenvolvidos, mediamente profundos, com horizontes dispostos na sequência A a Cg, ou A, Bg e Cg (Gleissolos Háplicos – Figura 8).

Figura 8 - Perfil de Gleissolo Háplico



Fonte: Programa +IDH

A textura é predominantemente argilo-siltosa com valores altos de silte e argila, devido à constante sedimentação de materiais finos que são conduzidos em suspensão pelos rios e depositados nas planícies aluviais. São encontrados em planícies aluviais sob florestas de várzea e estão sujeitos a regimes de inundação frequente. Apresentam grande variação, em decorrência da natureza do material de que são originados, podendo, por conseguinte, serem eutróficos ou distróficos e com elevada ou baixa saturação de alumínio. Normalmente, encontram-se associados aos Neossolos Flúvicos que apresentam níveis de fertilidade semelhante. Na área estudada, foram identificadas e mapeadas as seguintes classes: Gleissolo Háplico Distrófico Típico (GXbd), Gleissolo Háplico Eutrófico Típico (GXve), Gleissolo Melânico Alítico Típico (GMal) e Gleissolo Tiomórfico Órtico Típico (GJo). Os Gleissolos Melânicos possuem como atributos, diagnóstico importante para sua classificação taxonômica o alto teor de carbono orgânico, chegando a 74,24 g/kg na camada superficial do solo até à profundidade de 20cm, proporcionando ao solo coloração bastante escura, indicando a ocorrência do horizonte diagnóstico A húmico (Figura 9).

Figura 9 – Detalhe do horizonte A húmico do Gleissolo Melânico



Fonte: Venturieri et al., 2017

Os Gleissolos Tiomórficos são formados por materiais organo-minerais e apresentam propriedades físico-químicas ainda mais diferentes dos outros gleissolos. São solos com horizontes sulfúrico e/ou sulfídrico que se formam sob forte influência das águas salinas (VALENTE et al., 1999). São encontrados na região costeira do Estado, sob vegetação de manguezal (Figura 10). Ferreira (1989), citado por Mello et al. (1995), descreve o manguezal como um importante ecossistema cuja estrutura oferece grande número de nichos ecológicos para espécies de importância econômica como: peixes, crustáceos e moluscos que encontram nesse ambiente um local de alimentação, reprodução, desova, crescimento e proteção contra inúmeros predadores.

Figura 10 – Aspecto da vegetação de manguezal onde ocorrem os Gleissolos Tiomórficos (município de Bequimão)



4.3.3 Latossolos

São solos minerais profundos e muito profundos, bem drenados que apresentam como principal característica o horizonte diagnóstico subsuperficial “B” latossólico (Bw). O horizonte B latossólico apresenta avançado estágio de intemperização com alteração completa dos minerais primários menos resistentes ao intemperismo. Em geral, é constituído por quantidades variáveis de óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila 1:1 (caulinita), quartzo e outros minerais mais resistentes ao intemperismo, com predominância de qualquer um deles.

Os Latossolos apresentam horizontes genéticos dispostos na sequência A, Bw (B latossólico) e C. De um modo geral, apresentam baixo nível de fertilidade química natural, pH fortemente ácido, elevados teores de alumínio trocável, elevada saturação com alumínio, baixa saturação por bases trocáveis, baixa capacidade de troca de cátions e baixíssimos teores de fósforo assimilável. Os solos pertencentes a esse grupamento são encontrados em áreas de relevo dominantemente plano e suavemente ondulado, o que interfere na definição da sua classe de aptidão agrícola.

Foram identificadas e mapeadas as seguintes classes de Latossolos nos limites do Bioma Amazônia do Maranhão: Latossolo Amarelo Distrófico típico, Latossolo Vermelho Distrófico típico e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico. Similarmente aos Argissolos, diferenciam-se morfologicamente uns dos outros pela cor dominante no perfil: 10 YR e 7,5YR para os Latossolos Amarelos (Figura 11); 2,5YR

e 10R para os Latossolos Vermelhos; e 7,5 YR e 5YR para os Latossolos Vermelho-Amarelos (Figura 12). São identificados no mapa pelos símbolos LAd, LVd e LVAd, respectivamente.

Figura 11 - Latossolo Amarelo



Fonte: Registro da pesquisa (2018)

Figura 12 - Latossolo Vermelho-Amarelo



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

4.3.4 Luvissolos

São solos minerais, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação elevada por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Esses solos variam de bem a imperfeitamente drenados sendo, normalmente, pouco profundos, com sequência de horizontes genéticos do tipo A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles. A transição para o horizonte B textural é clara ou abrupta e grande parte dos solos desta classe possui mudanças texturais abruptas. Eles podem ou não apresentar pedregosidade na parte superficial e caráter solódico ou sódico na parte subsuperficial (SANTOS et al., 2018). São moderadamente ácidos a ligeiramente alcalinos, com teores de alumínio extraível baixo ou nulo e com valores elevados para a relação molecular Ki no horizonte Bt, normalmente entre 2,4 e 4,0, denotando

presença em quantidade variável, mas expressiva, de argilominerais do tipo 2:1 (SANTOS et al., 2018). Na área de estudo foram identificadas as classes Luvissolo Crômico Órtico típico (Figura 13) e Luvissolo Háplico Órtico típico, representadas no mapa pelos símbolos TCo e TXo, respectivamente.

Figura 13 – Luvissolo Crômico



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

4.3.5 Neossolos

Os Neossolos são solos pouco desenvolvidos, rasos ou pouco profundos, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Neste grupamento ocorrem solos com características físico-químicas extremamente diferentes, em decorrência da natureza do material de que são originados. Na área estudada foram identificadas as classes Neossolo Flúvico Ta Eutrófico típico, Neossolo Litólico

Distrófico típico e Neossolo Quartzarênico Órtico típico, representadas no mapa de solos pelos símbolos RYve, RLd e RQo.

Os Neossolos Flúvicos (Figura 14) são desenvolvidos com forte influência do lençol freático próximo à superfície, sendo oriundos da deposição de sedimentos aluviais, de natureza muito variável, constituindo camadas sem relação pedogenética entre si. Estes solos são hidromórficos, rasos ou pouco profundos, com textura variável, normalmente, com dominância da fração silte, com nível de fertilidade natural baixo ou alto. Eles ocorrem em relevo plano, margeando os cursos d'água com vegetação de floresta de várzea, normalmente associados aos Gleissolos.

Figura 14 – Neossolo Flúvico



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

Os Neossolos Litólicos (Figura 15) apresentam horizonte A com menos de 40cm de espessura diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm, que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (SANTOS et al., 2018).

Figura 15 – Neossolo Litólico



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

Os Neossolos Quartzarênicos (Figura 16) são solos minerais, profundos, hidromórficos ou não hidromórficos, que apresentam classe de textura arenosa, essencialmente quartzosos, com sequência de horizontes A e C. Apresentam fortes limitações físico-químicas, que praticamente inviabilizam qualquer tipo de utilização agropecuária.

Figura 16 – Neossolo Quartzarênico



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

4.3.6 Nitossolos

São solos minerais, profundos, bem drenados, com pequena diferenciação entre os horizontes, desenvolvidos a partir da intemperização de rochas eruptivas básicas (basaltos e diabásios), onde predominam as cores nos matizes 2,5YR ou 10R (OLIVEIRA et al., 1992; SANTOS et al., 2018; VIEIRA, 1993) e são bem estruturados, de textura argilosa a muito argilosa. Uma das características para reconhecimento deste grupamento no campo vai, além da cor, os blocos arredondados de diabásio, a estrutura fortemente desenvolvida com cerosidade e a forte atração das partículas do solo pelo ímã. Quimicamente são solos muito ricos em termos de fertilidade natural, mas, também podem apresentar fertilidade baixa. Ocorrem mais frequentemente em relevo ondulado, sendo também encontrados em relevo forte ondulado.

Na área estudada foi identificada a classe Nitossolo Vermelho Eutrófico típico, representada no mapa de solos pelo símbolo NVe (Figura 17).

Figura 17 – Nitossolo Vermelho



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

4.3.7 Planossolo

Compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial ou eluvial, de textura arenosa, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte Pã responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variada durante o ano. O horizonte B desta classe possui estrutura forte, grande em blocos angulares, frequentemente com aspecto cúbico, ou estrutura prismática ou colunar, pelo menos na parte superior do referido horizonte.

Os solos dessa classe ocorrem com frequência em área de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem excesso de água periodicamente, mesmo que de curta duração, especialmente, em regiões

sujeitas à estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido. Na área estudada foi identificada a classe Planossolo Háplico Distrófico espessarênico, representada no mapa pelo símbolo SXd.

Figura 18 – Planossolo Háplico



Fonte: Registro da Pesquisa (2018)

4.3.8 Plintossolos

Solos minerais que se caracterizam, principalmente, por possuírem o horizonte diagnóstico subsuperficial “B” plíntico (Bf). O horizonte plíntico é reconhecido pela presença de plintita em quantidades que ocupam no mínimo 15% do volume do horizonte, e que tenham 15 centímetros de espessura com arranjamento de cores vermelhas e acinzentadas ou brancas com muitos mosqueados (Figura 19 e 12). A plintita é constituída por uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro, ou ferro e alumínio com quartzo e outros materiais. No solo úmido, a plintita apresenta-se macia, suportando amassamento moderado entre os dedos

polegar e indicador, podendo ser facilmente cortada com a faca pedológica (SANTOS et al., 2018). Na área de estudo, são citadas as ocorrências de Plintossolo Argilúvico, Plintossolo Háplico e Plintossolo Pétrico. Grande parte dos Plintossolos identificados na Amazônia apresenta baixa fertilidade química natural, sendo classificados, por consequência, como solos distróficos com saturação por bases trocáveis inferiores a 50%.

Figura 19 - Perfil de Plintossolo Argilúvico Distrófico Petroplíntico



Fonte: Registro da Pesquisa (2019)

4.3.9 Vertissolos

São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, nunca suficiente para caracterizar um horizonte B textural característico dos Argissolos. A textura é normalmente argilosa ou muito argilosa,

embora possa ser média (com um conteúdo mínimo de argila de 300g/kg) nos horizontes superficiais. A consistência do solo quando seco varia de muito dura a extremamente dura, quando úmido varia de firme a extremamente firme e quando molhado é muito plástico e muito pegajoso (SANTOS et al., 2018).

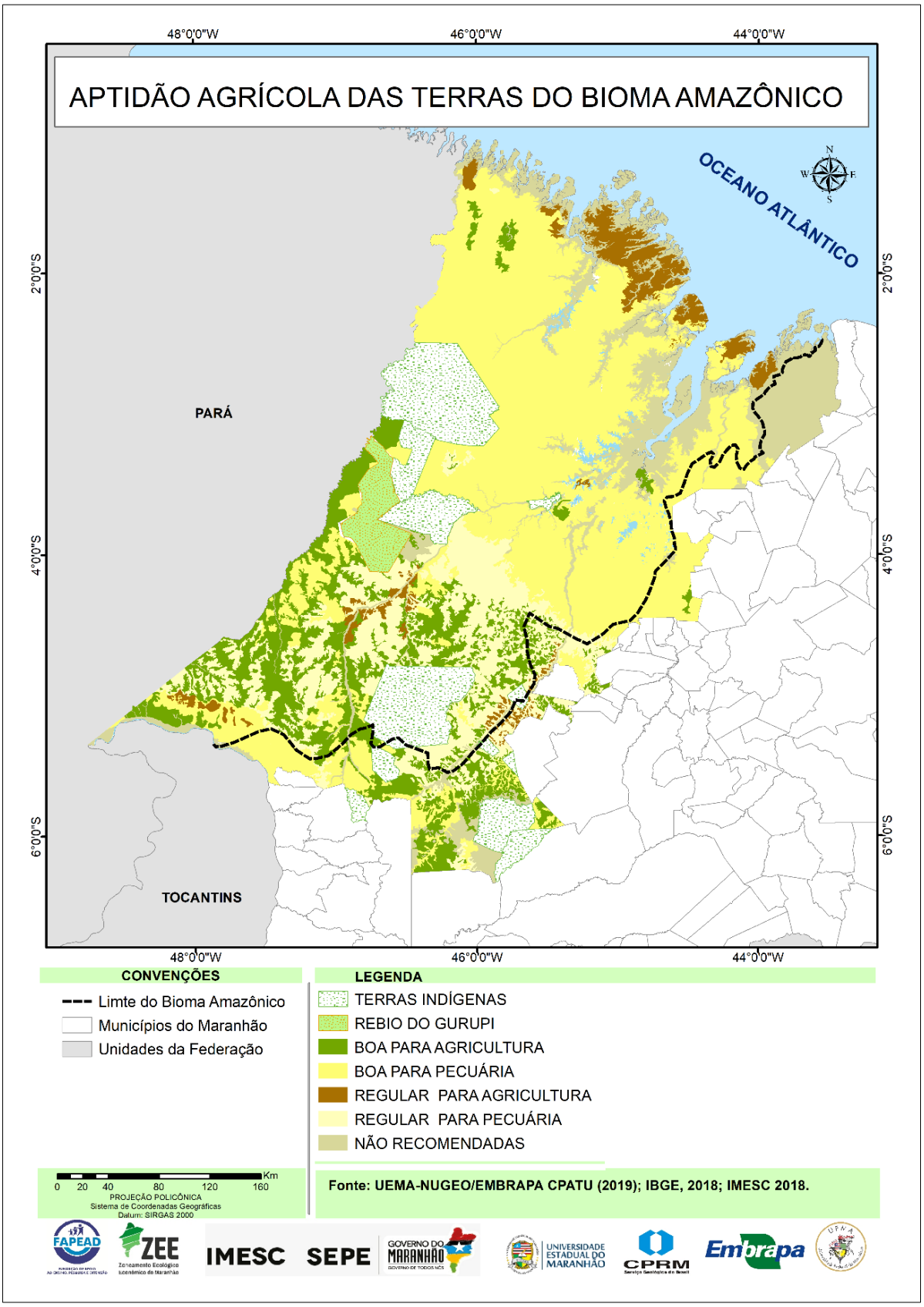
Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, com exposição de fendas profundas desde a superfície do perfil, na época seca e evidências da movimentação da massa do solo, sob a forma aparente de superfícies de fricção denominadas de “slickensides” (SANTOS et al., 2018). Na área mapeada foram identificadas as classes Vertissolo Ebânico Órtico típico e Vertissolo Ebânico Órtico chernossólico, representadas no mapa de solos pelo símbolo VEo.

4.4 Aptidão Agrícola das terras

4.4.1 Representação Cartográfica das Classes de Aptidão Agrícola das Terras

De acordo com as normas técnicas em uso no Brasil, segundo Ramalho Filho & Beek (1995), as classes de aptidão agrícola são representadas por convenção de cores (Figura 20).

Figura 20 – Mapa de Aptidão Agrícola das Terras do Bioma Amazônico no estado do Maranhão



4.4.2 Quantificação e Representação Gráfica das Classes de Aptidão Agrícola das Terras

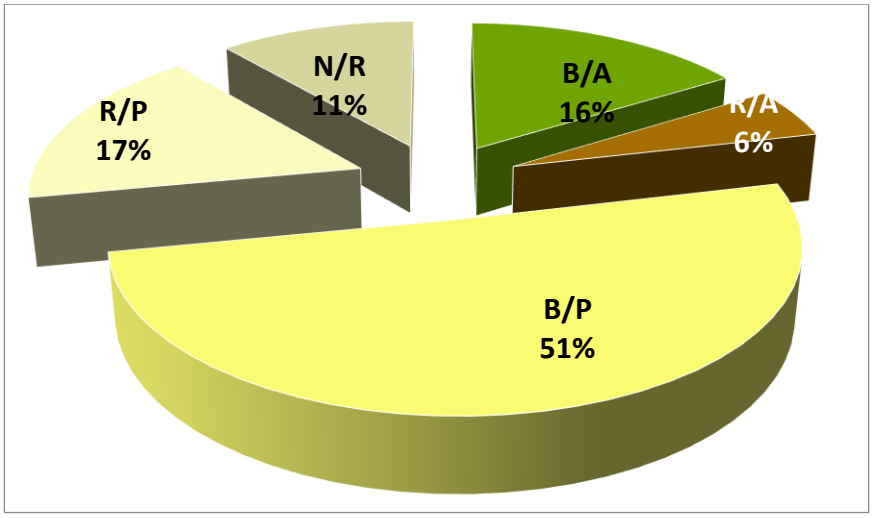
Os resultados contidos na Tabela 8 e representados na Figura 21 mostram que 16,15% da área do Bioma apresentam classe de aptidão B/A (terras que apresentam classe de aptidão BOA para agricultura), 5,24% apresentam classe de aptidão R/A (terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para agricultura), 50,58% apresentam classe de aptidão B/P (terras que apresentam classe de aptidão BOA para pecuária), 16,78% apresentam classe de aptidão R/P (terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para pecuária) e 11,25% apresentam classe de aptidão N/R (terras NÃO RECOMENDADAS para uso agropecuário).

Tabela 8 – Quantificação das classes de aptidão agrícola das terras do Bioma Amazônia do estado do Maranhão.

Símbolo das classes de aptidão agrícola	Classes de aptidão agrícola das terras (Indicação de uso preferencial)	Área mapeada (km²)	%
B/A	Terras que apresentam classe de aptidão BOA para agricultura	19.383,74	16,15
R/A	Terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para agricultura	6.283,42	5,24
B/P	Terras que apresentam classe de aptidão BOA para pecuária	60.691,62	50,58
R/P	Terras que apresentam classe de aptidão REGULAR para pecuária	20.135,65	16,78
N/R	Terras NÃO RECOMENDADAS para uso agropecuário*	13.495,44	11,25
TOTAL	**-**	**119.989,87**	**100,00**

*- Terras que apresentam fortes restrições para utilização. Devem ser destinadas, preferencialmente, à preservação ambiental.

Figura 21 – Representação gráfica das classes de aptidão agrícola das terras do Bioma Amazônico do estado do Maranhão



Fonte: Própria pequisa (2018)

4.5 Conceituação das Classes de Aptidão Agrícola das Terras

4.5.1 B/A – Classe de aptidão BOA para agricultura

Incluem-se nesta classe as áreas de terra firme que apresentam relevo predominantemente plano ou suavemente ondulado, solos profundos, bem drenados e textura média, argilosa ou muito argilosa. Os solos que apresentam essas características estão incluídos nas classes dos Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos.

Na avaliação do grau de intensidade dos fatores limitantes do uso da terra, constata-se que apesar do baixo nível de fertilidade química natural, esses solos apresentam boas propriedades físicas, o que possibilita sua utilização em atividades agrícolas. Apresentam poucas limitações ao uso de máquinas e implementos agrícolas e pouca suscetibilidade à erosão, com potencialidade à produção econômica com culturas de ciclo curto ou longo, adaptadas às condições climáticas da região onde ocorrem. O uso sustentável dessas áreas requer a utilização de insumos agrícolas e emprego de tecnologias adequadas para manejo e conservação, bem como, sistemas de produção capazes de melhorar as condições do solo e aumentar a produtividade das culturas.

Outros solos, mesmo que apresentem fatores limitantes de uso com grau moderado, por excesso de água ou deficiência de oxigênio como ocorre na classe Plintossolo Háplico Eutrófico solódico representada no mapa pelo símbolo FXe, podem ser também considerados com aptidão agrícola BOA para agricultura. As culturas utilizadas nessas áreas devem ser adaptadas a essas condições de excesso de água. Os Plintossolos Argilúvicos Eutróficos abrúptico identificados no mapa de solos pelo símbolo FTe2 podem ser também indicados com classe de aptidão BOA para agricultura.

Os Gleissolos Melânicos Alíticos típicos, identificados no mapa de solos pelo símbolo GMal, ainda que apresentem limitações por excesso de água podem ser incluídos também nas áreas com classe de aptidão BOA (especialmente para agricultura familiar).

Outras áreas mesmo que apresentem limitações com grau moderado de risco, a suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização, devido ocorrerem em áreas de relevo suavemente ondulado a ondulado, podem ser também considerados

com aptidão BOA para Agricultura, uma vez que possuem elevado nível de fertilidade química natural. Solos com essas características são classificados como Nitossolos Vermelhos Eutróficos típicos, identificados no mapa de solos pelo símbolo NVe.

4.5.2 R/A – Classe de aptidão REGULAR para agricultura

Incluem-se nesta classe as áreas de terra firme que apresentam, predominantemente, relevo suavemente ondulado, solos profundos, bem drenados, com textura arenosa/média ou somente média, mas que possuem outras características como caráter plíntico, textura cascalhenta e estejam associados com outros solos, mesmo que ocorram em relevo plano, mas que apresentam características físicas indesejáveis. Os solos que apresentam essas características estão incluídos nas mesmas classes dos solos Argissolos e Latossolos.

Na avaliação do grau de intensidade dos fatores limitantes do uso da terra, constata-se que, além das propriedades químicas, os solos apresentam outras limitações de caráter físico que os excluem da classificação BOA. Mesmo assim, ainda podem ser utilizados na agricultura. Apresentam limitações moderadas ao uso de máquina e implementos agrícolas, como também, moderados riscos de suscetibilidade à erosão. O uso sustentável dessas áreas com cultura de ciclo curto ou longo, requer cuidados mais intensos para conservação dos ecossistemas que são, via de regra, um pouco mais frágeis.

4.5.3 B/P – Classe de aptidão BOA para pecuária

Incluem-se nesta classe de aptidão as áreas que apresentam restrições à utilização com lavouras, principalmente, com culturas de ciclo curto nas quais o uso de máquinas e implementos agrícolas está presente em praticamente todas as fases do processo produtivo.

Os solos que apresentam aptidão BOA para pecuária estão incluídos nas classes dos Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos Háplicos e Plintossolos. Esses solos podem ocorrer em áreas com relevo, predominantemente, suave ondulado e ondulado, com textura muito variável, com ou sem cascalho e, em sua maioria, de baixa fertilidade química.

Na avaliação da aptidão agrícola, constata-se que os fatores limitantes do uso da terra apresentam grau de intensidade moderado ou forte, que estão presentes nas classes de solos de forma conjunta, de tal modo que a indicação dessas áreas para utilização com lavoura está praticamente excluída, devendo ser, preferencialmente, destinadas à atividade pecuária.

4.5.4 R/P – Classe de aptidão REGULAR para pecuária

Incluem-se nesta classe de aptidão as áreas que apresentam grau moderado a forte de restrições à utilização com lavoura. Apresentam ainda, algumas limitações para utilização na pecuária.

Os solos que apresentam aptidão regular para a pecuária estão incluídos nas classes dos Argissolos e Latossolos. Esses solos apresentam limitações à utilização da terra com agricultura, de tal maneira, que a única atividade para essas áreas, mesmo com restrições, é a pecuária.

4.5.5 N/R – Classe de aptidão NÃO RECOMENDADA para atividades agropecuárias

Incluem-se nesta classe as áreas que apresentam ecossistemas muito frágeis e com fortes restrições ao uso agropecuário. Devem ser destinadas preferencialmente à preservação ambiental. Essas áreas devem ser indicadas para proteção da flora e da fauna e estudos científicos da biodiversidade. As áreas com esta classe de aptidão correspondem aos solos muito arenosos, com cobertura vegetal de cerrado e solos hidromórficos com vegetação de mangue, formados por sedimentos recentes, não consolidados, classificados como Gleissolos Tiomórficos Órtico típico, identificados no mapa pelo símbolo GJo.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados nos mapas de solos e aptidão agrícola das terras, excluindo-se todas as restrições de natureza jurídica e/ou ambiental, pode-se concluir que:

a) Os solos de maior extensão e de maior importância agropecuária dentro dos limites da área estudada pertencem às seguintes classes (subordens):

Argissolo Vermelho-Amarelo (31.178,79km²) e Latossolo Amarelo (25.683,42km²);

b) Apesar da baixa fertilidade química natural, os solos acima mencionados são de grande importância, sob o ponto de vista de utilização agropecuária, por apresentarem boas propriedades físicas, e ocorrerem em áreas com relevo predominantemente plano;
c) Os Plintossolos de modo geral (32.730,59km²) e os Vertissolos (430,55km²), como também grande parte dos Argissolos e Latossolos Vermelho Amarelo, apresentam aptidão agrícola BOA para pecuária;
d) Na área estudada, 19.383,74km² (16,15%) apresentam classe de aptidão BOA para agricultura e 60.691,62km² (50,58%) apresentam aptidão BOA para pecuária;
e) Na área estudada, 6.283,42km² (5,24%) apresentam classe de aptidão REGULAR para agricultura e 20.135,65km² (16,78%) apresentam aptidão REGULAR para pecuária; e ainda,
f) Na área~~s~~ estudada, 13.495,44km² (11,25%) apresentam classe de aptidão Não Recomendada para uso agropecuário. Devem ser destinadas preferencialmente à preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. PROJETO RADAM (Rio de Janeiro, 1973). **Levantamento de Recursos Naturais vol. II e III.**

CLAESSEN, M.E.C. (Org**).** Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed**. Revista atual**. Rio de janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Rio de Janeiro. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras da Área do Polo Pré-Amazônia Maranhense**, 1982 (Boletim de Pesquisa n° 15) 290 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Rio de Janeiro. **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão**. **Volume 1**, 1986 (Boletim de Pesquisa n° 35)

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Rio de Janeiro. **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Maranhão**. **Volume 2**, 1986 (Boletim de Pesquisa n° 35)

IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Ambientais. **Manual Técnico de Pedologia**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2015. 430p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, 4).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução nº 05, de 10 de outubro de 2002**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 out. 2002. Seção 1, p. 48-65. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/resolucao.shtm. Acesso em: 12 abr. 2007

INPE/DSR - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Topodata**: banco de dados morfométricos do Brasil. Disponível em: //www.dsr.inpe.br/topodata/index. php. Acesso em: 24 abr. 2018

MELO, C.F.; BRITO da SILVA, A.; PERES, A. da C. Contribuição ao Conhecimento da Fauna dos Manguezais Paraenses. In: WORKSHOP ECOLAB, 3., 1995, Belém. **Livro de resumos expandidos**. Belém: UFPA/MPEG/SUDAM, 1995 p. 35-37

MPEG -Museu Paraense Emilio Goeldi. **Amazônia Maranhense**: Diversidade e Conservação / Organizado por Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira – Belém: MPEG, 2011. 328 p.: il. Disponível em: www.mma.gov.br/.../58-probio-i-serie-biodiversidade?...1008:amazonia-maranhense... Acesso em: 24 abr. 2018

NASA - Nacional Aeronautics and Space Administration. **Imagens do satélite Advanced Land Observing Satellite (ALOS)**. Disponível em: https://vertex.daac.asf.alaska.edu. Acesso em: 20 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: Guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal. 2ª ed. FUNEP, 1992. 201 p.

RAMALHO FILHO, A.: BEEK, K.J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3ª ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65p

SAMPAIO, S.M. N et al. Dinâmica da Cobertura Vegetal e do Uso da Terra na Mesorregião Nordeste Paraense. IN: **Nordeste Paraense**: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA, 2017. 323 ,p.

SANTOS, R.D. dos; et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**: 7° ed. Viçosa. Editora Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SANTOS, H.V. dos; et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**: 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

VALENTE, M.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. de; SILVA, J.M.L. da; SANTOS, P.L. dos; RODRIGUES, T.E.; SILVA, P.R.O da; SILVA NETO, P.B. da. **Solos da ilha de Algodoal-Maiandeua, município de Maracanã Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 21p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 22)

VENTURIERI, A.; CAMPOS, A. G. S.; CARVALHO FILHO, A.; SILVA, L. G. T.; SAMPAIO, S. M. N.; SILVA, E. F. da; BACA, J. F. M.; MOTA, P. E. F.; RAMALHO FILHO,

A.; GUSMAO, L. H. A.; VALENTE M.A.; SILVA, R. N. P; IGAWA, T. K.; XAVIER, P. A. M. **Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola das Áreas Alteradas do Estado do Pará**. 2016. (Atlas).

VENTURIERI, A.; HOMMA, A. K. O; MENEZES, A. J. E. A. de; ARAUJO, E. C. E.; NUNES, G. M. V. C.; NASCIMENTO JUNIOR, J de; D. B. do; FRAZAO, J. M. F.; SILVA, L. G. T.; TOLEDO, M. M.; VALENTE, M. A.; BUOSI, T. ***Potencialidade Agrícola de Municípios ao Longo da Ferrovia Carajás-Itaqui, entre Santa Inês e São Luis, MA.*** *Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 129 p.* (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 433).

VENTURIERI, A; VALENTE, M. A; SILVA, L. G. T; RAMALHO FILHO, A; SAMPAIO, S.M. N.; SILVA, B.N. R; SILVA, J.M. L da; SILVA, E.F. da; CLEMENTE, E.P; JUNIOR, M.M. Relatório do Mapeamento de Solos e Aptidão Agrosilvipastoril das Terras da Calha Norte do Estado do Pará. In: MONTEIRO, M. de A.; MENEZES, C.R.C.; GALVÃO, I.M.F. (Ed.). **ZEE**: Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Leste e Calha Norte do Estado do Pará. Belém, PA: Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos, Núcleo de Gerenciamento do Programa Pará Rural, 2010. v.2, p. 123-183.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação dos solos**. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1983. 319 p.

V INTRODUÇÃO DE TÉCNICAS DE MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS (MDS) NO ÂMBITO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMINCO DO BIOMA AMAZÔNICO NO MARANHÃO

Maria de Lourdes Mendonça Santos
Jean Michel Moura-Bueno
João Batista Zonta
Victor Lamarão de França
Gustavo da Costa Freire

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 214
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 216
2.1 Download de Dados Oficiais da Área do ZEE Bioma Amazônico 217
2.2 Organização do Banco de Dados de Solos do ZEE Bioma Amazônico Maranhense 219
2.3 Análise Exploratória do BDS/ ZEE Bioma Amazônico 219
2.4 Obtenção e Tratamento do Modelo Digital do Terreno (MDT) 220
2.5 Derivação dos Atributos do Terreno do MDT 221
2.6 Obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Mapa de Uso da Terra 222
2.7 Obtenção e Tratamento dos Mapas de Geomorfologia e Geologia 226
2.8 Análise Exploratória dos Covariáveis do Terreno 227
2.9 Elaboração do Mapa de Amostragem de Solos 228
2.10 Análise Exploratória da Relação Solo-Paisagem 229
2.11 Modelagem e Predição Espacial de Classes de Solos 230
2.12 Modelagem e Predição Espacial do Teor de Carbono Orgânico 232
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 234
3.1 Organização e Análise Exploratória do BDS/ ZEE do Bioma Amazônico do Maranhão 234
3.2 Análise Exploratória do Terreno 240
3.3 Mapa de Amostragem de Solo – MAS 241
3.4 Relação solo-paisagem 243
3.5 Mapeamento Digital de Classes de Solos 246
3.6 Mapeamento Digital do Teor de Carbono Orgânico 250
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 254
REFERÊNCIAS 255

1 INTRODUÇÃO

O ZEE é um instrumento de apoio ao planejamento e ordenamento territorial que harmoniza as relações econômicas, sociais e ambientais (BOLFE et al., 2014). O ZEE Bioma Amazônico do Maranhão, na escala 1:250.000, permitirá a atualização das informações de solos do estado do Maranhão em um Banco de Solos único que servirá para outras análises e projetos, visando o planejamento de uso dos solos em escalas mais detalhadas. A área geográfica objeto deste ZEE abrange municípios com áreas pertencentes ao Bioma Amazônico e outros que possuem parte de sua área nesse bioma. Sua execução demanda multidisciplinaridade e compartilhamento institucional, voltados para a integração das ações e políticas públicas territoriais, bem como articulação com a sociedade civil, integrando seus interesses em torno de um pacto pela gestão do território (BRASIL, 2013).

O conhecimento dos solos e sua distribuição espacial na paisagem é um importante instrumento para o planejamento do uso das terras e para tomada de decisões que subsidiem políticas públicas, tais como o ZEE, ZARC e outras. Esse conhecimento pode ser adquirido pelo levantamento e mapeamento pedológico convencional e/ou através de técnicas inovadoras como o **Mapeamento Digital de Solos.**

Visando o uso de metodologias inovadoras e robustas, para gerar informações de solo para o ZEE do Bioma Maranhense, serão utilizadas metodologias de mapeamento com abordagem no **Mapeamento Digital de Solos***,* o qual foi definido por Lagacherie e McBratney (2006) como:

> A criação e a população de sistemas de informação espacial de solos por meio de modelos numéricos para inferir as variações espaciais e temporais de classes de solos e suas propriedades, a partir de observações, conhecimento e de dados de variáveis ambientais relacionados.

A principal aplicação desta abordagem é substituir o mapa de solos baseado em polígonos pelo mapa digital de propriedades do solo (por exemplo, teor de Carbono Orgânico) e de classes de solos e suas incertezas associadas. Estes mapas, armazenados e manuseados no formato digital em ambientes SIG criam a possibilidade de organizar um amplo conjunto de dados para análise e interpretações em qualquer época, constituindo-se em importante ferramenta para a tomada de decisão em termos de planejamento do uso das terras e políticas públicas.

A predição de classes e propriedades de solos no mapeamento digital fundamenta-se nas relações existentes entre solos e seus fatores e processos de formação, ao que denominamos de covariáveis ambientais. A lógica desse raciocínio tem como base a equação de Jenny (1941) que foi formulada a partir do reconhecimento dos fatores responsáveis pela formação dos solos, previamente descritas por Dokuchaev em 1883, em formulação mais quantitativa, em que: **S** representa Solo; **cl** - clima; **o** – organismos, inclusive atividades antrópicas; **r** - relevo; **p** - material originário e **t** - tempo.

$$S = f(cl, o, r, p, t)$$

McBratney et al. (2003) generalizaram e formularam uma equação semelhante com o objetivo de explicar as variáveis responsáveis pelos processos de formação dos solos, mas para uma descrição quantitativa causal solo-ambiente, das relações entre outros fatores espaciais referenciados (ou covariáveis ambientais), que são usados aqui como funções espaciais de predição. Sete fatores são considerados: ***s*** - solo, outras propriedades do solo em um determinado ponto; ***c*** - clima, propriedades climáticas do ambiente em determinado ponto; ***o*** - organismos, vegetação ou fauna ou atividades antrópicas; ***r*** - topografia, atributos da paisagem; ***p*** - material originário, litologia; ***a*** - idade, fator de tempo; ***n*** - espaço, georreferenciamento.

Assim, os solos podem ser considerados um fator em si, porque podem ser preditos a partir de suas propriedades ou as propriedades podem ser preditas a partir de classes ou de outras propriedades. O modelo s.c.o.r.p.a.n pode ser representado como:

$$Sc = f(s.c.o.r.p.a.n) \text{ ou } Sa = f(s.c.o.r.p.a.n)$$

em que Sc é classe de solos e Sa atributos de solo. O s refere-se às informações de solos provenientes de um mapa existente de sensores remotos ou através do conhecimento de especialista. Estão implícitas as coordenadas espaciais x, y (localização geográfica) e uma coordenada aproximada de tempo, ft. Esta coordenada de tempo pode ser expressa como “cerca de um tempo t”.

Cada fator do modelo *s.c.o.r.p.a.n* é representado por um conjunto de uma ou mais covariáveis ambientais contínuas ou categóricas, por exemplo, o fator *r* por elevação, declividade ou outro atributo derivado do modelo digital do terreno (MDT).

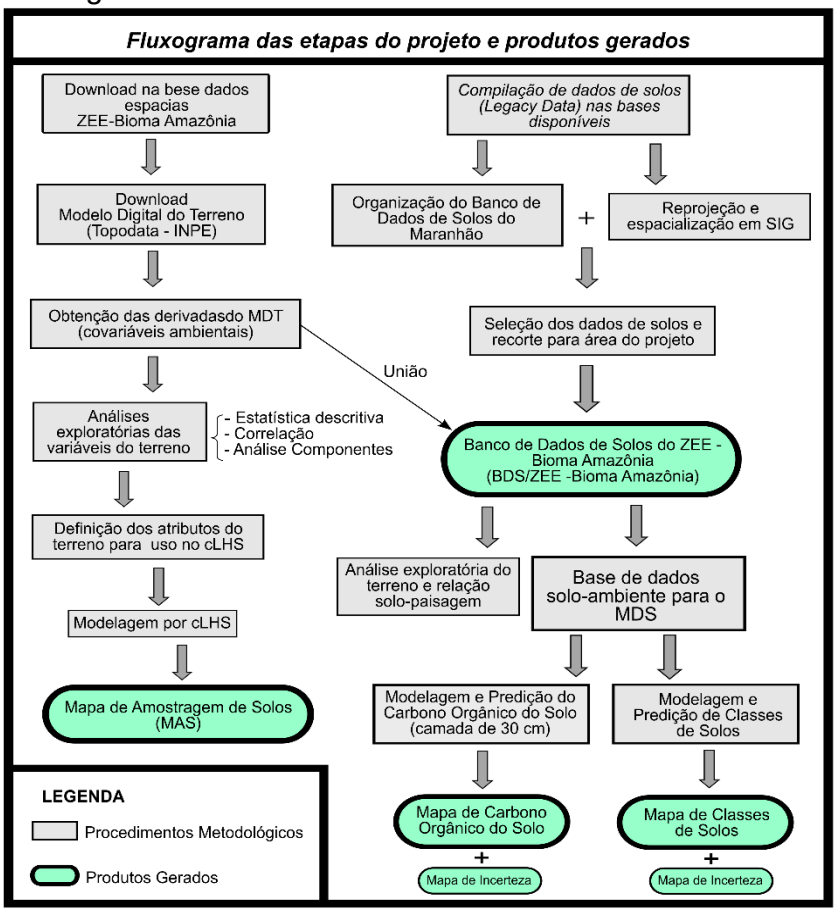
As fontes de dados, os métodos para estimar *f*, assim como os passos para executar o *s.c.o.r.p.a.n* são apresentados e amplamente discutidos na revisão feita por McBratney et al. (2003).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo organizar uma base de dados de solos referente à área do ZEE Bioma Amazônico-MA e utilizá-la para gerar informações espaciais de Classe de Solos e teor de Carbono Orgânico por meio da técnica de ***Mapeamento Digital de Solos.*** Todas as atividades do projeto detalhando as metodologias empregadas em cada etapa e os resultados obtidos são apresentados nos próximos itens.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As atividades que compreendem o projeto estão resumidas na Figura 1. As etapas e produtos gerados encontram-se indicados na legenda da Figura 1. A metodologia adotada em cada uma das etapas é descrita nos próximos subitens do Material e Métodos.

Figura 1 - Fluxograma das etapas do projeto e produtos a serem gerados

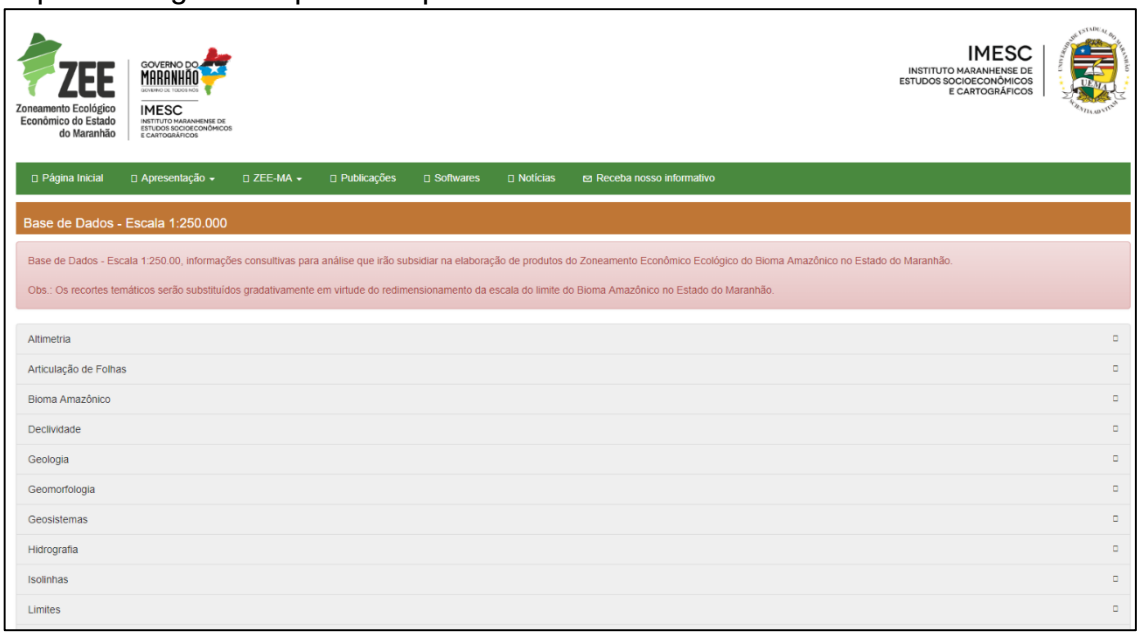


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

2.1 Download de Dados Oficiais da Área do ZEE Bioma Amazônico

A atividade de MDS tem como etapa inicial e de base a aquisição de dados espaciais. Para tal, nesta fase foram realizados *downloads* na base de dados oficiais do projeto ZEE do Maranhão, através de seu site eletrônico disponível[1], como demonstra os extratos da tela de acesso conforme Figura 2.

Figura 2 - Extrato da tela do site eletrônico do ZEE-MA demonstrando arquivos espaciais digitais disponíveis para *download*

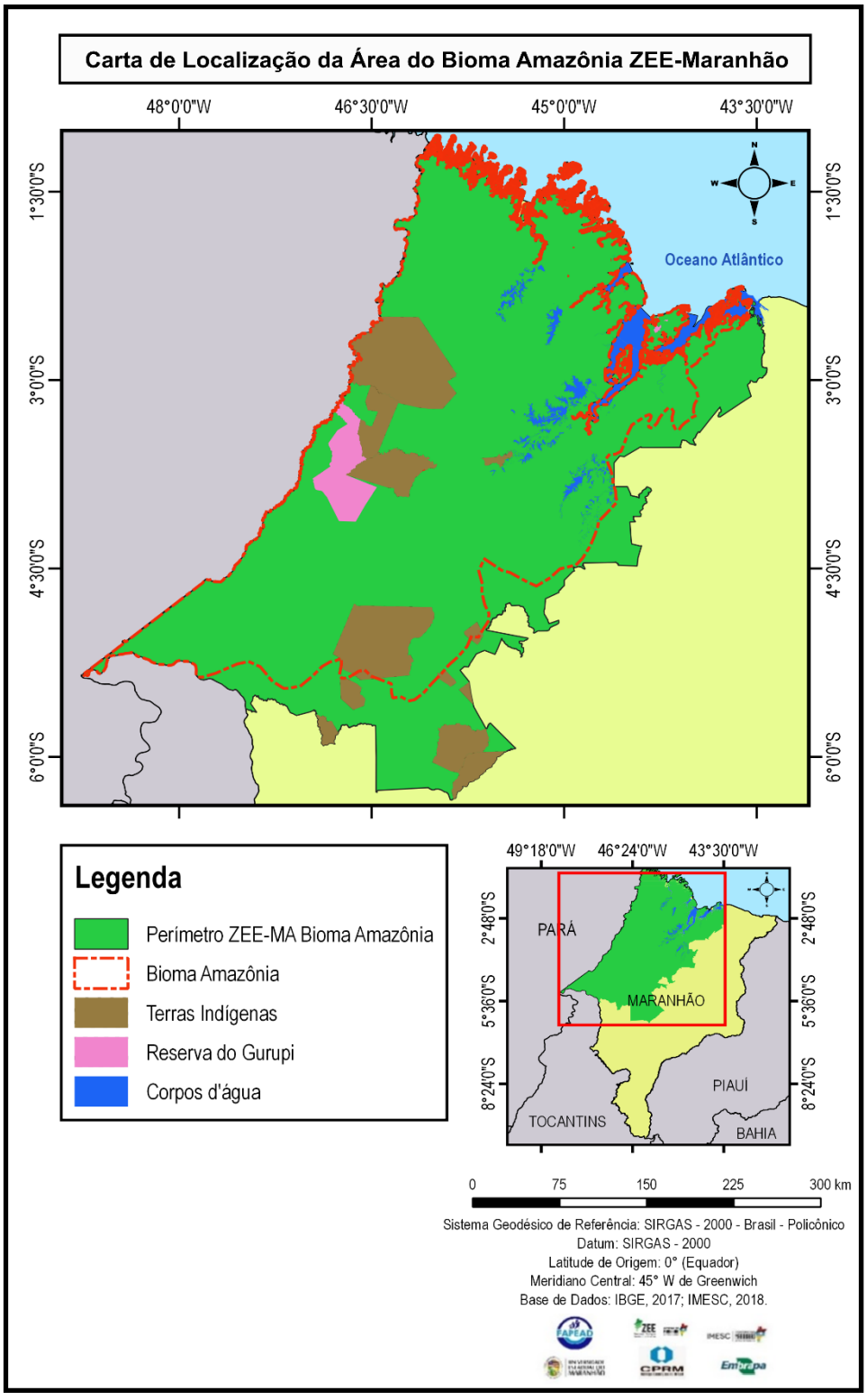


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Foram baixados arquivos espaciais disponíveis e relacionados com as temáticas: Limites Municipais, Bioma Amazônico, Limites Áreas Indígenas, Reservas Ecológicas, Geologia, Geomorfologia, dentre outros. Com essas informações, um Banco de Dados Espaciais foi estruturado, servindo de base para o desenvolvimento deste trabalho (Figura 3).

[1] http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados

Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo, mostrando a espacialização em SIG de alguns dados oficiais do ZEE Bioma Amazônico



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

2.2 Organização do Banco de Dados de Solos do ZEE Bioma Amazônico Maranhense

A criação do Banco de Dados de Solos (BDS) do ZEE Bioma Amazônico-MA foi realizada a partir da busca no Banco de Dados de Solos da Embrapa[2], Repositório Brasileiro Livre para Dados Abertos do Solo[3] e compilação de estudos (levantamentos), em escalas cartográficas variadas, realizados entre os anos de 1973 a 2017 (ARAÚJO et al., 1973; SOMMER et al., 1973; EMBRAPA, 1982; JACOMINE, 1984; JACOMINE, 1986; HECK et al.,1999; MARTINS, 2006; CARVALHO et al., 2015; SANTOS, 2016; SILVA, Comunicação Pessoal; VENTURIERI et al., 2017). Todas as informações foram tabuladas em planilhas Excel e foi realizada a atualização da classificação dos solos até o segundo nível categórico dos Levantamentos de Solos realizados antes de 2018, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos atualmente em vigor (SANTOS et al., 2018).

2.3 Análise Exploratória do BDS/ ZEE Bioma Amazônico

De posse da planilha com os dados de solos, houve a necessidade de se fazer a reprojeção das coordenadas geográficas dos perfis coletados nas décadas 1970 e 1980 para o sistema de referência oficial de coordenadas (SRC), vigente atualmente no Brasil (SIRGAS 2000). Em seguida, os pontos foram especializados em SIG para a visualização da sua localização espacial e efetuar a seleção dos perfis de solo localizados na área do ZEE Bioma Amazônico. Também foi realizada a checagem da localização dos pontos em ambiente SIG, com objetivo de identificar discrepâncias entre as características da paisagem e a classe de solo atribuída no banco de dados. Em seguida, foi realizada a análise exploratória no banco de dados para quantificar o número de perfis por classe de solo e avaliar a necessidade de exclusão de classes de solos pouco representativas no BDS/ZEE Bioma Amazônico, antes de realizar a modelagem preditiva de classes de solos.

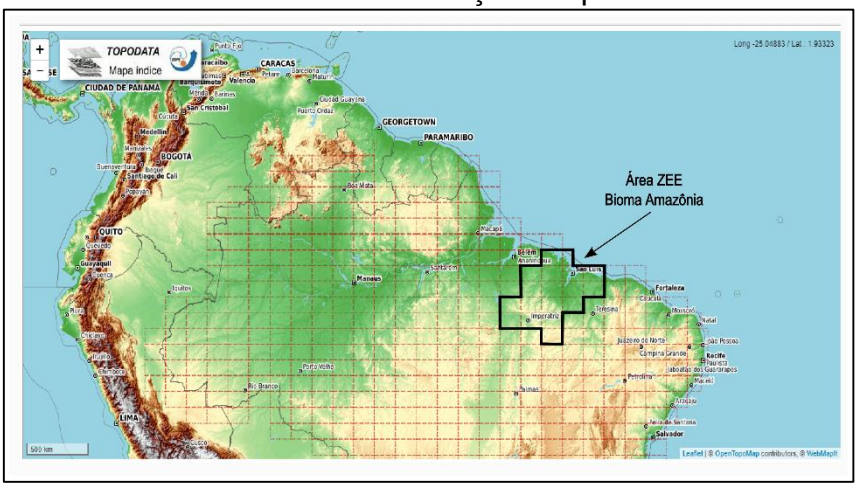
[2] https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html
[3] http://coral.ufsm.br/febr

2.4 Obtenção e Tratamento do Modelo Digital do Terreno (MDT)

O MDT foi obtido da base de dados do Projeto TOPODATA, disponibilizado pelo INPE na resolução de 30 metros (VALERIANO e ROSSETI, 2011), no *site* do TOPODATA (http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/) (Figura 04). Todos os processamentos do MDT foram realizados no *software* QGIS 3.2.0 e SAGA GIS 2.2.3 (CONRAD et al., 2015).

As quadrículas da figura 04 foram importadas para o QGIS, em que foi obtido o mosaico do MDT pela ferramenta mosaic raster. Foram realizadas análises para detectar e tratar dados espúrios (ou seja, *outliers*), como pixels cercados por outros pixels de valores muito mais baixos. As correções desses pixels no MDT foram realizadas utilizando-se o algoritmo *DTM* filter, com um raio de busca de três pixels e um *slope* máximo permitido de 45%. Além disso, o MDT foi pesquisado por pixels cercados por valores muito mais altos (ou seja, depressões espúrias). Os últimos foram corrigidos usando o algoritmo Fill Sinks, conforme descrito por Hengl & Reuter (2008).

Figura 4 - Layout da página do TOPODATA com a demarcação das quadrículas da área do ZEE Bioma Amazônico contendo as informações espaciais



Fonte: Adaptado de Webmapit (2018)

Devido à escala cartográfica de mapeamento do projeto ZEE-MA ser de 1:250.000, a resolução espacial compatível com essa escala seria de, aproximadamente, 200 metros (MCBRATNEY et al., 2003). Visando uma análise mais detalhada do terreno para posterior predição espacial do carbono orgânico do solo, optamos em utilizar o MDT com resolução de 90 metros. Assim, MDT do TOPODATA

(resolução espacial original de 30 metros) foi interpolado para 90 metros utilizando-se o método de interpolação *B-Spline* da ferramenta *Resampling* do SAGA GIS.

2.5 Derivação dos Atributos do Terreno do MDT

A partir do MDT (90 metros) foram derivados 21 covariávies do terreno (Tabela 1), sendo 14 primárias e 7 secundárias segundo classificação de (WILSON & GALLANT, 2000). A seleção dessas covariávies foi de acordo com seus usos em mapeamento digital de solos e sua relação com os processos de formação dos solos (MOORE et al., 1993; MCBRATNEY et al., 2003).

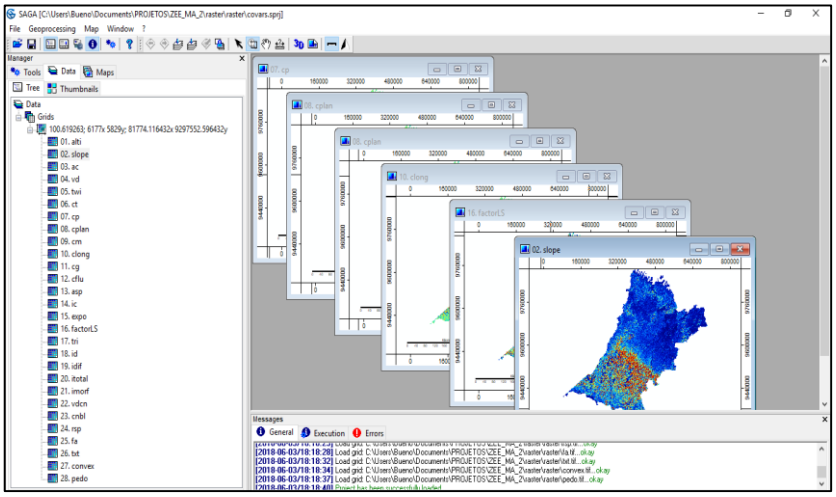
Tabela 1 - Covariáveis primárias e secundárias do terreno derivadas do MDT

ABREVIAÇÃO	NOME DA COVARIÁVEL (PORTUGUÊS)	NOME DA COVARIÁVEL (INGLÊS)	UNIDADE
Variáveis primárias			
ELEV	Elevação	Elevation	Metro
ASP	Aspecto	Aspect	Radianos
DECLI	Declividade	Slope	Graus
SLOPEL	Comprimento do declive	Slope Lenght	Metro
CG	Curvatura geral	Geral cuvature	metro $^{-1}$
CP	Curvatura de perfil	Profile Curvature	metro $^{-1}$
CPLAN	Curvatura planar	Planar curvature	metro $^{-1}$
Clong	Curvatura longitudinal	Longitudinal curvature	metro $^{-1}$
Choriz	Curvatura horizontal	Horizontal curvature	metro $^{-1}$
Cvert	Curvatura vertical	Vertical curvature	metro $^{-1}$
Convexi	Convexidade do terreno	Convexity	adimensional
VD	Profundidade do vale	Valley depth	Metro
CNBL	Nível base da rede de drenagem	Channel Network Base Level	Metro
CFLU	Comprimento do fluxo	Flow leght	Metro
Variáveis secundárias			
factorLS	Fator LS	LS Factor	adimensional
TRI	Índice de rugosidade do terreno	Terrain ruggedness index	adimensional
IUT	Índice de umidade topográfica	Topographic Wetness Index	adimensional
IC	Índice de convergência	Convergence Index	porcentagem
FT	Formas do terreno	Land forms	adimensional
Texture	Textura do terreno	Texture	adimensional
TIS	Insolação total	Total insolation	kWh/m2

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

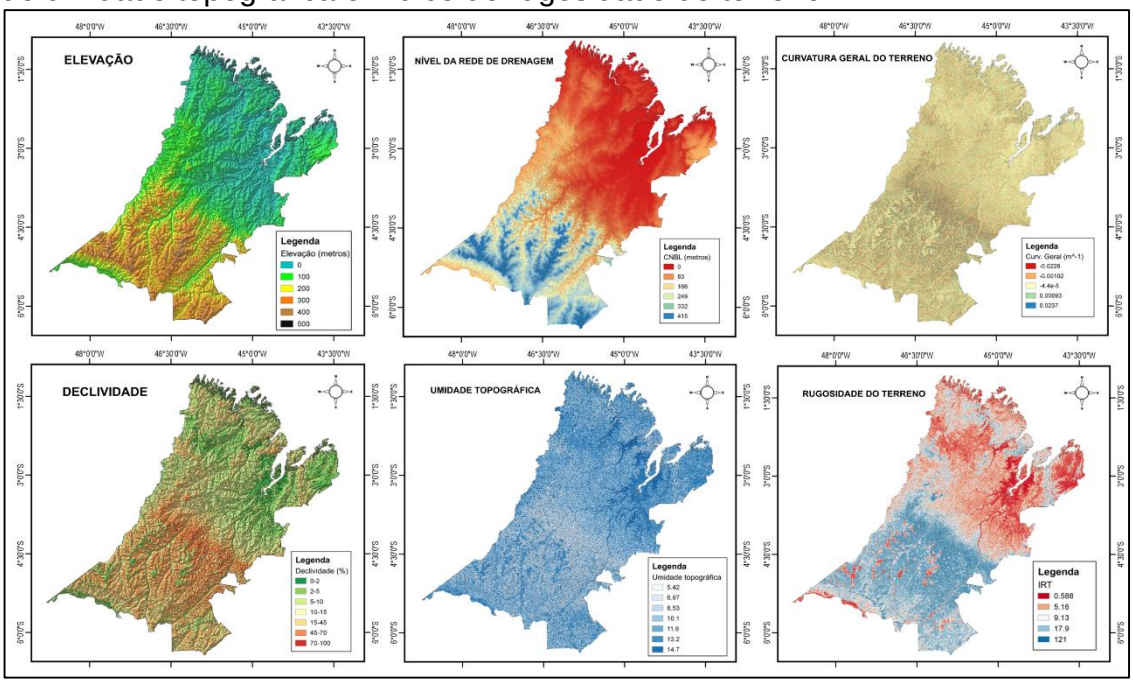
As covariáveis foram obtidas segundo metodologia proposta por Wilson & Gallant (2000), utilizando a ferramenta Terrain Analyses no SAGA GIS, em que cada variável compôs um plano de informações (Figura 05 e Figura 06).

Figura 5 - Interface do SAGA GIS com os atributos do terreno derivados do MDT



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Figura 6 - Exemplo de algumas covariáveis derivadas do MDT: elevação, nível base da rede de drenagem (CNBL), curvatura geral (CG), declividade, índice de umidade topográfica e índice de rugosidade do terreno



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

2.6 Obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Mapa de Uso da Terra

Este índice utiliza as faixas do vermelho e do infravermelho próximo por conterem mais de 90 % da variação da resposta espectral da vegetação e, portanto, tais índices realçam o seu comportamento espectral, correlacionando-os com os

parâmetros biofísicos da mesma (EPIPHANIO et al., 1986). De acordo com este autor, as faixas espectrais correspondentes ao vermelho (0,65 a 0,72µm) e ao azul (0,45 a 0,50µm) são as mais aproveitadas pela folha na fotossíntese, pois os pigmentos da planta responsáveis por ela absorvem a radiação incidente nos comprimentos de onda 0,48µm (carotenóides) e 0,62µm (clorofila). Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (R) e infravermelho próximo (NIR) do espectro eletromagnético (EPIPHANIO et al., 1986). A quantidade de radiação refletida no vermelho e no infravermelho próximo que chega ao sensor, proveniente da vegetação, varia com a irradiância solar, condições atmosféricas, substrato, estrutura e composição do dossel.

O NDVI varia entre -1 a +1 (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação, ou seja, solo exposto.

A fórmula para calcular o NDVI é apresentada na Equação abaixo:

$$NDVI = \frac{\rho NIR - \rho RED}{\rho NIR + \rho RED}$$

em que ρNIR corresponde à banda do infravermelho próximo e ρRED à banda do vermelho.

Para obtenção do NDVI, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 TM do ano de 1984 e Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) do ano de 2017, nas bandas 2, 3 e 4, referente à Órbita 220 a 222 e Ponto 060 a 065. As imagens foram obtidas por *download* gratuito no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

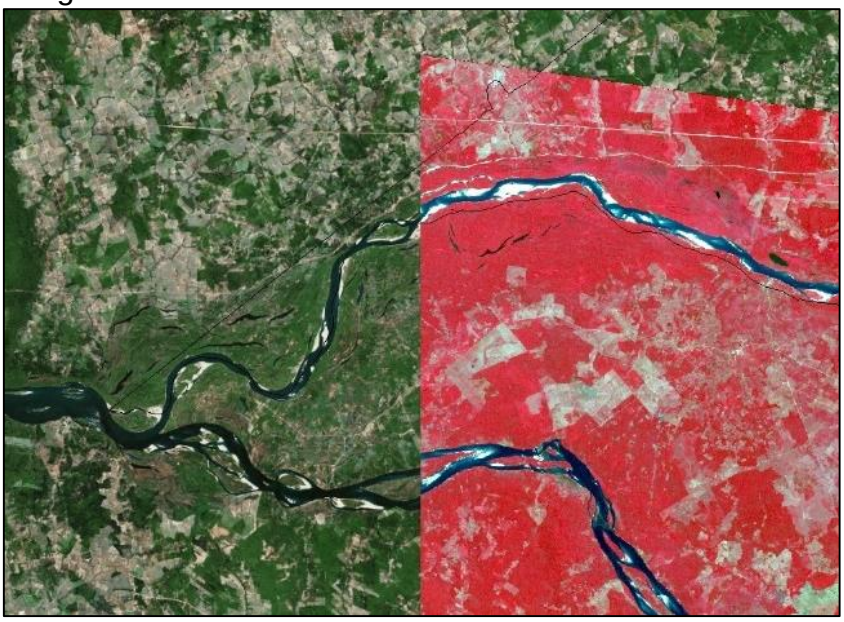
A escolha de imagens do ano de 1984 foi devido à proximidade no tempo com a coleta da maior parte dos dados disponíveis de solos, especialmente para de Carbono do Orgânico do Solo do BDS/ZEE Bioma Amazônico. Já as imagens do ano de 2017 ocorreram em razão da proximidade no tempo com a amostragem de solo que estão sendo realizadas no presente. No momento do *download* das quadrículas, foi levando sempre em consideração a qualidade das imagens, com menor percentual possível de cobertura de nuvens de até 30% para que não comprometesse o trabalho e os futuros resultados. Em seguida, foram feitos os procedimentos necessários para cálculo do NDVI de cada quadrícula dos anos de 1984 e 2017 conforme etapas apresentadas:

Etapa 1: Composição de bandas 3R2G1B referentes às imagens do Satélite Landsat 5 TM e composição de bandas 4R3G2B referentes às imagens do Satélite Landsat 8 OLI, através da caixa de ferramenta ArcToolbox/Data Management Tools/Raster/Raster Processing/Composition bands.

Etapa 2: Georreferenciamento das imagens Landsat-5 em formato geotiff (datum horizontal: WGS-84), nas bandas 4, 3 e 2, com posterior correção do georreferenciamento através do módulo Resample, tendo como parâmetro os cursos d'água que coincidem com o limite do município (Figura 07) e estradas existentes entre os períodos analisados, de modo a permitir a sobreposição correta deste sobre a imagem, através da Extensão/Plug-in Georreferencing.

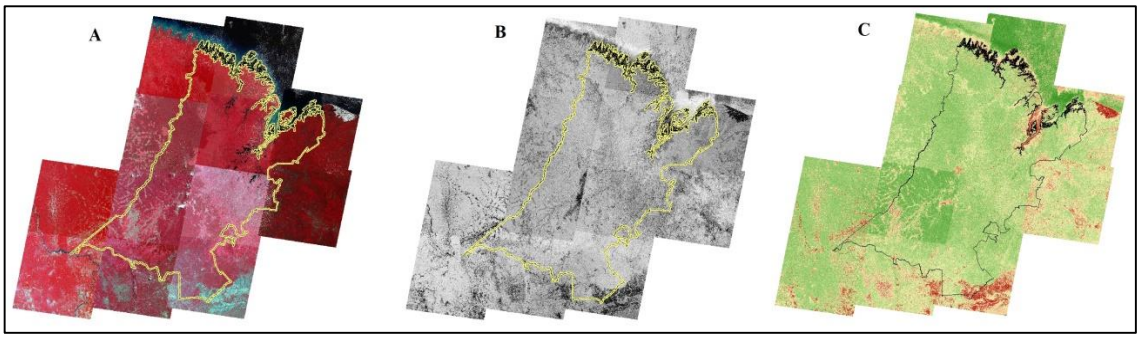
Etapa 3: Geração dos índices de vegetação NDVI (Figura 08), por meio da Extensão Images Analysis, com posterior fatiamento das imagens NDVI em classes de intervalo entre -1 e 1 para as classes mais representativas (1), e de intervalo maior para as classes menos representativas, através do módulo Reclass, seguido da edição final e cálculo das áreas das classes dos índices de vegetação através da ferramenta Convertion Tools.

Figura 7 - Exemplo de sobreposição de imagens para realização de correção geométrica. O destaque das setas indicam regiões onde se observam erros gemétricos da imagem



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

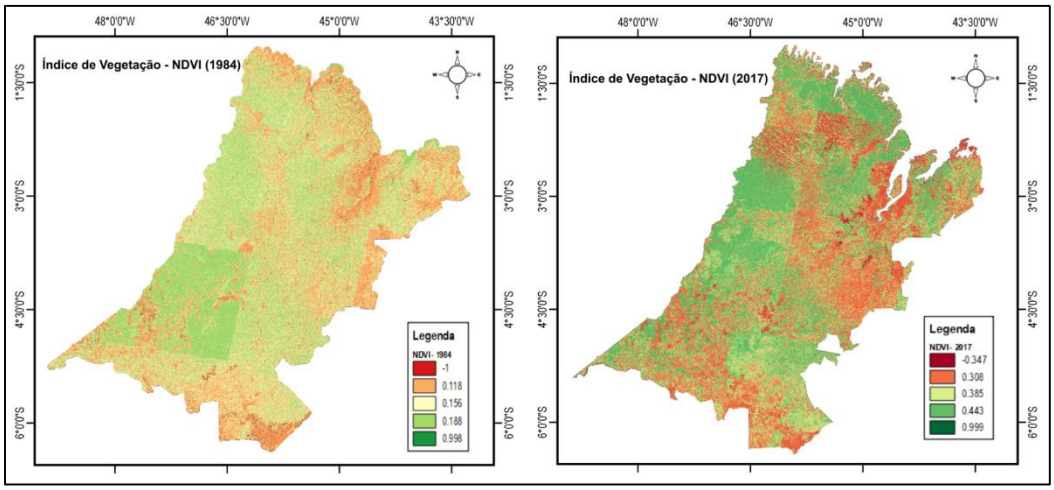
Figura 8 - Processamento do Índice NDVI. Em A) mosaico 4R/3G/2B, em B) NDVI em valores (-1 a 1) escala de cinza e em C) NDVI em valores (-1 a 1) em cores



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Etapa 4: Recorte das bandas corrigidas e sem correção atmosférica com limites próximos aos limites máximos e mínimos de latitude e longitude para área do ZEE Bioma Amazônico por meio da ferramenta *ArcToolbox/Data Management Tools/Raster/Raster Processing/Clip raster*. Todas as bandas e imagens foram recortadas com os mesmos limites.

Figura 9 - NDVI Landsat 5 TM do ano de 1984 e NDVI Landsat 8 OLI do ano de 2017

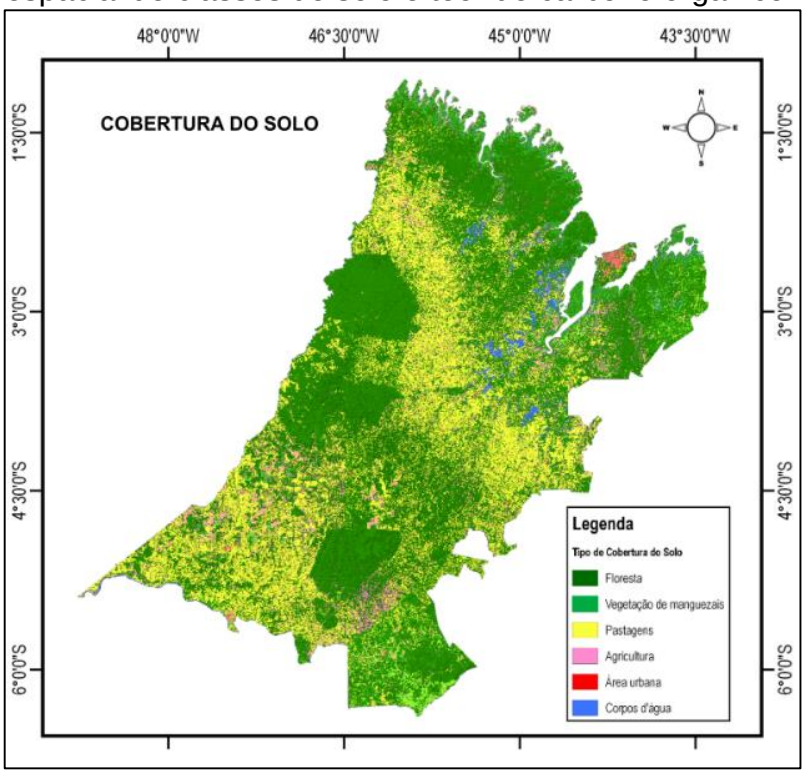


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

A covariável ambiental tipo de cobertura do solo foi obtida dos dados disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas)[4], desenvolvido e operado a partir da plataforma *Google Earth Engine* para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil. No presente estudo foi utilizado o mapa do ano de 2017 (Figura 10).

[4] http://mapbiomas.org/pages

Figura 10 - Tipo de cobertura do solo (ano 2017) do ZEE Bioma Amazônico Maranhense utilizada na modelagem espacial de classes de solo e teor de carbono orgânico



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

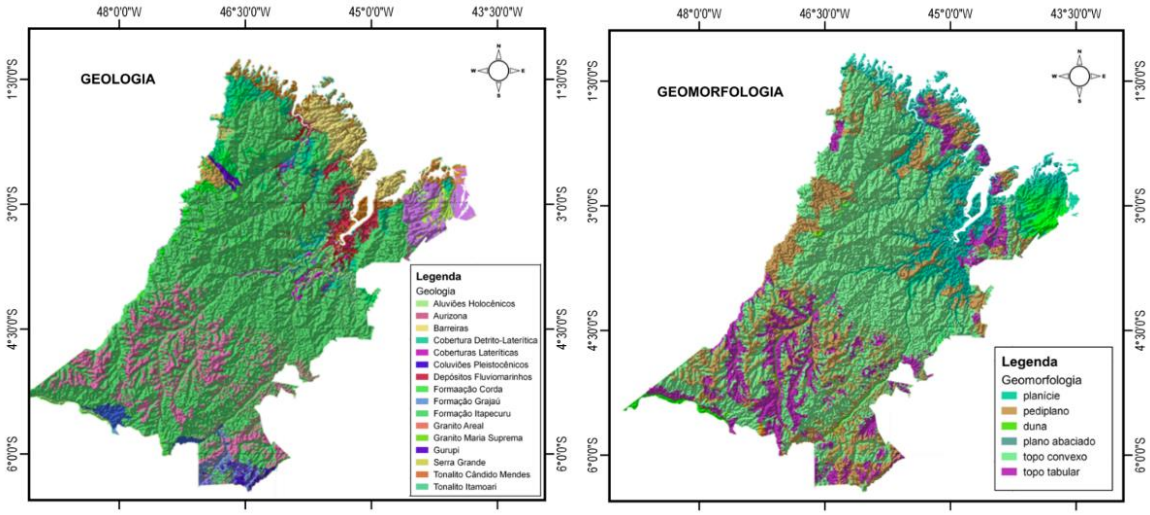
No presente projeto, as informações derivadas do mapa do NDVI e tipo de cobertura do solo foram utilizados como dados auxiliares (covariáveis preditoras) no Mapeamento Digital do Solo (MDS) de classes de solo e do teor de carbono orgânico, representado *o fator organismos "o"* do modelo *SCORPAN* (MCBRATNEY et al., 2003).

2.7 Obtenção e Tratamento dos Mapas de Geomorfologia e Geologia

Os mapas de Geomorfologia e Geologia foram obtidos do Banco de Dados Oficiais do ZEE-MA[5]. Em ambos os mapas (arquivos vetoriais), foi realizada a correção nos limites dos polígonos em relação ao limite oficial da área de estudo do Bioma Amazônico do Maranhão. Em seguida, as classes geomorfológicas (atributo "forma") e unidades geológicas (atributo "unidade geológica") foram transformadas para o formato *raster* para serem utilizados como covariável na modelagem preditiva espacial de classes de solo e teor de carbono orgânico (Figura 11).

[5] http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados

Figura 11 - Covariável Geologia e Geomorfologia do ZEE Bioma Amazônico Maranhense utilizada na modelagem espacial de classes de solo e teor de carbono orgânico



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

2.8 Análise Exploratória dos Covariáveis do Terreno

A análise exploratória do terreno foi realizada a partir de uma malha de amostragem de 720 pontos distribuídos de forma regular (equidistantes 10km) sobre a área do ZEE Bioma Amazônico do Maranhão. Essa malha foi gerada em ambiente SIG para auxiliar na análise da variabilidade do terreno em toda a extensão da área do projeto.

Para atribuir o valor da célula (pixel) correspondente a cada variável do terreno para as coordenadas dos 720 pontos da malha, utilizou-se a ferramenta Add *Grid* Values to Shapes com o algoritmo do vizinho mais próximo (nearest neighbor) como interpolador no software estatístico R (R CORE TEAM, 2018). Esse processo resultou em uma tabela contendo o valor de cada variável do terreno para cada ponto.

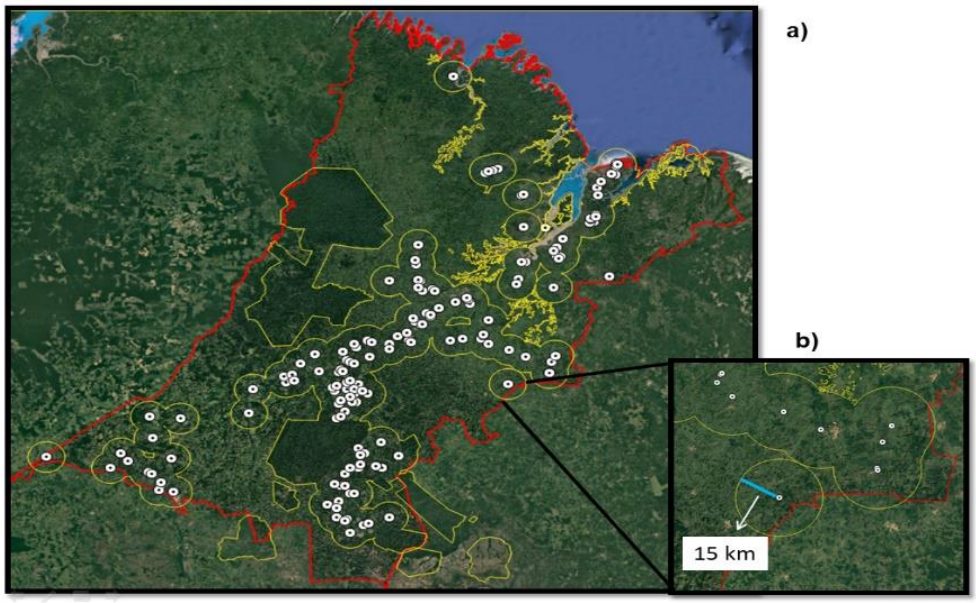
A partir das tabelas com as informações do terreno, procedeu-se à análise exploratória dos dados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) para a identificação da multicolinearidade entre as variáveis do terreno. A alta correlação entre duas variáveis é prejudicial para a construção de modelos de predição de classes e propriedades do solo, podendo causar desempenho inadequado dos modelos. A ACP é amplamente utilizada na literatura em geral e em MDS em particular (CATEN et al., 2011) para estudar a variação do terreno e identificar as covariáveis mais explicativas de tal variação.

2.9 Elaboração do Mapa de Amostragem de Solos

Os resultados da ACP foram utilizados para selecionar os atributos do terreno responsáveis por explicar a maior parte da variabilidade da paisagem. Essas variáveis foram utilizadas como condicionantes para gerar o ***Mapa de Amostragem de solos (MAS).*** Os locais a serem amostrados foram selecionados pelo algoritmo Quadrado Latino condicionado (conditioned Latin Hipercube Sampling - cLHS), visando a alocação dos pontos em relação à distribuição da variabilidade da paisagem. Esse método foi proposto por Minasny & McBratney (2006), em uma adaptação do método LHS (MCKAY et al., 1979), e propõe a estratificação da amostragem utilizando dados auxiliares e criando condicionantes para a alocação dos pontos. Essa metodologia tem demonstrado vantagem em estudos de MDS em relação a outras amostragens, por contemplar a variação da paisagem (MINASNY; MCBRATNEY, 2006; CARVALHO-JUNIOR et al., 2014).

Antes de obter a distribuição dos pontos do MAS pelo cLHS, foram excluídos locais onde não se tem acesso para proceder à coleta de amostras solo, como áreas indígenas, reservas biológicas e áreas alagadas de difícil acesso (Figura 12a). Além disso, a área em torno dos 236 perfis de solo já existentes (BDS/ZEE Bioma Amazônico) também foi excluída com o objetivo de espacializar os demais pontos em locais nos quais não se tem informação de solo. Para isso, testaram-se *buffers* com raio de 10, 15 e 20km a partir da localização dos perfis (Figura 12b). O *buffer* de 15km representou melhor a variabilidade do terreno e de solos.

Figura 12 - (a) Limite da área do ZEE (linha vermelha) sobre a imagem do Google Earth, áreas excluídas da amostragem de solo (polígonos em linha amarela) e especialização dos perfis de solo; (b) indicação do *buffer* de 15km da localização dos perfis



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Após a exclusão das áreas citadas e a decisão sobre o melhor *buffer* em torno dos perfis de solos existentes, o algoritmo de amostragem cLHS foi utilizado através da função *cLHS* implementado no pacote *cLHS* do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2018). As covariáveis do terreno utilizados condicionantes para definição dos locais de amostragem foram os quatro atributos do terreno selecionados pela ACP (resultados apresentados no item 3.7). Além disso, os pontos foram condicionados a serem localizados próximos das estradas, visando facilitar o acesso no momento da amostragem.

2.10 Análise Exploratória da Relação Solo-Paisagem

Essa etapa foi realizada a partir da análise entre as covariáveis ambientais - elevação, declividade, índice de umidade do terreno, distância da rede de drenagem e curvatura de perfil do terreno - e os perfis de solo do BDS/ZEE Bioma Amazônico. Foram utilizadas essas covariáveis por explicarem cerca de 71,6% da variância das características do terreno (dados obtidos pela Análise de Componentes Principais no item 3.2).

O valor da célula – pixel - correspondente a cada variável do terreno foi atribuído para cada um dos perfis do BDS/ZEE Bioma Amazônico. Para isso, foi

utilizada a ferramenta *Add Grid Values to Shapes* a partir do método interpolador do vizinho mais próximo (*nearest neighbor*) no *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2017). Esse processo resultou em uma tabela contendo o valor de cada variável do terreno para cada perfil de solo. A partir dessa tabela, gerou-se *boxplots* os quais foram utilizados para a análise exploratória da relação solo-paisagem. As informações de litologia/geologia e geomorfologia também foram usadas para estudar a relação solo-paisagem. A partir do estudo da relação solo-paisagem, foi gerado um *script* dessa relação baseado no conhecimento especialista (*expert knowledge*) de um Pedólogo. Esse *script* descreve a distribuição de cada classe de solo na paisagem e será utilizado para fazer a interpretação do Mapa Digital de Classes de Solos gerado no final do projeto. Segundo McKenzie & Ryan (1999), o estudo da relação entre solo e ambiente são de extrema importância para o mapeamento digital de solos.

2.11 Modelagem e Predição Espacial de Classes de Solos

Foi observada pouca representação no BDS-Bioma Amazônico do Maranhão de certas classes de solos, dentre os 210 perfis existentes na área, a exemplo dos Vertissolos, Cambissolos, Plitossolos Prétricos, Organossolos, Luvissolos Crômicos e Gleissolos Melânicos com um perfil, Gleissolos Tiomórficos com dois perfis, Luvissolos Háplicos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos com três perfis. Nesses casos, a solução foi eliminar os perfis dessas classes antes de proceder à modelagem, devido o modelo não conseguir gerar as regras de predição no processamento matemático. Para gerar o modelo de predição, o conjunto de perfis de solo (n = 193) (Tabela 02) foi particionado aleatoriamente em dois conjuntos de dados. O primeiro, conjunto de calibração do modelo composto por 70% das amostras e outro de validação com 30% das amostras.

Para predizer as classes de solos (2º nível categórico do SiBCS - SANTOS et al., 2018), foi utilizado o método multivariado Floresta Aleatória (*Random Forest - RF*), com a implementação de 500 árvores. O RF é um aprendiz não-paramétrico que pode ser aplicado a predições de variáveis contínuas e categóricas, por meio de um conjunto de árvores de classificação aleatórias (BREIMAN, 2001). O algoritmo de RF usa repetidos conjuntos de amostras com substituição por *bootstrap*, sempre com o mesmo tamanho do conjunto de treinamento para a construção das árvores individuais (BREIMAN, 2001). O RF é vantajoso devido a sua capacidade de lidar com

dados numéricos e categóricos sem qualquer suposição de distribuição de probabilidade, robustez contra não linearidade e *overfitting*, além de apresentar medida de importância das covariáveis na predição de cada classe de solo (HOUNKPATIN et al., 2018). Esse método é bastante utilizado no mapeamento digital do solo, principalmente porque não requer que pressupostos estatísticos sejam atendidos como no caso da regressão linear.

Tabela 2 - Distribuição das classes até o 2° nível categórico (Subordem) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2018) entre os 193 perfis utilizados na predição das classes de solos.

Simbologia da Classe de Solo	Subordem do SiBCS[(1)]	Número de perfis	%
FT	**Plintossolo Argilúvico**	**28**	**14.5**
FX	**Plintossolo Háplico**	**24**	**12.4**
GX	**Gleissolo Háplico**	**12**	**6.2**
PV	**Argissolo Vermelho**	**16**	**8.3**
PVA	**Argissolo Vermelho-Amarelo**	**33**	**17.1**
PA	**Argissolo Amarelo**	**29**	**15.0**
LA	**Latossolo Amarelo**	**26**	**13.5**
RY	**Neossolo Flúvico**	**8**	**4.2**
RQ	**Neossolo Quartzarênico**	**17**	**8.8**
Total	**-**	**193**	**100**

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Para a construção do modelo de predição de classes de solos, foram utilizadas as seguintes covariáveis terreno como “variáveis preditoras”: elevação, declividade, distância da rede de drenagem, curvatura do terreno, índice de umidade do terreno, profundidade do vale, fator LS, posição relativa da declividade e índice de rugosidade do terreno. Foram utilizadas essas covariáveis por elas explicarem em torno de 70% da variância das características do terreno. Além dessas covariáveis, também foram utilizadas, na modelagem, as variáveis geologia e geomorfologia.

Para gerar a função de predição, o conjunto de perfis de solo foi particionado aleatoriamente em dois conjuntos de dados. O primeiro, conjunto de calibração do modelo, composto por 70% das amostras e outro de validação com 30% das amostras. Para a avaliação do modelo de predição, foram geradas as respectivas matrizes de confusão para calibração e validação, obtendo-se os valores de acurácia geral (AG), acurácia da classe (AC) e índice kappa (K). A AG foi calculada para avaliar a proporção de pixels corretamente preditos em relação ao número de pixels totais nos mapas e a AC, foi utilizada para avaliar a proporção de pixels corretos de cada classe de solo (CONGALTON, 1991). O valor do índice kappa pode ser classificado, de acordo com Landis & Koch (1977), nas seguintes classes: $k \leq 0,2$ - ruim; $0,2 < k \leq$

0,4 - razoável; 0,4 < k ≤ 0,6 - bom; 0,6 < k ≤ 0,8 - muito bom e k ≥ 0,8 - excelente. A avaliação da incerteza do modelo de predição é representada pelo índice de confusão (BURROUGH et al., 1997). O índice de confusão pode ser caracterizado por valores de probabilidade que são produzidos como um subproduto da classificação preditiva. Esse índice traz uma medida da confusão que o modelo preditivo faz entre as duas classes de solo mais prováveis, variando entre 0 e 1, onde 1 significa máxima confusão. O índice de confusão foi calculado usando a seguinte forma: *IC = 1 - (P1 - P2)*. O P1 e P2 são, respectivamente, as probabilidades da classe de solo mais provável e a segunda classe de solo mais provável. Além disso, foi calculada importância em porcentagem de cada covariável do terreno na predição de cada classe de solo. Para isso, foi utilizada a função varImp do pacote "caret" (R CORE TEAM, 2018).

A partir do modelo de predição, foi gerado o mapa digital de classes de solo para o segundo nível categórico (subordem) do SiBCS (SANTOS et al., 2018) para toda a área. Todas as etapas da modelagem foram realizadas na linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2018).

2.12 Modelagem e Predição Espacial do Teor de Carbono Orgânico

A modelagem e predição do teor de carbono orgânico foram realizadas para a profundidade de 30cm do solo. Essa profundidade corresponde à exigida para o GSOC (*Compile a Global Soil Organic Carbon*), conforme as diretrizes do *Global Soil Partnership* (GSP) (FAO e GSP, 2017). No entanto, os dados do teor de carbono orgânico do BDS/ZEE Bioma Amazônico foram obtidos a partir de levantamentos pedológicos, em que são amostrados horizontes pedogenéticos ou da amostragem em profundidades pré-definidas para fins de estudos de fertilidade do solo.

Assim, as profundidades amostradas não seguem o padrão exigido pelo GSOC, sendo necessária a transformação usando, por exemplo, *splines* de área igual (*Equal-area splines*) conforme proposto por Ponce Hernandes et al. (1986), e mais tarde testado com dados reais (BISHOP et al., 1999). Esta técnica é baseada no ajuste de funções de profundidade contínua para modelar a variabilidade das propriedades do solo com profundidade e, assim, foi possível converter as profundidades do solo amostradas na forma de horizontes pedogenéticos em profundidades padrão.

A função *spline* de área igual consiste de uma série de polinômios quadráticos locais que calcula o valor do atributo do solo para a camada pré-definida com base nas informações derivadas dos horizontes. No presente projeto, a função *spline* foi aplicada para os 170 perfis de solo visando obter o teor de carbono orgânico na profundidade de 30cm. O procedimento foi realizado no ambiente R, utilizando a função GSIF: *mpspline* do pacote R GSIF (HENGL, 2016). A aplicação da função resultou em 165 amostras contendo valores do teor de carbono orgânico para a profundidade de 30cm, os quais foram utilizados para gerar o modelo de predição do teor de carbono orgânico para a área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense.

Na modelagem, foram utilizadas as seguintes covariáveis do terreno como preditoras: elevação, declividade, aspecto, curvatura geral do terreno, curvatura planar do terreno, fator LS, distância da rede de drenagem, profundidade do vale, índice de rugosidade do terreno, índice de umidade do terreno, convexidade do terreno, índice de insolação difusa, índice de potencial de escoamento e posição relativa do declive. Além dessas, foram utilizadas covariáveis representativas da vegetação, sendo elas: NDVI (anos 1984 e 2017) e cobertura do solo (ano 2017).

Para gerar o modelo de predição do teor de carbono orgânico, foi utilizado o mesmo modelo multivariado aplicado na predição de classes de solos no presente trabalho, a Floresta Aleatória (*Random Forest - RF*). Antes de gerar o modelo de predição, o conjunto de 165 amostras contendo o teor de carbono orgânico na camada de 30cm solo foi particionado aleatoriamente em dois conjuntos de dados. O primeiro, conjunto de calibração do modelo, composto por 70% das amostras e outro de validação com 30% das amostras. Para a avaliação do modelo de predição, foi gerada a acurácia geral da predição. A incerteza da predição foi obtida a partir do cálculo do desvio-padrão da predição entre os teores de carbono orgânico predito e de referência - dados de laboratório derivados do BDS Bioma Amazônico Maranhense.

Esses parâmetros foram calculados para avaliar a proporção de pixels corretamente preditos em relação ao número de pixels totais nos mapas. Além disso, foi calculada, em porcentagem, a importância de cada covariável do terreno na predição dos solos, utilizando-se a função *varImp* do pacote *"caret"* (R CORE TEAM, 2018).

A partir do modelo de predição foi gerado o mapa digital do teor de carbono orgânico para a camada de 30cm do solo para toda a área desse bioma. Posteriormente foi gerado o mapa do desvio-padrão – incerteza - da predição do teor

de carbono orgânico. Todas as etapas da modelagem foram realizadas na linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

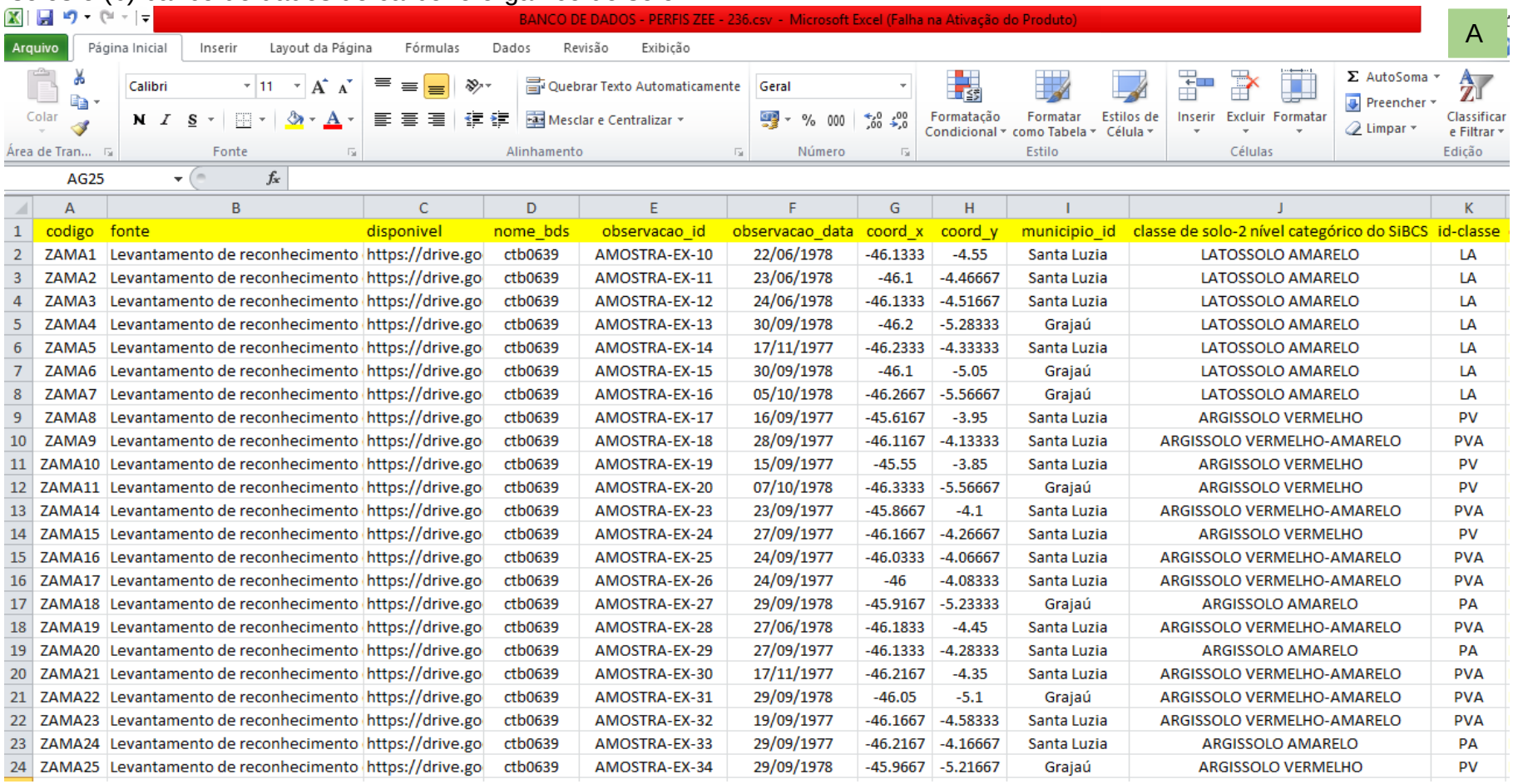
3.1 Organização e Análise Exploratória do BDS/ ZEE do Bioma Amazônico do Maranhão

As informações de 335 perfis de solos foram compiladas em todo território do estado do Maranhão. Desses 335 perfis, apenas 236 encontram-se na área do ZEE Bioma Amazônico. Esse conjunto de perfis compôs o BDS-ZEE Bioma Amazônico-MA, conforme mostram as tabelas da figura 13 e o mapa da figura 14. Para auxiliar na manipulação dos dados do BDS-ZEE Bioma Amazônico no presente projeto e também para projetos futuros, foi criado um código para cada perfil, sendo esse composto pela sigla “ZAMA” (ZAMA = Zoneamento Amazônia Maranhão) e o número do perfil, por exemplo, “ZAMA1” (Figura 13a) que indica o perfil de solo de número “1” dentro do BDS-ZEE/Bioma Amazônico MA. Além disso, inserirmos na planilha do BDS-ZEE/Bioma Amazônico-MA uma coluna referente à fonte dos dados, coluna “fonte”, e a coluna com o endereço para consultar o arquivo do trabalho completo de cada perfil, coluna “endereço do arquivo” (Figura 13a).

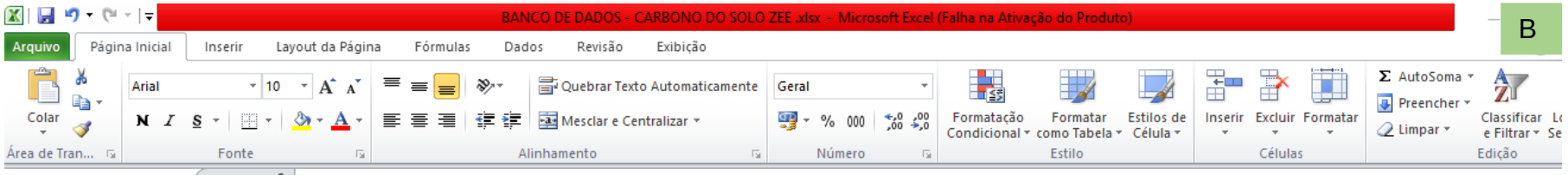
Os dados do BDS-ZEE desse bioma foram divididos em duas planilhas Excel, em que a planilha denominada de “BANCO DE DADOS – PERFIS ZEE 236” (Figura 13a) é composta por: código do perfil, fonte do dado, endereço de acesso aos dados, nome do banco de dados (nome-bds) do qual a informação foi derivada, identificação da observação (observação-id) extraída da fonte do dado, data de coleta dos dados, coordenadas x e y, município, classe de solo no nível 2º nível categórico do SiBCS (SANTOS et al., 2018), identificação da classe de solo (id-classe), entre outras informações referentes ao local de descrição de cada perfil no território do Bioma Amazônico Maranhense. Dos 236 perfis de solo, 66 não apresentam dados do teor de carbono orgânico do solo e 26 não possuem a classificação do tipo de solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018) devido à falta de informações do perfil de solo e, portanto, não foram incluídos na modelagem preditiva de classes de solos e teor de carbono orgânico.

A outra planilha denominada de “BANCO DE DADOS – CARBONO DO SOLO ZEE” (Figura 13b) é composta pelas camadas de amostragem de cada um dos 170 perfis de solo que contêm dados de carbono orgânico, totalizando 785 camadas. Ela é composta pelo código do perfil, nome do banco de dados (nome-bds) de onde a informação foi derivada, identificação da observação (observação-id) extraída da fonte do dado, coordenadas x e y, classe de solo, código da camada, nome da camada de amostragem, profundidade superior e inferior da camada e teor de carbono orgânico do solo (COS) expresso em porcentagem derivado de análises laboratoriais. Dos 170 perfis de solo, apenas 33 apresentam informação de densidade aparente do solo (Ds). Essa densidade é imprescindível para a elaboração do mapa de estoque de carbono orgânico do solo previstas no projeto. Nesse caso, optou-se por gerar o mapa do teor de carbono orgânico para a área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense.

Figura 13 - Tabelas em Excel dos dados do BDS/ ZEE Bioma Amazônico-MA compilados: (a) banco de dados de classes de solos e (b) banco de dados de carbono orgânico do solo



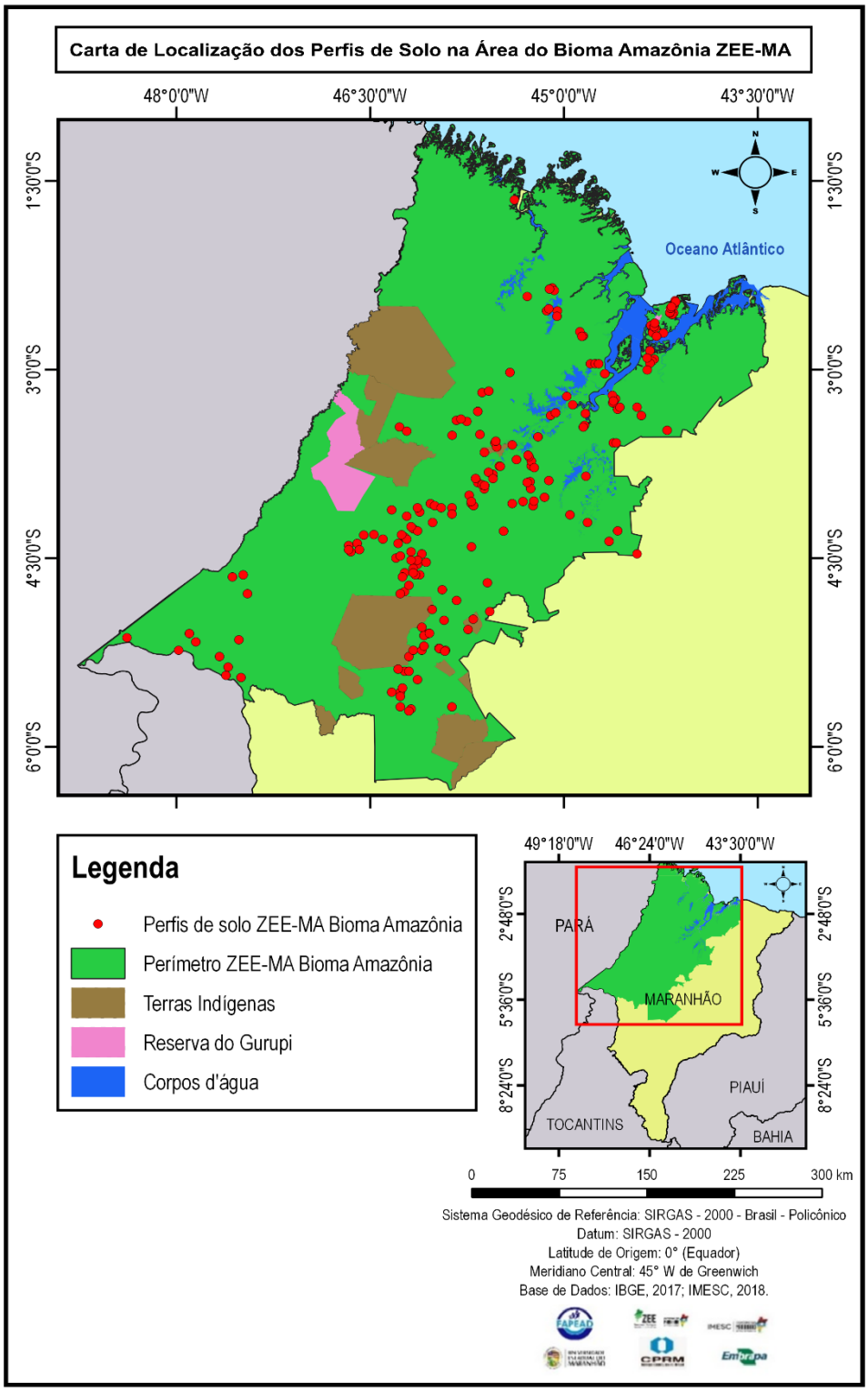
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	codigo	fonte	disponivel	nome_bds	observacao_id	observacao_data	coord_x	coord_y	municipio_id	classe de solo-2 nível categórico do SiBCS	id-classe
2	ZAMA1	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	22/06/1978	-46.1333	-4.55	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO	LA
3	ZAMA2	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	23/06/1978	-46.1	-4.46667	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO	LA
4	ZAMA3	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	24/06/1978	-46.1333	-4.51667	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO	LA
5	ZAMA4	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	30/09/1978	-46.2	-5.28333	Grajaú	LATOSSOLO AMARELO	LA
6	ZAMA5	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-14	17/11/1977	-46.2333	-4.33333	Santa Luzia	LATOSSOLO AMARELO	LA
7	ZAMA6	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-15	30/09/1978	-46.1	-5.05	Grajaú	LATOSSOLO AMARELO	LA
8	ZAMA7	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-16	05/10/1978	-46.2667	-5.56667	Grajaú	LATOSSOLO AMARELO	LA
9	ZAMA8	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-17	16/09/1977	-45.6167	-3.95	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO	PV
10	ZAMA9	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-18	28/09/1977	-46.1167	-4.13333	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
11	ZAMA10	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-19	15/09/1977	-45.55	-3.85	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO	PV
12	ZAMA11	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-20	07/10/1978	-46.3333	-5.56667	Grajaú	ARGISSOLO VERMELHO	PV
13	ZAMA14	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-23	23/09/1977	-45.8667	-4.1	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
14	ZAMA15	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-24	27/09/1977	-46.1667	-4.26667	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO	PV
15	ZAMA16	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-25	24/09/1977	-46.0333	-4.06667	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
16	ZAMA17	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-26	24/09/1977	-46	-4.08333	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
17	ZAMA18	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-27	29/09/1978	-45.9167	-5.23333	Grajaú	ARGISSOLO AMARELO	PA
18	ZAMA19	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-28	27/06/1978	-46.1833	-4.45	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
19	ZAMA20	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-29	27/09/1977	-46.1333	-4.28333	Santa Luzia	ARGISSOLO AMARELO	PA
20	ZAMA21	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-30	17/11/1977	-46.2167	-4.35	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
21	ZAMA22	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-31	29/09/1978	-46.05	-5.1	Grajaú	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
22	ZAMA23	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-32	19/09/1977	-46.1667	-4.58333	Santa Luzia	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO	PVA
23	ZAMA24	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-33	29/09/1977	-46.2167	-4.16667	Santa Luzia	ARGISSOLO AMARELO	PA
24	ZAMA25	Levantamento de reconhecimento	https://drive.go	ctb0639	AMOSTRA-EX-34	29/09/1978	-45.9667	-5.21667	Grajaú	ARGISSOLO VERMELHO	PV



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	codigo	nome_bds	observacao_id	coord_x	coord_y	classe de solo	codigo-camada	camada_nome	profund_sup	profund_inf	COS (%)
2	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H1	A1	0	4	4.85
3	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H2	A3	4	12	2.26
4	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H3	B1	12	25	1.07
5	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H4	B21	25	40	0.76
6	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H5	B22	40	70	0.66
7	ZAMA1	ctb0639	AMOSTRA-EX-10	-46.13333333	-4.55000000	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA1H6	B23	70	120	0.44
8	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H1	A1	0	4	2.07
9	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H2	A3	4	15	1.96
10	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H3	B1	15	26	1.51
11	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H4	B21	26	37	1.09
12	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H5	B22	37	52	0.73
13	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H6	B23	52	75	0.57
14	ZAMA2	ctb0639	AMOSTRA-EX-11	-46.10000000	-4.46666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA2H7	B24	75	120	0.37
15	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H1	A1	0	3	3.5
16	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H2	A3	3	10	1.92
17	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H3	B1	10	20	1.27
18	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H4	B21	20	37	0.81
19	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H5	B22	37	65	0.63
20	ZAMA3	ctb0639	AMOSTRA-EX-12	-46.13333333	-4.51666667	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA3H6	B23	65	120	0.38
21	ZAMA4	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	-46.20000000	-5.28333333	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA4H1	A11	0	2	2.15
22	ZAMA4	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	-46.20000000	-5.28333333	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA4H2	A12	2	10	2.04
23	ZAMA4	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	-46.20000000	-5.28333333	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA4H3	A3	10	25	0.86
24	ZAMA4	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	-46.20000000	-5.28333333	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA4H4	B1	25	44	0.69
25	ZAMA4	ctb0639	AMOSTRA-EX-13	-46.20000000	-5.28333333	LATOSSOLO AMARELO	ZAMA4H5	B21	44	70	0.62

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

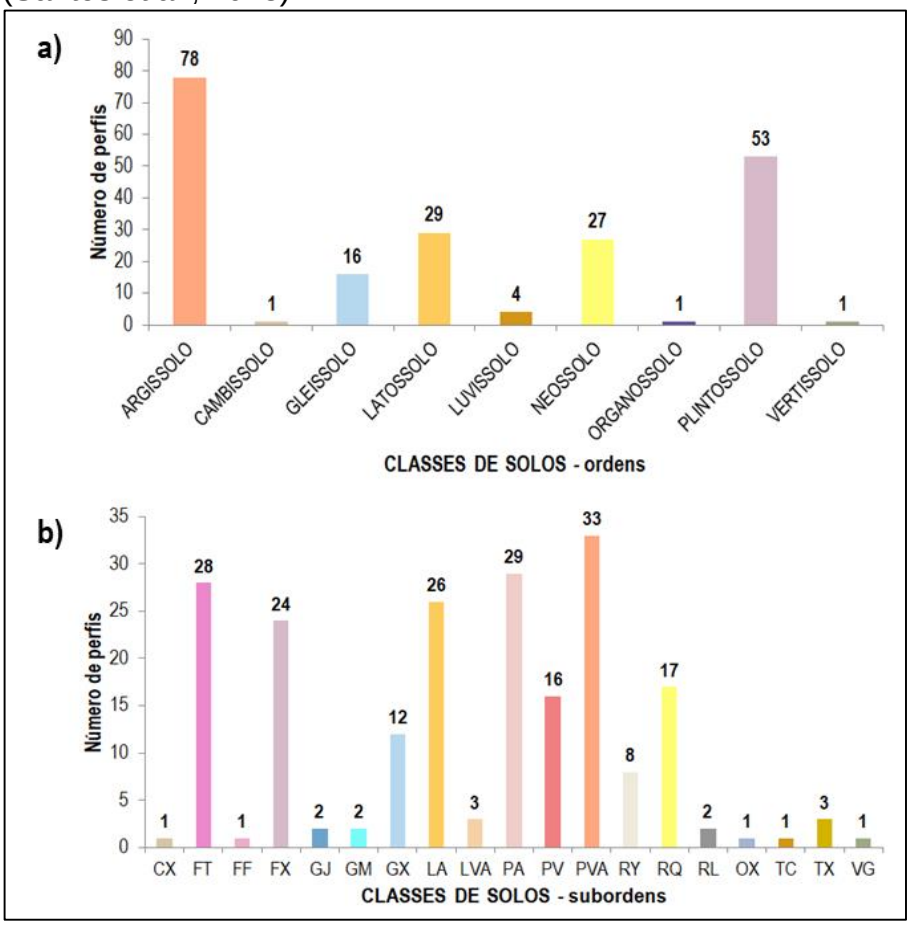
Figura 14 - Espacialização dos 236 perfis com identificação da classe de solo (pontos vermelhos) do BDS-ZEE Bioma Amazônico-MA



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

A distribuição do número de perfis para cada classe de solo ao nível de ordem e subordem do SiBCS (SANTOS et al., 2018), demonstra alta variação na distribuição dos perfis por classe para a área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense (Figuras 15a, 15b, respetivamente).

Figura 15 - (a) Distribuição do número de perfis para cada classe de solo ao nível de ordem; (b) nível de subordem do SiBCS (Santos et al., 2018)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

As classes de solo ao nível de ordem do SiBCS com maior proporção na área são os Argissolos, Plintossolos e Latossolos (Figura 15a). Já ao nível de subordem do SiBCS, as classe de solos com maior número de perfis no BDS-ZEE/Bioma Amazônico foram os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Amarelos (LA), Plintossolos Argilúvicos (FT) e Plintossolos Háplicos, respectivamente (Figura 15b), sendo essas as classes predominantes no Estado. As demais classes são pouco representativas no banco de dados (Plintossolo Pétrico - FF, Gleissolo Tiomórfico - GJ, Gleissolo Melânico,

Neossolo Litólico - RL, Luvissolo Háplico - TX, Luvissolo Crômico -TC, Organossolo Háplico -OX, Cambissolo Háplico -CX e Vertissolo Hidromórfico - VG).

Na análise exploratória do BDS-Bioma Amazônico do Maranhão foi observado baixo número de dados de solos (n = 210 – Figura 15b) para serem utilizados na modelagem preditiva espacial de classes de solo, pela técnica de Mapeamento Digital de Solos. Além disso, 75% dos dados são oriundos de levantamentos realizados nas décadas de 70 e 80. Esses dados obtidos em tempos remotos apresentam problemas como erro em coordenadas geográficas e teores de carbono orgânico quantificados nessas décadas. Os perfis de solo também se apresentam espacialmente mal distribuídos dentro do território desse bioma, como pode ser visualizado na figura 14.

A análise preliminar do BDS desse bioma permitiu a identificação das informações de solo menos representadas e também locais da paisagem com carências de pontos de amostragem de solo. Diante da escassez de dados de solos em algumas áreas do território do bioma em estudo e também da falta de informações sobre a densidade aparente (Ds) do solo, que é parâmetro imprescindível para elaboração do mapa de Estoque de Carbono Orgânico, viu-se a necessidade de elaboração de um Mapa de Amostragem de Solos (MAS). Esse mapa servirá de base para a coleta de amostras de solo em locais estratégicos que necessitam de amostragem de solo, visando o planejamento de projeto futuros para a elaboração de Mapa Digital de Classe de Solos mais detalhado e Mapa Digital do Estoque de Carbono Orgânico do Solo. O Mapa de Amostragem de Solos é apresentado no item 3.3.

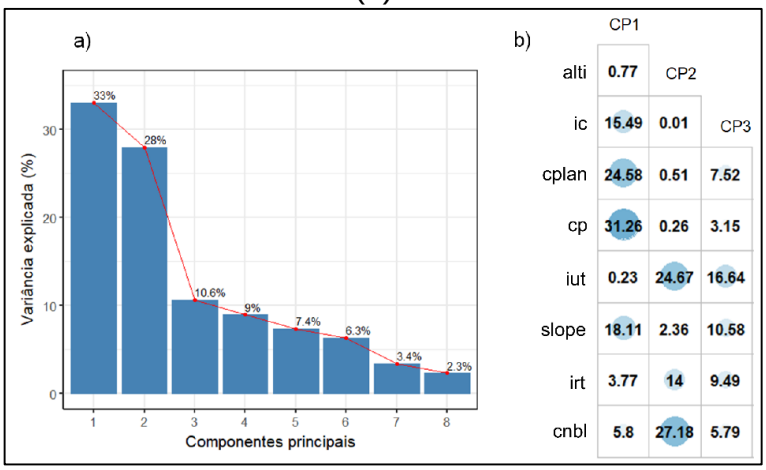
3.2 Análise Exploratória do Terreno

A análise exploratória da paisagem foi realizada pela Análise de Componentes Principais (ACP) utilizando a informação dos atributos do terreno derivados da malha de 720 pontos. Na figura 16, é apresentada a relação entre os autovalores de cada componente principal para o conjunto dos sete atributos do terreno. Apenas três componentes apresentam autovalor maior que um, os quais explicam 71,6% da variância presente nos dados (Figura 16a). Nesses componentes, as variáveis que apresentaram pesos mais elevados foram a CP, CNBL, IUT, CPLAN, SLOPE, IC e IRT (Figura 16b). No entanto, os pares de atributos IC e CPLAN, VDCN

e SLOPE apresentaram pesos elevados no mesmo componente principal, indicando que esses pares são correlacionados, ou seja, ambos explicam a variabilidade do terreno.

Tais resultados indicam que esses atributos são importantes para caracterizar a variabilidade do terreno dessa área, e consequentemente, serão efetivos na construção dos modelos preditos por técnicas de MDS. Diante dos resultados da ACP, os atributos CP, SLOPE, ALTI, IUT e CNBL foram selecionados como condicionantes para serem utilizados na geração da malha de pontos do Mapa de Amostragem de Solo (MAS) pelo método cLHS e na análise exploratória da relação solo-paisagem.

Figura 16 - Autovalor correspondente a cada componente principal (a) e variância explicada para cada atributo do terreno (b)

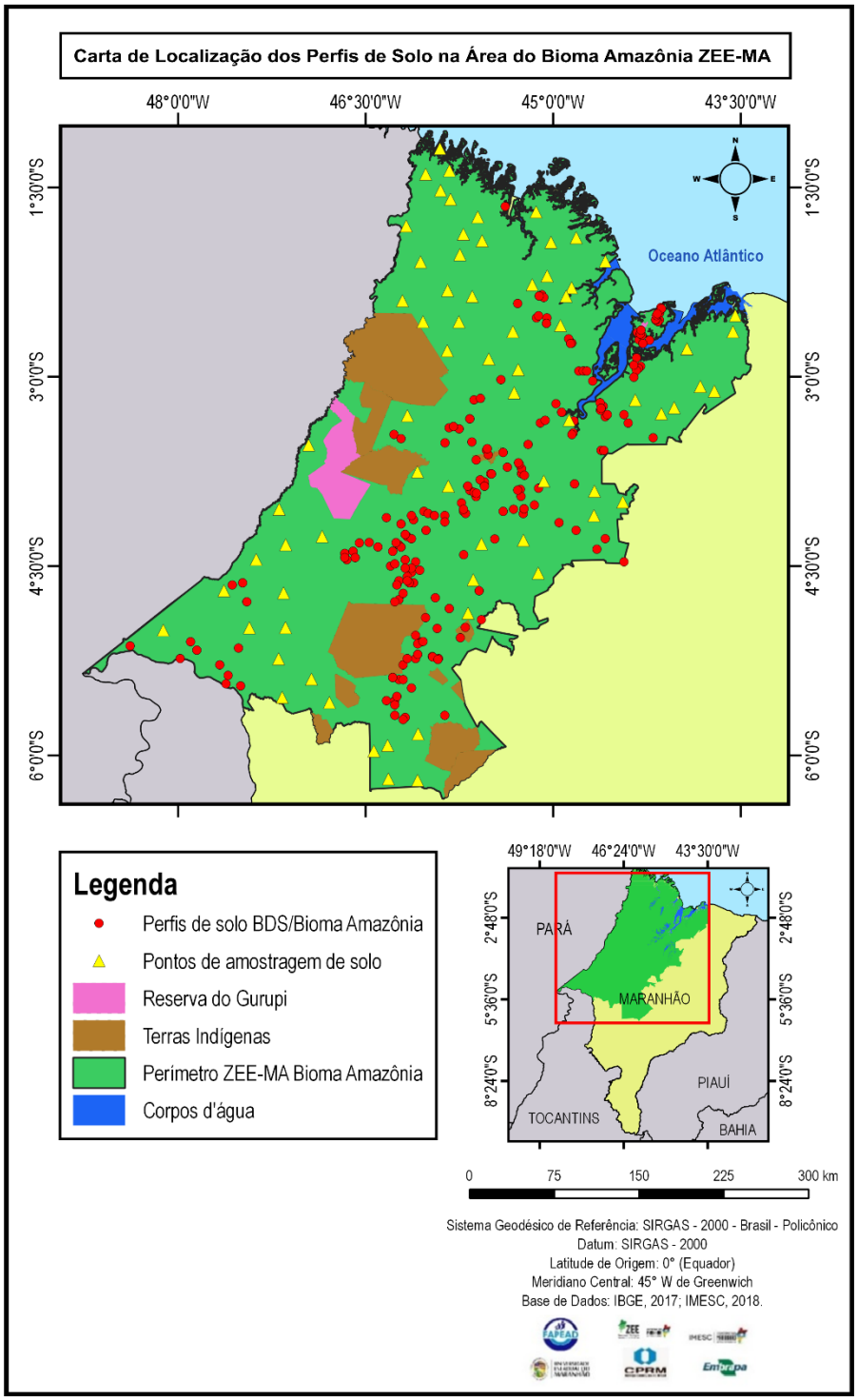


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

3.3 Mapa de Amostragem de Solo - MAS

A partir dos atributos CP, SLOPE, IUT e ALTI e CBNL selecionados pela análise de ACP foi gerada a malha de pontos do Mapa de Amostragem de Solo (Figura 17). Esse mapa é um indicativo de locais a serem amostrados considerando a variabilidade do terreno e do solo. Cabe ressaltar, que havendo dificuldades de acesso, os pontos podem ser coletados em outros locais, desde que o terreno apresente as mesmas características ambientais.

Figura 17 - Mapa de Amostragem de Solos com indicação dos perfis de solos existentes no BDS/ZEE Bioma Amazônico (pontos em vermelho) e localização de pontos de amostragem de solos a serem coletados (pontos em preto)

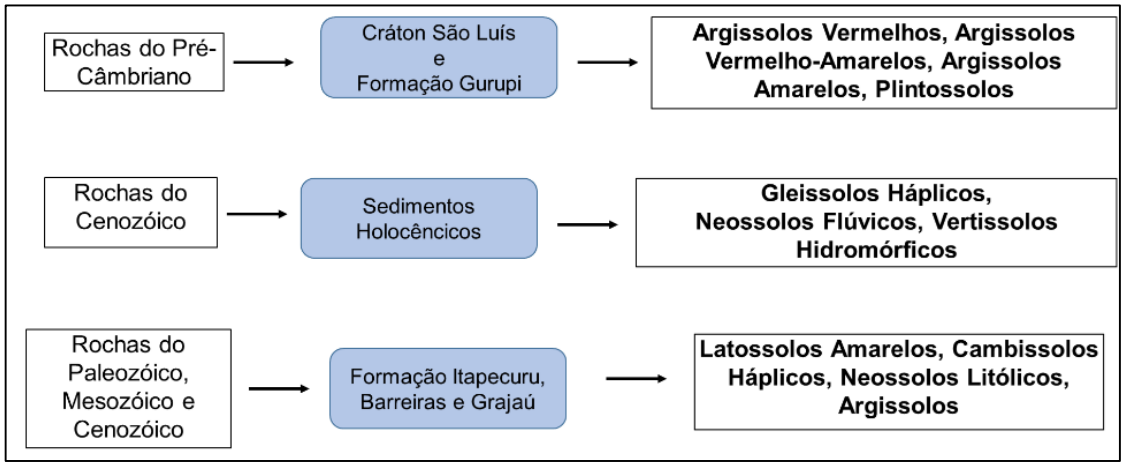


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

3.4 Relação solo-paisagem

A relação solo-paisagem no Estado do Maranhão é complexa, pois representa uma área transicional entre diferentes biomas (Amazônia, Cerrados e Caatinga), com climas variados, indo desde o clima Equatorial ao Semiárido, variações de vegetação que vão de Floresta Equatorial à vegetação de Cerrados e suas muitas variações, além de uma ampla diversidade de formas de relevo, litologia, geomorfologia e, portanto, de solos. A figura 18 apresenta a síntese da relação solo-geologia/geomorfologia da área de estudo.

Figura 18 - Esquema mostrando a relação solo-geologia/geomorfologia da área do ZEE Bioma Amazônico-MA



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

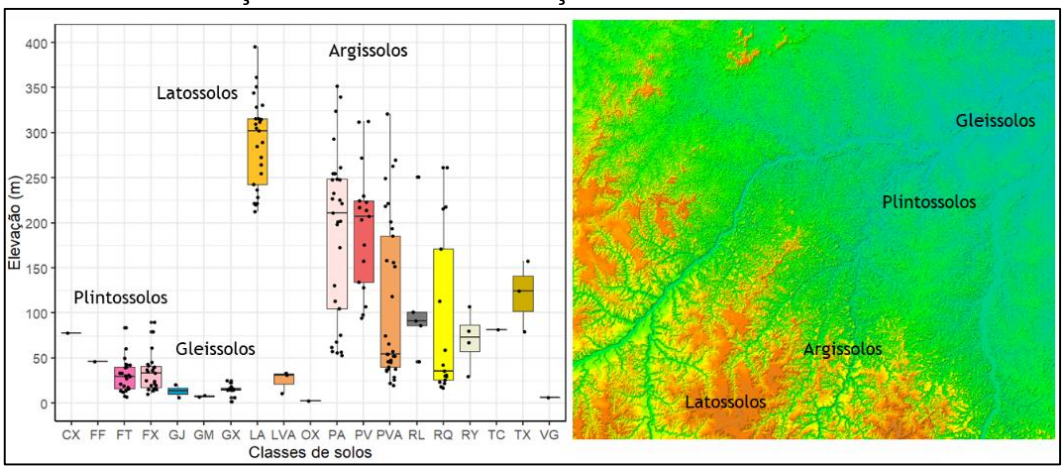
As figuras 19 a 23 apresentam os resultados da análise estatística exploratória das covariáveis ambientais relacionadas com as classes de solos, apresentadas na forma de *boxplots* e imagens. Foram avaliadas as covariáveis elevação, declividade, distância da drenagem, índice de umidade e curvatura do terreno. Essas covariáveis complementam o papel das primeiras, Geologia e Geomorfologia, para explicar a distribuição espacial dos solos na paisagem.

Observou-se que as covariáveis explicam, juntas ou separadas, a ocorrência dos solos nos ambientes, no entanto, pode haver certa “mistura” entre classes de solos, o que se explica por aspectos relacionados à quantidade e qualidade dos dados de solos disponíveis no BDS-Bioma Amazônico Maranhense e sua distribuição espacial, ou seja, além do número de perfis ser pequeno (210 perfis de solos), eles se encontram mal distribuídos na paisagem, havendo áreas não representadas pelos perfis existentes.

Outro problema de qualidade dos dados é a falta e/ou a pouca representação no BDS-Bioma Amazônico-MA, de certas classes de solos existentes na área de estudo, a exemplo de Vertissolos e Cambissolos com um perfil apenas ou Luvissolos com três perfis. Nesses casos, a solução foi eliminar essas classes das análises, para não aumentar o erro (incertezas) dos modelos de predição.

A elevação tem uma excelente relação com as classes de solos (Figura 19), separando muito bem os solos de baixada, Gleissolos e Plintossolos, daqueles de ambiente mais seco, Latossolos e Argissolos. Isso é ilustrado na imagem representativa da área (Figura 19), onde se pode ver a diferença de relevo. Entre esses dois ambientes, existe uma área de transição em que ocorrem os demais tipos de solos, variando em curtas distâncias, a exemplo dos Argissolos.

Figura 19 - Boxplots e imagem mostrando a distribuição das classes de solos em relação à covariável elevação



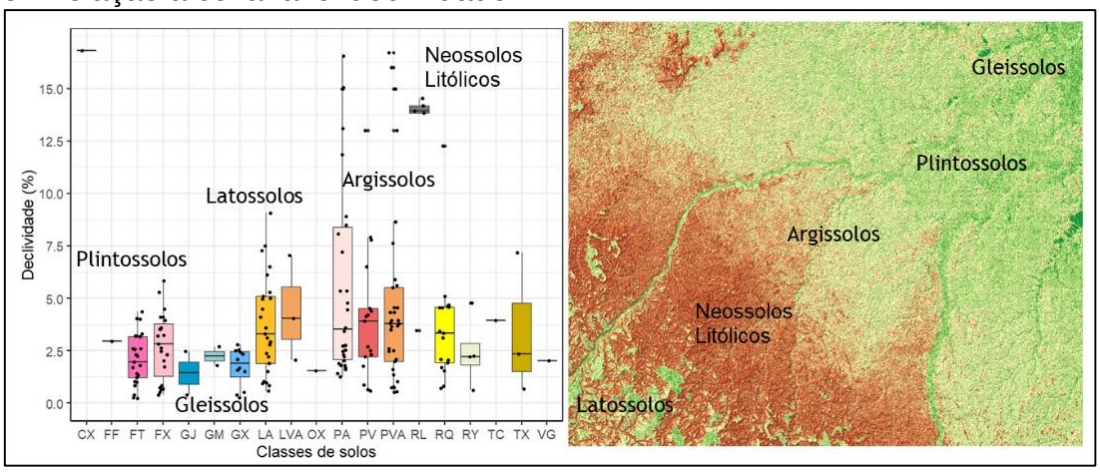
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Analisando a covariável declividade (Figura 20), os Gleissolos e Plintossolos destacam-se nas menores declividades (relevo plano), ou seja, onde há mais possibilidade de acúmulo de água, enquanto que nas maiores declividades - relevo forte ondulado - aparecem os Neossolos Litólicos. Nas demais classes intermediárias de declividade, relevo suave ondulado, aparecem os Argissolos e os Latossolos.

As covariáveis distância da drenagem e índice de umidade (Figuras 21 e 22, respectivamente) mostram que a distribuição das classes de solos nos ambientes é similar àquela observada para elevação, ou seja, nos locais mais próximos dos rios, lagos e áreas inundáveis, ambientes mais úmidos, portanto, predominam os Gleissolos, acompanhados dos Plintossolos, que ocorrem nas áreas

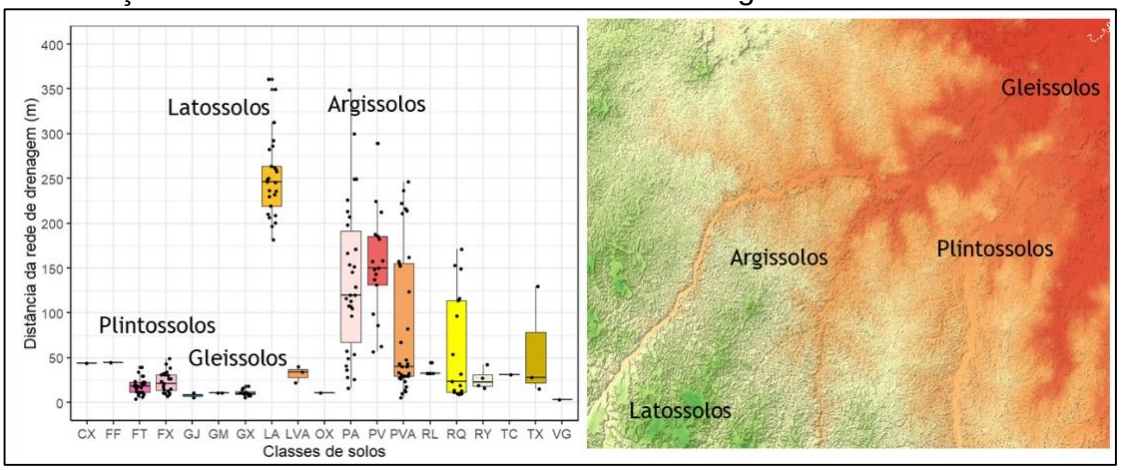
subsequentemente mais elevadas que as áreas de baixada (imagens das Figuras 21 e 22). Os Argissolos e Latossolos ocorrem nas áreas mais distantes do ambiente úmido, predominantemente na transição e nos platôs.

Figura 20 - *Boxplots* e imagem mostrando a distribuição das classes de solos em relação à covariável declividade



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

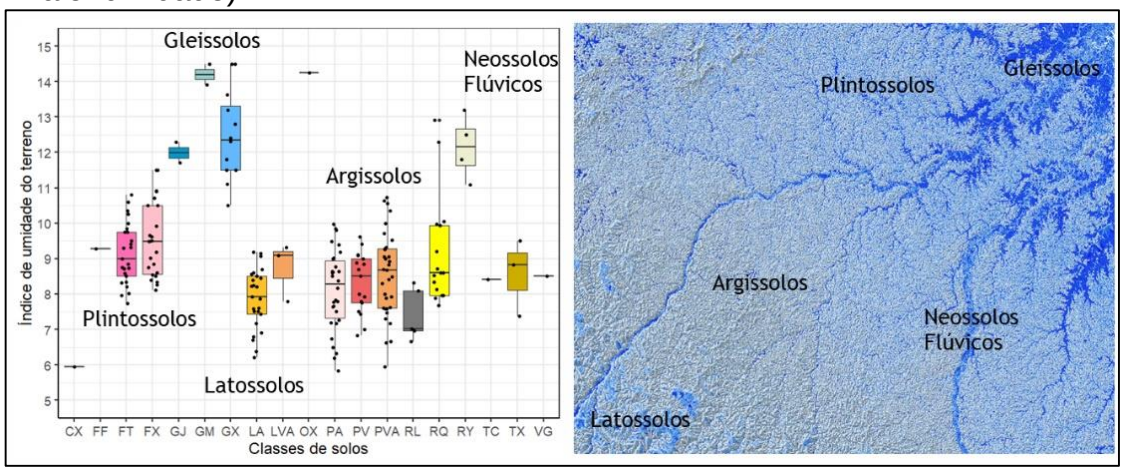
Figura 21 - *Boxplots* e imagem mostrando a distribuição das classes de solos em relação à covariável distância da rede de drenagem



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

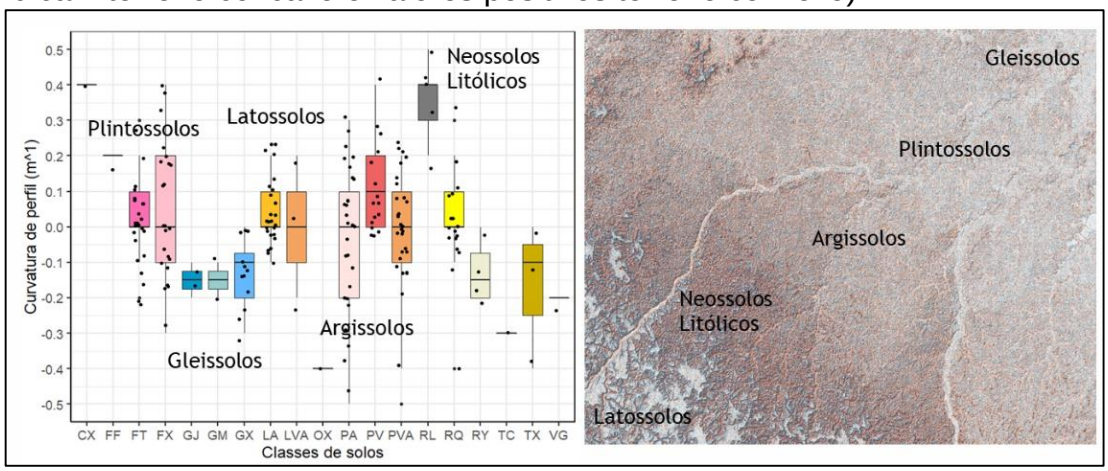
A covariável curvatura do terreno está relacionada ao potencial de escoamento e acúmulo de água e sedimentos na paisagem. Em ambientes mais côncavos, a probabilidade de acúmulo de água é maior e, portanto, nesses locais predominam os Gleissolos e Plintossolos (Figura 23). Já em ambientes mais convexos, onde o fluxo superficial de água é favorecido, aparecem os Neossolos Litólicos. Nos ambientes de transição entre essas formas de curvatura, predominam os Argissolos e os Latossolos.

Figura 22 - *Boxplots* e imagem mostrando a distribuição das classes de solos em relação à covariável índice de umidade do terreno (valores maiores indicam maior umidade)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Figura 23 - *Boxplots* e imagem mostrando a distribuição das classes de solos em relação à covariável curvatura do terreno (valores negativos indicam terreno côncavo e valores positivos terreno convexo)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

3.5 Mapeamento Digital de Classes de Solos

O mapa de classes de solos gerado para área do ZEE Bioma Amazônico-MA pela técnica de Mapeamento Digital de Solos é apresentado na figura 24. O mapa apresentou uma acurácia geral de 55% e Kappa de 0,60. Esse valor de Kappa é classificado como bom segundo a classificação de Landis & Koch (1977). Em relação à acurácia de cada classe de solo, os Latossolos Amarelos apresentaram a maior acurácia (AC = 83%), seguidos do Neossolos Flúvicos (AC = 80%), Gleissolos Háplicos (AC = 69%), Neossolos Quartzarênicos (AC = 67%). Argissolos Vermelho-

Amarelos (AC = 63%), Plintossolo Háplicos (AC = 63%) e Argissolos Amarelos (AC = 57%). As menores acurácias foram encontradas para as classes dos Plintossolos Argilúvicos (AC = 54%) e Argissolos Vermelhos (AC = 49%). A menor AC observada nessas classes é explicada pela baixa representatividade de perfis dessas classes na base de dados e também na paisagem. Segundo Taghizadeh-Mehrjardi et al. (2015), a distribuição espacial e número de amostras representativas de cada classe de solo influencia a qualidade de mapas digitais de classe de solos.

A Tabela 3 mostra a área de cada classe de solo predita na área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense. Nota-se que a classe dos Argissolos Vermelho-Amarelos apresenta a maior área mapeada, seguido dos Latossolos Amarelo, Argissolos Amarelos, Plintossolos Argilúvicos e Gleissolos Háplicos. As classes com menor área mapeada foram Argissolos Vermelhos e Nessolos Flúvicos.

Tabela 3 - Quantificação das classes de solos preditas da área mapeada até o 2° nível categórico (Subordem) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (SANTOS et al., 2018)

Simbologia da Classe de Solo	Subordem do SiBCS	Área mapeada (km^2)
FT	**Plintossolo Argilúvico**	**15.369,56**
FX	**Plintossolo Háplico**	**11.506,56**
GX	**Gleissolo Háplico**	**13.122,65**
PV	**Argissolo Vermelho**	**468.08**
PVA	**Argissolo Vermelho-Amarelo**	**49.683.94**
PA	**Argissolo Amarelo**	**18.502.41**
LA	**Latossolo Amarelo**	**19.655,14**
RY	**Neossolo Flúvico**	**2.364.53**
RQ	**Neossolo Quartzarênico**	**8.272.30**
Total	**-**	**138.945,17**

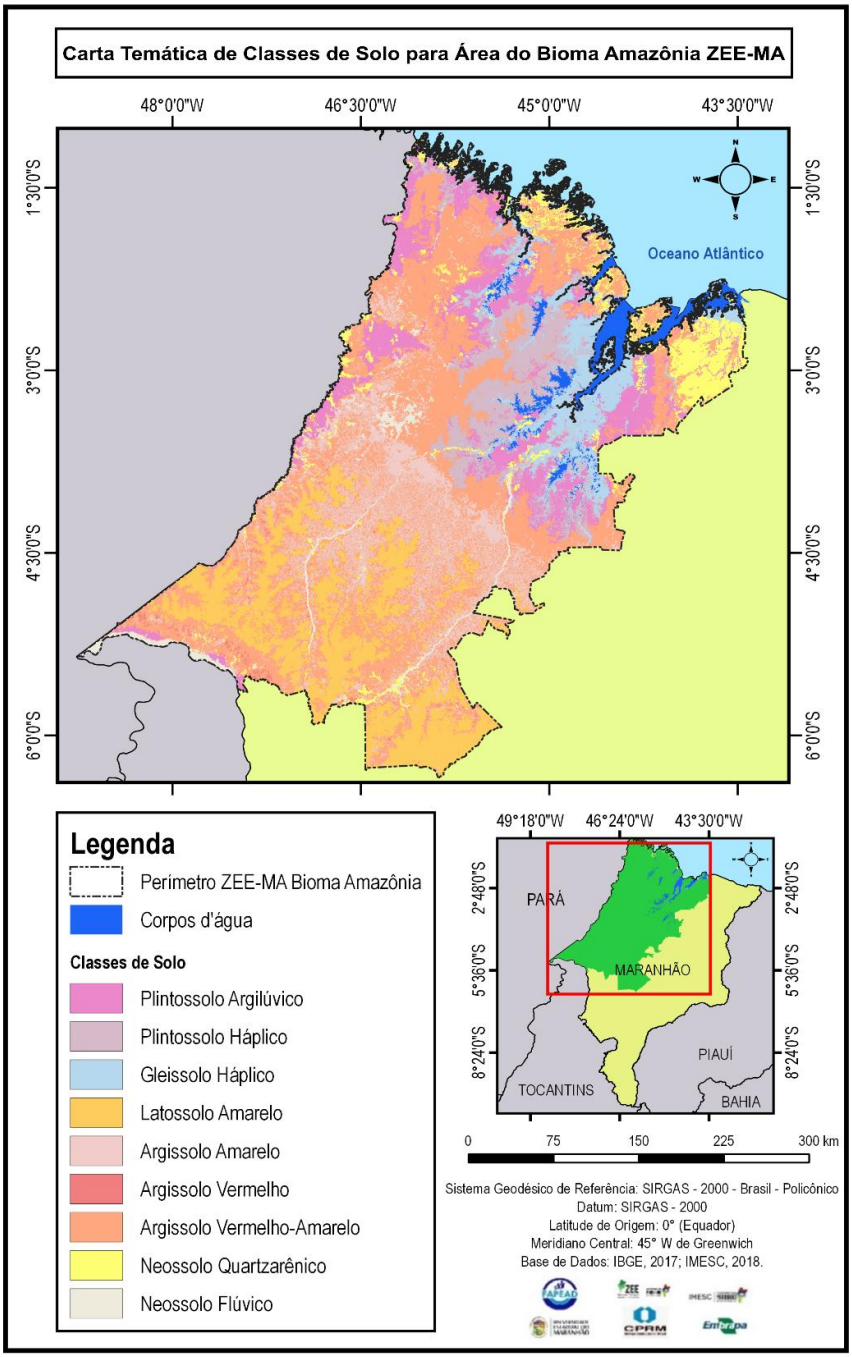
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

O mapa de Incerteza da predição de Classes de Solo (Figura 25) mostra os locais da paisagem onde o modelo de predição foi mais preciso, valores próximos de 1 e menos preciso, valores próximos de 0. As áreas com maior incerteza estão relacionadas com a baixa representatividade de perfis de solo, com destaque para as classes de solos dos Argissolos Vermelhos – PV, Plintossolos Argilúvicos – FT e Argissolos Amarelos – PA, que apresentam a menor acurácia da predição.

Além disso, essas classes ocorrem em posições semelhantes da paisagem, sendo de difícil discriminação por modelos matemáticos e até mesmo por pedólogos no campo quando existe escassez de perfis de solo na base de dados. Nota-se que as áreas nas quais predominam a classe dos Latossolos Amarelos – LA,

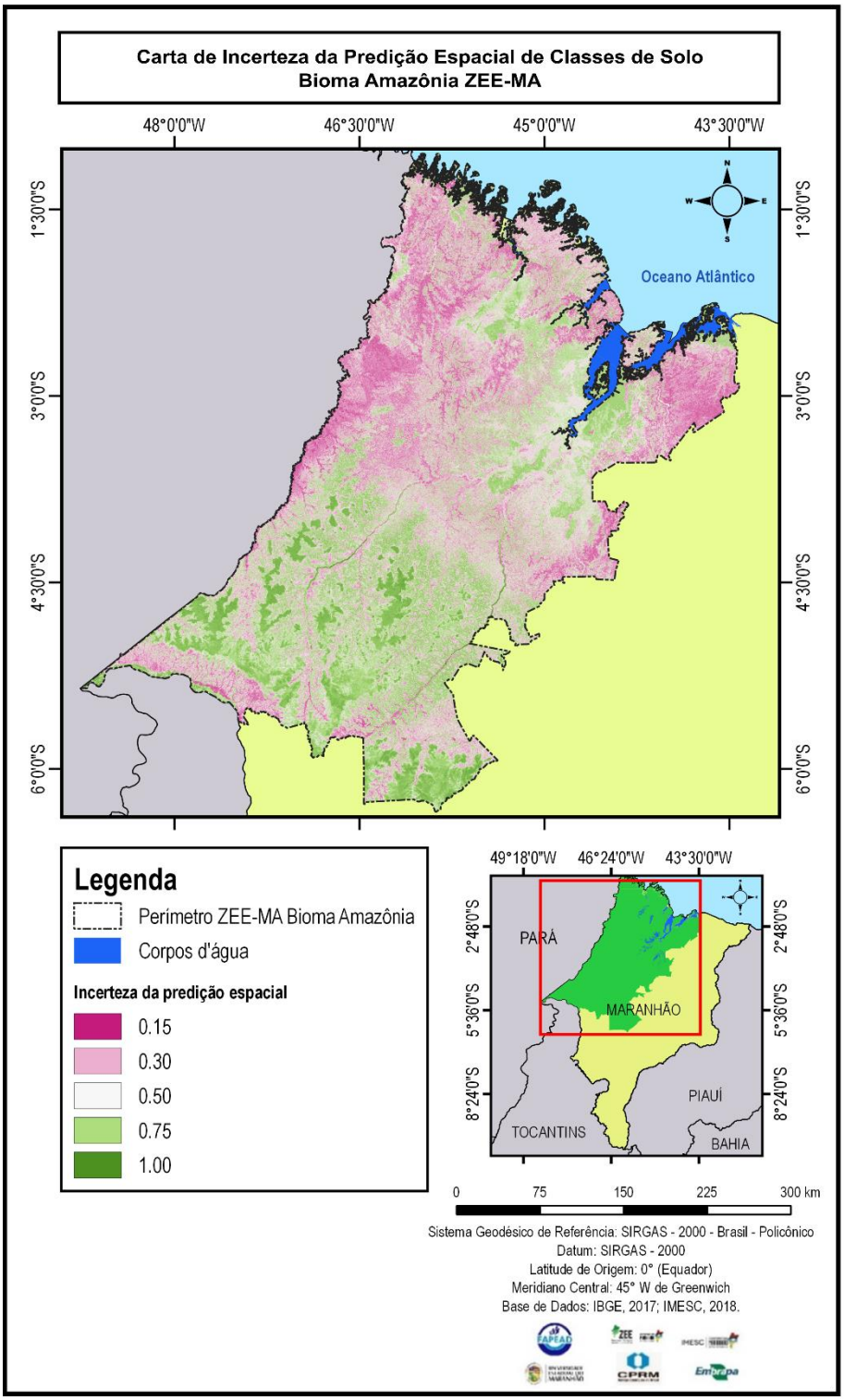
Gleissolos Háplicos - GX e Plintossolos Háplicos – FX (Figura 24), apresentaram a menor incerteza, valores próximos de 1 (Figura 25).

Figura 24 - Mapa Digital de Classes de Solos (Subordem do SiBCS – SANTOS et al., 2018) da área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Figura 25 - Mapa de Incerteza da predição de Classes de Solo para a área do ZEE Bioma Amazônico-MA



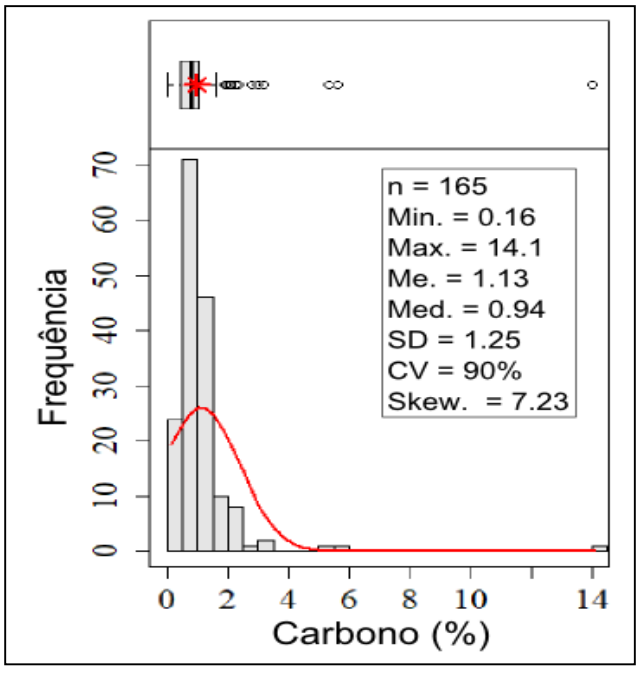
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

3.6 Mapeamento Digital do Teor de Carbono Orgânico

A análise estatística do conjunto de 165 amostras utilizadas na predição do teor de carbono orgânico na camada de 30cm é apresentada na figura 26. Em geral, é observada alta variação nos teores de carbono, em que o conteúdo de carbono variou de 0,16 a 14,01%, com um conteúdo médio de 1,13%. O valor de CV de 90% indica a alta variação do conteúdo carbono em torno da média, em que se observa a maior frequência de amostras com teor de carbono entre 0,5 a 1,5%. Essa alta variação está relacionada ao baixo número de amostras com altos teores de carbono orgânico, associadas aos tipos de solos que ocorrem na baixada maranhense como os Organossolos, Gleissolos e Vertissolos que possuem altos teores de carbono na profundidade de 30cm.

Cabe ressaltar que esse fato teve implicação na modelagem e na acurácia do mapa do teor de carbono. Além disso, 80% dos dados de carbono foram obtidos de amostras de solos coletadas nas décadas de 70 e 80, sendo isso outro fator a ser considerado na hora de utilizar e interpretar o Mapa de Carbono gerado no presente projeto.

Figura 26 - Estatística descritiva, histograma e *boxplots* dos teores de carbono do solo. Em que: n - número de amostras, Me - média, SD - desvio-padrão, Min - mínimo, Med - mediana, Max - máximo, CV - coeficiente de variação, Skew – assimetria



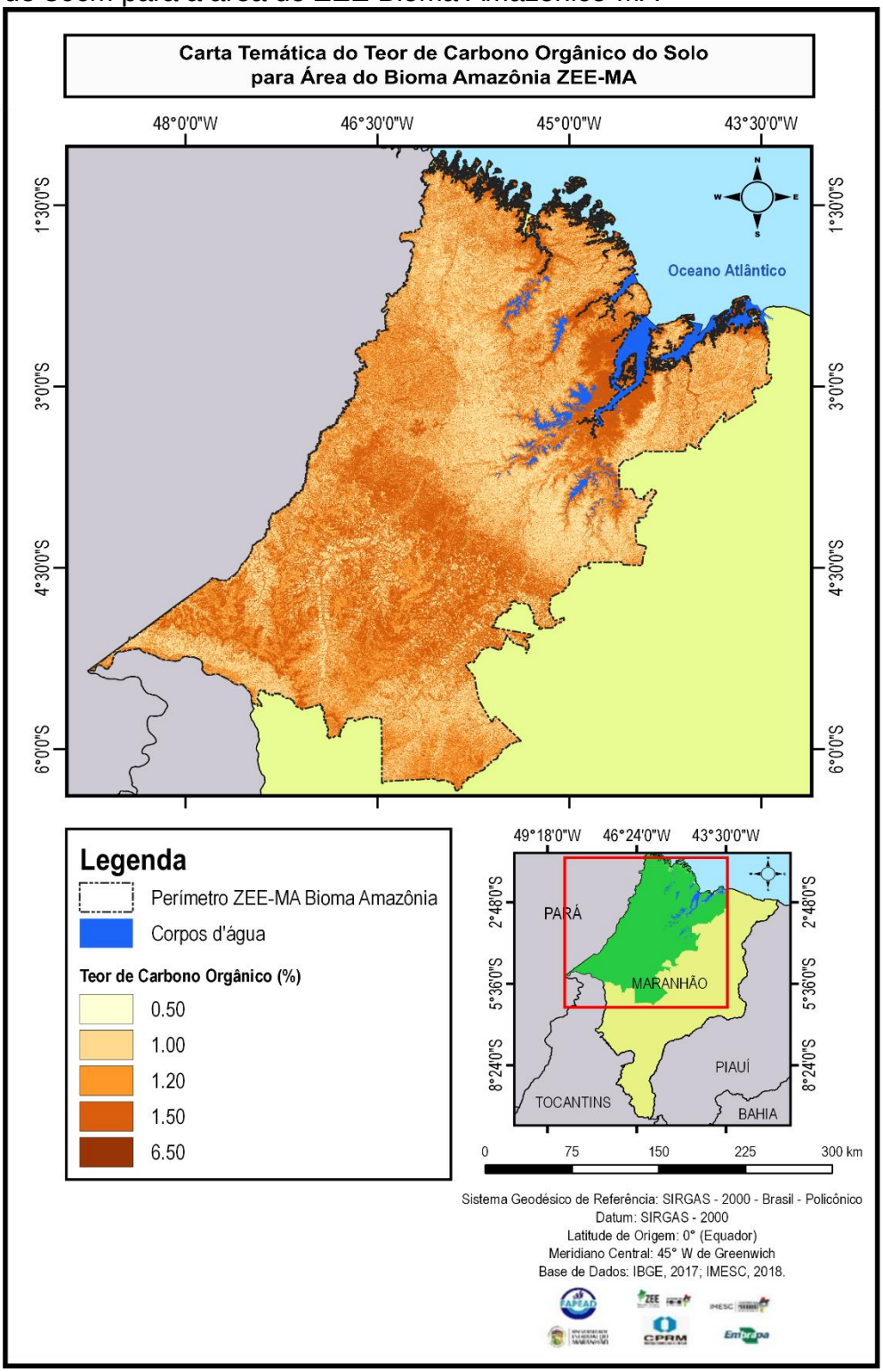
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

O modelo de predição do teor de carbono orgânico foi gerado a partir de 70% das amostras (n = 115) das 165 amostras na profundidade de 30cm. Para a validação do mapa, foram utilizadas 50 amostras (30% das amostras). Na validação o mapa do Teor de Carbono Orgânico para a área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense (Figura 27) resultou em uma acurácia geral de 40% e erro médio de predição de 1,19% de carbono (Figura 28). Os maiores teores de carbono são observados na área da baixada maranhense e nas áreas de mangues - reentrâncias maranhenses – com valores entre 4,0 a 6,5% de carbono orgânico. Valores intermediários são observados nas áreas das chapadas, em que predomina a classe de solos Latossolos Amarelos sob o uso agrícola, com valores variando entre 1,2 a 2,5%. Já os teores mais baixos de carbono se encontram em áreas com pastagens, a maior parte delas degradadas, e também áreas de dunas com predomínio de Neossolos Quartzarênicos, onde os valores variam entre 0,2 a 1,0% de carbono orgânico.

O Mapa de Incerteza, desvio-padrão, da predição do teor de carbono orgânico para a profundidade de 30cm é apresentado na figura 28. O mapa mostra os valores de desvio-padrão das estimativas de carbono em que valores altos indicam maiores erros nas predições, ou seja, menor acurácia do mapa (Figura 30). Os maiores erros são observados na parte norte e central da área do ZEE Bioma Amazônico, sendo essa área associada aos locais com menor número de amostras presentes no banco de dados do ZEE Bioma Amazônico. Além disso, é natural que essas áreas apresentem maior desvio-padrão devido ao maior teor de carbono nessa área onde estão presentes os maiores índices de vegetação correspondentes ao uso da terra de florestas. Já os menores valores de desvio-padrão são observados em áreas de vegetação menos densa da área do ZEE, cujo conteúdo de carbono é menor, associado ao maior número de amostra para a geração do modelo de predição.

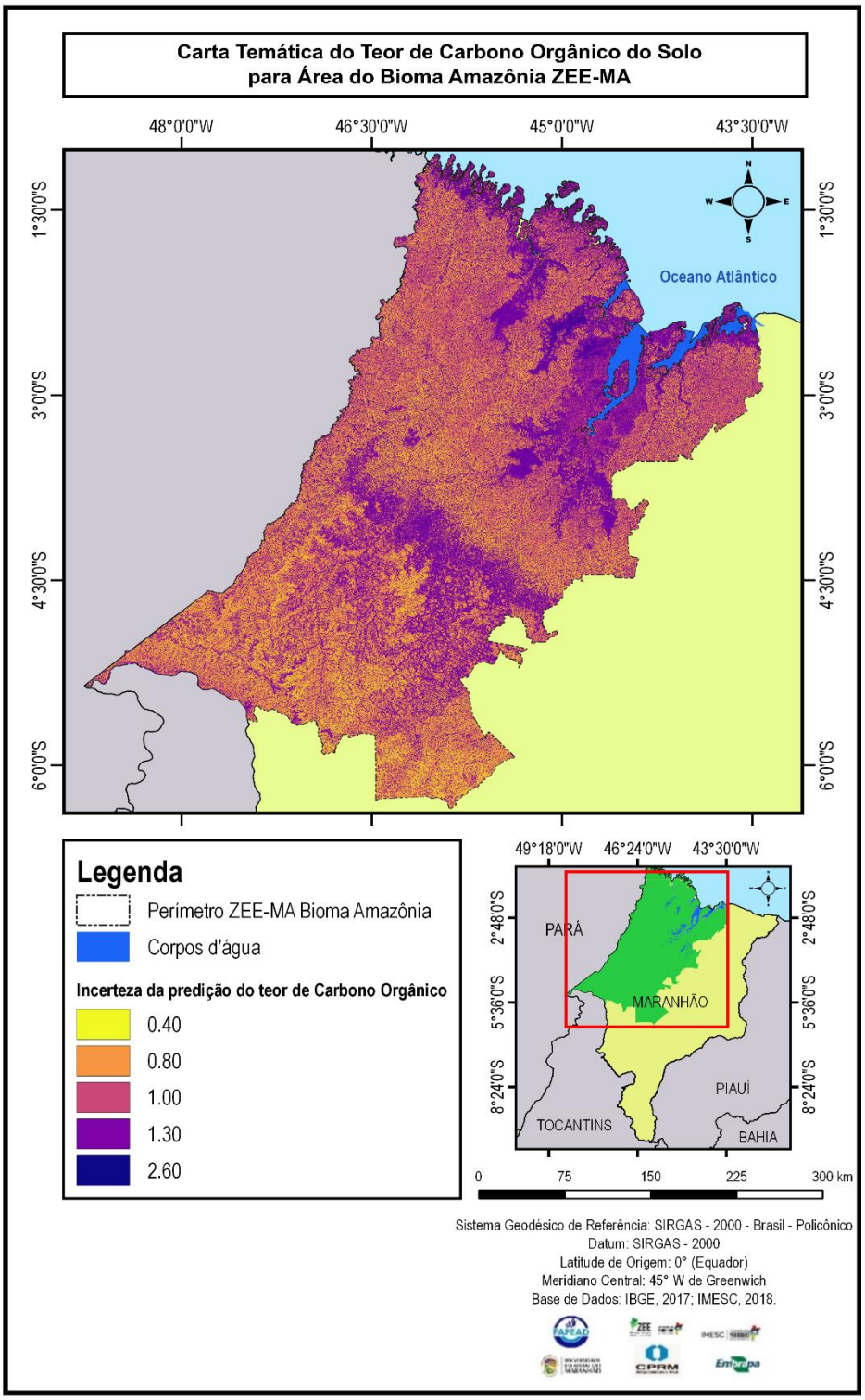
Uma das grandes vantagens da técnica de Mapeamento Digital de Solos é a possibilidade de geração dos Mapas de Erros. Esses mapas podem ser utilizados para direcionar futuras amostragens de solos às quais será dada maior ênfase para a amostragem em áreas com maiores erros de predição. Isso possibilita a redução dos custos do mapeamento e direcionamento dos recursos para áreas prioritárias. A Equipe da Embrapa sugere que o Mapa de Amostragem do Solo e o Mapa de Erros de predição do Carbono sejam utilizados em projetos futuros visando gerar informações de solos para a área do ZEE Bioma Amazônico.

Figura 27 - Mapa Digital do Teor de Carbono Orgânico na profundidade de 30cm para a área do ZEE Bioma Amazônico-MA



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Figura 28 - Mapa de Incerteza (desvio-padrão em %) da Predição do Teor de Carbono Orgânico na profundidade de 30cm para a área do ZEE Bioma Amazônico-MA.



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados mostram o potencial que o Mapeamento Digital de Solos possui em relação à geração de informações de solos, possibilitando a obtenção de uma base de dados sólida, em que as incertezas são informadas para o usuário final da informação. Além dos custos muito mais reduzidos para a produção dos mapas, o fato da modelagem considerar as incertezas relacionadas à disponibilidade, representatividade e qualidade dos dados e, ao próprio processo de mapeamento, permite decisões mais assertivas e seguras para o planejamento e uso das terras e sobre políticas públicas adequadas para os diferentes solos/ambientes mapeados.

O mapa de Classes de Solos para área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense mostra de forma detalhada as regiões nas quais predominam solos com aptidão boa para uso agrícola, por exemplo, Argissolos e Latossolos; com aptidão regular para uso agrícola devido ao alto teor de alumínio a exemplo dos Plintossolos; assim como áreas com solos mal drenados próximos áreas de Mangue, como Gleissolos, nas quais a indicação mais adequada é tornarem-se Áreas de Preservação Permanente.

O mapa do Teor de Carbono Orgânico dos Solos para a profundidade de 30cm, mostra as áreas onde os teores de carbono são altos, por exemplo, na região conhecida como Baixada Maranhense. Para essa região, é importante a criação de políticas públicas com objetivo de minimizar a degradação pelo uso inadequado do solo, o qual pode acarretar perdas de carbono na forma de CO_2 (dióxido de carbono) para atmosfera. Já em áreas com baixos teores de carbono, deve-se fomentar práticas de manejo do solo que aumentem o carbono orgânico, como o plantio direto e os sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF).

É de extrema importância que em projetos futuros para a área do ZEE Bioma Amazônico Maranhense sejam descritos e coletados novos perfis de solos nos locais indicados pelo Mapa de Amostragem de Solos gerado neste estudo, a fim de garantir maior quantidade e qualidade dos dados e melhor representatividade dos solos existentes na área, visando melhorar os resultados, aumentando a precisão do Mapa de Classes de Solos e Mapa de Teor de Carbono, além de fornecer dados atualizados para o ZEE desse bioma.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. V. *et al.* **Projeto RADAM.** Levantamento exploratório de solos da folha SB.23 São Luís e parte da folha SA.24. Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973. 117p.

BISHOP, T.; MCBRATNEY, A.; AND LASLETT, G. **Modelling soil attribute depth functions with equal-area quadratic smoothing splines**. Geoderma, v. 91, n. 1, p. 27–45, 1999.

BOLFE, E.L. et al. **Banco de Dados Geoespaciais do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**, 2014.

BURROUGH, P. A.; VAN GAANS, P. F.; HOOTSMANS, R. **Continuous classification in soil survey: spatial correlation, confusion and boundaries**. Geoderma, v. 77, n. 2-4, p. 115-135, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico. 2013**. Disponível em: http://www.ma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial. Acesso em: 10 mar. 2018.

BREIMAN, L. **Random Forests.** Machine Learning, v.45, p. 5–32, 2001.

CARVALHO JÚNIOR, W. et al. Método do hipercubo latino condicionado para a amostragem de solos na presença de covariáveis ambientais visando o mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 386-396, 2014.

CARVALHO, R. F.; GAMA, J. R. N. F.; ARAÚJO, E. P.; LOPES, J. R. **Solos da ilha do Maranhão**. São Luís, 2015. 74p.

CONGALTON, R.G. **A Review of Assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sens Environ, v. 37 p. 35-46, 1991.

CONRAD, O. et al. **System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4**. Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do polo Pré-Amazônia Maranhense**. Rio de Janeiro, 290p. (Boletim de pesquisa número 15), 1982.

FAO e GSP (2017). **Gsp guidelines for sharing national data/information to compile a global soil organic carbon (gsoc)** map - pillar 4 working group. Disponível em: http://www.fao.org/3/a-bp164e.pdf HENGL, T. et al (2016). **Gsif:** Global soil information facilities. rpackage version 0.5-3. Acesso em: 10 mar. 2018.

HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry: concepts, software, applications**. Developments in soil science. Amsterdam: Elsevier, 2008. 772p.

HOUNKPATIN, K. O. et al. Predicting reference soil groups using legacy data: A data pruning and Random Forest approach for tropical environment (Dano catchment, Burkina Faso). **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 9959, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Pedologia:** mapa exploratório de solos. Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JACOMINE, P.K.T. (Coord.). **Levantamento exploratório:** reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/Sudene-DRN, 1986a. 2 v. (Embrapa-SNLCS. Boletim de pesquisa, 35; Sudene-DRN. Recursos de solos, 17).

JACOMINE, P.K.T. (Coord.). **Zoneamento edafoclimático do babaçu nos estados do Maranhão e Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1984. 557 p. (Embrapa-SNLCS. Boletim de pesquisa, 26; Sudene-DRN. Série Recursos de solos, 16).

JENNY, H. **Factors of soil formation - a system of quantitative pedology**. New York: Dover Publications, 1941. 281p.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.B.; VOLTZ, M. (Eds.). **Digital soil mapping - an introductory perspective**. Amsterdam: Elsevier, 2006. p. 3-22.

LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.

MARTINS, A.L.S. Indicadores de qualidade de um plintossolo e relação com a produtividade do milho sob plantio direto em aléias. **Dissertação** - Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, MA, 2006. 90 p.

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M.; MINASNY, B. **On digital soil mapping**. Geoderma, v.117, p. 3-52, 2003.

MCKENZIE, N.J. & RYAN, P.J. **Spatial prediction of soil properties using environmental correlation**. Geoderma, v. 89, p. 67-94, 1999.

MINASNY, B.; McBRATNEY, A. B. **A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information.** Comput. Geosci. v. 32, p.1378/1388, 2006.

MOORE, I. D.; GEISSLER, P. E.; NIELSEN, G. A; PETERSON, G. A. **Soil attribute prediction using terrain analysis**. Soil Science Society of America Journal, v. 57, p. 443-452, 1993.

PONCE HERNANDES, R.; MARRIOTT, F.; AND BECKETT, P. **An improved method for reconstructing a soil profie from analyses of a small number of samples.** European Journal of Soil Science, v. 37, n. 3, p. 455–467, 1986.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em: http://www.R-project.org.

SANTOS, H.G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, C. C. Serviços ambientais em diferentes sistemas de uso e ocupação do solo no município de Monção-MA, Amazônia Oriental, Brasil. **Tese - Programa de Pós Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão**, São Luís, MA, 2016. 108 p.

SILVA, M.B. **Caracterização da Cobertura Pedológica da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim**. Relatório de Viagem do NuGEO. 2015.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras da Fazenda Kaiser, município de Balsas (MA)**. 2005.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras da Fazenda Pé-de-Bicho, município de Balsas (MA)**. 2005.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras da Fazenda São João, município de Fortaleza dos Nogueiras (MA)**. 2008.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras da Fazenda Itapagé, município de Coelho Neto (MA)**. In: EIA-RIMA da Fazenda Itapagé. 2009.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras do Projeto Florestal da Gusa Nordeste S/A, município de Buriti Bravo (MA)**. In: Estudo de Impacto Ambiental-EIA e Relatório de Impacto Ambiental-RIMA do Projeto Florestal da Gusa Nordeste S/A.2010.

SILVA, M.B. **Levantamento de Reconhecimento e Aptidão Agrícola das Terras da Fazenda Eldorado, municípios de Igarapé do Meio, Bela Vista do Maranhão e Monção (MA).** 2014.

SOMMER, S.; ARAÚJO, M.P.; MARTINS, J. S.; CORRÊA, P.R.S. **Projeto RADAM Levantamento exploratório de solos da folha SB.23 Teresina e parte da folha SB. 24 Jaguaribe**. Volume 2- Rio de Janeiro, 1973. 144p.

TAGHIZADEH-MEHRJARDI R et al. **Comparing data mining classifiers to predict spatial distribution of USDA-family soil groups in Baneh region, Iran.** Geoderma, v.253, p.67-77, 2015.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. **Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data**. Applied Geography, Amsterdam, v.32, n.2, p.300-309, 2011.

VENTURIERI, A. et al. **Potencialidade Agrícola de Municípios ao Longo da Ferrovia Carajás-Itaqui, entre Santa Inês e São Luís, MA**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 129 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 433), 2017.

WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. **Digital terrain analysis.** In: Wilson, J.P., Gallant, J.C. (Eds.), Terrain Analysis: Principles and Applications, p. 1–27, 2000.

VI RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

José de Ribamar Carvalho dos Santos (Coordenador)
Helen Nébias Barreto
Veruska Costa de Jesus
Thomas Jefferson Alves Santos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 260
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 261
2.1 Escala de trabalho 261
2.2 Bases espaciais 267
2.3 Tratamento da informação espacial 268
2.4 Morfometria 269
2.5 Base de dados hidrológicos 270
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES: Bacias Hidrográficas do Bioma Amazônico Maranhense 271
3.1 Bacia do rio Mearim 274
3.2 Bacia do rio Gurupi 279
3.3 Bacia do rio Turiaçu 281
3.4 Bacia do rio Maracaçumé 284
3.5 Bacia do rio Tocantins 286
3.6 Bacia do rio Pericumã 288
3.7 Bacia do Rio Itapecuru 290
3.8 Bacia do rio Munim 292
3.9 Sistemas de Bacias Costeiras 295
3.10 Ilha do Maranhão 298
4 REDE HIDROGRÁFICA NA ESCALA 1:250.000 300
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 304
REFERÊNCIAS 270

1 INTRODUÇÃO

A água, como recurso natural, assume papel importante no atual cenário de desenvolvimento econômico, tornando-se essencial em razão de problemas associados à oferta limitada e à variabilidade temporal e espacial. Dentro desta perspectiva, no contexto de um Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), a água é um recurso estratégico e requer uma abordagem abrangente quanto às atividades econômicas. Por isso, conhecer as características da rede hidrográfica associadas à análise de outras variáveis ambientais, possibilita a discussão sobre a disponibilidade hídrica natural, o grau de vulnerabilidade e a geração de indicadores ambientais. Esses são aspectos fundamentais do enfoque ecológico que norteia o ZZE, conforme metodologia estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente.

Para a cobertura de grandes extensões territoriais que envolvem os estudos do ZEE no Brasil, recorre-se à Cartografia e às ferramentas e técnicas computacionais avançadas que auxiliam na representação plana dos aspectos naturais e artificiais da superfície terrestre. O processo cartográfico envolve o estudo e construção de formulação matemática, a definição de métodos de trabalho e a elaboração dos produtos cartográficos, tendo como objetivo a localização geográfica, a avaliação de distâncias, formas e direções, bem como a apresentação de um modelo da superfície em escala reduzida. Nesse sentido, os sistemas específicos do universo das Geotecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), fornecem soluções para tratar assuntos geográficos, como a representação espacial e atualização de informações relativas aos aspectos naturais, em especial a rede hidrográfica.

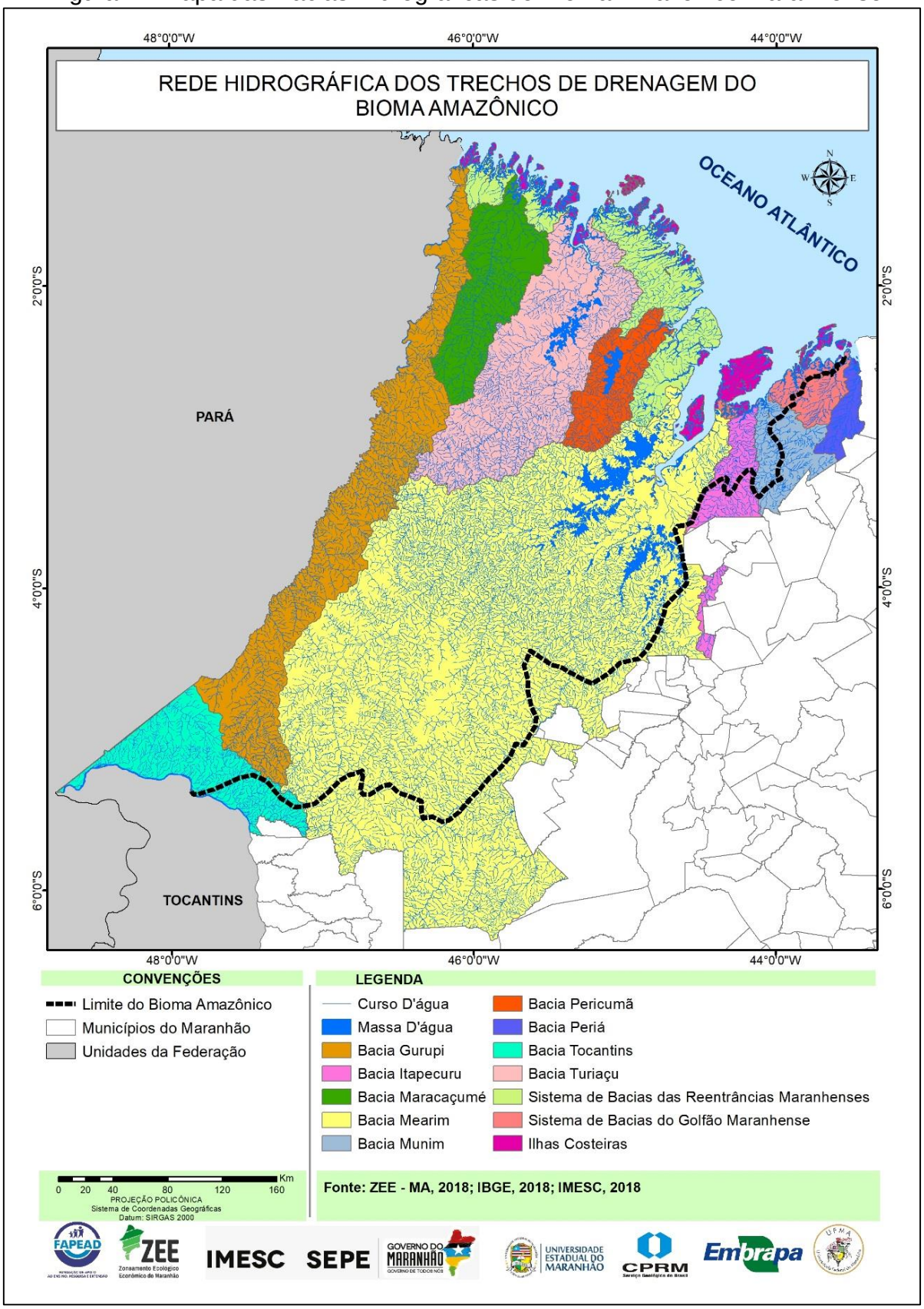
Dentro dessa perspectiva, este trabalho fundamenta-se no ajuste e construção de base cartográfica da hidrografia referente ao Bioma Amazônico do estado do Maranhão, que atenda aos requisitos do termo de referência do instrumento ZEE em escala 1:250.000. Visa também a precisão cartográfica, a atualização, a melhor caracterização dos aspectos naturais relativos aos cursos d’água e a realização de análises espaciais com maior nível de detalhe cartográfico. Portanto, apoia-se no uso de geotecnologias e de produtos correlatos para o tratamento da informação e a elaboração de base espacial hidrográfica do Bioma Amazônico Maranhense.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Escala de trabalho

No caso particular do estado do Maranhão, tem-se disponível, para a área do Bioma Amazônico, a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Águas (ANA), em escala 1:250.000, que incorpora os planos de informação constituídos por trechos de drenagem, limites de bacias hidrográficas e massas de água, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa das Bacias Hidrográficas do Bioma Amazônico Maranhense

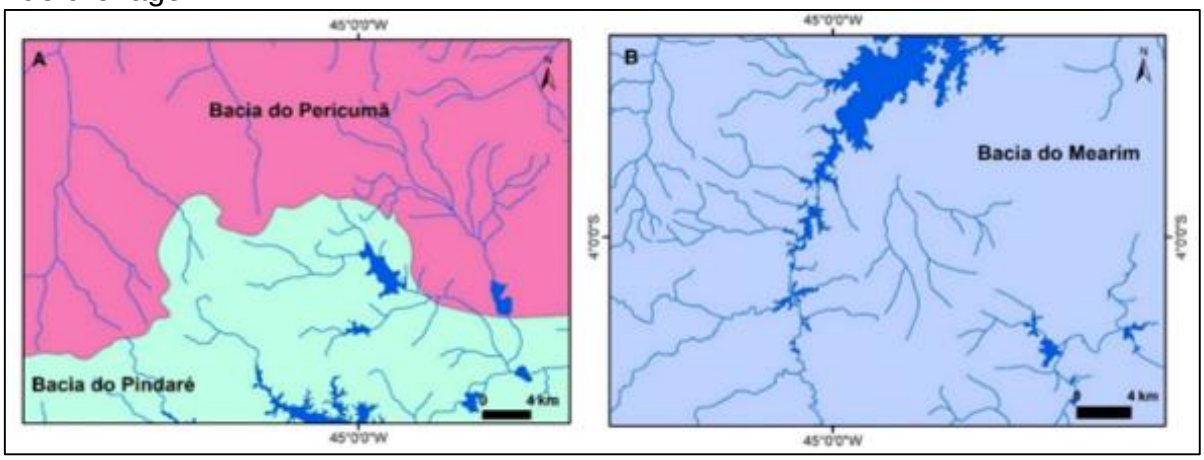


A análise da base hidrográfica do IBGE permitiu a conclusão de que a rede de drenagem se apresenta em multiescala, devido à generalização cartográfica presente na maior parte das bacias que contemplam o bioma, como se observa, por exemplo, no médio curso da bacia do rio Pindaré. Além disso, nesta mesma base, destacam-se diversos erros cartográficos na delimitação de bacias hidrográficas e dos trechos de drenagem.

Na Figura 2 são mostrados dois exemplos de erros comuns encontrados na base cartográfica. Na Figura 2A, tem-se um grande afluente da bacia do rio Pindaré inserido na bacia do rio Pericumã, em virtude do erro de delimitação do divisor hidrográfico. Quando se trata de bacias hidrográficas de grande extensão territorial, muitas vezes o limite de bacia é delimitado por meio de extração automática, processada em Sistema de Informação Geográfica. Embora seja um processo adotado para a cobertura de grandes bacias, nem sempre é realizada a conferência e o refinamento cartográfico.

Na Figura 2B é apresentado outro tipo de erro comum nas bases espaciais de hidrografia, como o exemplo da bacia do rio Mearim, representado pela desconexão de trechos de drenagem com o rio principal e os demais afluentes, gerando trechos de drenagem descontínuos. Além disso, observa-se que nas figuras há generalização da rede de drenagem, considerando-se a escala de trabalho 1:250.000.

Figura 2A - Erro de delimitação de bacia hidrográfica; 2B - Desconexão de rede de drenagem



Fonte: Adaptado do IBGE (2017)

Para atender ao termo de referência do ZEE quanto à escala de trabalho, foi adotado o sistema de referência internacional do Manual de Normas, Especificações e Procedimentos para a Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo — CIM (IBGE, 1993). O sistema de folhas da carta ao milionésimo desdobra-se em outras escalas, e a Folha 1:250.000 apresenta um índice de nomenclatura composto da letra da zona e do número do fuso correspondente à Folha, precedido da letra S pelo fato da área situar-se no hemisfério Sul. Por se tratar da escala 1:250.000, a nomenclatura ainda recebe duas letras. Assim, os produtos cartográficos referentes à base hidrográfica neste trabalho serão apresentados conforme o sistema internacional de articulação de Folhas que fornece informações sobre a posição da área mapeada, padronizando as referências cartográficas.

Na área do Bioma Amazônico do Maranhão, tem-se duas articulações de Folhas 1:250.000, divididas a cada 1º 30’, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4: (i) a articulação conforme o limite desse bioma, definido pelo IBGE, contemplando 16 Folhas e (ii) a articulação conforme o limite do referido bioma definido pela coordenação do ZEE Maranhão (IMESC, 2018), que agrega o limite municipal na alteração desse bioma, contemplando 18 Folhas.

Figura 3 - Articulação das Folhas do IBGE em escala 1:250.000

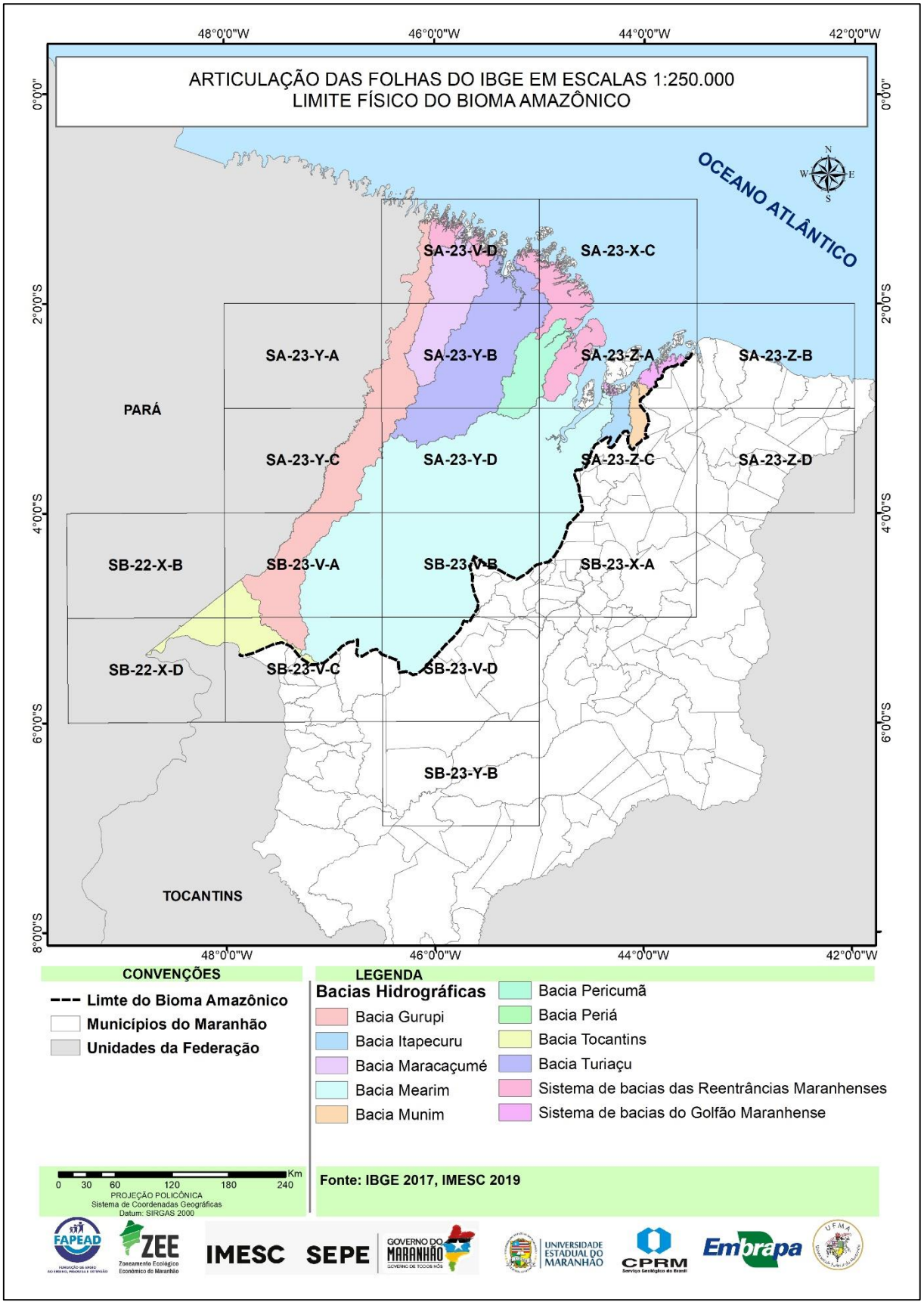
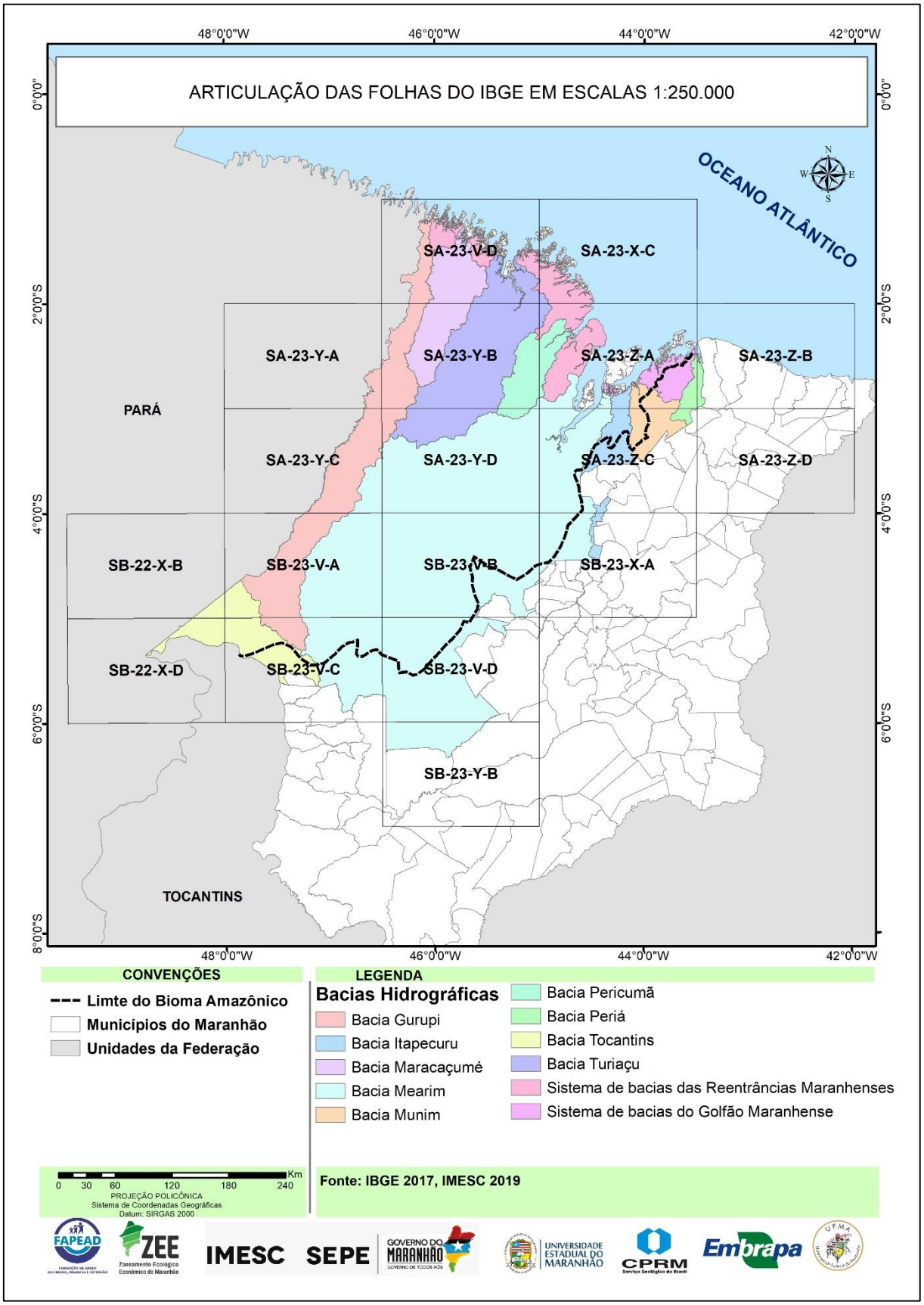


Figura 4 - Articulação das Folhas do IBGE em escala 1:250.000, considerando os limites de municípios na delimitação do Bioma Amazônico do Maranhão



2.2 Bases espaciais

As diversas bases espaciais utilizadas referem-se aos dados de órgãos governamentais responsáveis pela elaboração de bases cartográficas oficiais. As diferentes informações requeridas para o ajuste e construção da nova base hidrográfica foram obtidas no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A base de dados vetoriais foi extraída do IBGE e da ANA e os planos de informação utilizados como referência para o ajuste cartográfico da drenagem foram: trecho de drenagem, massa de água, curva de nível, ponto cotado e limite de bacia hidrográfica. Quanto às bases de dados matriciais foram selecionados três tipos de documentos cartográficos para auxiliar no processo de correção e ajuste espacial dos cursos d'água, quais sejam:

a) O Modelo Digital de Elevação (MDE) de imagens de radar SRTM, com resolução espacial de 30 metros, do Projeto TOPODATA/INPE (2008). O MDE é uma forma de representação do terreno, referente exclusivamente à altimetria ou modelagem topográfica. Essa base altimétrica foi utilizada para refinar a rede de drenagem e os limites das bacias hidrográficas.

b) As imagens de satélite do sensor *Rapideye*, com resolução espacial de 5 metros, do Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente, referente ao ano de 2011. Para as bases matriciais referentes ao MDE do TOPODATA e as imagens de satélite *Rapideye* foram elaborados os mosaicos da área do bioma a partir do conjunto de cenas. Estes documentos auxiliaram na atualização das informações da rede de drenagem e na verificação dos erros de vetorização dos trechos de drenagem da base original do IBGE.

c) A base topográfica, referente às cartas digitalizadas planialtimétricas de 1989 e planimétricas de 1978, da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) e IBGE. Mesmo se tratando de cartas em escalas de maior detalhe (1:100.000), esses documentos foram utilizados para identificação de informações básicas, como por exemplo, a toponímia dos cursos d'água e das massas de água.

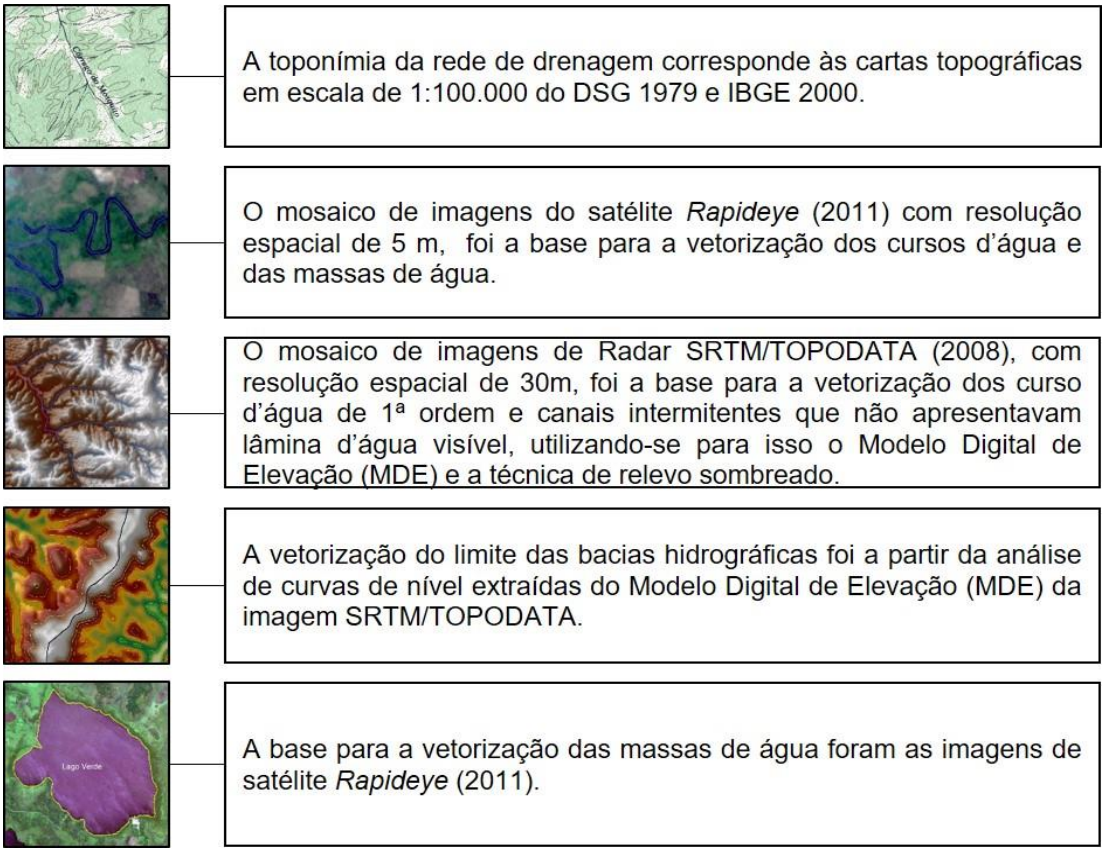
2.3 Tratamento da informação espacial

O tratamento da informação espacial foi realizado a partir de ferramenta computacional comumente utilizada para o processamento de informações espaciais: o Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG representa um conjunto de tecnologias voltadas para a coleta e tratamento de informações espaciais que atendam a um objetivo específico, desde a coleta até à geração de produtos na forma de mapas, relatórios, arquivos digitais, entre outros. Estes sistemas destinam-se ao processamento de dados referenciados geograficamente, gráficos e não gráficos (alfanuméricos), com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfície (LONGLEY, 2013).

Assim, o aspecto mais fundamental dos dados tratados no SIG é a natureza dual da informação. Um dado geográfico possui uma localização geográfica e atributos descritivos. Outro aspecto importante é que o dado geográfico não existe sozinho no espaço, além de sua localização é fundamental representar a relação entre os diversos dados. Neste sentido, foi adotado neste trabalho o sistema *ArcGIS* 10.2 para a representação dos fenômenos geográficos: rede de drenagem, limite de bacia e massa de água.

No ambiente SIG, procedeu-se à conversão de toda a base cartográfica para o sistema de coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM) e para o referencial geodésico brasileiro, o datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) do ano de 2000. A construção de uma nova base hidrográfica iniciou-se com o processo de vetorização. O princípio norteador desse processo é o de identificar as entidades representadas nas cartas topográficas digitalizadas ou representadas nas imagens de satélite e de radar (Figura 5) por conjuntos de pontos, e seguir essas feições transformando-as em linhas (vetores). Esse processo foi realizado de forma semiautomática, ou seja, uma vetorização assistida em que o sistema acompanha e vetoriza uma determinada linha que lhe foi indicada pelo operador. Assim, em caso de conflito no cruzamento ou conexão de vetores, cabe ao operador a decisão de edição.

Figura 5 - Produtos de referência para a vetorização e construção da nova base espacial hidrográfica



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

2.4 Morfometria

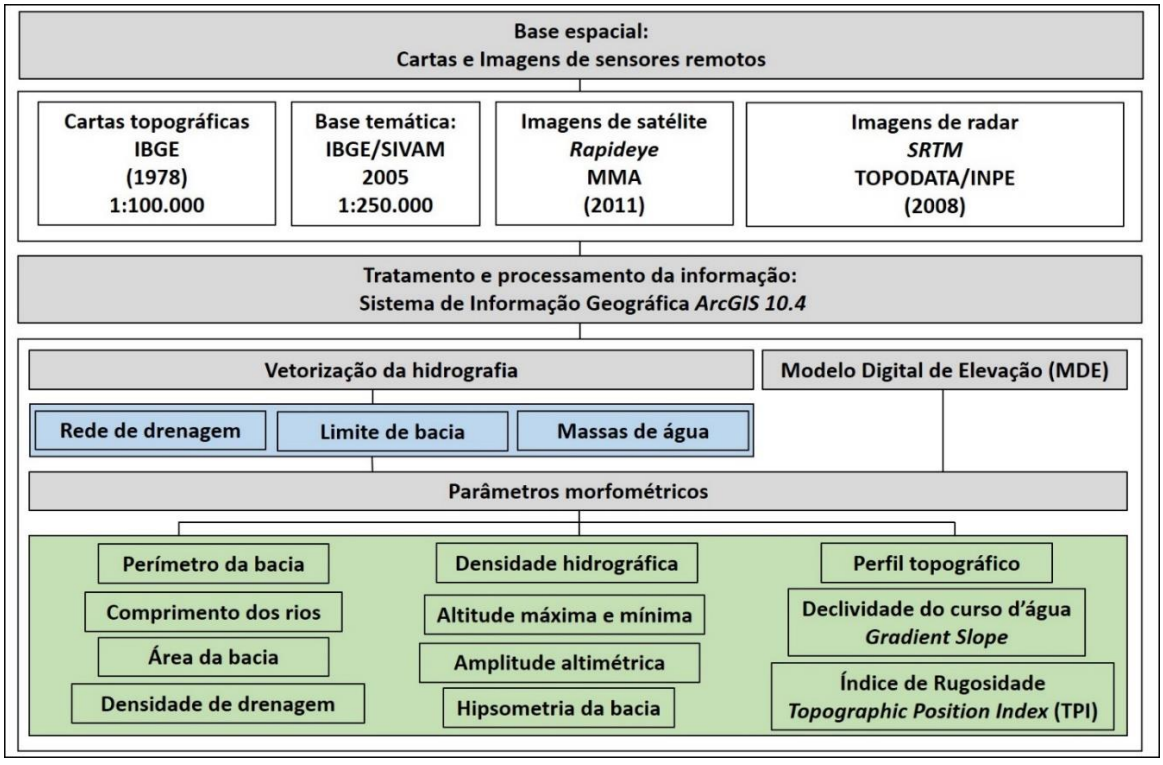
Uma vez que os cursos d'água constituem um dos principais agentes do processo de esculturação da paisagem, o estudo da relação da fisiografia da bacia e seu comportamento hidrológico permite compreender os processos fluviais e as formas resultantes (GUERRA; CUNHA, 1994). A análise quantitativa dos elementos resultantes do modelado do relevo de uma bacia hidrográfica é conhecida como morfometria fluvial. Trata-se de um método analítico que considera o conjunto das vertentes e canais que compõem o relevo, sendo que os valores medidos correspondentes aos atributos desses elementos configuram a base para a determinação dos parâmetros morfométricos. Christofoletti (1980) evidencia que a drenagem se encontra especialmente vinculada como fator analítico a outro elemento fisiográfico e geomorfológico de grande importância: a erosão.

Nesse sentido, foram mensurados alguns parâmetros morfométricos para as bacias hidrográficas, tendo como elementos de análise, sua própria área, a rede

de drenagem e o arranjo das vertentes (relevo). A técnica mais comum de derivação dos atributos e extração das características morfométricas de uma bacia hidrográfica baseia-se em documentos cartográficos de maior precisão, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), processados em ambiente digital, especificamente em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

No Fluxograma 1 são apresentados os produtos utilizados e os parâmetros que foram gerados para a análise das bacias hidrográficas, dentre os quais: área da bacia; comprimento de canais; perímetro; altitude máxima, média e mínima; amplitude altimétrica; perfis longitudinais; declividade; *Topographic Position Index* (TPI) ou Índice de Rugosidade; densidade de drenagem e; densidade hidrográfica ou frequência de canais.

Fluxograma 1 - Construção dos parâmetros morfométricos



Fonte: Resultados da Pesquisa (2018)

2.5 Base de dados hidrológicos

Os dados hidrológicos foram adquiridos na ANA e no SNIRH e correspondem aos dados das estações fluviométricas operadas pela ANA e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponíveis no portal *Hidroweb*. Foram utilizados

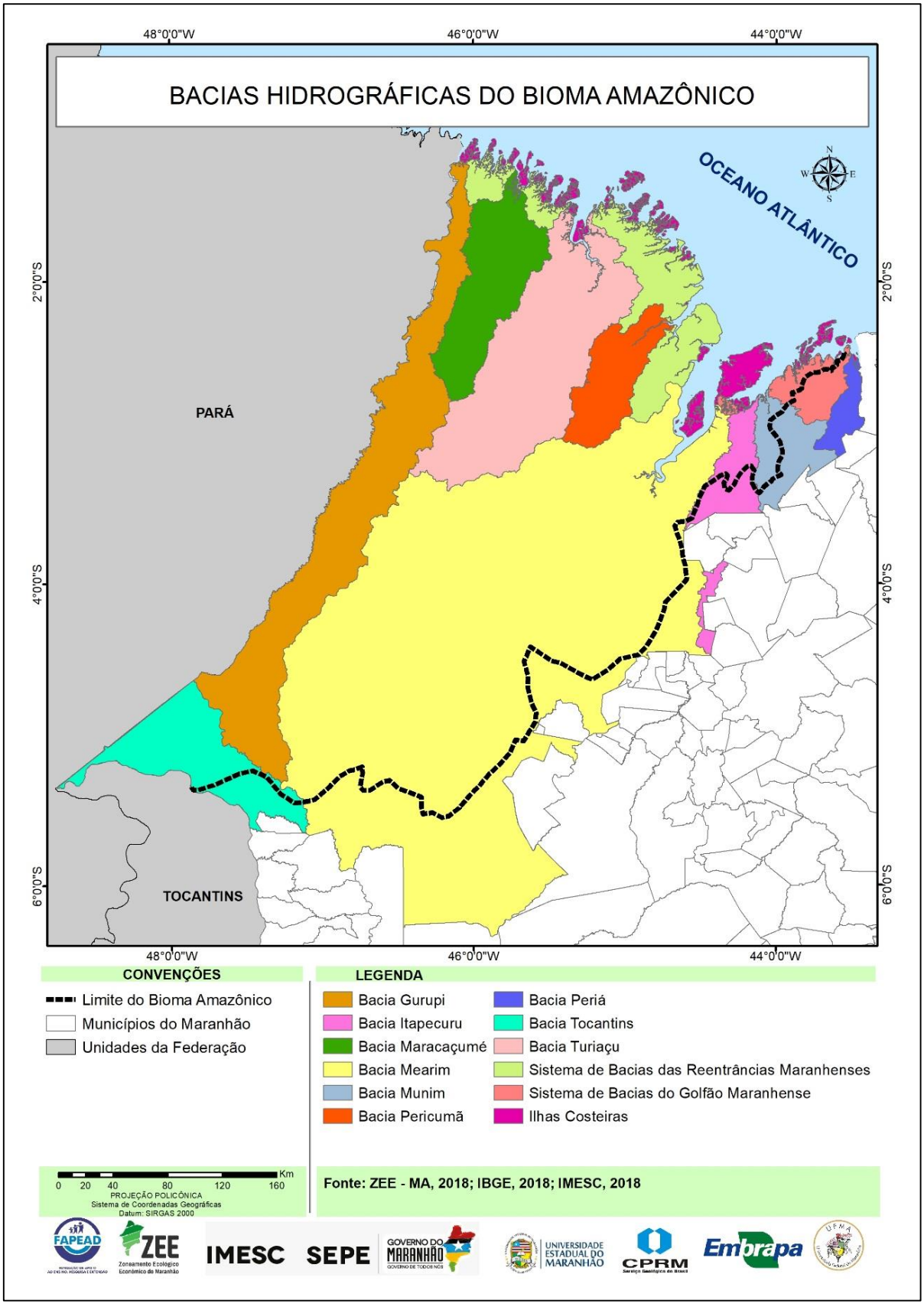
os dados de vazão (m^3/s) das estações monitoradas nos principais rios do Bioma Amazônico.

Outro dado utilizado da ANA refere-se à estimativa da vazão de água retirada e destinada a atender os diversos usos consuntivos, entre eles: urbano, rural, criação de animais, industrial e irrigação. As demandas foram estimadas com base nas informações secundárias de processos de outorga de uso dos recursos hídricos estaduais e federais, até o ano de 2014, e~~;~~ dados populacionais, segundo estimativa do IBGE para o ano de 2013 (ANA, 2018).

3 **RESULTADOS E DISCUSSÕES:** Bacias Hidrográficas do Bioma Amazônico Maranhense

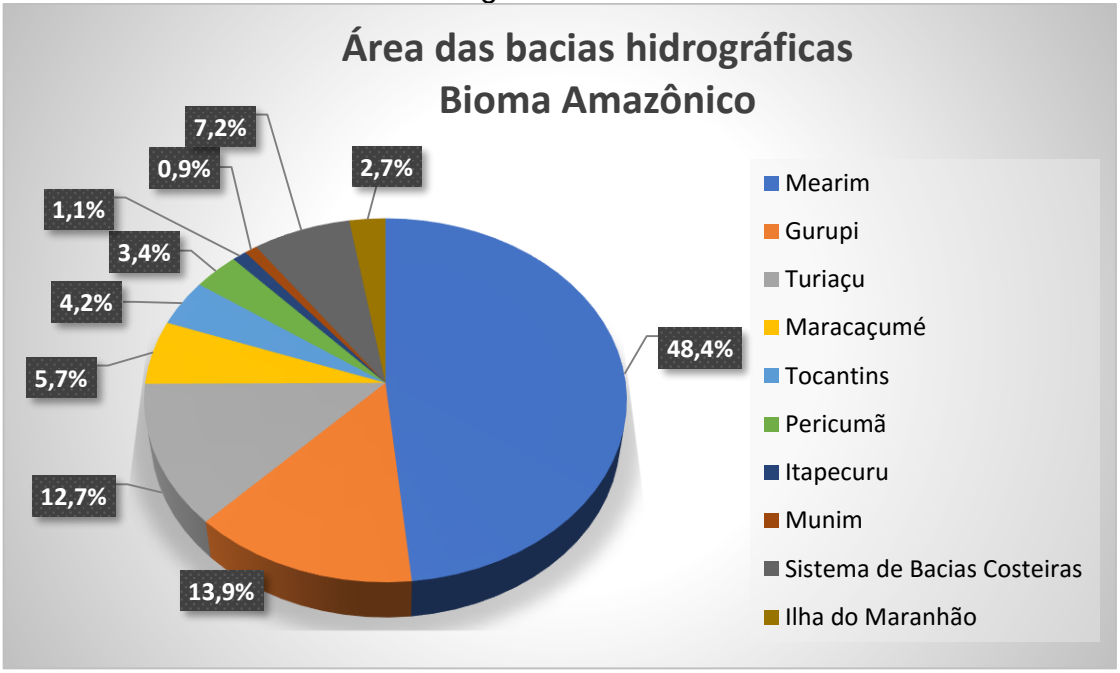
O Bioma Amazônico do Maranhão compreende oito bacias hidrográficas (Mearim, Gurupi, Turiaçu, Maracaçumé, Pericumã, Tocantins, Itapecuru e Munim), dois sistemas de bacias costeiras (Sistema de Bacias das Reentrâncias Maranhenses e o Sistema de Bacias do Golfão Maranhense) e as bacias da Ilha do Maranhão (Figura 6). As bacias encontram-se conectadas geograficamente com os estados do Pará e Tocantins.

Figura 6 - Bacias hidrográficas do Bioma Amazônico Maranhense



As bacias hidrográficas ocupam áreas heterogêneas no território do bioma (Gráfico 1). A bacia do rio Mearim apresenta-se com maior área (48,4%), seguidas das bacias dos rios Gurupi (13,9%) e Turiaçu (12,7%), totalizando 74,9% da área do bioma. As demais bacias representam 25,1% da área total, variando entre 0,9% e 7,2%. Algumas delas possuem papel estratégico na produção de água da Amazônia Maranhense, pois suas nascentes encontram-se geograficamente localizadas no bioma, como as bacias dos rios Mearim, Turiaçu, Pericumã, Maracaçumé, os sistemas de bacias costeiras e as bacias da Ilha do Maranhão. Por outro lado, as bacias dos rios Gurupi e médio Tocantins adentram os limites de outros estados, distribuindo água para outros territórios.

Gráfico 1 - Área das bacias hidrográficas no Bioma Amazônico Maranhense

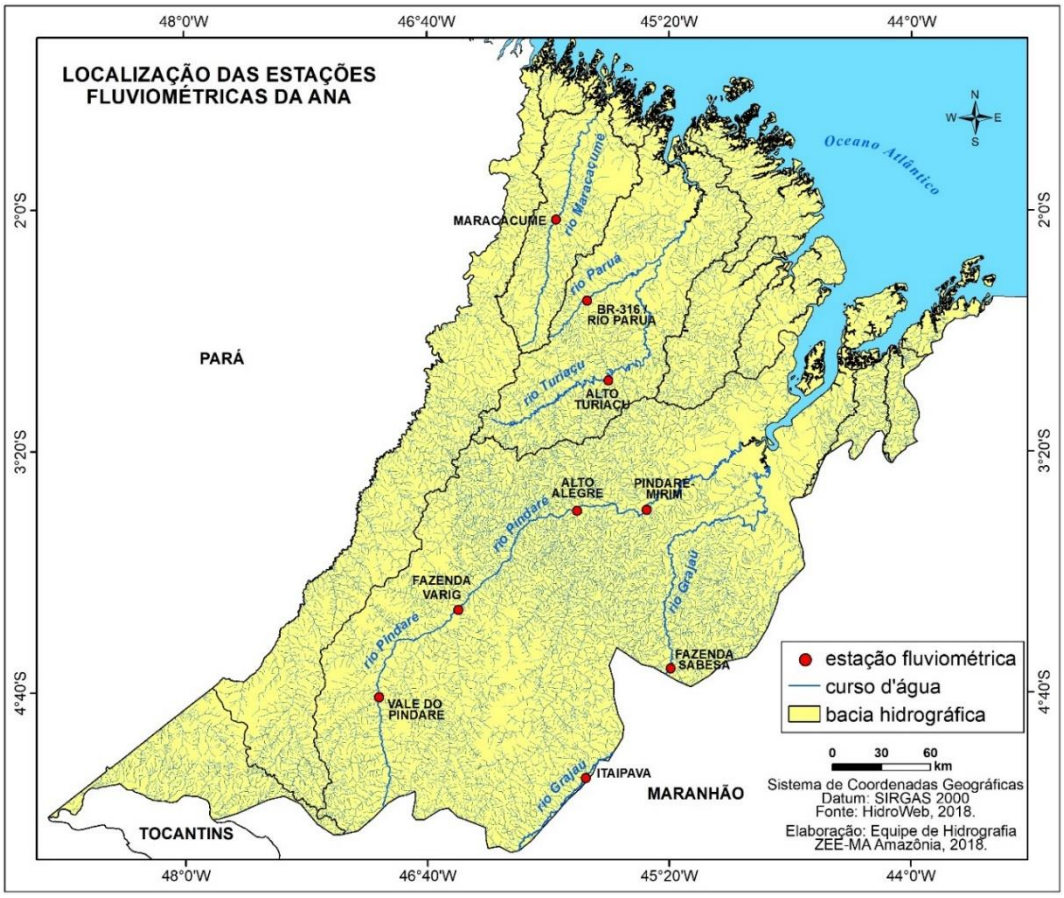


Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

O monitoramento hidrológico dos recursos hídricos superficiais das bacias da Amazônia Maranhense é realizado pela Agência Nacional de Águas que possui uma extensa rede de estações fluviométricas em todo o território nacional. As estações medem o nível da água, a velocidade e a vazão referentes a uma seção do rio. As informações coletadas por meio dessa rede são disponibilizadas pelo portal *Hidroweb*, uma ferramenta do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e monitoradas pela ANA e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

A distribuição geográfica das estações fluviométricas nas bacias hidrográficas da Amazônia Maranhense é heterogênea. Ao todo são nove estações nos rios principais (Figura 7), sendo que a bacia do rio Mearim apresenta a maior densidade (seis estações), seguida da bacia do rio Turiaçu (duas estações) e da bacia do rio Maracaçumé (uma estação). A média da extensão da série histórica de dados hidrológicos das estações fluviométricas tem representatividade variada para as bacias: 20,5 anos, para a bacia do rio Mearim; 37 anos para a bacia do rio Turiaçu e; 42 anos para a bacia do rio Maracaçumé.

Figura 7 - Estações fluviométricas dos rios principais da Amazônia Maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2018) e *Hidroweb*-SNIRH (2018)

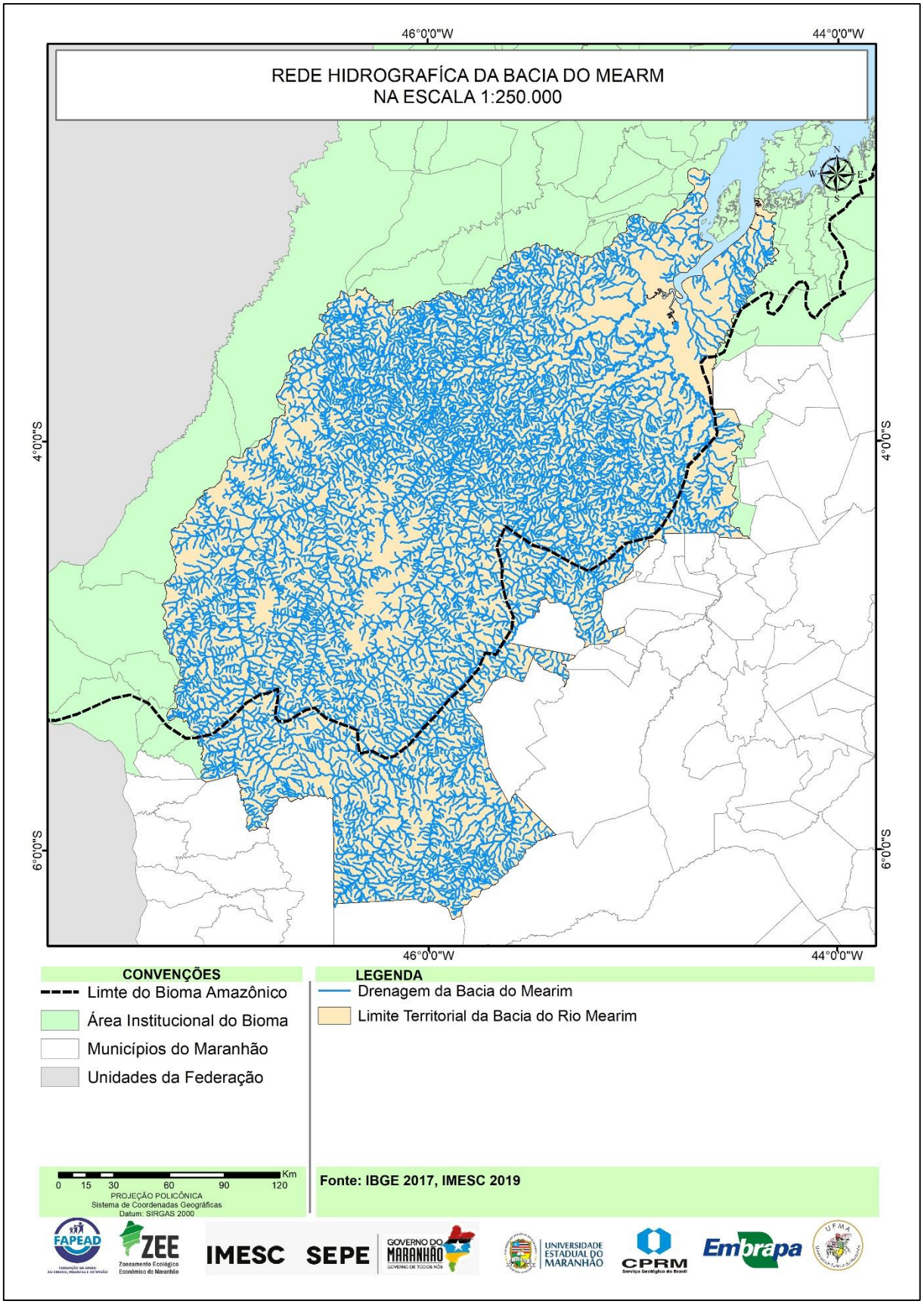
3.1 Bacia do rio Mearim

A bacia do rio Mearim representa a maior bacia do Bioma Amazônico Maranhense (Figura 8) com perímetro de 2.339,30 km e área equivalente a 71.088,8Km². O rio Mearim nasce no centro-sul do Maranhão, no município de Formosa de Serra Negra, dentro do Bioma Cerrado, contudo, a maior parte do

território da bacia encontra-se no Bioma Amazônico. O rio Mearim percorre cerca de 540km - com maior trecho inserido na Amazônia Maranhense - e deságua na Baía de São Marcos, próximo à ilha do Maranhão.

Os dados morfométricos mostram que bacia do rio Mearim possui densidade de drenagem mediana (0,51km/km^2), segundo classificação de Beltrame (1994), porém, uma das maiores do bioma, indicando maior tendência à erodibilidade do terreno. Com relação à densidade hidrográfica, a bacia apresenta 0,15Nc/km^2 (número de trechos de canais ou trechos de drenagem por área da bacia em km^2), parâmetro cujo valor se aproxima das demais bacias. A altitude mínima corresponde a 0m e a altitude máxima a 465m. A altitude média é de 134,7m. No alto e médio curso do rio predominam as maiores altitudes, em que se destacam grandes chapadas, que são os divisores hidrográficos dos afluentes Zutiua e Pindaré e pequenos platôs na margem direita do rio.

Figura 8 - Rede hidrográfica da bacia do rio Mearim na escala 1:250.000



Os perfis longitudinais dos principais rios da bacia evidenciam a variação da profundidade do leito fluvial ao longo do seu percurso e o volume de relevo da bacia. No alto curso do rio Pindaré, a diferença altimétrica entre topo-leito fluvial atinge cerca de 210m, com rio principal na altitude de 135m. Embora a seção do rio esteja na cabeceira, observa-se evolução da drenagem, uma vez que o vale fluvial se apresenta aberto (1,8km de largura). Os dados hidrológicos dessa área mostram que a vazão no alto curso do rio Pindaré aumentou nas últimas décadas, atingindo em 2014, cerca de 38m^3/s.

No médio curso, a diferença topo-leito assemelha-se à do alto curso, mostrando que o vale fluvial mantém as características e poder erosivo no processo de dissecação da superfície. Contudo, os afluentes apresentam vales encaixados, com vertentes simétricas, formando vales em V que diferem do alto curso no qual se observa um grau de preservação dos topos planos, capeados por couraças lateríticas que desaceleram o processo de entalhamento da drenagem. O rio Pindaré encontra-se na altitude de 55m em relação ao nível do mar e com desnível em relação à seção do alto curso de 80m.

No baixo curso a diferença altimétrica entre topo-leito fluvial é de 20m, com predominância de relevo plano. Nesse trecho, distingue-se o sistema flúvio-lacustre da planície de inundação do rio Mearim, com vale fluvial de 5km de largura.

Na parte sudoeste do alto curso da bacia, nas cabeceiras dos rios Buriticupu e Zutiua, os perfis longitudinais ressaltam a presença de vales encaixados, porém, em área com maior volume de relevo da bacia. Observa-se que os vales são em forma de V, com largura estreita e vertentes quase verticais, embora também no alto curso, o vale do rio principal já se apresenta mais aberto com menor grau de entalhe dos afluentes. Essas caraterísticas do padrão dos canais mostram que, provavelmente, os rios da porção sudoeste apresentam maior vigor erosivo.

A média de declividade da bacia é de 4,8%, sendo que a declividade máxima atinge 49,3%. O relevo da bacia classifica-se principalmente como plano a suave ondulado. Destaca-se no baixo curso, o relevo plano (0-3%), enquanto no médio curso, à margem direita, concentra-se a maior declividade da bacia - acima de 20%. Nessa área, destaca-se a litologia mais preservada das coberturas laterítico-ferruginosas da Província Bauxitífera de Paragominas, responsável pela manutenção de pequenos platôs nos quais se associam as maiores declividades da bacia.

A partir do índice de rugosidade, foram distinguidas três grandes unidades

morfométricas. O primeiro compartimento corresponde às áreas próximas ao leito principal do rio Mearim no baixo curso da bacia, onde predomina o relevo plano e menos rugoso do sistema lacustre. O segundo compartimento corresponde à parte do médio curso do rio que apresenta as áreas com maior rugosidade coincidentes com as escarpas das chapadas e platôs. Nessa unidade, a diferença altimétrica é maior em relação ao baixo curso. A terceira unidade corresponde ao alto e parte do médio curso do Mearim, em que se concentram as maiores diferenças altimétricas e, portanto, maior rugosidade do terreno. Estas características evidenciam o poder erosivo dos rios no alto e médio curso da bacia. A análise conjunta dos parâmetros declividade e índice de rugosidade apontam para o médio curso, em especial à margem direita do rio Pindaré, como área com maior potencial à erosão.

Com relação aos dados hidrológicos, no alto curso do rio Mearim, a vazão média em dez anos é de 28,8m^3/s. Os dados hidrológicos mostram que neste período a vazão do rio diminuiu de 32m^3/s para 26 m^3/s, com decréscimo de 6 m^3/s, no alto curso. Contudo, na estação do rio Pindaré, seu principal afluente, a vazão média em 35 anos é de 22,6 m^3/s. Os dados mostram que neste período a vazão aumentou cerca de 27m^3/s, o que provavelmente pode ser explicado pela presença de extensas áreas de floresta protegida que correspondem aos territórios indígenas. Observa-se que mesmo com a presença de áreas agrícolas no alto curso da bacia do rio Pindaré, essas intervenções antrópicas de certa forma ainda não provocaram mudanças significativas na vazão do rio neste trecho da bacia.

No médio curso da bacia do Mearim, verifica-se que as vazões médias anuais são maiores, porém, com decréscimo nos rios Grajaú e Pindaré. Na estação do médio curso do rio Grajaú tem-se uma vazão média de 41,6m^3/s, contudo observa-se um decréscimo de 14 m^3/s em 15 anos. Na estação do rio Pindaré, que dista 82km da estação do alto curso e onde observou-se o aumento de vazão, tem-se a vazão média de 46,4 m^3/s. Na transição do médio para o baixo curso do rio Mearim, os dados monitorados na estação Alto Alegre mostram que a vazão média, em dez anos, foi de 117,9m³/s, porém, com decréscimo de 19m³/s. Mesmo com maior área drenada e, portanto, maior vazão em relação aos dados das demais estações do alto e médio, observa-se que provavelmente as intervenções antrópicas, como desmatamento e incremento de áreas agrícolas na bacia, têm provocado alterações na dinâmica fluvial.

No baixo curso, a vazão média atinge, em 45 anos, 201,3m³/s, mantendo-se relativamente semelhante neste período. Destaca-se que essa área da bacia

corresponde à planície flúvio-lacustre do rio, com agrupamento de lagoas que correspondem a meandros abandonados do rio e ampla área sujeita à inundação. A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Mearim concentra-se principalmente no consumo urbano (34%), seguida da demanda para consumo animal (29%) e para irrigação (24%).

3.2 Bacia do rio Gurupi

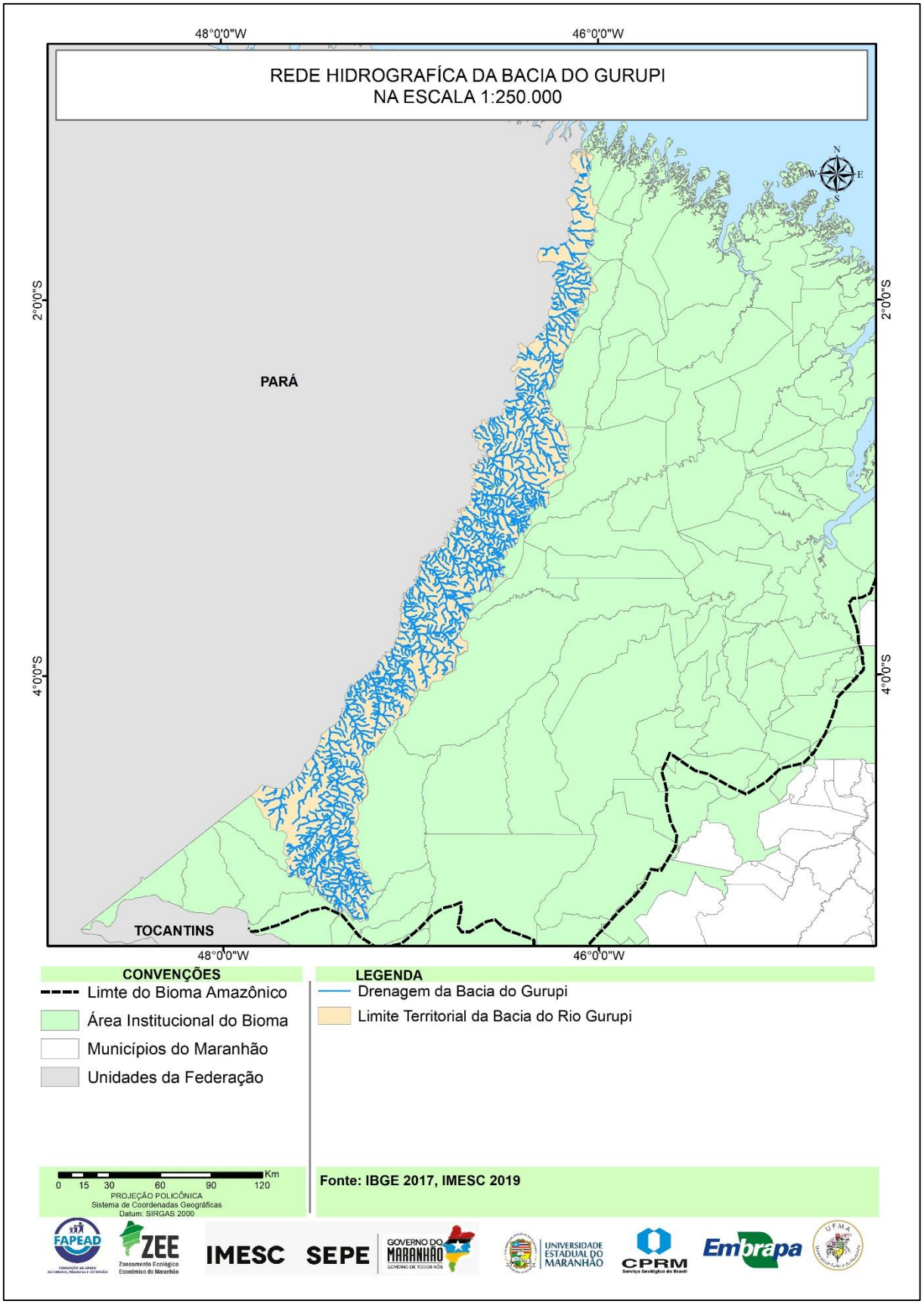
A bacia do rio Gurupi representa a segunda maior bacia do bioma Amazônico Maranhense (Figura 9) com perímetro de 1.660,4km e área equivalente a 15.761,7km^2, correspondendo a 13,9% do território do bioma. Ao todo, a bacia possui 1.846 trechos de drenagem, totalizando 7.019,9km de extensão de cursos de água. A bacia estende-se da porção nordeste a sudoeste, configurando-se de forma alongada e estreita, com cabeceiras nos municípios maranhenses de São Francisco do Brejão e Açailândia. A bacia do Gurupi é uma das bacias federais que fazem parte do bioma, sendo que a área que corresponde à margem direita do rio principal faz parte do território maranhense, enquanto a margem esquerda insere-se no estado do Pará.

Os dados morfométricos mostram que a bacia possui densidade de drenagem baixa (0,45km/km^2) e frequência de canais de 0,12 Nc/km^2. A altitude mínima corresponde a 0m e a altitude máxima a 455m. A altitude média é de 156,1m. No alto curso do rio predominam as maiores altitudes, onde se destacam grandes chapadas, que são os divisores hidrográficos dos afluentes do rio Açailândia.

O perfil longitudinal de uma seção do alto curso, na sub-bacia do rio Açailândia, evidencia o relevo de chapadas (350m) do alto curso com predominância de vales em forma de V, com menor grau de entalhe em relação aos afluentes da bacia do rio Mearim. A diferença altimétrica entre topo-leito fluvial atinge cerca de 200m com rio principal na altitude de 145m.

A declividade média da bacia do Gurupi é de 3,4%, sendo que a declividade máxima atinge 42,1%. O relevo da bacia classifica-se principalmente como plano a suave ondulado (73,9%). Nessa bacia, distinguem-se três grandes unidades morfométricas, com rugosidade diferenciada.

Figura 9 - Rede hidrográfica da bacia do rio Gurupi na escala 1:250.000



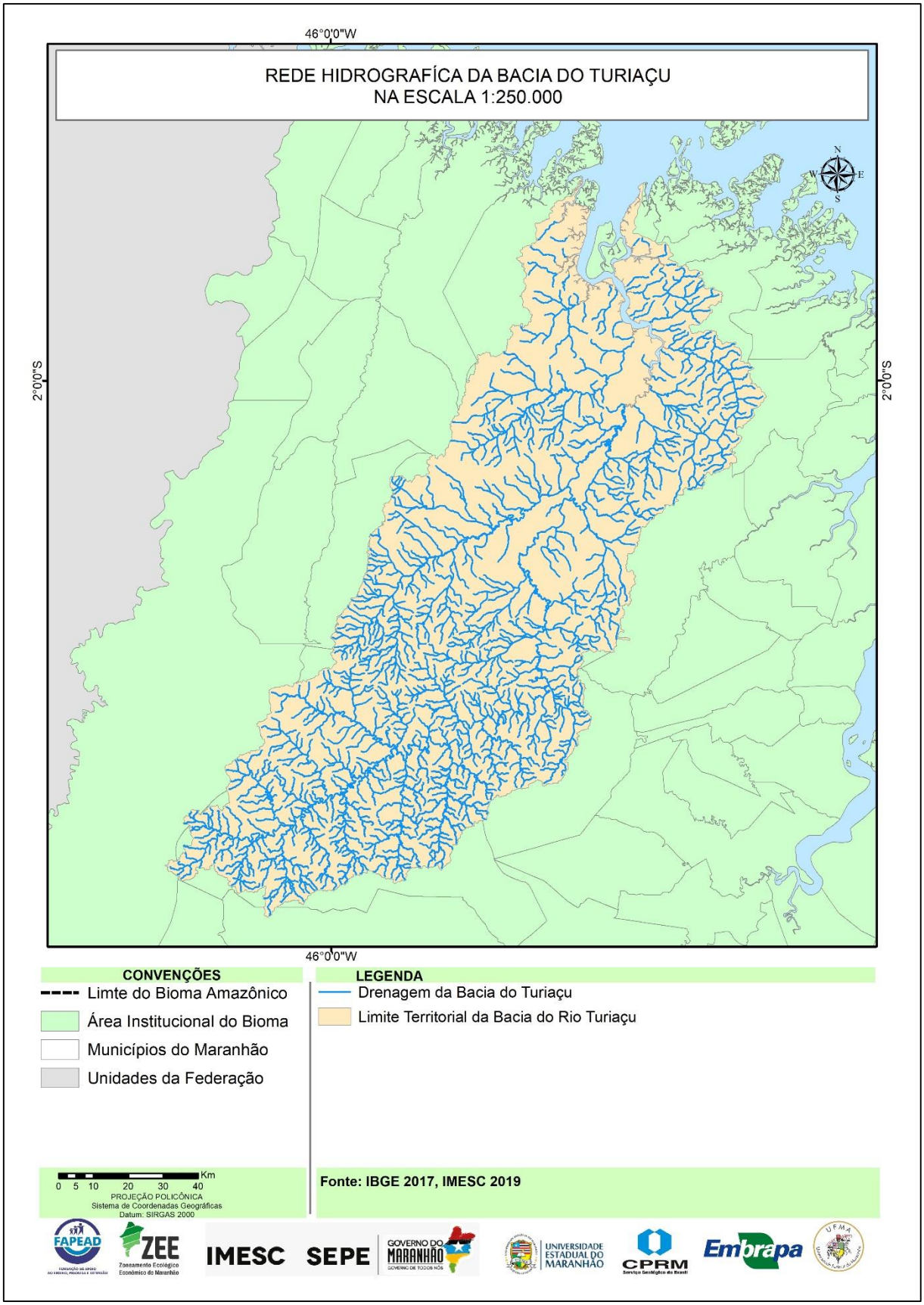
O primeiro compartimento corresponde às áreas próximas à foz do rio Gurupi, no baixo curso da bacia, onde predomina o relevo plano e menos rugoso. O segundo compartimento corresponde à parte do médio curso do rio que apresenta trechos com rugosidade maior, alternados com áreas baixas menos rugosas. A terceira unidade morfométrica corresponde ao alto curso, com rugosidade maior, destacando os platôs da margem esquerda da bacia do rio Açailândia.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Gurupi concentra-se principalmente no consumo urbano (34%), seguida da demanda para consumo animal (27%) e irrigação (19%).

3.3 Bacia do rio Turiaçu

A bacia do rio Turiaçu representa a terceira maior bacia do bioma em estudo (Figura 10) com perímetro de 1.564,64Km e área equivalente a 14.132km^2, correspondendo a 12,7% do território do bioma. O rio Turiaçu nasce no município de Nova Olinda do Maranhão e percorre cerca de 230km até desaguar na baía Turiaçu. Ao todo, a bacia possui 1.824 trechos de drenagem que totalizam 6.736,5km de extensão de cursos de água. Destaca-se no médio curso da bacia uma grande massa d'água constituída de um sistema de vários lagos − como os lagos da Capivara, Seis Horas, Bota, Cabeludo, Joaquim Manoel − demarcando grande zona inundável.

Figura 10 - Rede hidrográfica da bacia do rio Turiaçu na escala 1:250.000



Os dados morfométricos mostram que a bacia possui densidade de drenagem baixa (0,47km/km^2) e frequência de canais de 0,13Nc/km^2. Os dados altimétricos da bacia do rio Turiaçu mostram que altitude máxima é de 308m e a média é de 42,3m. No alto curso do rio, predominam as maiores altitudes correspondentes às escarpas de parte do divisor hidrográfico que bordeja as cabeceiras.

Os perfis longitudinais, do alto e médio curso da bacia, evidenciam o relevo suave da bacia, com vales pouco encaixados. No alto curso do rio Turiaçu, tem-se a diferença altimétrica entre topo-leito fluvial de 50m, e rio principal na altitude de 50m. Embora a seção localize-se na cabeceira, observa-se evolução da drenagem, uma vez que o vale fluvial se apresenta aberto, 500m de largura. No médio curso, a diferença topo-leito é de 35m com gradiente baixo de inclinação do canal que é de 15m em relação ao alto curso. Embora o relevo no alto e no médio curso apresente-se suave ondulado, observa-se no médio curso que já existe grande perda de volume de relevo, em virtude das baixas cotas altimétricas e da configuração morfométrica.

A declividade média da bacia é de 2,1% e máxima de 41,6%. O relevo da bacia é, predominantemente, plano a suave ondulado (89,2%), sendo que a declividade mais acentuada encontra-se no alto curso, nas escarpas da margem esquerda do rio Turiaçu. O índice de rugosidade evidencia duas unidades morfométricas. Essas unidades correspondem à divisão da bacia em duas metades. A porção superior, que agrega o alto e parte do médio curso, apresenta rugosidade maior em relação à metade da bacia que abrange parte do médio e o baixo curso. Essa diferença evidencia-se em virtude da extensa planície de inundação que se forma no baixo curso, com expressiva variação sazonal.

As vazões médias da bacia do rio Turiaçu são mensuradas em dois pontos: no alto curso do rio Turiaçu e, no médio curso, na bacia do rio Paruá. A estação do alto curso apresenta vazão média em 43 anos de 84,7m^3/s. Os dados hidrológicos desta estação mostram que nesse período a vazão do rio diminuiu 11m^3/s. No médio curso do rio, na estação do rio Paruá, a vazão média em 33 anos é de 19,1m^3/s, com declínio de cerca de 6m^3/s neste período. Portanto, observa-se que a maior parte das estações de monitoramento do bioma indica diminuição da vazão dos rios.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Turiaçu concentra-se principalmente no uso destinado à irrigação (38%), seguida da demanda para consumo urbano (30%) e animal (19%).

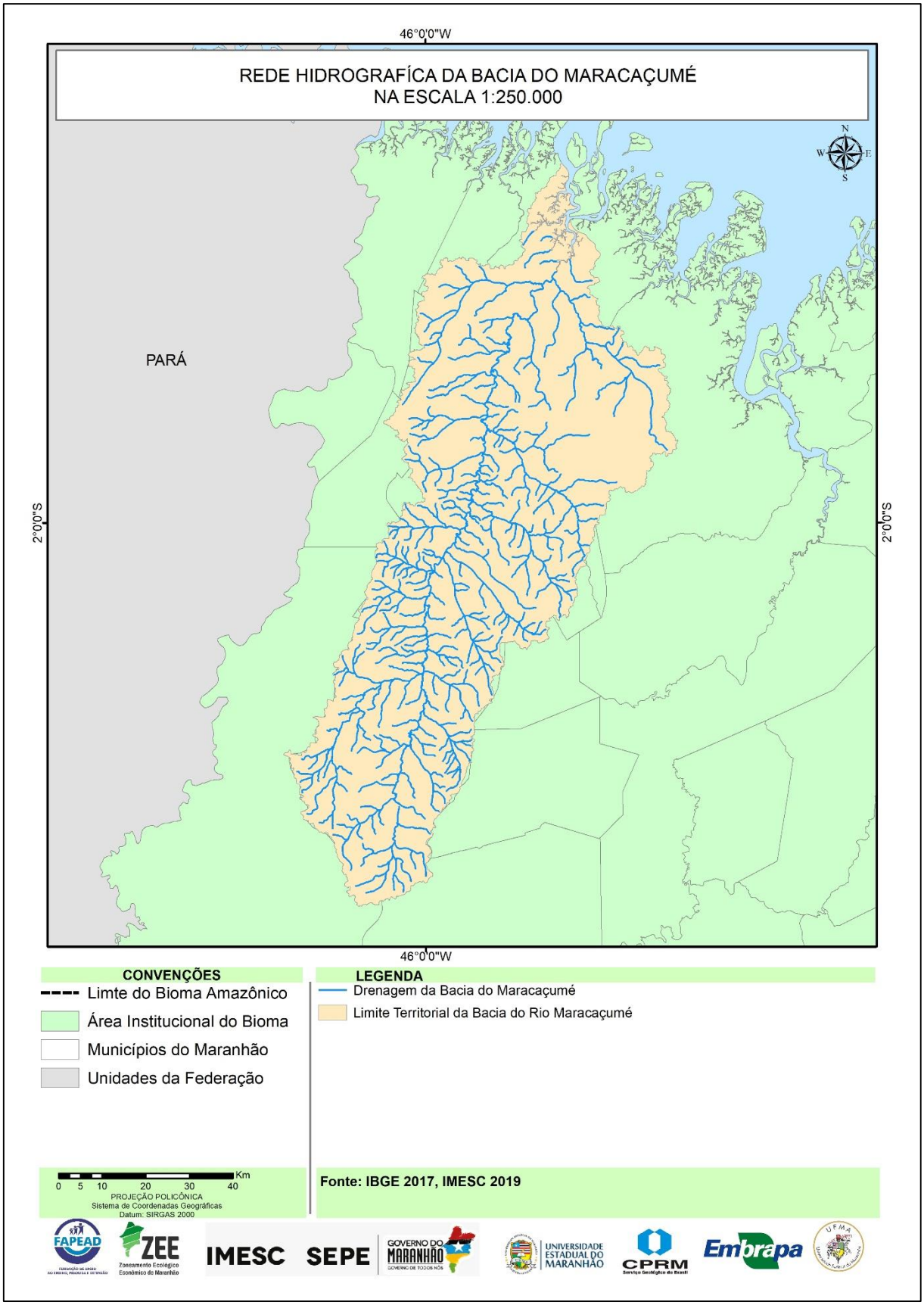
3.4 Bacia do rio Maracaçumé

A bacia do rio Maracaçumé representa a quarta maior bacia do bioma Amazônico do Maranhão (Figura 11) com perímetro de 875,62km e área equivalente a 6.448,7km^2, correspondendo a 5,7% do território do bioma. O rio Maracaçumé nasce nos municípios de Centro Novo do Maranhão e Nova Olinda do Maranhão, e a bacia tem seu território totalmente inserido no Bioma Amazônico Maranhense. O rio Maracaçumé percorre cerca de 159km e deságua próximo à ilha do Trabalho. Ao todo, a bacia possui 583 trechos de drenagem, totalizando 2.340,4km de extensão de cursos de água.

Os dados morfométricos mostram que a bacia possui densidade de drenagem baixa (0,36km/km^2) e frequência de canais de 0,09Nc/km^2. Observa-se que o baixo curso do rio apresenta vazios hidrográficos, em especial na margem direita do rio principal. Os dados altimétricos da bacia do rio Maracaçumé, mostram que altitude máxima é de 183m e a altitude média de 56m. No alto curso do rio predomina as maiores altitudes, que corresponde aos morros residuais.

O perfil longitudinal do alto curso do rio Maracaçumé mostra a diferença altimétrica entre topo-leito fluvial de 90m e a altitude do rio principal de 60m. Embora a seção localize-se na cabeceira, observa-se evolução da drenagem, uma vez que o vale fluvial do rio se apresenta aberto, enquanto os pequenos vales de afluentes próximos estão em processo de entalhe. No médio/baixo curso, a diferença topo-leito é de 40m, com gradiente de inclinação do canal 50m em relação ao alto curso. Embora o relevo nas duas porções se apresente suave ondulado, no alto curso já existe grande perda de volume de relevo em virtude da configuração morfométrica.

Figura 11 - Rede hidrográfica da bacia do rio Maracaçumé na escala 1:250.000



A declividade média da bacia é de 2% e máxima de 27,8%. O relevo classifica-se predominantemente como plano e suave ondulado (87,7%). O índice de rugosidade da bacia mostra diferenciação morfométrica entre parte do alto curso, onde predominam os morros residuais, em relação ao médio curso e baixo curso. Observa-se que uma faixa larga no entorno do rio principal delimita uma área de baixa rugosidade. Essa faixa se destaca, pois compreende o vale fluvial aberto e de fundo plano do rio Maracaçumé.

Os dados hidrológicos são monitorados apenas no médio curso do rio Maracaçumé. A média da vazão neste trecho em 42 anos de monitoramento é de 59,5m³/s. Verifica-se que a vazão diminuiu cerca de 14m³/s no período, seguindo a tendência dos demais rios monitorados no bioma.

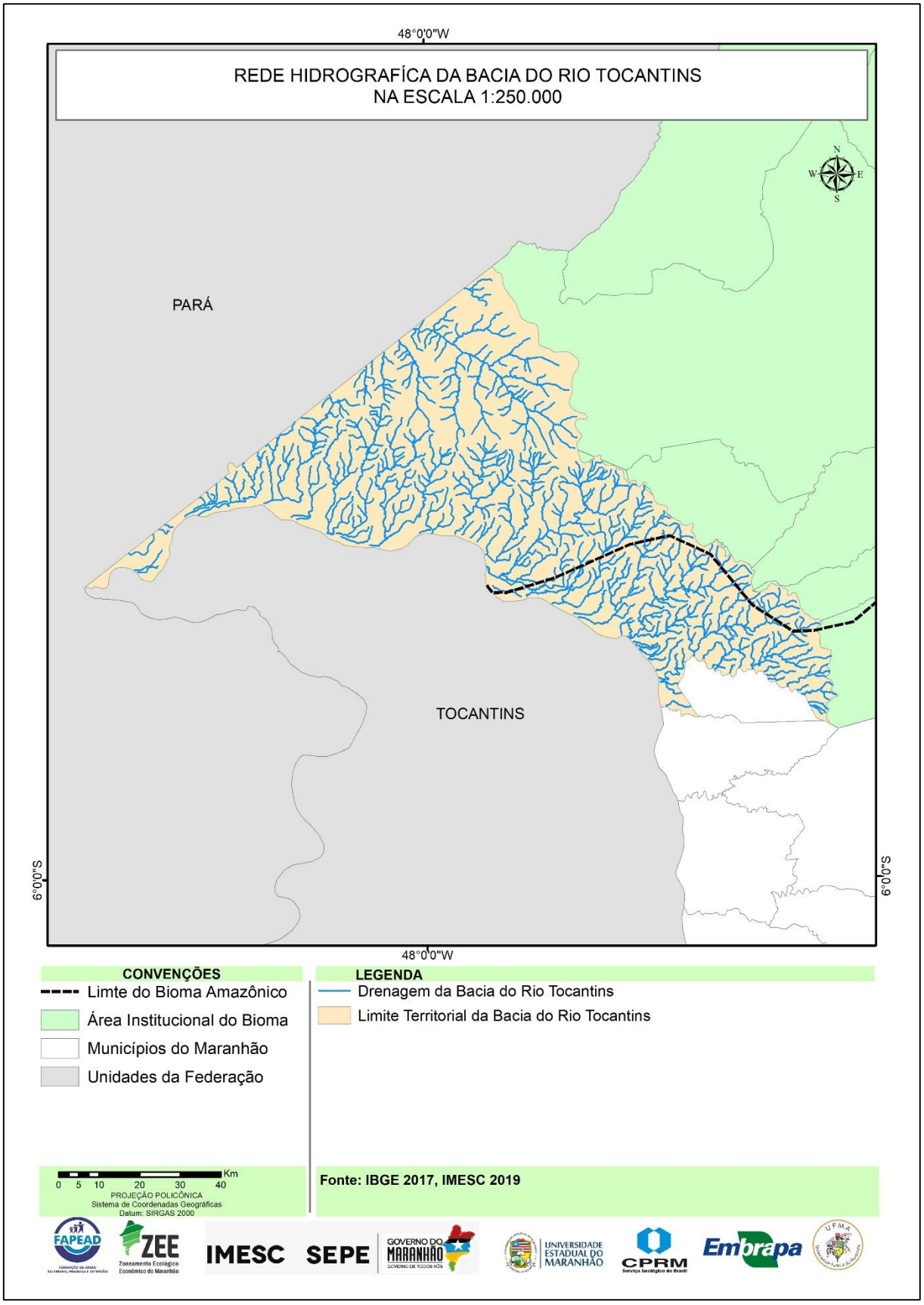
A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Maracaçumé distribui-se principalmente entre o consumo urbano (36%), irrigação (32%) e animal (22%).

3.5 Bacia do rio Tocantins

A bacia do médio rio Tocantins situa-se no extremo oeste, com perímetro de 604,49km e área equivalente a 6.287,75km^2, correspondendo a 4,2% do território do bioma (Figura 12). Ao todo, a bacia possui 667 trechos de drenagem. Possui densidade de drenagem baixa (0,50km/km^2) e frequência de canais de 0,14Nc/km^2. A altitude mínima corresponde a 67m e a altitude máxima a 454m, com amplitude altimétrica de 387m. A altitude média é de 227m. As maiores altitudes predominam na porção nordeste da bacia, na sub-bacia do Córrego das Pebas, na qual se destacam grandes chapadas.

O perfil longitudinal da porção mais baixa que corresponde às proximidades do vale do rio Tocantins, mostra a diferença altimétrica entre topo-leito fluvial do córrego Pebas. Esta diferença atinge cerca de 150m, com vales encaixados nas cabeceiras (350 a 200m). A declividade média da bacia é de 3,7%. O relevo da bacia classifica-se principalmente como plano a moderadamente ondulado. Destaca-se maior declividade, acima de 21%, apenas nas escarpas das chapadas da bacia do córrego Pebas a nordeste, sustentadas pelas coberturas laterítico-ferruginosas. Contudo, predomina na bacia, menor declividade - 0 e 8%.

Figura 12 - Rede hidrográfica da bacia do rio Tocantins na escala 1:250.000



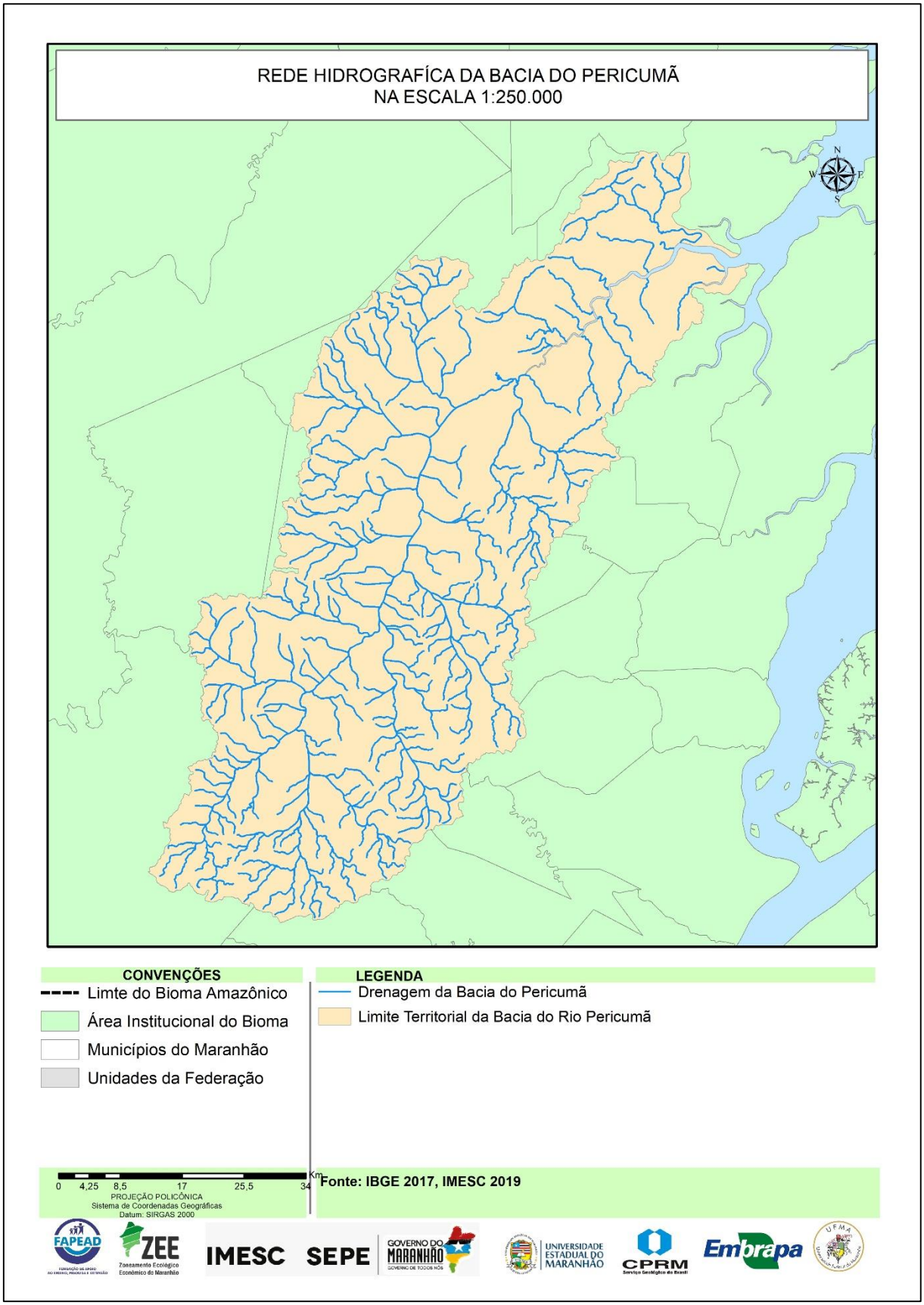
O índice de rugosidade da bacia do rio Tocantins destaca três grandes unidades morfométricas. O primeiro compartimento corresponde às áreas próximas ao leito principal do rio Tocantins, em que predomina o relevo plano e menos rugoso. O segundo compartimento corresponde à parte média das bacias dos afluentes diretos que apresentam as áreas com maior rugosidade em relação à planície aluvial. O terceiro compartimento corresponde à bacia do córrego Pebas, na qual se concentram as maiores diferenças altimétricas e, portanto, maior rugosidade do terreno.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Tocantins concentra-se principalmente no uso destinado à irrigação (89%) em detrimento às demais demandas.

3.6 Bacia do rio Pericumã

A bacia do rio Pericumã tem perímetro de 437,3km e área equivalente a 3.850,8km^2, correspondendo a 3,4% do território do bioma (Figura 13). Ao todo, a bacia possui 514 trechos de drenagem totalizando 1.871,3km de extensão de cursos de água na bacia. A bacia do rio Pericumã e as bacias do rio Maracaçumé e Turiaçu são as únicas integralmente pertencentes ao território do Bioma Amazônico Maranhense. O rio Pericumã nasce na lagoa da Traíra, em Pedro do Rosário, e deságua na baía de Cumã.

Figura 13 - Rede hidrográfica da bacia do rio Pericumã na escala 1:250.000



A bacia possui densidade de drenagem baixa (0,49km/km^2) e frequência de canais de 0,13Nc/km^2. A bacia possui altitude máxima de 170m e altitude média de 26,3m. Nesta bacia, são raros os morros residuais remanescentes das chapadas do Maranhão. O perfil longitudinal mostra que o rio Maracaçumé apresenta vale largo e amplo no alto curso, assim como os rios Maracaçumé e Turiaçu. Essa configuração do vale fluvial indica uma evolução da drenagem desses rios indicando que no passado houve intenso transporte de sedimentos das bacias e que atualmente o rio busca seu “equilíbrio”.

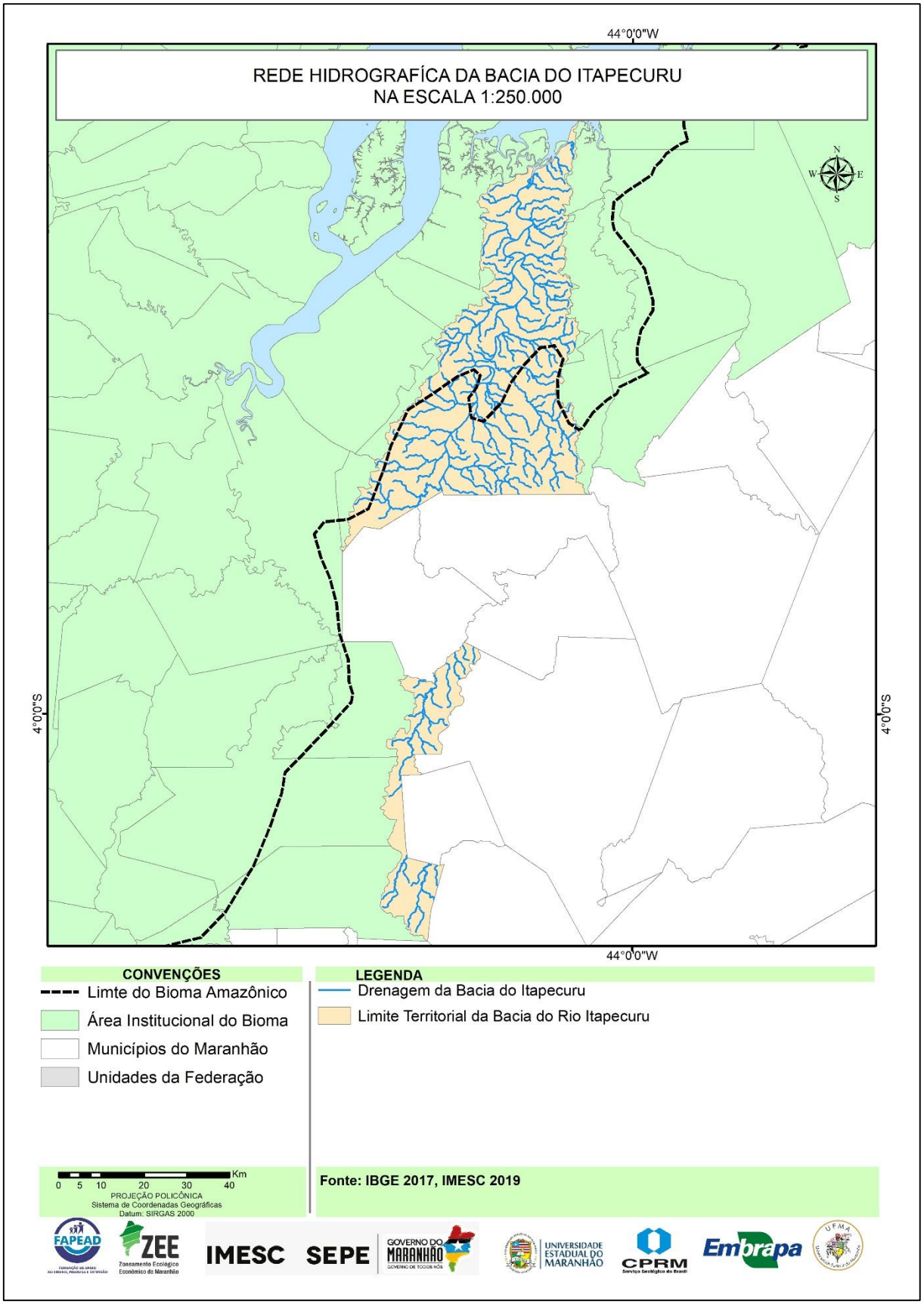
Os dados de declividade ressaltam a suavidade do relevo da bacia. A declividade média é de 1,9% e a máxima de 29,6%. O índice de rugosidade da bacia distingue duas unidades bem individualizadas: a unidade do relevo plano a suave ondulado e a unidade que envolve o rio principal e toda a área alagável.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Pericumã concentra-se principalmente no uso destinado à irrigação (42%), seguida da demanda de consumo urbano (28%).

3.7 Bacia do Rio Itapecuru

A bacia do rio Itapecuru tem perímetro de 608,3km e área equivalente a 2.888,79km^2, correspondendo a 1,1% do território no bioma (Figura 14). A bacia do rio Itapecuru encontra-se parcialmente inserida no Bioma Amazônico Maranhense, sendo a área corresponde principalmente ao baixo curso da bacia, interposto entre as bacias do rio Mearim e Munim. A bacia possui, em sua totalidade, 198 trechos de drenagem com 701km de extensão de cursos de água. O rio Itapecuru nasce no Bioma Cerrado, próximo à Serra do Itapecuru, no centro-sul maranhense, e adentra à Amazônia Maranhense apenas no seu terço inferior.

Figura 14 - Rede hidrográfica da bacia do rio Itapecuru na escala 1:250.000



Os dados morfométricos mostram que a bacia possui densidade de drenagem mediana (0,58km/km^2), a maior do bioma, e a frequência de canais é de 0,16Nc/km^2. A altitude máxima atinge 111m e, a altitude média 30,5m. Observa-se que, na margem direita, despontam remanescentes dos tabuleiros sublitorâneos mais elevados, predominando na bacia a extensa área espraiada da planície aluvial. O perfil longitudinal mostra que diferença altimétrica entre topo-leito fluvial atinge 45m com destaque para o vale fluvial aberto e amplo, que possui cerca de 4km de largura, como evidência de evolução da rede de drenagem.

A declividade média (1,6%) mostra como as vertentes desses tabuleiros são suaves. A declividade máxima (20,8%) destaca o relevo praticamente plano a suave ondulado do baixo curso do rio. O índice de rugosidade médio ressalta a diferença da área plana dos vales fluviais e a zona mais rugosa, correspondente aos tabuleiros sublitorâneos.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Itapecuru concentra-se principalmente no uso destinado à indústria (64%), seguida da demanda para consumo destinado à irrigação (24%).

3.8 Bacia do rio Munim

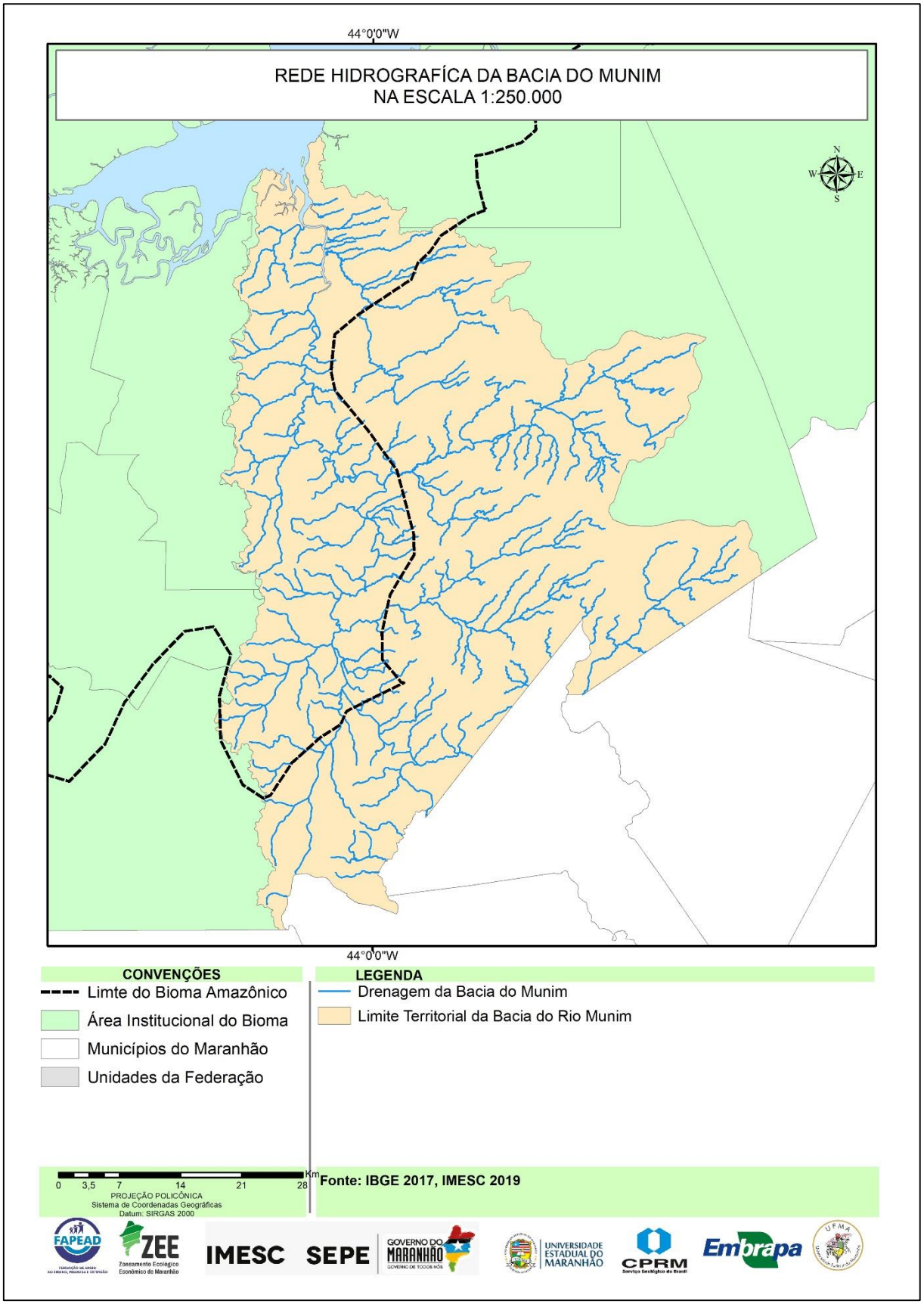
A bacia do rio Munim tem perímetro de 466km e área equivalente a 2.971,77km^2, correspondendo a 0,9% no território do bioma (Figura 15). A bacia do rio Munim encontra-se parcialmente inserida no Bioma Amazônico do Maranhão, sendo que a área corresponde à parte do baixo curso da bacia, interposto entre as bacias do rio Itapecuru e Periá. A bacia compreende 177 trechos de drenagem, totalizando 612,3km de extensão de cursos de água no bioma.

Os dados morfométricos mostram que a bacia possui densidade de drenagem mediana (0,58km/km^2), uma das maiores do bioma, e a frequência de canais é de 0,17Nc/km^2. A altitude máxima atinge 101m e a altitude média, 38,6m. A margem esquerda apresenta maior volume de relevo do qual despontam os tabuleiros sublitorâneos. Destaca-se na bacia a extensa área espraiada da planície aluvial. A diferença altimétrica entre topo-leito fluvial atinge 67 m. Destaca-se o vale fluvial aberto em “U” e amplo que possui cerca de 2km de largura como evidência de evolução da rede de drenagem.

A declividade média é de 2,5% e a máxima de 22,2%, destacando as vertentes suaves e o relevo praticamente plano a suave ondulado do baixo curso do rio. O índice de rugosidade ressalta a diferença da área plana do vale fluvial do rio principal em relação à zona mais rugosa, correspondente aos tabuleiros sublitorâneos.

A demanda consuntiva hídrica da bacia do rio Munim, concentra-se principalmente no uso destinado à irrigação e ao meio rural (57% e 14%), seguida da demanda para consumo urbano (26%).

Figura 15 - Rede hidrográfica da bacia do rio Munim na escala 1:250.000



3.9 Sistemas de Bacias Costeiras

Os sistemas de bacias costeiras representam 7,2% no bioma, compreendendo área territorial de 8.217,1km^2 (Figuras 16 e 17). A partir das características da zona costeira maranhense foram individualizados dois sistemas: o Sistema de Bacias Costeiras das Reentrâncias Maranhenses (A, B, C e D), um sistema estuarino recortado por profundas reentrâncias e o Sistema de Bacias Costeiras do Golfão Maranhense (A e B), um complexo estuarino no qual deságuam os rios Mearim, Itapecuru e Munim. Os sistemas de bacias do Golfão Maranhense deságuam em três grandes baías: do Arraial, São José e do Tubarão. As principais baías do sistema de bacias das Reentrâncias Maranhenses são do Tromaí, Mutuca, Capim, Caçacueira, Mangunça, Cumã e São Marcos.

Em geral, os sistemas de bacias costeiras têm perímetro inferior em relação às demais bacias do bioma (63,9 a 566,4km) e ocupam área que varia de 132km² a 3.342km². Os dados altimétricos mostram que os sistemas de bacias costeiras apresentam relevo suave com altitude média que alcança 21,5m. A atitude máxima (148m) é registrada nas cabeceiras do sistema de bacia costeira das Reentrâncias Maranhenses C.

Figura 16 - Rede hidrográfica da bacia do Sistema de Bacias Costeiras-Reentrâncias Maranhenses na escala 1:250.000

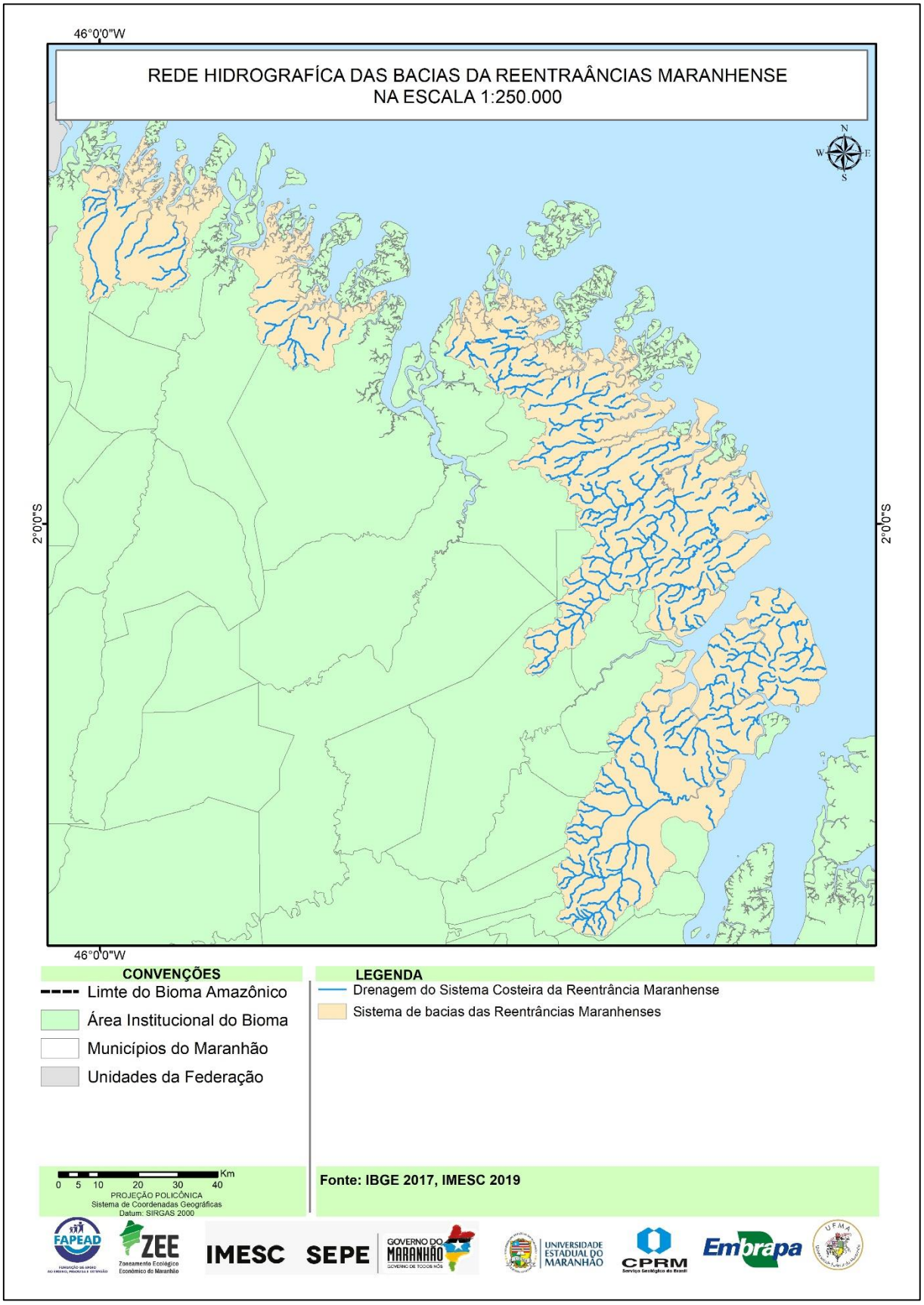
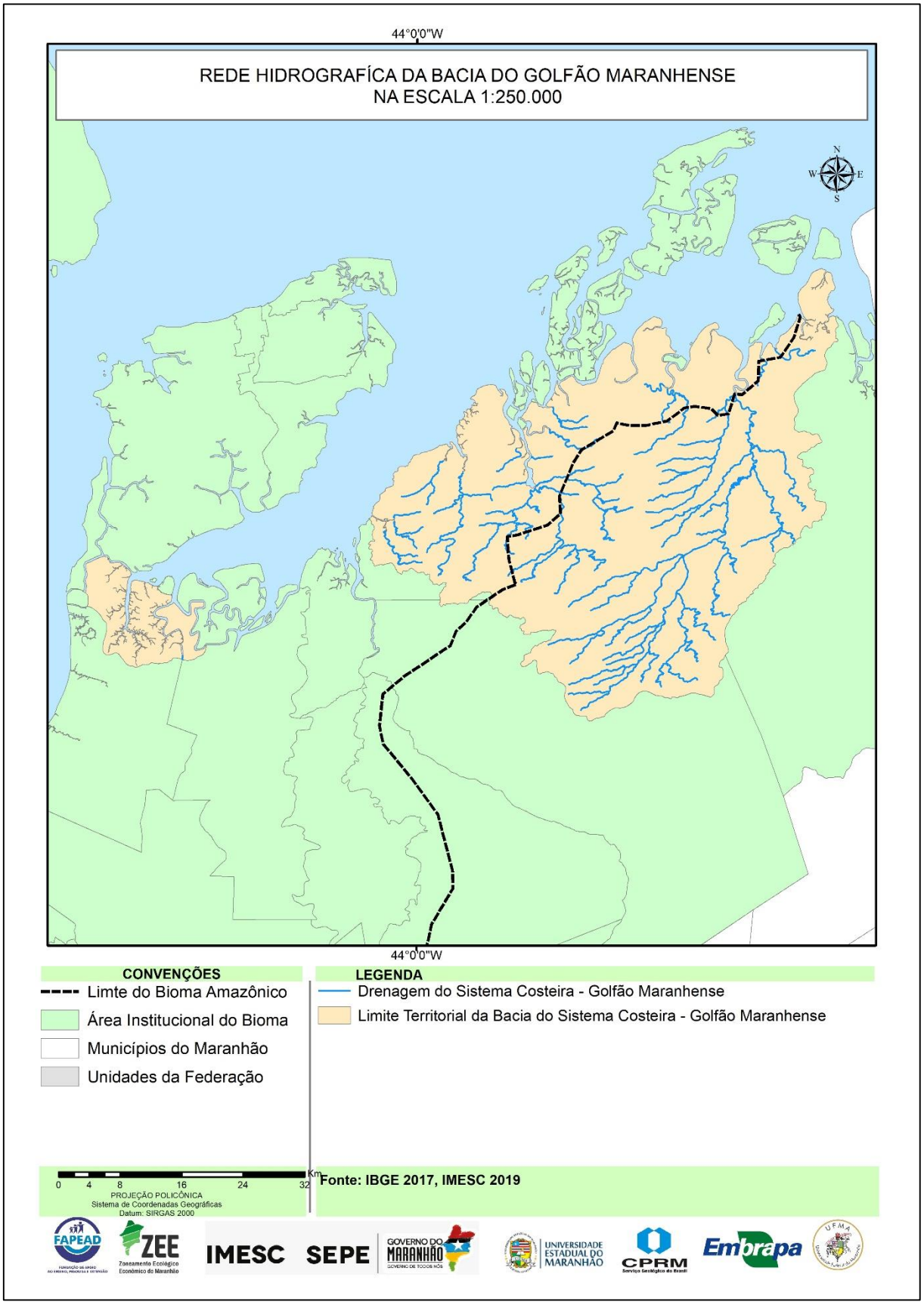


Figura 17 - Rede hidrográfica da bacia do Sistema de Bacias Costeiras-Golfão Maranhense na escala 1:250.000



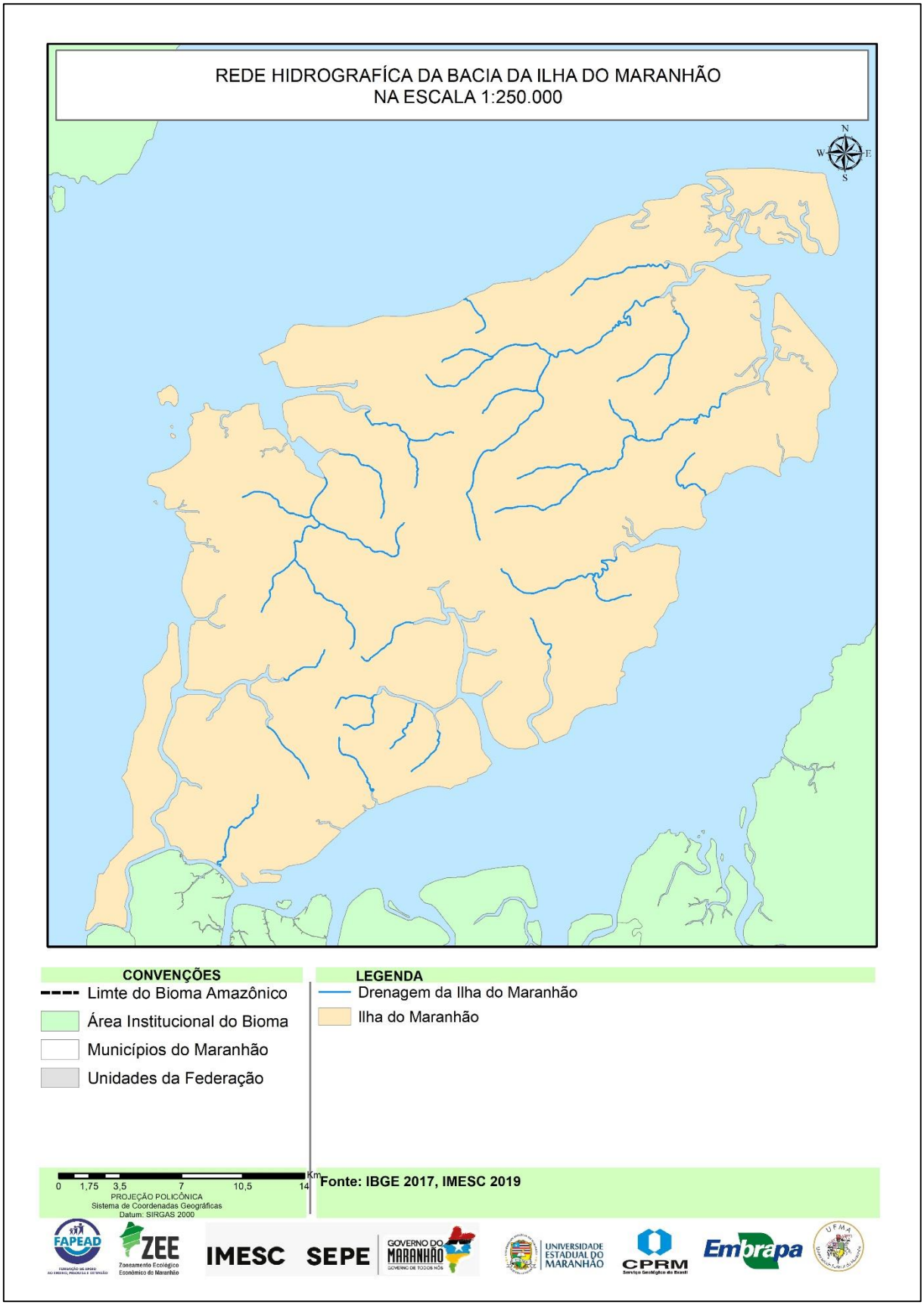
Os dados morfométricos mostram que a densidade de drenagem dos sistemas é baixa (0,13 a 0,35 km/km²), com frequência de canais que varia entre 0,03 a 0,09Nc/km^2. A declividade média é de 1,8% e a máxima de 35,8%, destacando as vertentes suaves e o relevo praticamente plano dos sistemas costeiros, e baixo potencial energético, considerando que a frequência de declividade se concentra na classe de 0 a 8%. O índice de rugosidade ressalta a diferença entre as áreas planas e alagadiças do vale fluvial dos rios principais em relação à zona mais rugosa dos tabuleiros costeiros.

A demanda consuntiva hídrica dos sistemas costeiros concentra-se principalmente no uso destinado à irrigação e ao meio rural (56% e 18%) no Golfão Maranhense, enquanto que, nas Reentrâncias Maranhenses, destina-se principalmente ao consumo urbano (45%), à irrigação e ao meio rural.

3.10 Ilha do Maranhão

A ilha do Maranhão integra o Bioma Amazônico com perímetro de 494,98km e área equivalente a 899,6km^2, correspondendo a 2,7% do território do bioma (Figura 18). Ao todo, a bacia possui 43 trechos de drenagem, totalizando 183,5km de extensão de cursos de água.

Figura 18 - Rede hidrográfica da Ilha do Maranhão na escala 1:250.000



Os dados morfométricos mostram que a ilha possui densidade de drenagem baixa (0,21km/km^2) e frequência de canais de 0,05Nc/km^2. A altitude máxima corresponde a 66m e a altitude média a 23,6m. As maiores altitudes predominam na porção central da ilha, próximo às cabeceiras dos rios Anil e Tibiri. Na bacia, destacam-se os tabuleiros e os vales fluviais dos rios Santo Antônio e Paciência cujos leitos encontram-se a 10m de altitude. A diferença altimétrica entre topo-leito fluvial do atinge cerca de 30m, ressaltando a suavidade do relevo.

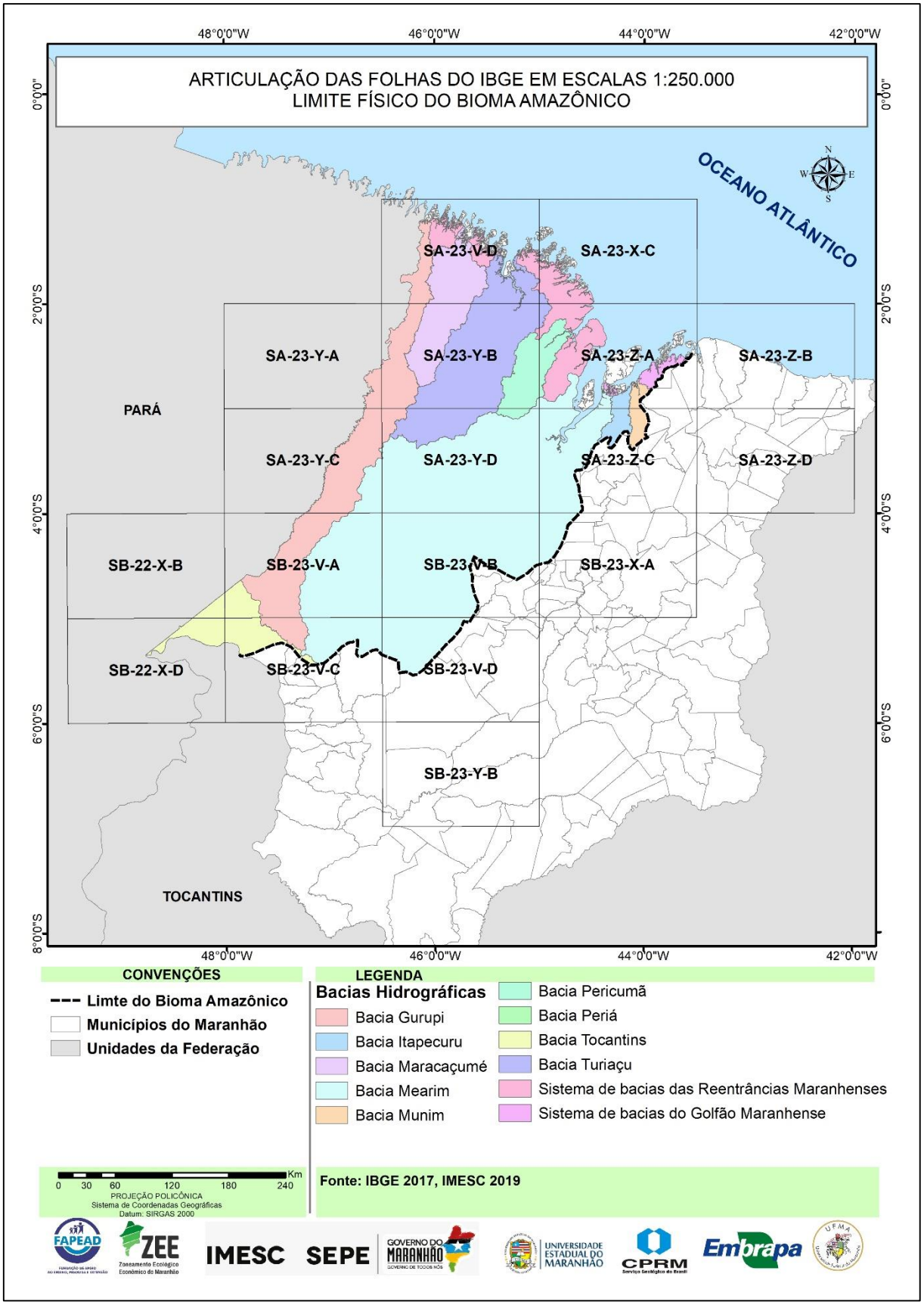
A declividade média da ilha é de 2,3%. O relevo da bacia classifica-se principalmente como plano a suave ondulado. Destaca-se maior declividade acima de 21% apenas nas escarpas dos tabuleiros litorâneos, em especial nas falésias ativas da faixa costeira. O índice de rugosidade ressalta a diferença entre a área de menor rugosidade, representada pelos vales fluviais dos rios Anil, Paciência, Tibiri e Santo Antônio, e, a de maior rugosidade que corresponde aos tabuleiros do planalto sedimentar.

A demanda consuntiva hídrica da ilha do Maranhão concentra-se principalmente no consumo urbano (70%), seguida da demanda para a irrigação (25%).

4 REDE HIDROGRÁFICA NA ESCALA 1:250.000

Os trechos de drenagem, as massas de água e os limites de bacia contemplaram 18 folhas na articulação 1:250.000 (Figura 19).

Figura 19 - Articulação das folhas 1:250.000 com os limites do bioma



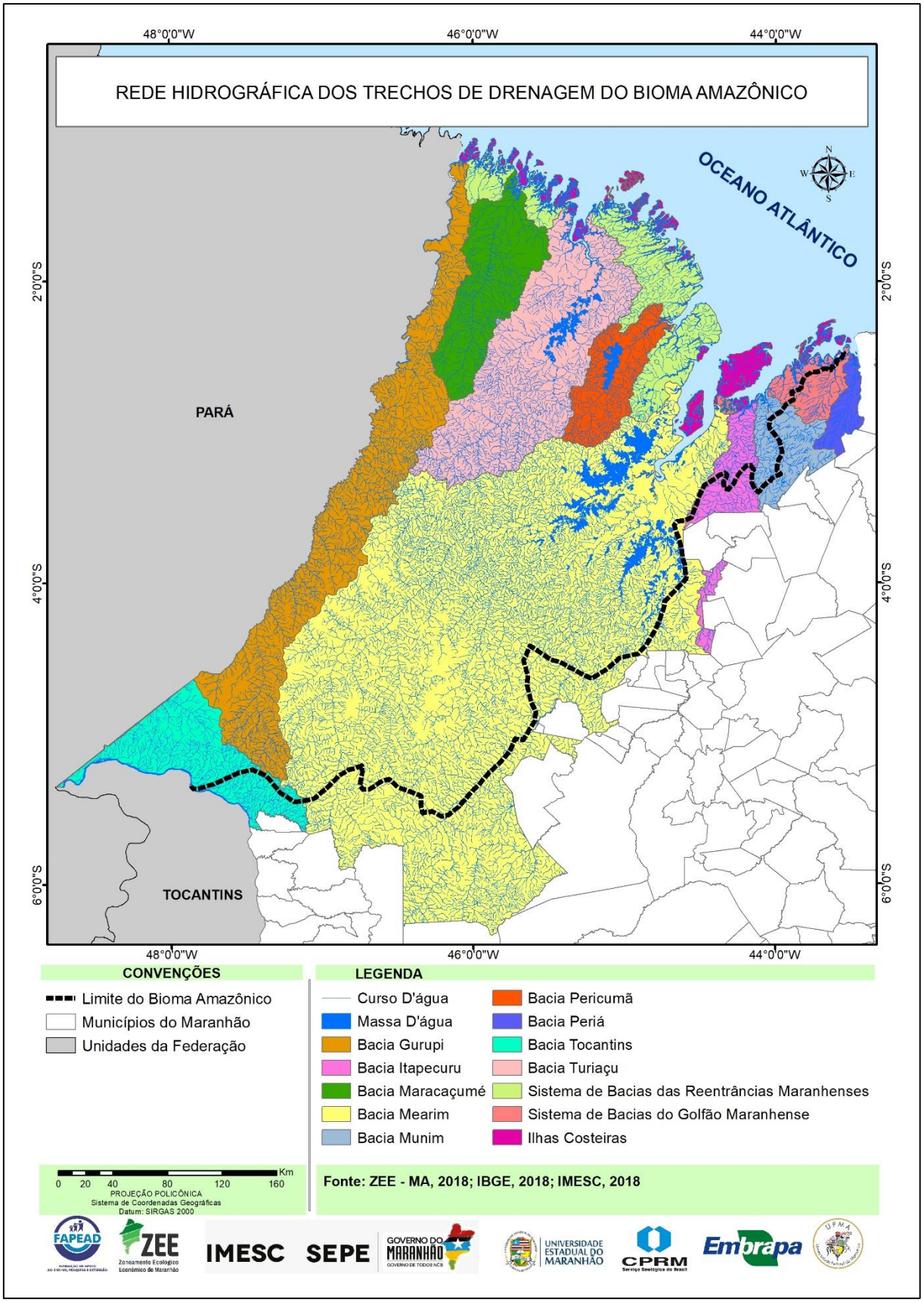
A Tabela 1 mostra os resultados da extensão dos trechos de drenagem em quilômetros e do número de trechos de drenagem na escala 1:250.000 em relação aos dados da base espacial original de 2016 do IBGE. Ao todo, o Bioma Amazônico apresenta, em relação aos dados espaciais desse instituto, acréscimo de 42.039,88km de extensão dos cursos d'água e, 14.617 novos trechos de drenagem. A Figura 20 mostra o resultado final da vetorização da rede hidrográfica do Bioma Amazônico.

Tabela 1 - Resultados da rede de hidrográfica em relação aos dados do IBGE

FOLHAS 1:250.000	NOME DAS FOLHAS	Área (km²) do bioma na folha	Extensão (km) do trecho de drenagem IBGE	Número de trechos de drenagem IBGE	Extensão (km) do trecho de drenagem ZEE	Número de trechos de drenagem ZEE
SA-23-V-D	TURIAÇU	9.707,6	1.305,6	250	2.401,9	532
SA-23-X-C	CURURUPU	2.197,9	316,8	58	533,1	125
SA-23-Y-A	RIO CAPIM	645,9	146,8	30	307	68
SA-23-Y-B	PINHEIRO	17.531,8	2.479,9	346	8.075,4	2.212
SA-23-Z-A	SÃO LUÍS	11.165,9	1.485,9	283	3.892,5	885
SA-23-Z-B	BARREIRINHAS	324,9	42,5	8	132,6	33
SA-23-Y-C	PARAGOMINAS	5.446,5	1.178,1	208	2.605,4	719
SA-23-Y-D	SANTA INÊS	18.419,6	4.031	624	11.413,3	3.371
SA-23-Z-C	ITAPECURU MIRIM	10.513,5	1.492,8	174	4.290,4	939
SA-23-Z-D	CHAPADINHA	0,6	-	-	-	-
SB-22-X-B	RONDON DO PARÁ	457,6	54,6	7	241,2	88
SB-23-V-A	AÇAILÂNDIA	14.140,3	2.023,7	228	6.363,8	1.956
SB-23-V-B	VITORINO FREIRE	17.282,6	2.952,4	355	9.273,1	2.914
SB-23-X-A	BACABAL	3.286,7	681,8	153	1.617,5	405
SB-22-X-D	MARABÁ	1.332,2	317,7	54	688,6	172
SB-23-V-C	IMPERATRIZ	10.649,1	1.639,8	207	5.703,7	1.581
SB-23-V-D	BARRA DO CORDA	10.906,9	1.651,2	168	5.268,4	1.388
SB-23-Y-B	FORTALEZA DOS NOGUEIRAS	2.676,06	557,9	88	1.590,7	470
Total		-	**22.358,5**	**3.241**	**64.398,37**	**17.858**

Fonte: Resultados da Pesquisa (2018)

Figura 20 - Rede hidrográfica dos trechos de drenagem na escala 1:250.000



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o propósito de subsidiar o processo de elaboração do ZEE do Bioma Amazônico Maranhense, identificaram-se aspectos que merecem destaque sobre as águas superficiais, seja pela referência de qualidade ou pela deficiência.

A base espacial da rede hidrográfica - trechos de drenagem, massas de água e limites de bacia hidrográfica - na escala 1:250.000, representa um marco para a base cartográfica do estado do Maranhão e para as análises do ZEE do Bioma Amazônico. Destaca-se que a base de dados espacial disponibilizada é mais detalhada e atualizada no segmento dos recursos hídricos superficiais que as demais bases cartográficas existentes em meio digital. Contudo, é importante a atualização das bases cartográficas à medida que produtos de maior qualidade e precisão espacial são disponibilizados.

Os dados morfométricos mostraram que na maior bacia do bioma – bacia do rio Mearim (48,4%) – há uma diferença altimétrica entre o médio e baixo curso, provocando uma ruptura significativa no relevo. Essa diferença provoca alterações nos processos de erosão e sedimentação do médio curso, uma vez que o baixo curso promove o ajuste do nível de base. Nesse sentido, verifica-se que o entalhe vertical dos leitos fluviais no médio curso difere da configuração de vales fluviais em “U” e amplos do baixo curso. Porém, há que se destacar que outras variáveis também podem influenciar esse padrão de dissecação, como o substrato litológico e a ocorrência de lineamentos estruturais. Nas bacias dos rios Turiaçu, Maracaçumé e Gurupi (32,3%), a diferença altimétrica tem menor proporção em relação à bacia do rio Mearim, e se concentra entre alto e médio curso dos rios.

De forma geral, predominam baixas declividades no Bioma Amazônico, evidenciadas sobretudo no baixo curso das bacias. Próximo à foz dos rios, as planícies de inundação formam extensas áreas alagáveis que correspondem ao domínio de relevo plano suave, em área de pouca energia para o transporte sedimentar, onde se formam lagoas e brejos. Essas características evidenciam a maior expressividade dos processos de agradação em detrimento aos processos de degradação no baixo curso das bacias.

Os dados hidrológicos monitorados pela ANA/CPRM, independente da série histórica, mostraram que há uma tendência de redução da vazão dos rios principais. Esta evidência pode estar associada a diversos fatores, entre os quais, a

variabilidade climática, o arcabouço lito-estrutural, o uso e a ocupação do solo, a intensificação do desmatamento e queimadas, que têm consequência direta na disponibilidade hídrica. Outro aspecto importante refere-se à extensão da rede e à distribuição das estações fluviométricas nas bacias. A maior parte se concentra na bacia do rio Mearim, enquanto, a bacia do rio Pericumã – integralmente inserida no bioma – e a porção amazônica das bacias dos rios Gurupi, Tocantins, Itapecuru e Munim não apresentam estações fluviométricas. Portanto, constata-se que há necessidade de ampliação da rede de monitoramento fluviométrico nas bacias já monitoradas, bem como a inclusão de novas estações nas bacias que não possuem monitoramento, para melhor caracterização e precisão da disponibilidade hídrica no bioma.

Quanto à demanda consuntiva de água, verifica-se que ao ser considerada a estrutura fundiária e as características das culturas da Amazônia Maranhense, há uma demanda expressiva de água para a irrigação e dessedentação animal. Para a regulação do uso dos recursos hídricos, sugere-se como medida fundamental, a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e as ações de gestão, sobretudo com a efetiva formação dos Comitês de Bacia. Dessa forma, esta necessidade se fará sentir e desencadeará ações para superá-la.

Por fim, o relatório temático dos recursos hídricos superficiais apresenta os dados necessários, em conjunto com as demais variáveis temáticas, à elaboração do ZEE do Bioma Amazônico do estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **HidroWeb**: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/. Acesso em: 20 de jan. de 2018.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas:** modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher.1980.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia**: Uma Atualização de Base e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil) (IBGE). **Base espacial do Brasil em escala 1:250.000**. Disponível em: http://www.*ibge*.gov.br/home/*geociências. Acesso* em: 20 de jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil) (IBGE). **Manual de Normas, especificações e procedimentos técnicos para a carta do mundo ao milionésimo** – CIM. 1:1.000.000. Rio de Janeiro.1993. 63p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil) (INPE). **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/. *Acesso:* em 12 de fev. 2018.
LONGLEY, P.A. et al. ***Sistemas e ciência da informação geográfica***. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil) (MMA). **Geo Catálogo de imagens de satélite *Rapideye***. Disponível em: http://geocatalogo.mma.gov.br/. Acesso em: 01 fev. 2018.

SISTEMA NACIONAL SOBRE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil) (SNIRH). **Agencia nacional de águas**. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/. *Acesso:* em 10 de fev. 2018.

VII LIMNOLOGIA DO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE

José de Ribamar Carvalho dos Santos (Coordenador)
Andréa de Araújo
Clóvis Ferreira do Carmo
Itatiane Morais Póvoas Ribeiro
Annie France dos Santos da Silva

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 308
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 311
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 312
3.1 Compilação de Resultados (janeiro a setembro de 2018) 312
4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS: análise da qualidade da água 314
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 330
REFERENCIAS 330

1 INTRODUÇÃO

O Zoneamento Ecológico-Econômico é um dos principais instrumentos adotados, direta e indiretamente, no planejamento das bacias hidrográficas, que pode se enquadrar como proposta de planejamento ambiental (CARVALHO, 2014). Instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), regulamentado pelo Decreto Federal 4.297/2002 (BRASIL, 2002), que consiste em uma das bases essenciais para se estabelecerem as estratégias de planejamento de um território (SILVA; RODRIGUEZ, 2014).

O Macrozoneamento Ecológico-Econômico (MacroZEE) é um instrumento para planejar e ordenar o território brasileiro que harmoniza as relações econômicas, sociais e ambientais. Demanda um efetivo esforço de compartilhamento institucional, voltado para a integração das ações e políticas públicas territoriais, bem como articulação com a sociedade civil, integrando seus interesses em torno de um pacto pela gestão do território (BRASIL, 2013).

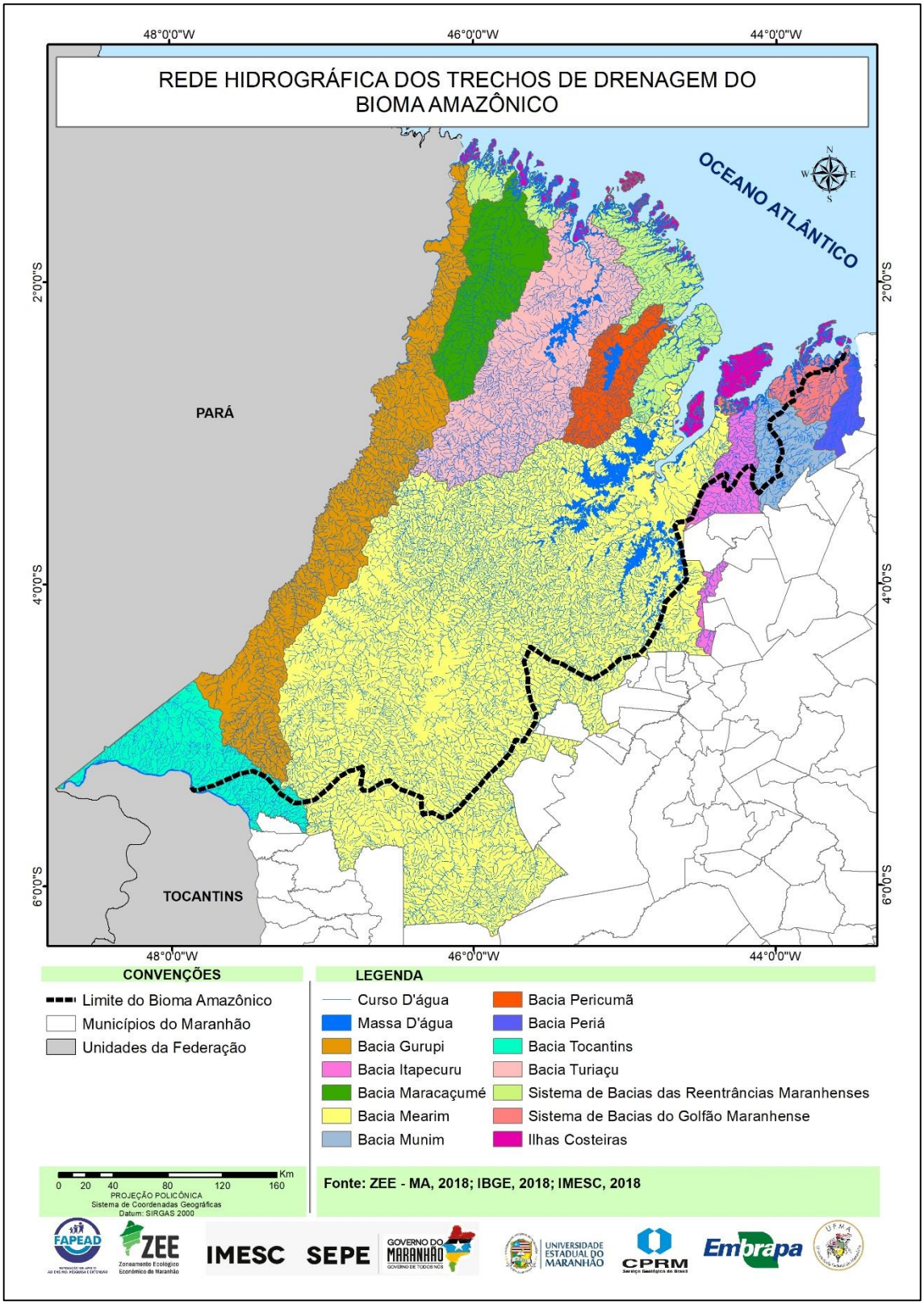
Nos últimos anos, o MacroZEE tem sido a proposta do governo brasileiro para apoiar as decisões de planejamento do desenvolvimento e do uso do território nacional em bases sustentáveis, tornando-se um programa do Plano Plurianual (PPA) do Governo Federal, gerenciado pelo Ministério do Meio Ambiente e com execução descentralizada por diversos órgãos federais e estaduais (BRASIL, 2010).

O Estado do Maranhão ainda não possui um MacroZEE concluído segundo os critérios legais e diretrizes metodológicas estabelecidos. Diante desse contexto, a inserção de parte do Maranhão em área de Amazônia Legal interfere na gestão territorial do Estado, considerando políticas específicas para essa região, como a determinação legal de elaboração de um ZEE, como instrumento técnico para planejar a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2010). No caso específico deste trabalho, tem-se a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Águas (ANA), em escala 1:250.00 do ZEE.

O presente trabalho objetivou fazer o monitoramento das nove bacias principais do estado do Maranhão, sendo sete pertencentes ao Bioma Amazônico Maranhense e duas bacias de grande porte e significância para o Estado. Avaliou-se a qualidade da água, fazendo um “gerenciamento” ambiental nas referidas bacias hidrográficas, além do monitoramento de pontos estratégicos das bacias estudadas;

coleta de amostras de águas superficiais no período chuvoso e seco; monitoramento da qualidade da água das nove bacias considerando características químico-físicos e biológicas; acompanhamento da evolução da qualidade das águas e elaboração de diagnósticos para o Bioma Amazônico Maranhense, em pontos estratégicos dessas bacias.

Figura 1 - Mapa das bacias hidrográficas do Bioma Amazônico do Maranhão



O Maranhão apresenta grande extensão de recursos hídricos, formados por bacias hidrográficas, lacustres e águas subterrâneas, totalizando uma área de 325.650km². Esta pesquisa estudou nove bacias (Figura 1) que representam 75% desses recursos no Estado, sendo 30.300km² da Bacia do Tocantins e 16.000km² do Gurupi, que são bacias limítrofes; 15.800km² da Bacia do Munim, 54.300km² do Itapecuru, 40.400km² do Pindaré e 56.200km² do Mearim, que são bacias genuinamente maranhenses; e 7.700km² do Maracaçumé, 13.400km² do Turiaçu e 10.800km² do Pericumã, que são bacias secundárias (MARANHÃO, 2002).

O zoneamento e monitoramento limnológico das bacias citadas acima visou avaliar a qualidade e as condições da água desses ecossistemas em um determinado período de tempo, tendo em vista que não há um constante monitoramento, devido às dificuldades em fazê-lo de forma adequada, pela ausência de redes estaduais de monitoramento.

Além disso, espera-se contribuir com a identificação de lacunas e oportunidades de pesquisa em Limnologia, que podem ser a base para futuros projetos a serem desenvolvidos na Amazônia Maranhense.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Utilizaram-se os dados das Estações de Monitoramento do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA (http://portalpnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx), coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA). As medições das variáveis analisadas foram: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, potencial redox, temperatura do ar e da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos, disponíveis para a região em estudo. Utilizou-se ainda o Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb (http://hidroweb.ana.gov.br), disponível no *site* da ANA, para seleção de todas as estações fluviométricas e análise de dados hidrológicos. Foram considerados os dados totais anuais precipitados, referentes aos mesmos anos utilizados, para a análise de vazões nas estações fluviométricas, dando-se preferência para a utilização de dados consistidos.

Para análise dos eventos de vazão, foram utilizados dados mensais de vazão (Q) das estações fluviométricas distribuídas ao longo das bacias hidrográficas na região. Essas informações foram adquiridas do banco de dados fluviométricos da ANA. Posteriormente, os dados médios mensais de vazão foram tabulados em planilhas do Excel, versão 2010.

As análises físico-químicas da água foram determinadas, *in loco*, com o auxílio da sonda multiparamétrica de qualidade da água HORIBA (Série U-50). Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas e levadas ao laboratório para análise das variáveis. Foi considerada como principal parâmetro de referência a Resolução CONAMA n.º 357, de março de 2005, que: dispõe sobre classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento; estabelece as condições e padrões de lançamento; e apresenta outras providências (BRASIL, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Compilação de Resultados (janeiro a setembro de 2018)

a) Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade da água que fazem parte do cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA refletem, principalmente, na contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgoto doméstico. A avaliação da qualidade da água é feita baseada em parâmetros fixados, de forma a obter valores de qualidade em função de sua concentração ou medida (ANA, 2005).

b) Coliformes Fecais

De acordo com Von Sperling (1996), “os coliformes fecais (CF) são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais”. São utilizados como indicador de contaminação fecal, pois se apresentam em grande quantidade nas fezes humanas e possuem grande resistência, quando comparado à maioria das bactérias intestinais.

c) Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica (BRASIL, 2014).

d) Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)

É um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água e é o parâmetro preferencialmente mais utilizado, porque “retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo

d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido" (VON SPERLING, 1996).

e) Descarga Líquida

Segundo ANA (2014), a descarga líquida é "utilizada para determinar o volume de água que passa por meio de uma seção transversal em determinada unidade de tempo, em geral um segundo. Quanto maior a precisão durante a medição de descarga líquida, vazão, melhor será o processo de tomada de decisão na área de recursos hídricos e saneamento ambiental".

f) Fósforo Total

O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. É um elemento indispensável para o crescimento de algas e microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica; e, comumente, é utilizado para caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 1996).

g) Nitrogênio

O nitrogênio no meio aquático pode ser encontrado como: nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. Este é de suma importância para o crescimento de algas e para o crescimento de microrganismos. Quando na forma de nitrato está relacionado a doenças. Segundo Von Sperling (1996), o nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática, assim como a amônia é diretamente tóxica aos peixes.

h) Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios – aqueles que vivem na presença de oxigênio. As bactérias fazem uso do oxigênio no processo respiratório e, por isso, podem reduzir a concentração dele no meio, gerando mal odor na água e ocasionando a morte de diversos seres aquáticos, especialmente, os peixes. Segundo Von Sperling (1996), o oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.

i) pH

O Potencial Hidrogeniônico (pH) "representa a concentração de íons hidrogênio H+ (em escala anti-logarítimica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14" (VON SPERLING, 1996).

Ainda segundo o autor, o pH:

- É importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção da dureza);
- pH baixo: corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento;
- pH elevado: possibilidade de incrustações nas águas de abastecimento;
- Valores de pH afastados da neutralidade: podem afetar a vida aquática (ex: peixes) e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. (VON SPERLING, 1996).

j) Temperatura

É utilizada para medir a intensidade de calor, Von Sperling (1996) diz que:

- Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas (na faixa usual de temperatura);
- Elevações da temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido);
- Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis). (VON SPERLING, 1996).

k) Turbidez

Segundo Von Sperling (1996), turbidez “representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma”. Pode ser de origem natural e, neste caso, não é inconveniente aos sanitários diretos, no entanto, é desagradável em água potável e de origem antropogênica, sendo associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, além disso, dificulta a penetração da luz e prejudica a fotossíntese.

4 **PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS:** análise da qualidade da água

Um corpo hídrico em equilíbrio ecológico, que garanta a saúde e o bem-estar humano, depende de que os parâmetros físicos, químicos e biológicos estejam dentro de um nível de qualidade avaliado por condições e padrões específicos, assegurando seus usos preponderantes (BRASIL, 2005). Existem muitos parâmetros por meio dos quais se avalia a qualidade das águas. Neste trabalho, priorizaram-se alguns dos mais significativos critérios de variáveis quantitativas de análise da água, baseando-se na Resolução CONAMA n.º 357 de 17 de março de 2005.

a) Resultados das variáveis limnológicas

- Coleta piloto: Município de Axixá e Rio Munim

As amostras de água para determinação dos parâmetros temperatura, pH, potencial redox, condutividade, turbidez, oxigênio e sólidos totais dissolvidos (Tabela 1) foram obtidas *in situ* através de uma sonda multiparâmetro de qualidade da água HORIBA Série U-50.

Tabela 1 - Análise das amostras coletadas, *in loco*, correspondente ao Rio Munim no município de Axixá-MA

Data	GPS	Temperatura	pH	Potencial redox	Condutividade	Turbidez	Oxigênio dissolvido	Sólidos totais dissolvidos
11.5.18 Ponto 1	584073 9675419 UTM	27,47	6,33	246	0,075	Maior que 1000	8,82 112,5%	0,049
11.5.18 Ponto 2 Superfície		26,85	5,06	242	0,040	38,7	7,6 96,4%	0,026
Ponto 2 Fundo		26,85	4,5	148	0,040	38,4	10,59 134,4%	0,026

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Analisando os dados da Tabela 1, observa-se que a **temperatura** do Rio Munim se apresentou estável nos dois pontos de coleta, tendo como valor máximo 27,47ºC e mínimo de 26,85ºC. Padrões de estabilidade de temperatura também foram descritos por Euba Neto et al. (2012), em estudo realizado nas águas do Balneário Veneza na Bacia Hidrográfica do médio Itapecuru-MA. Segundo Nova (2005), a temperatura da água provavelmente tem a maior influência sobre a vida e os sistemas aquáticos do que qualquer outra variável tomada isoladamente.

Na amostra analisada, o **pH** foi, predominantemente, ácido em todos os pontos, com os valores variando entre um máximo de 6,33 (P1) e mínimo de 4,5 (P2, no fundo). Andrade et al. (2016), ao avaliarem as características físico-químicas do lago Macurany, em Parintins-AM, também não observaram, nos períodos secos e chuvosos, diferenças significativas em relação aos valores de pH e temperatura. Para Camargo et al. (2009), o pH exerce influência direta e indireta sobre os ecossistemas aquáticos naturais; no primeiro caso, em função dos efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies; no segundo, por contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, em condições específicas de pH, ou até mesmo sobre a solubilidade de nutrientes.

Em relação à **condutividade elétrica**, registrou-se valor mínimo de 0,040µS.cm (P2, para superfície e fundo) e máximo de 0,075µS.cm (P1). Tais valores atestam que a condutividade encontra-se, pela legislação vigente, dentro dos limites aceitáveis, pois segundo Brasil (2006), os valores superiores a 100µS.cm é que indicam ambientes impactados.

A **turbidez** de amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-lo devido à presença de sólidos em suspensão. É de extrema importância para o processo fotossintético e fator essencial para a produção de matéria orgânica e o equilíbrio do balanço de gases (BRASIL, 2005). Sobre esta variável, os valores encontrados apresentaram-se constantes para P2 de 38,7 UNT (superfície) e 38,4 UNT (fundo), logo, não apresentou grande variação em seus valores. As medidas desta variável estão em conformidade com o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), para a classe 2. Ainda sobre essa variável, valores próximos foram registrados por Rodrigues (2011) em trabalho realizado na Bacia do Rio Pindaré. Valores abaixo do limite máximo indicado pela legislação vigente (100 NTU) foram encontrados no Rio Bem, no Município de Humaitá-Amazonas (PEIXOTO et al., 2014).

Os valores de **sólidos totais dissolvidos** para a amostra foram de máximo de 0,049mg/L (P1) e mínimo de 0,026mg/L (P2) tanto para a superfície quanto para a amostra de fundo.

O **oxigênio dissolvido (OD)** é um dos gases mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos (NASCIMENTO, 2010). Este indica o grau de arejamento da água e é um excelente indicativo da qualidade da água. A presença de oxigênio dissolvido é de grande importância para os seres aquáticos aeróbicos (ORSSATTO, 2008). A introdução de oxigênio no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico. O teor de O^2 na água varia principalmente com a temperatura e com a altitude. Quanto maior sua concentração, melhor a qualidade da água (MACÊDO, 2003). Os valores de oxigênio dissolvido encontrados nesse estudo foram: mínimo de 8,82mg/L (P1) e máximo de 10,59mg/L (P2, fundo), os quais estão dentro do permitido para qualquer amostra, não inferior a 5mg/L, segundo a Legislação.

Variações de O^2 mínimas de 5,8mg.L^{-1} foram encontradas por Santos e Carvalho (2007) em estudos no Rio Munim. Já no Rio Tocantins, encontraram-se valores próximos ao deste estudo de 7,6mg/L, na cidade de Imperatriz (BORSATTO et. al., 2010). Em contraste a estes estudos, Euba Neto et al. (2012) encontraram baixos índices de oxigênio dissolvido (> 5,0mgL^{-1}) na bacia do rio Itapecuru, fato justificado pela ocorrência de eutrofização na região.

Diante das análises, confirma-se que as características físico-químicas são de extrema importância na dinâmica do ecossistema aquático. Ratifica-se que os valores encontrados para as variáveis analisadas, são considerados adequados para a manutenção da vida aquática, conforme Legislação em vigor.

b) Primeira Coleta de água – período seco: 19 pontos

No mês de junho de 2018, foram realizadas as coletas e análises de 19 pontos do estado do Maranhão, sendo esses: Arari, Cajari, Santa Luzia do Paruá, Santa Helena, Mirinzal, Maracaçumé, Gurupi, Pinheiro, São Bento, Bela Vista, Santa Luzia, Rio Buriticupu, Bom Jesus, Itinga, Pequiá Baixo, Rio Açailândia, Rosário, Axixá e Icatu. Nessa coleta foram obtidos resultados dos parâmetros de temperatura; pH; potencial redox; condutividade; turbidez; oxigênio dissolvido; sólidos totais dissolvidos e salinidade. Foram elaborados os gráficos, a partir da média dos dados de superfície e fundo dos parâmetros citados anteriormente.

De acordo com a Resolução CONAMA n.º 357, os coliformes termotolerantes podem crescer em temperaturas de 44°C – 45°C, no entanto, os valores de temperatura demonstram uma mínima de 25,14°C (Rio Buriticupu) e máxima de 29,71°C (Bela Vista), ainda assim, temperaturas abaixo das que os coliformes termotolerantes podem crescer, mas isso não impede que o ambiente não esteja contaminado por outros coliformes.

- Temperatura

Não constam na legislação valores máximos ou mínimos estipulados para esta variável, entretanto, os resultados obtidos estão dentro do esperado para a condição climática da nossa região. Segundo Buzelli e Cunha-Santino (2013), a elevação da temperatura também tem como consequência a intensificação da taxa de decomposição da matéria orgânica, aumentando a DBO do ambiente aquático, sendo que liberações de nitrogênio e fósforo também são intensificadas pela lixiviação - processo de dissolução de frações hidrossolúveis que ocorre durante a decomposição.

- pH

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), os valores ideais, regulamentados pelo CONAMA, são de 6,0 a 9,0 e entre 6,0 e 9,5, de acordo com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Pode-se observar no Gráfico 2, que os pontos dos Rios Açailândia, Mirinzal, Itinga, Icatu e Pequiá de Baixo revelam valores abaixo do adequado para ambientes de água doce, sendo esses:

4,93, 5,48, 5,56, 5,57 e 5,85, respectivamente. Santos e Silva (2016), no trabalho de análise e avaliação das águas do baixo curso do Itapecuru, em Coroatá-MA, também não encontraram anormalidades de pH nas águas dos rios Itapecuru (6,9) e Mearim (6,6).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), no monitoramento das bacias hidrográficas do Maranhão, encontrou valores não regulamentados pela Resolução CONAMA, sendo o valor mais baixo 4,31 no município de Chapadinha - MA-719-R-12. No ano de 2018, destaca-se o valor 1, muito baixo de pH – ácido - , no Rio Preguiças - MA-7195-R-3. Também foi encontrado um valor baixo de pH (4,9) no Rio Munim, no município de Anapurus - MA-7164-I-1. Foi encontrado um valor semelhante, 4,8, no município de Urbano Santos - MA-7192-I-10. Para o mês de março de 2018, no corpo hídrico do Rio Tapuio, MA-7185-I-3, no município de São Mateus, no corpo hídrico do Rio Pindaré, no município de Alto Alegre do Pindaré - MA-7162-I-4, e no Rio Mearim/Bambu, no município de Bacabal - MA-7165-I-5, foram encontrados os valores mais baixos de pH, 4,2. Todos esses valores são considerados inadequados, de acordo com a Resolução CONAMA.

- Condutividade Elétrica

A Resolução CONAMA 357/05 não determina valor específico para esta variável. Estudos de análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita-SP, realizados por Buzelli e Cunha-Santino (2013), também identificaram valores semelhantes aos encontrados neste estudo.

- Turbidez

Os parâmetros de “cor” e “turbidez” indicam que a presença de partículas em suspensão é de alta relevância, pois indicam assoreamento (CONTE; LEOPOLDO, 2011) decorrente de fatores como desmatamento, crescimento desordenado, entre outros (REIS et al., 2002). Os valores de turbidez encontrados estão dentro do estabelecido pelo CONAMA para rios de Classe 2, de até 100 NTU, destacando-se entre os valores encontrados, o ponto de Icatu (0 NTU), Rio Açailândia (0,3 NTU) e Pequiá de Baixo (0,9 NTU), com índices abaixo de 1 NTU de turbidez, indicando águas pouco turvas, que tem alta penetração de luz solar na coluna d’água. Resultados obtidos do monitoramento realizado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), no ano de 2017, demonstram que houve aumento de Turbidez, valor de 294,89 NTU, no ponto do município de Pindaré-Mirim - MA-7162-I-29.

- Oxigênio Dissolvido

Para o oxigênio dissolvido, conforme resolução CONAMA, valores irregulares foram encontrados nos pontos do Rio Buriticupu (1,74mg/L), Pinheiro (3,26mg/L) e São Bento (4,79mg/L), uma vez que o valor ideal é maior ou igual a 5mg/L. Tal fator pode prejudicar, nesses pontos, a vida de vários organismos que dependem de oxigênio para respirar e sobreviver. Dessa forma, a DBO pode ser considerada um indicador de qualidade de água ao se considerar a poluição orgânica (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Resultados obtidos por Santos e Silva (2016) para o O_2 dissolvido no rio Mearim também foram considerados muito baixo. Comportamento possivelmente explicado pela baixa aeração do rio, embora este tenha um volume de água bem elevado. Os demais pontos apresentaram valores que demonstram boa oxigenação da água dos rios. Estudos realizados pelo IMESC (2014) apresentaram taxas de oxigênio dissolvido de 5mg/L, valor abaixo do parâmetro exigido pela Resolução CONAMA 357/2005. Além de ter apresentado alterações também no aspecto “Cor Aparente” com valores elevados em relação aos exigidos na Legislação.

No ano de 2017, no monitoramento realizado pela SEMA, foi encontrado um valor muito baixo de oxigênio dissolvido para o que é considerado ideal conforme a Resolução CONAMA, sendo esse de 1,47 no município de Anapurus - MA-7164-I-1. Já no ano de 2018, no mês de abril, também se destaca o valor de 2,46, no Rio Preguiças, MA-7196-R-3; um valor muito baixo de 0,9, no corpo hídrico do Rio Munim, no município de Chapadinha, MA-7192-R-12; o valor de 3,22, no município de Nina Rodrigues, MA-7192-I-1; e o valor de 1, no município de Bacabal, no corpo hídrico do Rio Mearim/Bambu - MA-7165-I-5.

- Sólidos totais dissolvidos

Para sólidos totais dissolvidos, os valores encontrados foram abaixo de 1mg/L, enquanto na Resolução CONAMA é de 500mg/L. Alguns sólidos totais dissolvidos são essenciais, entretanto, altos índices deles são prejudiciais se encontrados no corpo d’água, podendo afetar a comunidade aquática, alterar as condições de luminosidade da água e interferir no metabolismo dos organismos autotróficos submersos, por dificultar a realização da fotossíntese, e, consequentemente, prejudicar os demais organismos (ANA, 2009). O comportamento dos sólidos totais é semelhante ao da turbidez, variável com a qual se relaciona. Os

valores refletem a condição local, com aumento desses valores em locais de maior poluição (ALMEIDA; SCHWARZBOLD, 2003).

- Percentual de Salinidade

São ambientes de água doce, de acordo com a Resolução CONAMA, aqueles que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5%. Os valores encontrados, quanto ao percentual de salinidade, foram abaixo de 0,1% e indicam que os pontos de água doce estão com percentuais adequados e dentro dos padrões, não prejudicados por altos percentuais de salinidade, que poderiam prejudicar os organismos do meio.

c) Análise da qualidade da água superficial: análise laboratorial

- Dados Laboratório Acqua (período chuvoso e seco)

A fim de reunir mais informações a respeito da qualidade da água dos pontos estudados, na estação chuvosa e depois na estação seca, foram realizadas coletas com frascos armazenados e levados para o Laboratório Acqua para análise dos seguintes parâmetros: Clorofila, Fósforo, Nitrato NO_3, Nitrito NO_2, Nitrogênio Amoniacal e Turbidez. As tabelas 2 e 3 apresentam os resultados.

Tabela 2 - Resultados obtidos pelo Laboratório Acqua, dos parâmetros: Clorofila, Fósforo, Nitrato NO_3, Nitrito NO_2, Nitrogênio Amoniacal e Turbidez, na primeira coleta, realizada no período chuvoso

Tipo de Amostra	Ponto da Amostra	Clorofila (µg/L)	Fósforo (mg/L)	Nitrato NO_3 (mg/L NO3-N)	Nitrito NO_2 (mg/L NO2-N)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Turbidez (UNT)
Superficial	Pinheiro	<1,6	**0.147**	<0,400	<0,07	0.111	6.82
	Bela Vista	<1,6	**0.195**	<0,400	<0,07	<0,055	42.5
	Mirinzal	<1,6	**0.115**	<0,400	<0,07	<0,055	30.1
	Rosário	<1,6	**0.152**	<0,400	<0,07	<0,055	31.5
	Axixá	<1,6	**0.0500**	0.400	<0,07	<0,055	27.4
	Santa Helena	<1,6	**0.179**	<0,400	<0,07	<0,055	17.1
	Maracaçumé	<1,6	**0.107**	<0,400	<0,07	<0,055	78.7
	Gurupi	<1,6	**0.143**	<0,400	<0,07	<0,055	28.3
	São Luís	<1,6	<0,00500	<0,400	<0,07	<0,055	<0,810
	Icatu	<1,6	**0.119**	<0,400	<0,07	<0,055	2.35
	Rio Açailândia	<1,6	<0,00500	<0,400	<0,07	<0,055	4.15
	Arari	<1,6	<0,00500	<0,400	<0,07	<0,110	19.2
	Cajari	<1,6	<0,00500	<0,400	<0,07	<0,220	58.0
	Bom Jesus da Selva	<1,6	**0.119**	0.400	<0,07	<0,055	50.7
	Santa Luzia do Paruá	<1,6	<0,00500	<0,400	<0,07	<0,22	59.6

	Pequiá	<1,6	**0.0860**	<0,400	<0,07	<0,055	3.75
	Itinga	<1,6	**0.0700**	0.600	<0,07	<0,055	29.5
	Buriticupu	<1,6	**0.0790**	<0,400	<0,07	0.057	9.34
	Santa Luzia	<1,6	**0.0800**	<0,400	<0,07	<0,055	58.0
	São Bento	<1,6	**0.119**	<0,400	<0,07	0.065	19.0

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Tabela 3 - Resultados obtidos pelo Laboratório Acqua, dos parâmetros: Clorofila, Fósforo, Nitrato NO_3, Nitrito NO_2, Nitrogênio Amoniacal e Turbidez, na primeira coleta, realizada no período seco

Tipo de Amostra	**Identificação da Amostra**	**Clorofila (µg/L)**	**Fósforo (mg/L)**	**Nitrato NO_3 (mg/L** NO3-N**)**	**Nitrito NO_2 (mg/L** NO2-N**)**	**Nitrogênio Amoniacal (mg/L)**	**Turbidez (UNT)**
Superficial	Rio Munim (p25) – Munim	<1,6	<0,00500	0.500	< 0,07	<0,055	53.5
	Rio Una (p24) – Morros	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	4.40
	Rio Pindaré Mirim (p22) - Cajari	<1,6	**0.197**	0.800	< 0,07	<0,055	802
	Rio Itapecuru (p23) - Rosário	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	82.8
	(P19) - Rio Grajaú	<1,6	**0.0530**	< 0,400	< 0,07	<0,055	20.6
	(P21) - Rio Mearim	<1,6	**0.0840**	< 0,400	< 0,07	<0,055	75.3
	(P20) - Rio Lombada	<1,6	**0.0870**	< 0,400	< 0,07	0.062	96.1
	(P19) - Rio Grajaú	<1,6	**0.0530**	< 0,400	< 0,07	<0,055	20.6
	(P21) - Rio Mearim	<1,6	**0.0840**	< 0,400	< 0,07	<0,055	75.3
	Rio Turiaçu (p10) - Araguanã	<1,6	<0,00500	**1.20**	< 0,07	0.072	54.3
	Pinheiro	<1,6	0.103	0.400	< 0,07	0.473	50.7
	Rio Buriti (p13) - Buriticupu	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	38.5
	Centro Guilherme (p8) - Rio Maracaçumé	<1,6	<0,00500	0.400	< 0,07	<0,055	23.3
	Rio Pindaré (p11) - Alto Alegre do Pindaré	<1,6	<0,00500	0.400	< 0,07	<0,055	22.9
	Mirinzal (rio)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	14.1
	Rio Gentil (p12) - Esperantina	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	34.1
	Rio Gurupi (p7)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	15.9
	São Bento	<1,6	**0.131**	0.900	< 0,07	0.073	85.4
	Maracaçumé (p6)	<1,6	<0,00500	1.10	< 0,07	<0,055	49.1
	Mirinzal (TRIBUTÁRIO)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	0.062	32.6

Santa Luzia do Paruá(p9)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	28.7
Santa Helena	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	0.091	**152**
Itinga (Rio Gurupi)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	6.50
Rio (p15) - Bom Jesus da Selva	5.3	**0.0800**	< 0,400	< 0,07	<0,055	51.1
Rio Açailândia (p16)	<1,6	0.00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	3.71
Afluente do Rio Açailândia (p18)	<1,6	<0,00500	< 0,400	< 0,07	<0,055	6.57
Rio (p14) - Bom Jesus da Selva	<1,6	<0,00500	0.400	< 0,07	<0,055	47.5

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

De acordo com a Resolução CONAMA, nº 357, os níveis de Clorofila estão dentro do padrão em todos os pontos nos quais foram coletadas as amostras, tanto no período chuvoso, quanto no período seco (Tabela 2). Mesmo que no período seco, o ponto Rio (p15), em Bom Jesus da Selva, tenha apresentado um valor de 5,3 (Tabela 3), que é elevado em relação aos demais, mas encontra-se dentro do padrão. O mesmo acontece com os parâmetros de Nitrato NO_3, Nitrito NO_2 e Nitrogênio Amoniacal e Turbidez, exceção apenas do ponto do Rio Turiaçu (p10), Araquanã, com valor para Nitrato de 1,20 e, no ponto de Santa Helena (Tabela 3), com valor de Turbidez 152, ambos coletados no período chuvoso.

Ao comparar esses resultados com os dados presentes na base do PNQA, do Rio Tocantins, para Nitratos, Nitritos e Nitrogênio Amoniacal, verificou-se que todos apresentaram valor 0. Para os dados apresentados na base HidroWeb, na Bacia Mearim – Estação Aratoí Grande (33380000), os valores estavam adequados ao permitido para Nitratos e abaixo de 1,0 para Nitrogênio Amoniacal. Já para Nitritos, apenas no dia 29/09/1992, o valor encontrado foi elevado. Em relação ao parâmetro Fósforo, os valores < 0,00500 atestam, de acordo com a referida Resolução, que os níveis estão dentro do padrão permitido nos pontos de São Luís, Rio Açailândia, Arari, Cajari e Santa Luzia do Paruá. Os demais pontos de amostra, destacados em negrito nas Tabelas 2 e 3, obtiveram resultados acima do permitido. Comparando os resultados do parâmetro Fósforo com os dados da base PQNA, especificamente na bacia Rio Tocantins, percebe-se que há valores elevados para os pontos do Rio Tocantins e Gurupi, neste último, com exceção do mês 04/2006.

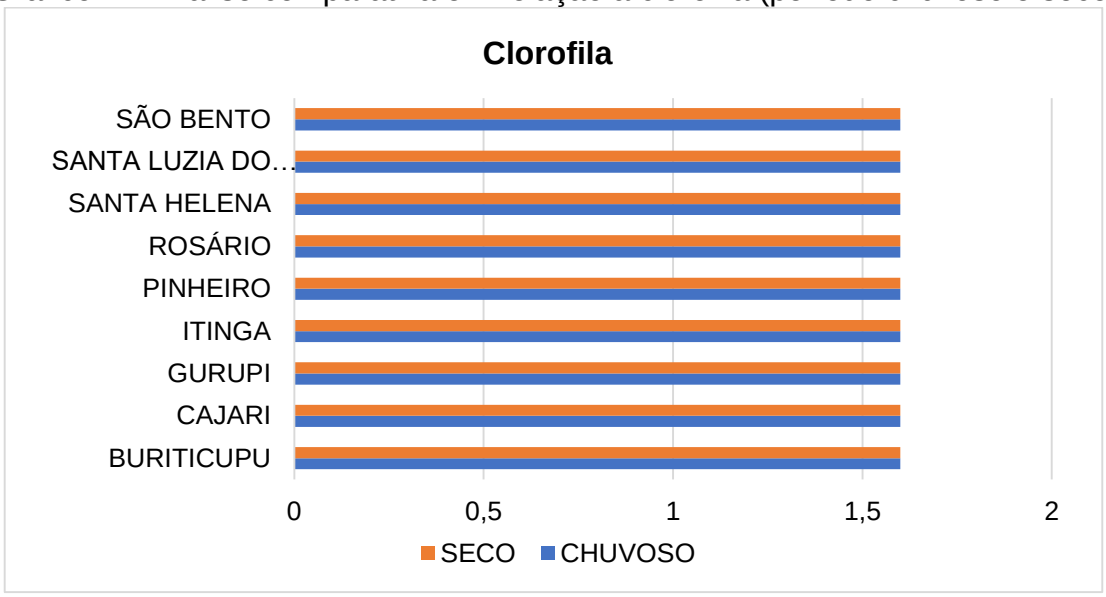
Para os dados de Turbidez, se comparados com os mais recentes obtidos pela SEMA, foram encontrados, no ano de 2017, valores elevados no município de Pindaré-Mirim (294,89), Alto Alegre do Pindaré (109,79) e Rosário (113,41). Em 2018,

os valores foram elevados nos corpos hídricos do Rio Periá, no município de Humberto de Campos (186,92), do Rio Preguiças (151,9) e Rio Periá (138,48), ambos no município de Primeira Cruz.

d) Comparação entre as análises de qualidade da água, em pontos comuns no período chuvoso e seco.

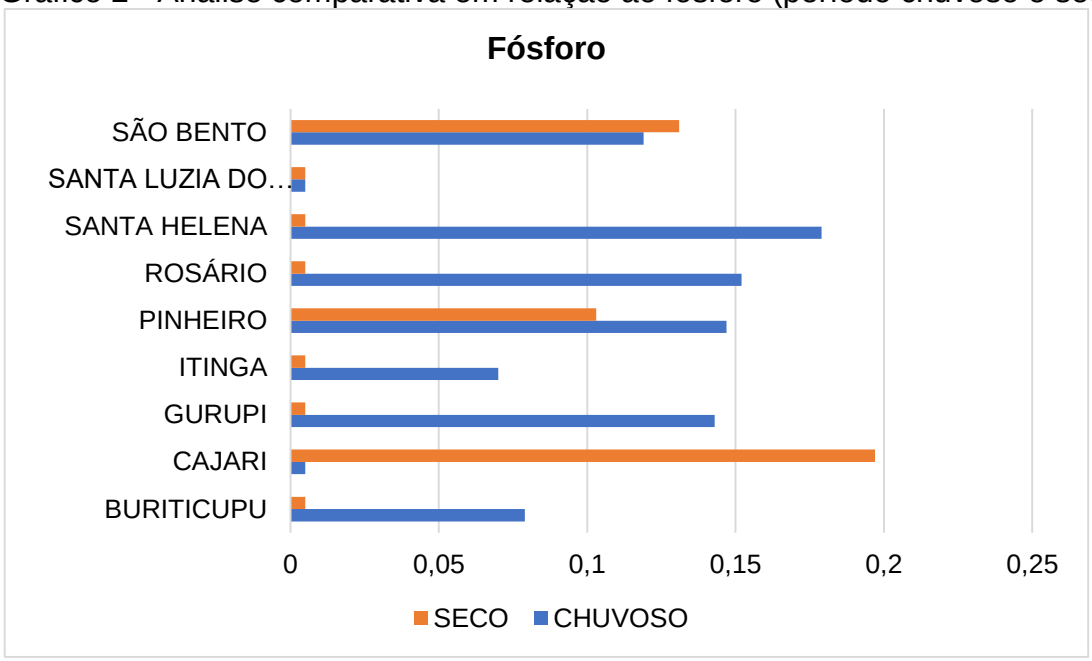
- Dados Laboratório Acqua (período chuvoso e seco)

Gráfico 1 - Análise comparativa em relação à clorofila (período chuvoso e seco)



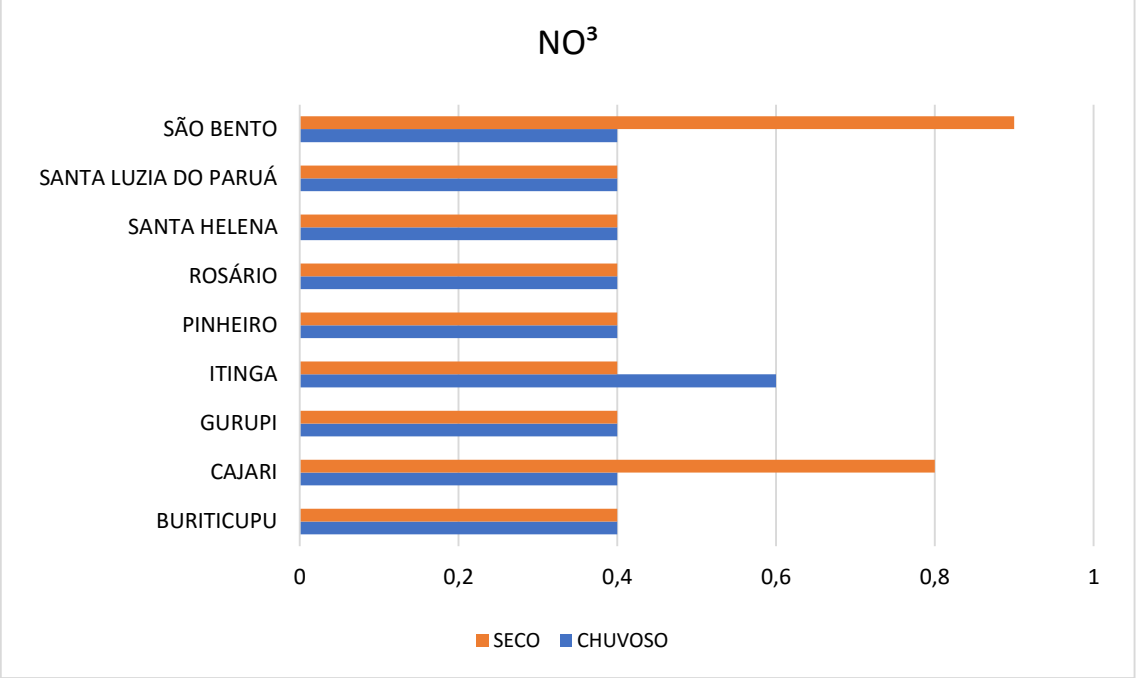
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 2 - Análise comparativa em relação ao fósforo (período chuvoso e seco)



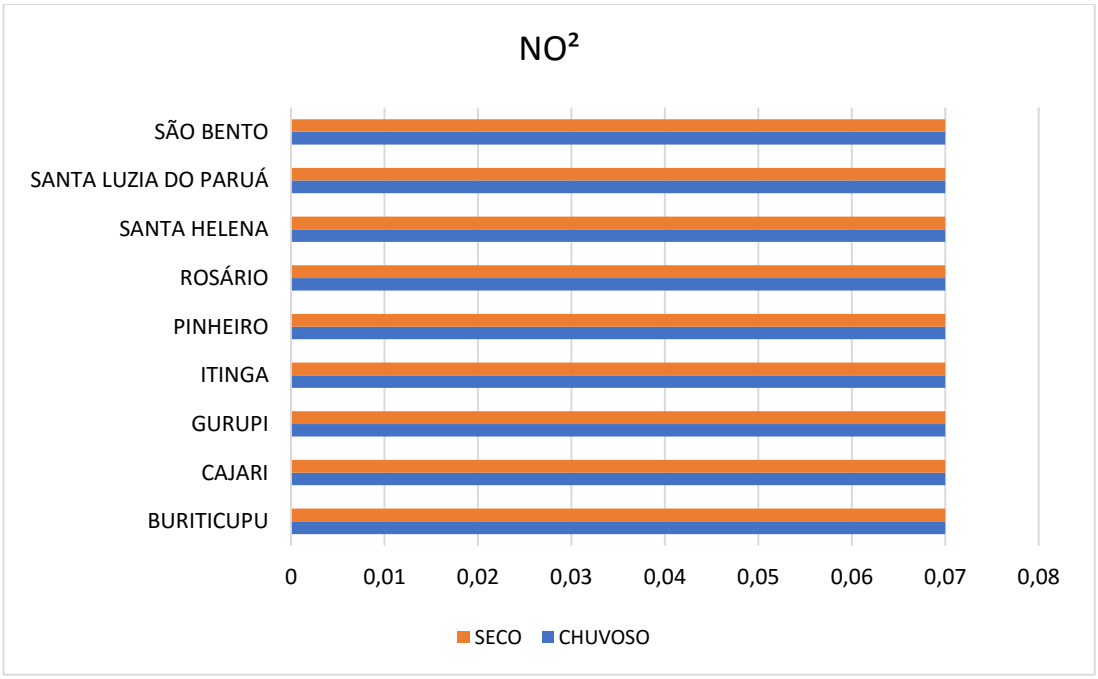
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 3 - Análise comparativa em relação a NO_3 (período chuvoso e seco)



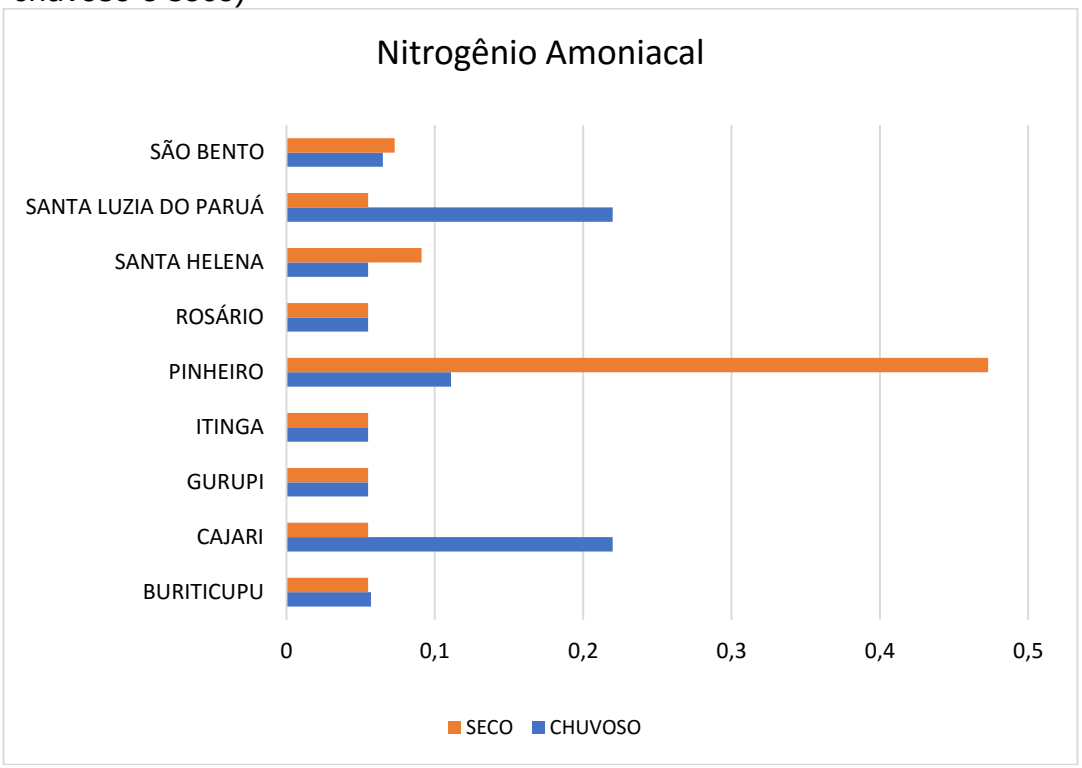
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 4 - Análise comparativa em relação a NO_2 (período chuvoso e seco)



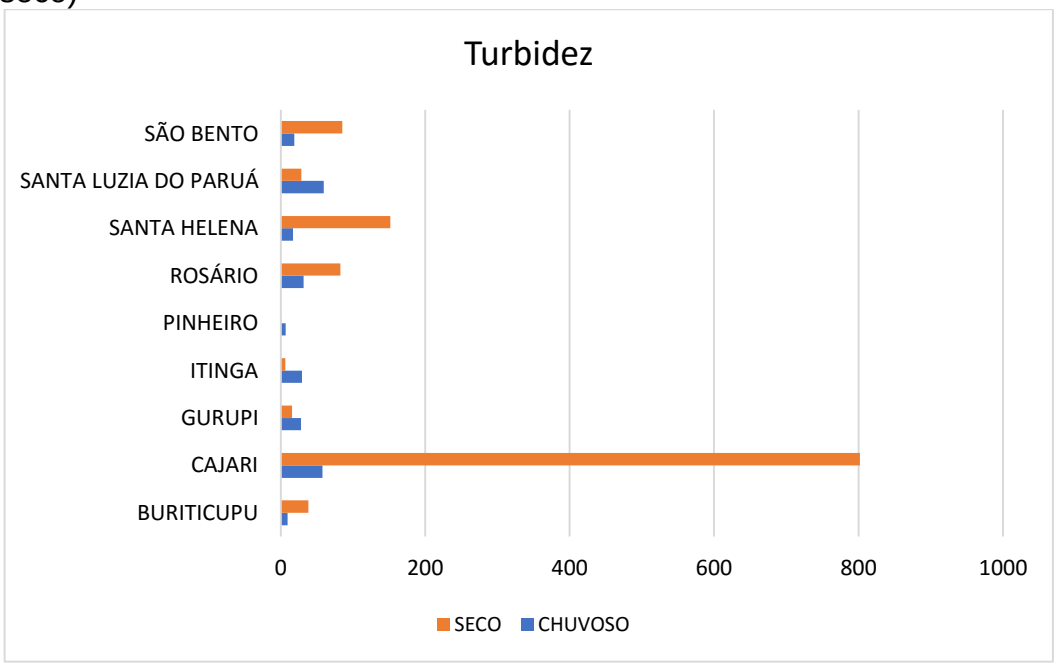
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 5 - Análise comparativa em relação à nitrogênio amoniacal (período chuvoso e seco)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

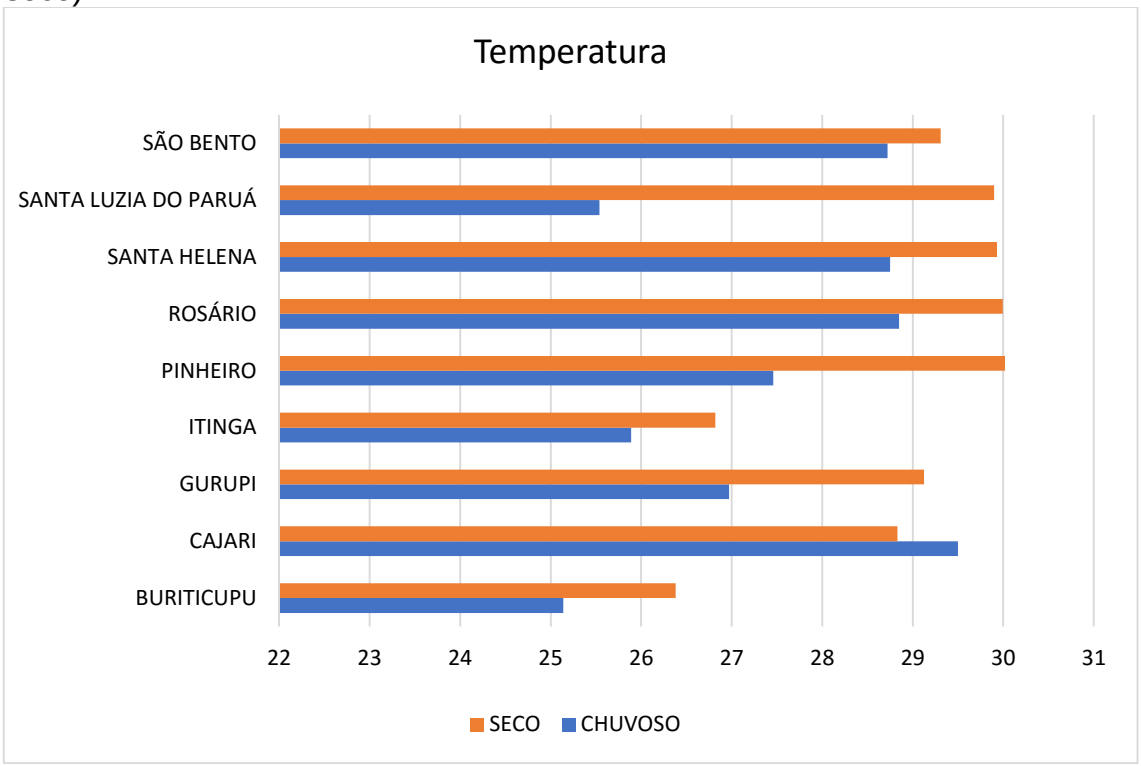
Gráfico 6 - Análise comparativa em relação à turbidez (período chuvoso e seco)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

- Dados Multisonda (período chuvoso e seco)

Gráfico 7 - Análise comparativa em relação à temperatura (período chuvoso e seco)



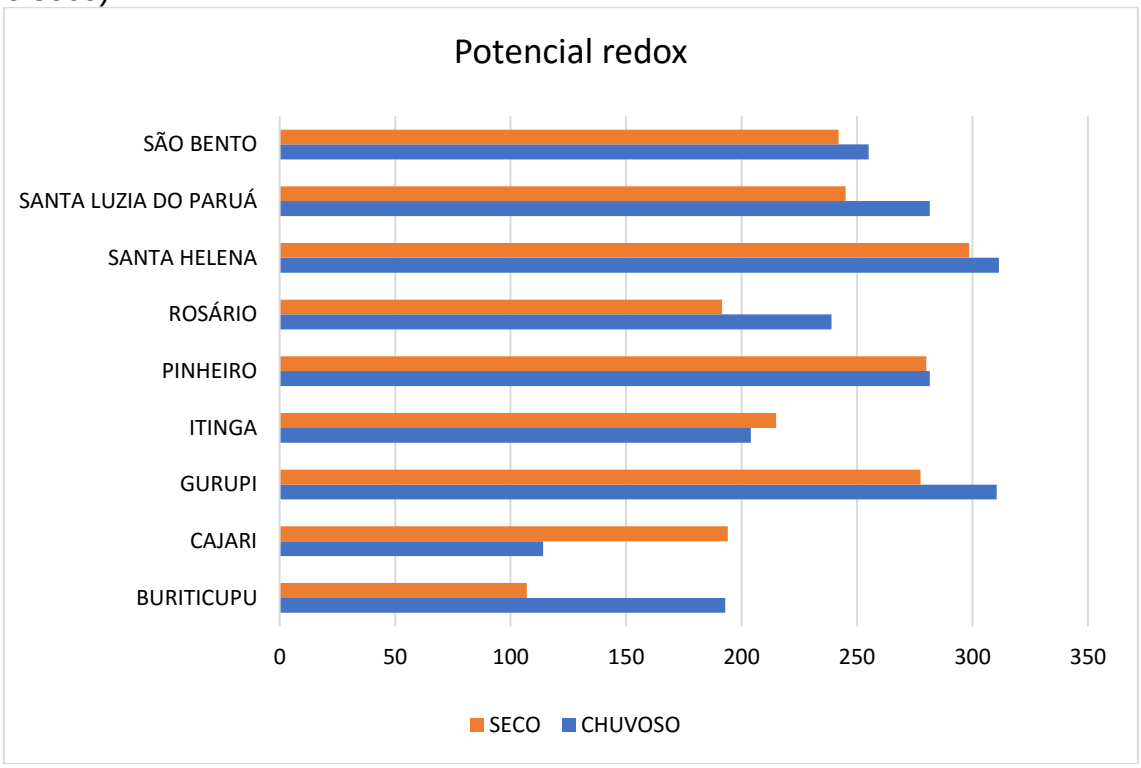
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 8 - Análise comparativa em relação ao pH (período chuvoso e seco)



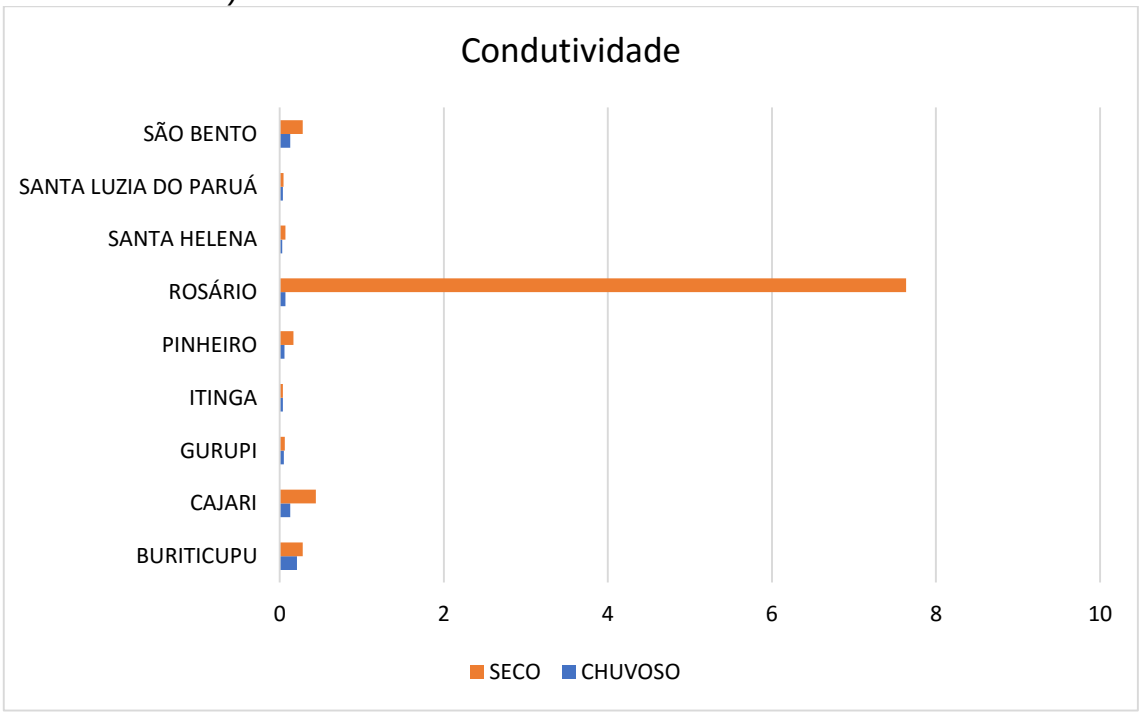
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 9 - Análise comparativa em relação ao potencial redox (período chuvoso e seco)



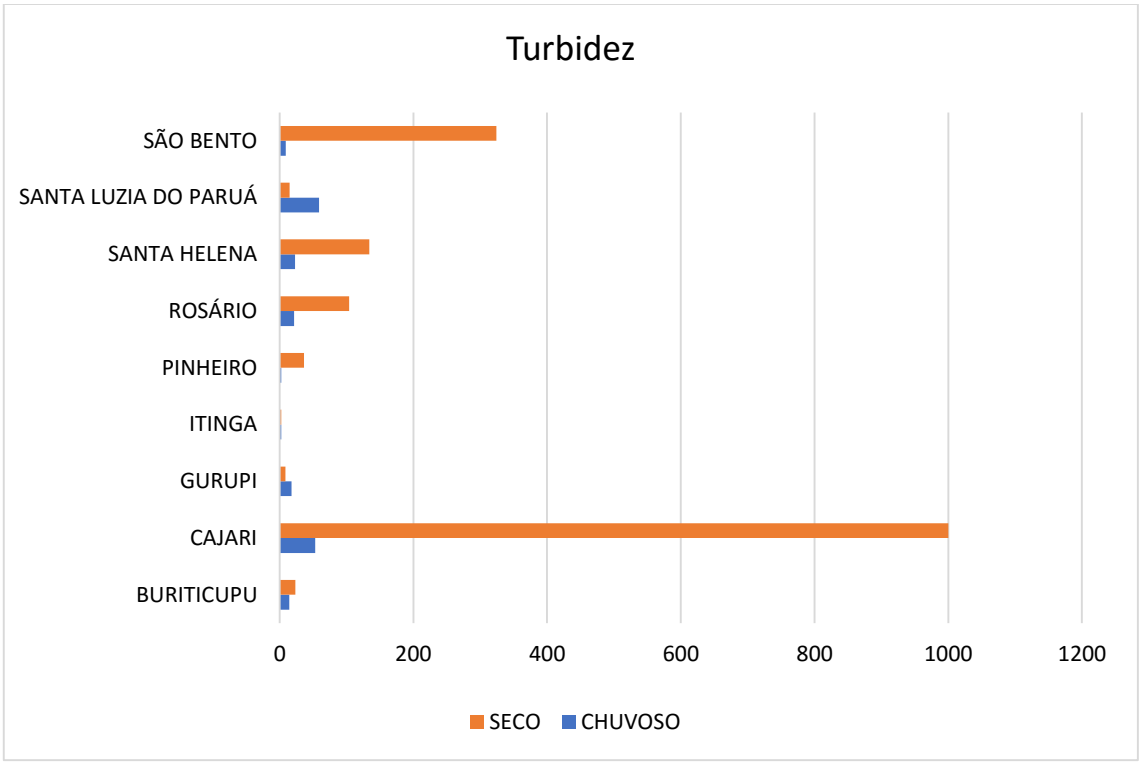
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 10 - Análise comparativa em relação à condutividade elétrica (período chuvoso e seco)



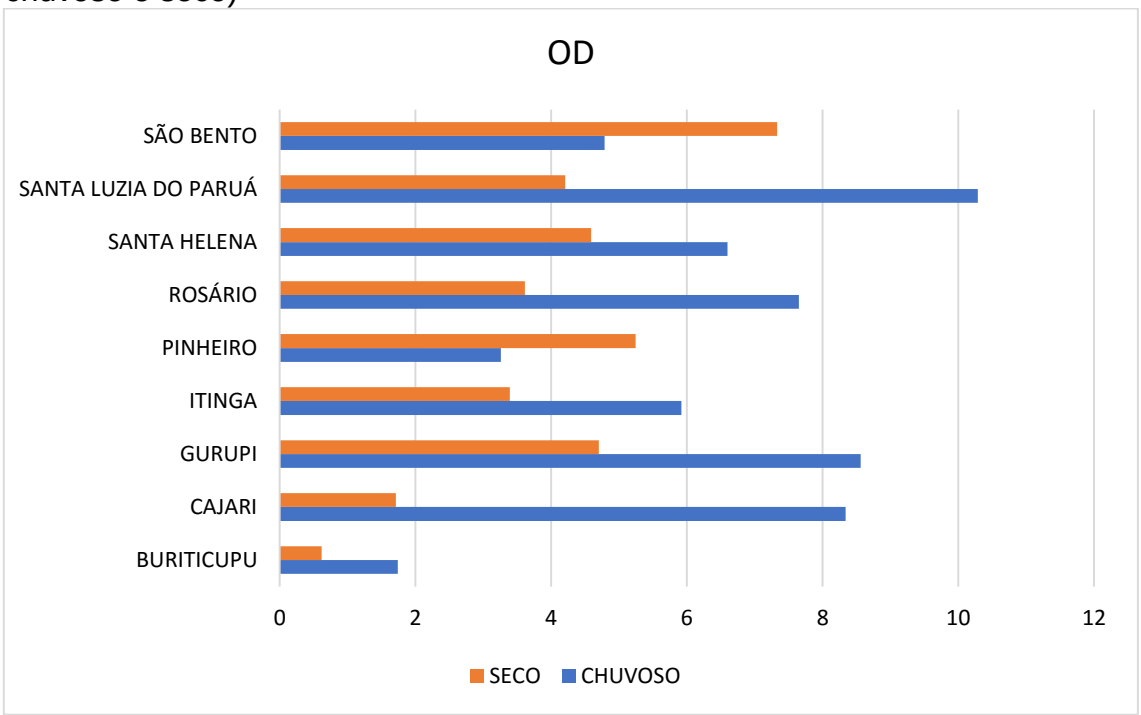
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 11 - Análise comparativa em relação à turbidez (período chuvoso e seco)



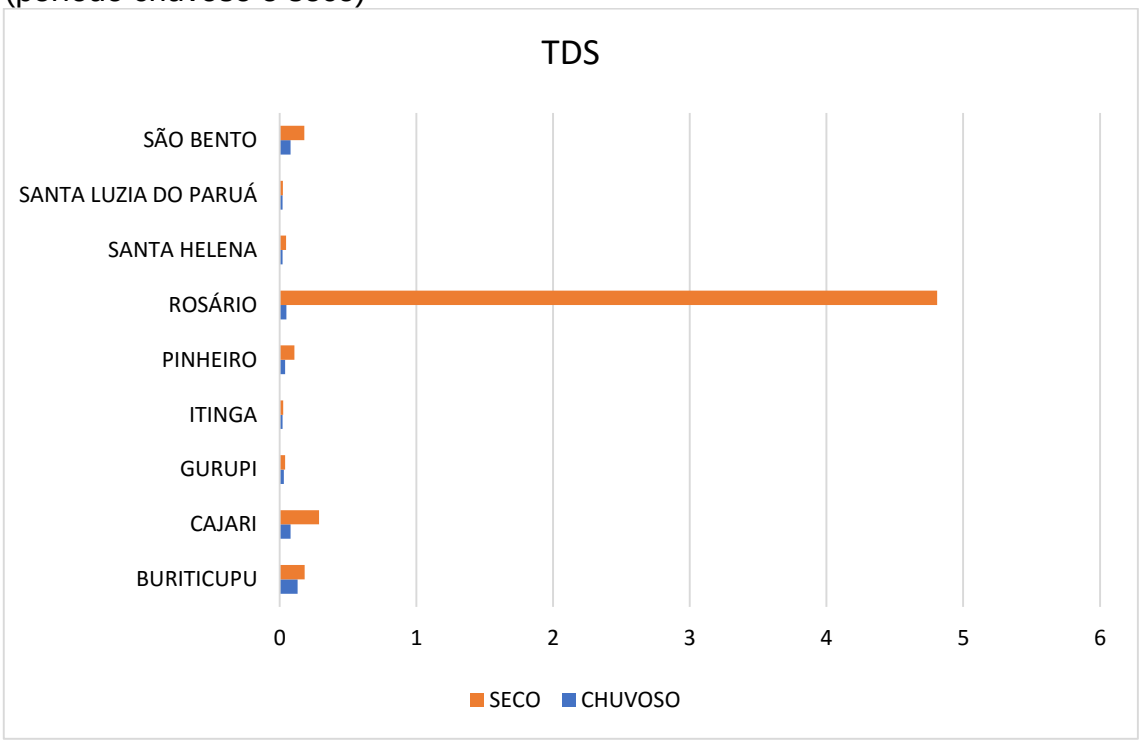
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 12 - Análise comparativa em relação ao oxigênio dissolvido (período chuvoso e seco)



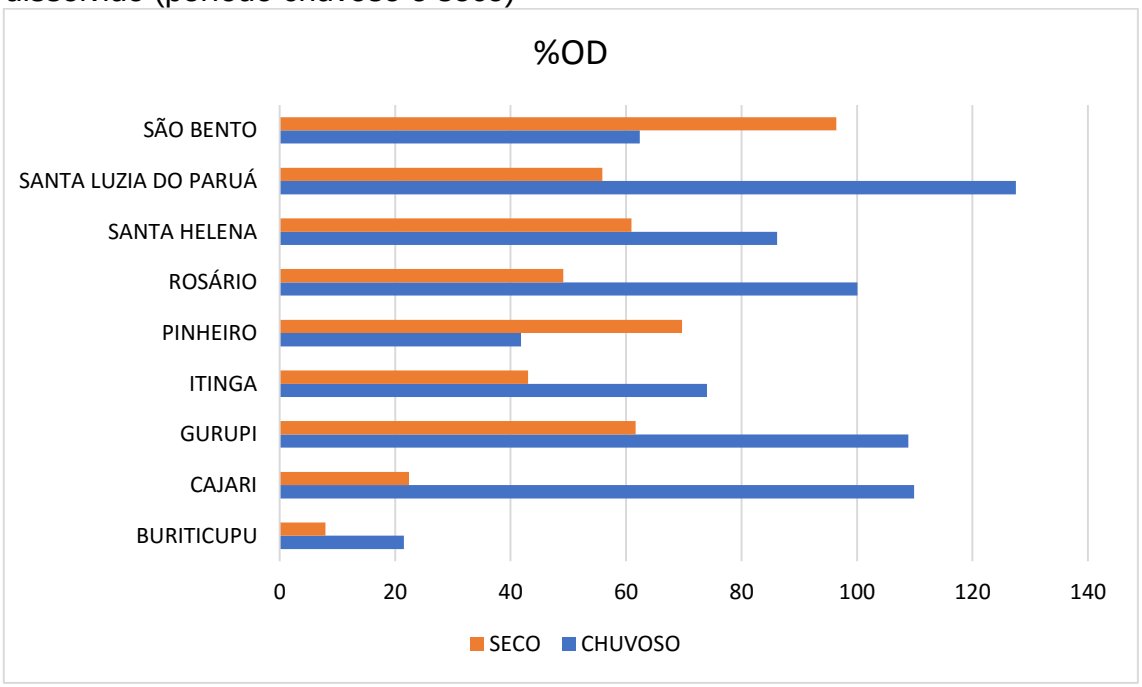
Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 13 - Análise comparativa em relação aos sólidos totais dissolvidos (período chuvoso e seco)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Gráfico 14 - Análise comparativa em relação ao percentual de oxigênio dissolvido (período chuvoso e seco)



Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de minimizar as problemáticas ambientais identificadas nas bacias em estudo, apresentam-se propostas organizadas a partir de ações de monitoramento, definidas como:

- ✓ Promover ações direcionadas à mitigação dos impactos considerados reversíveis, por planos de recuperação e recomposição das condições ambientais nas bacias mais impactadas;
- ✓ Acompanhar e registrar ocorrências de impactos, para produzir um banco de dados.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Medição de descarga líquida em grandes rios:** manual técnico. Agência Nacional de Águas, 2ª ed. Brasília. 2014.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Índice de qualidade das águas**. Portal da qualidade das águas. Brasil, 2009. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 17 jun. 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos. 2005.

ANDRADE, F. S. et al. Análise Físico-química e da Microbiota da Água do Lago Macurany, Parintins, Amazonas. **Biota Amazônia Open Journal System**, n. 6, p. 132-134, 2016. Disponível em: https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2123/v6n2p132-134.pdf. Acesso em: 8 jun. 2018.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2003.

BORSATTO, J. C. L. et al. **Análise da qualidade da água nos rios Tocantins e Cacau no trecho da construção da Ponte da Amizade**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2.914/2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011. 34p. Disponível

em:http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/PortariaMS291412122011.pdf. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459. Acesso em: 2 jun. 2018.

BRASIL. DECRETO Nº 4.297, DE 10 DE JULHO DE 2002. **Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico. [s.d.].

BRASIL. Decreto nº. 7.378, de 1 de dezembro de 2010. **Aprova o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal – Macro ZEE da Amazônia Legal, altera o Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7378.htm. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico**. 2013. Disponível em: http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/7528-zoneamento-ecol%C3%B3gico-econ%C3%B4mico. Acesso em: 10 jul. 2018.

CAMARGO, F. P.; LEITE, M. A.; SUZUKI, E. T.; FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Avaliações preliminares dos parâmetros químicos e microbiológico de dois córregos do cinturão verde (Ilha Solteira - SP). In: Congresso de Iniciação Científica da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, 21, 2009, Ilha Solteira. **Anais...** Ilha Solteira: UNESP, 2009.

CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CONTE, M. L.; LEOPOLD, P. R. **Avaliação de recursos hídricos**: Rio Pardo, um exemplo. São Paulo: Editora UNESP, 2011, 142 p.

EUBA NETO, M. et al. Análises físicas, químicas e microbiológicas das águas do Balneário Veneza na bacia hidrográfica do Médio Itapecuru, MA. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo. 2012.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioecômicos e Cartográficos. **Situação Ambiental da Região do Alto Munim**/Instituto Maranhense de Estudos Socioecômicos e Cartográficos. São Luís: IMESC, 2014. 103 p.

MACÊDO, J. A. B. 2. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 3. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2005.

MARANHÃO. **Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico**. Laboratório de Geoprocessamento. Atlas do Maranhão 2ª Edição. São Luís, 2002.

NASCIMENTO, R. F. F. **Utilização de dados MERIS e "in situ" para a caracterização bio-óptica do reservatório de Itumbiara, GO**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2010. Disponível em: http://www. mtc-m19.sid.inpe.br/ol/sid.inpe.br/mtc.../2010/.../publicacao.pdf. Acesso em: 04 jun. 2018.

ORSSATO, F. Avaliação do oxigênio dissolvido do córrego Bezerra a Monsante e a Jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel, Paraná. In: **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 6, 2008. Suplemento.

PEIXOTO, K. L. G.; NOGUCHI, H. S.; PEREIRA, A. R.; MARCHETTO, M.; SANTOS, A. de A. Avaliação das Características Quali-Quantitativa das Águas do Rio Beem, Município de Humaitá-Amazonas. **Engineering and Science**, 2014, 2:1.

REIS, R. S.; CASSIANO, A. M.; ESPINDOLA, E. L. G. Processos sedimentares na represa do Lobo, SP: relação entre o uso do solo e a qualidade da água (117-130). In: Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental (Org.). **Recursos hidroenergéticos:** usos, impactos e planejamento integrado. Rima Editora. São Carlos, 2002. 235 p.

SANTOS, E. A.; CARVALHO, R. N. Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Munim-MA. In: Semana Estadual de Recursos Hídricos, 2., 2007. **Anais**... São Luís, 2007.

SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e Zoneamento de Bacias Hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente***,* n. 36, Volume Especial, p. 4-17, 2014*.* Disponível em: http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3170/2654. Acesso em: 25 mar. 2018.

SANTOS, O. B.; SILVA, A. C. da. Análise e avaliação das do baixo curso da bacia do Itapecuru em Coroatá, Maranhão. In: SÁ-SILVA, J. R.; MACEDO-SILVA, W.; SANTOS, W. H. L. dos. (Org.). **Estudos em Meio Ambiente e Recursos Aquáticos**. São Luís: Editora UEMA, 2016. 296 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte**. 1996.

VIII DIVERSIDADE FAUNÍSTICA DA AMAZÔNIA MARANHENSE: AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO, ÁREAS PRIORITÁRIAS, AMEAÇAS E RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES PARA SUA CONSERVAÇÃO

Tadeu Gomes de Oliveira
Nivaldo Magalhães Piorski
Carlos Martínez
José Manuel Macário Rebelo
Breno Campelo Lima
Vitor Emanuel Chaves Moura
Alan E. de Barros
João Carlos Lopes Costa
Zafira da Silva de Almeida
Laís Santos Everton
Laís dos Santos Everton
Rayana Diniz da Silva
Lester Alexander Fox-Rosales
Odgley Quixaba Vieira
Elienê Pontes Araújo
Denise Alves Rodrigues
Hauanen Araújo Rocha
Danúbio Pinheiro Campo
Jony Herbeth Almeida Silva

1 INTRODUÇÃO 334
2 PLANO METODOLÓGICO 336
2.1 Inventários .....
2.2 Mapeamento e classificação de áreas prioritárias à conservação da biodiversidade no estado do Maranhão 339
2.3 Estabelecimento das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade e dos Corredores Ecológicos e Zonação de Proteção 339
2.4 Modelo de seleção de área pela onça-pintada 342
2.5 Integração entre os ZEE Amazônia e ZEE Cerrado 342
3 MACRO-CARACTERIZAÇÃO E AMEAÇAS À FAUNA 343
4 MAMÍFEROS 344
4.1 Mamíferos Ameaçados, Endêmicos, Raros e de Especial Interesse 345
5 AVES 348
6 HERPETOFAUNA (grupo dos répteis e anfíbios) 351
7 PEIXES 352
7.1 Peixes continentais 352
7.2 Peixes marinho-estuarinos 355
8 ABELHAS EUGLOSSINI 356
9 MACRO-AVALIAÇÃO DAS AMEAÇAS À FAUNA DA AMAZÔNIA MARANHENSE 358
10 MACRO-AVALIAÇÃO DA ICTIOFAUNA 364
11 ÁREAS PRIORITÁRIAS DA AMAZÔNIA MARANHENSE 366
11.1 A Onça-pintada como modelo de seleção de área 372
12 AÇÕES RECOMENDADAS 374
12.1 Conectividade 374
12.2 Recuperação das áreas degradadas 377
12.3 Recuperação das reservas legais 377
12.4 Zonação Proposta para a Porção Amazônica do Maranhão 377
12.5 Proposta de criação da "Reserva da Biosfera Gurupi-Awá" 381
12.6 Recomendações de Conservação e Manejo 385
REFERÊNCIAS 386

1 INTRODUÇÃO

A composição de espécies da fauna de uma região está diretamente relacionada à sua cobertura vegetal, assim como, a uma série de fatores de natureza biótica e abiótica relacionadas à história evolutiva da mesma. Desempenhando uma série de funções no ambiente, a diversidade animal não deve ser tratada unicamente como uma listagem de espécies, mas de uma maneira integrada, haja vista a complexidade das interações bióticas. A fauna local deve ser considerada como várias peças de uma máquina, cuja remoção de uma, pode seriamente afetar o seu funcionamento. Isto sugere que a perda da biodiversidade pode ocasionar um desequilíbrio de consequências imprevisíveis. Os mamíferos e as aves, os dois grupos com maior variedade de espécies ameaçadas no país, por desempenharem uma série de funções, como a polinização e dispersão de muitas espécies de importância econômica, além da manutenção da diversidade biológica (EMMONS e FEER, 1998), têm função estratégica. Por exemplo, os mamíferos e aves predadoras, por estarem no topo da pirâmide ecológica, desempenham um importante papel na manutenção da diversidade de uma série de espécies da comunidade, em níveis tróficos inferiores (CROOKS; SOULÉ, 1999). Este componente, serve, ainda, como excelente medidor da saúde do ecossistema e das funções ecológicas desempenhadas por ele.

Em decorrência de fortes pressões antrópicas sobre os recursos naturais no Maranhão, particularmente nas últimas décadas, grandes áreas da cobertura vegetal vêm sendo transformadas pelas atividades agropecuárias e pelo uso madeireiro. Dessa forma, os ecossistemas locais vêm sofrendo profundas mudanças na sua fisionomia, na sua estrutura e na diversidade das espécies da fauna e da flora, representando uma constante e crescente ameaça para a manutenção e preservação dos ecossistemas, impondo sérios riscos aos princípios da sustentabilidade socioeconômica e ambiental do território maranhense.

Na Amazônia Maranhense houve perda de uma área de 464,96km² de floresta em 2013, contra 98,8km² em 2014. De 1984 a 2009, a taxa de desmatamento da área de floresta amazônica no estado teve média de 1,62% ao ano. Até 2010, 71,05% da área amazônica do estado já havia sido desmatada. Sendo assim, restariam até então, na Amazônia Maranhense, menos de 25% de sua cobertura vegetal, i.e., >75% da área já foi completamente desmatada (INPE, 2016). O alto índice de desmatamento registrado no Maranhão está relacionado à pouca atenção

do poder público estadual e ao fato do Maranhão, entre todos os estados da Amazônia Legal, ser o que possui o menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas.

A perda e fragmentação dos habitats naturais tem acarretado uma série de impactos sob a biodiversidade. Isto compromete, significativamente, a sobrevivência de diversas espécies da fauna e flora, expondo-as precocemente ao risco de extinção. A carência de informações científicas relevantes sobre o *status* de conservação das espécies dificulta a implementação de medidas conservacionistas adequadas, planos de ação prioritários e políticas públicas visando, a longo prazo, à sobrevivência das espécies. Nesse contexto estão os programas de levantamento e inventário da biodiversidade e a análise do *status* de conservação das espécies, voltados ao estabelecimento de listas vermelhas, planos de ação das espécies ameaçadas de extinção e áreas prioritárias à conservação da biodiversidade. Estes são de extrema importância para permear a adoção de medidas conservacionistas, assegurando resguardar o patrimônio natural em escalas regional e nacional.

É fato que existe um baixo índice de informações levantadas sobre a riqueza biológica e dos recursos naturais maranhenses, mais ainda, se forem consideradas sob o aspecto do conhecimento obtido de forma sistematizada. Portanto, conhecer os componentes dessa biodiversidade, sistematizá-los e pô-los à disposição das ações de conservação e desenvolvimento sustentável é essencial, para a realização de planos e programas no âmbito da gestão dos recursos naturais no estado do Maranhão.

A Amazônia Maranhense está inserida dentro do centro de endemismo Belém (SILVA et al., 2005), sendo a região do Gurupi tradicionalmente considerada como refúgio pleistocênico para vários grupos taxonômicos (RYLANDS, 1990). O mesmo autor identificou 16 refúgios pleistocênicos para plantas, borboletas e aves na Amazônia brasileira, sendo a região do Gurupi, uma delas. Especula-se que para o grupo dos mamíferos, ela se comporte da mesma forma. Por esta razão, associado ao seu estado crítico de conservação (OLIVEIRA et al., 2011), essa região foi considerada como prioridade extremamente máxima para conservação da biodiversidade brasileira (MMA, 2016).

As coletas já realizadas indicam a existência de novas espécies, de praticamente todos os grupos taxonômicos e a continuidade dos inventários na região, provavelmente, ampliará a lista das espécies da Amazônia Maranhense.

Um dos principais fatores de êxito, para a necessária gestão dessa inestimável riqueza biológica é o conhecimento profundo desses recursos abrigados em território maranhense. A partir desse conhecimento, é possível estabelecer diretrizes de gestão mais precisas, que permitam conservar esses estoques e as paisagens que os abrigam, para que possam ser mantidos de forma permanente, considerando a especificidade de cada uma das áreas.

Para realização dos estudos e compilação de dados relativos à biodiversidade da fauna maranhense, voltados para a elaboração do Zoneamento Ecológico e Econômico do Bioma Amazônia no Maranhão, este trabalho objetivou: inventariar e caracterizar a fauna dessa região; determinar as áreas nas quais são encontradas as espécies ameaçadas de extinção e/ou aquelas de especial interesse à conservação; utilizar espécies ou grupos de espécies mais suscetíveis à extinção e aos impactos impostos pelas atividades humanas, como ferramenta para avaliar as áreas prioritárias à conservação e estabelecer as áreas prioritárias à conservação da biodiversidade faunística na porção amazônica do estado do Maranhão.

2 PLANO METODOLÓGICO

A notória carência de informações básicas sobre a fauna maranhense fez com que fosse imprescindível a realização de inventários para supri-la. A estes foram adicionadas informações prévias existentes, publicadas ou não. A junção destes dois fatores resultou num nível de conhecimento, sem precedentes, sobre a biodiversidade da porção amazônica do Maranhão.

2.1 Inventários

Toda a metodologia utilizada em campo esteve em consonância com o explicitado na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), em seus artigos 1º, que trata da conservação da diversidade biológica e a utilização sustentável de seus componentes, artigo 6º, alínea *a)* e *b)*, relacionadas, respectivamente, ao desenvolvimento de estratégias, planos e programas para a conservação sustentável da diversidade biológica e a integração do propósito da conservação e da utilização sustentável dos recursos, bem como, no art. 7º, em relação à identificação e

monitoramento de componentes da diversidade biológica, importantes para a conservação e sua utilização sustentável.

Foram escolhidos os grupos tradicionalmente abordados em estudos da biodiversidade, sendo estes os mamíferos, as aves, o grupo dos répteis, os anfíbios e os peixes. Estes são os grupos que detêm a maior parte das espécies de especial interesse e as ameaçadas de extinção. A estes foi incluso um grupo de invertebrados, ótimo indicador biológico, o das abelhas Euglossini.

Os métodos utilizados para todos os grupos foram aqueles, reconhecidamente, mais adequados e de melhor retorno na obtenção das informações desejadas. Toda a metodologia apresentada esteve voltada à obtenção de dados aplicáveis aos objetivos (para detalhamento dos procedimentos de campo ver relatório final).

Os registros obtidos para todos os grupos foram georreferenciados, tendo todas as informações pertinentes preenchidas em planilha padronizadas, que compuseram o banco de dados utilizados para as análises pertinentes (Figura 01). O trabalho fez uso dos escassos registros de literatura e de dados de bancos de dados, assim como de inventários não publicados obtidos pela equipe de execução, ao longo dos anos de pesquisa na região amazônica do Maranhão. A estes foram inclusos dados de campo obtidos especificamente para este trabalho. Estes intentaram suprir algumas das grandes lacunas existentes, para, assim, poder prover uma correta análise e caracterização.

Figura 1 - Modelo do banco de dados utilizado

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ORDEMBD	ESPECIES	GENERO	FAMILIA	ORDEM	LAT	LNG	AREA	MUNICIPIO	TAMANHO DA AREA (HA)
2	1	*Pristis pristis*	*Pristis*	Pristidae	Rhinopristiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
3	2	*Potamotrygon motoro*	*Potamotrygon*	Potamotrygonidae	Rajiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
4	3	*Anchovia surinamensis*	*Anchovia*	Engraulidae	Clupeiformes	3°18'11.65"S	45° 9'58.40"O	Baixada	Penalva	N/A
5	4	*Anchovia surinamensis*	*Anchovia*	Engraulidae	Clupeiformes	3°14'11.82"S	45° 4'51.10"O	Baixada	Viana	N/A
6	5	*Anchovia surinamensis*	*Anchovia*	Engraulidae	Clupeiformes	3°18'2.25"S	45°11'42.18"O	Baixada	Cajari	N/A
7	6	*Anchovia surinamensis*	*Anchovia*	Engraulidae	Clupeiformes	2°39'52.84"S	45° 1'47.74"O	Baixada	Pericumã	N/A
8	7	*Pterengraulis atherinoides*	*Pterengraulis*	Engraulidae	Clupeiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
9	8	*Pellona castelnaeana*	*Pellona*	Pristigasteridae	Clupeiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
10	9	*Megalops atlanticus*	*Megalops*	Megalopidae	Elopiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
11	10	*Acestrorhynchus falcatus*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'11.65"S	45° 9'58.40"O	Baixada	Penalva	N/A
12	11	*Acestrorhynchus falcatus*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°14'11.82"S	45° 4'51.10"O	Baixada	Viana	N/A
13	12	*Acestrorhynchus falcatus*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'2.25"S	45°11'42.18"O	Baixada	Cajari	N/A
14	13	*Acestrorhynchus falcatus*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	2°39'52.84"S	45° 1'47.74"O	Baixada	Pericumã	N/A
15	14	*Acestrorhynchus lacustris*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'11.65"S	45° 9'58.40"O	Baixada	Penalva	N/A
16	15	*Acestrorhynchus lacustris*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°14'11.82"S	45° 4'51.10"O	Baixada	Viana	N/A
17	16	*Acestrorhynchus lacustris*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'2.25"S	45°11'42.18"O	Baixada	Cajari	N/A
18	17	*Acestrorhynchus lacustris*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	2°39'52.84"S	45° 1'47.74"O	Baixada	Pericumã	N/A
19	18	*Acestrorhynchus heterolepis*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'11.65"S	45° 9'58.40"O	Baixada	Penalva	N/A
20	19	*Acestrorhynchus heterolepis*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°14'11.82"S	45° 4'51.10"O	Baixada	Viana	N/A
21	20	*Acestrorhynchus heterolepis*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	3°18'2.25"S	45°11'42.18"O	Baixada	Cajari	N/A
22	21	*Acestrorhynchus microlepis*	*Acestrorhynchus*	Acestrorhynchidae	Characiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
23	22	*Leporinus friderici*	*Leporinus*	Anostomidae	Characiformes	4°48'14.75"S	45°22'34,30"O	Baixada	Mearim	N/A
24	23	*Leporinus sp.*	*Leporinus*	Anostomidae	Characiformes	3°18'11.65"S	45° 9'58.40"O	Baixada	Penalva	N/A
25	24	*Leporinus sp.*	*Leporinus*	Anostomidae	Characiformes	3°14'11.82"S	45° 4'51.10"O	Baixada	Viana	N/A
26	25	*Leporinus sp.*	*Leporinus*	Anostomidae	Characiformes	3°18'2.25"S	45°11'42.18"O	Baixada	Cajari	N/A
27	26	*Leporinus sp.*	*Leporinus*	Anostomidae	Characiformes	2°39'52.84"S	45° 1'47.74"O	Baixada	Pericumã	N/A

2.2 Mapeamento e classificação de áreas prioritárias à conservação da biodiversidade no estado do Maranhão

Com a geração das bases cartográficas e dos mapas temáticos produzidos por todos os outros temas, foi necessário compatibilizar todos os Planos de Informações para os mesmos formatos e extensões de arquivos, padronizando-se tecnicamente a tipologia dos arquivos cartográficos, facilitando a linguagem de comunicação e de manipulação dos dados, entre os diversos pesquisadores do projeto.

Foi estruturado um Modelo de Banco de Dados Geográfico (MBDG), com base em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para processamento dos dados levantados pela equipe técnica do projeto. O MBDG foi organizado para comportar e processar o conjunto de imagens e de mapas temáticos, proporcionando realizar cruzamentos multitemáticos e ofertar, a partir desses cruzamentos, mapas-síntese, contendo maior potencial de análise dos resultados obtidos.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) realiza o tratamento computacional de dados geográficos e recupera informações, baseado em suas características alfanuméricas e, por meio de tal caracterização espacial, possibilita a visualização gráfica, em multimídia, dos planos de informação na forma de mapas. Trata-se de trabalho contínuo até à conclusão do produto final. O banco de dados foi construído utilizando-se os softwares SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) e Quantum Gis, os quais proporcionam visualizar dados gráficos, com recurso de consultas e pesquisa dos dados.

2.3 Estabelecimento das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade e dos Corredores Ecológicos e Zonação de Proteção

Todos os registros que integraram o Banco de Dados foram tratados como únicos em cada ponto de amostragem, independentemente da abundância dessas espécies. Para a escolha das áreas prioritárias foram criados mapas temáticos utilizando a análise de densidade de Kernel das espécies consideradas prioritárias (Figura 02). Todos os mapas nessa etapa foram criados com o software QGIS 3.6 (QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM).

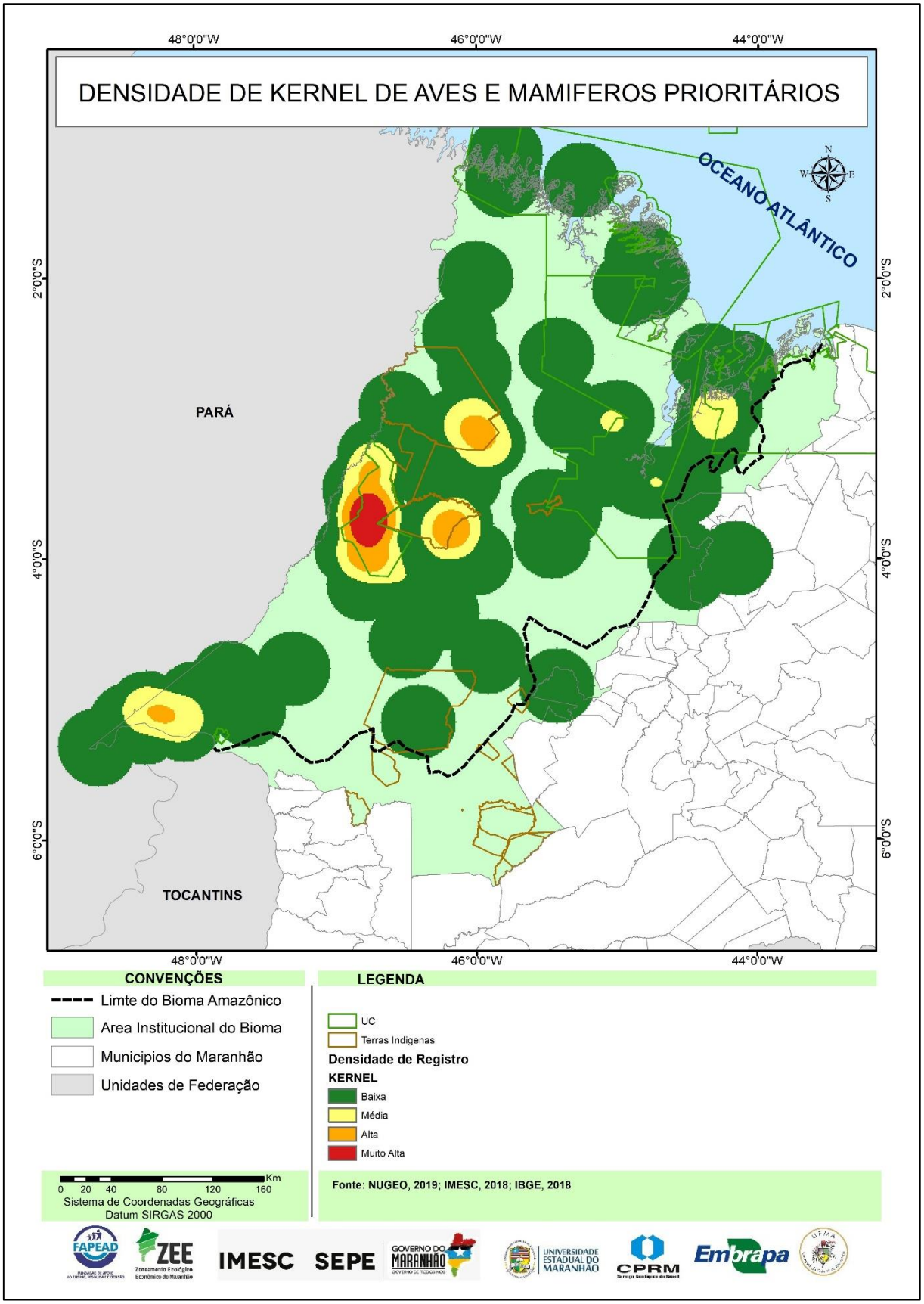
Foram consideradas como prioritárias todas as espécies presentes na listagem nacional de espécies ameaçadas de extinção (Portarias MMA 444 e 445 de 18 de dezembro de 2014), além daquelas mundialmente reconhecidas pela IUCN (www.iucnredlist.org) e as consideradas endêmicas, raras ou de especial interesse à conservação, como por exemplo, as superexplotadas. Dessa forma, as áreas consideradas prioritárias foram aquelas com maior incidência destas espécies.

Para a determinação dos corredores ecológicos e das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade da Amazônia Maranhense foi realizada uma sobreposição dos *shapes*, dos mapas de calor com aqueles da vegetação e do uso e cobertura. Os corredores propostos foram determinados com o intuito de conectar o máximo possível das áreas com remanescentes de florestas. Para tal, foi levado em consideração o menor custo, considerado o padrão de uso e cobertura existente.

As ações e recomendações de manejo propostas resultaram da correlação dos resultados obtidos com todos os grupos faunísticos analisados com os impactos e ameaças sobre eles incidentes.

Em função da presença de remanescentes florestais, das áreas apontadas como prioritárias, associados com o padrão de uso e ocupação e estado de degradação da cobertura vegetal, propõem-se zonear a porção amazônica do Maranhão em áreas intangíveis, áreas com proteção de 80% da cobertura e áreas com redução para 50% de proteção legal.

Figura 2 - Modelo de mapas plotados para estabelecimento de áreas prioritárias



2.4 Modelo de seleção de área pela onça-pintada

Está sendo trabalhado preliminarmente, tanto para a região amazônica quanto, posteriormente, para a de Cerrado, modelos de preferência de habitat para onça-pintada (*Panthera onca*). Para o modelo da porção amazônica foram selecionados indivíduos de onça-pintada utilizando florestas úmidas e com volume de dados de localizações adequados. Para estes é tirada uma média dos coeficientes de cada indivíduo, a fim de criar o mapa de seleção. As variáveis utilizadas no modelo foram a distância de drenagem de água (distâncias calculadas a partir da bases de http://www.hydrosheds.org/), topografia (http://www.earthenv.org/DEM), inclinação (http://www.earthenv.org/topography), porcentagem de cobertura de vegetação arbórea (% de cobertura florestal referente ao ano 2000 http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest) e índice de impacto humano (https://wcshumanfootprint.org/). Foram reprojetadas coordenadas de Lat./Long. para UTM, zona 23M e datum=WGS84. O modelo base seria o resultado de uma *Step Selection Function* aplicada, utilizando essas variáveis em relação ao *kernel* de distância e direcionalidade dos movimentos:

mhab <- fit_clogit(ssfJ42, case_ ~ cos(ta_) + sl_ + log(sl_) + dist2drainage + treecover +topo + slope + humanfoot + strata(step_id_)).

2.5 Integração entre os ZEE Amazônia e ZEE Cerrado

Fazer as análises das áreas mais importantes por grupos taxonômicos ou espécies isoladamente por biomas poderá levar a distorções para espécies/grupos de distribuição ampla. Isso só não seria aplicável para as espécies exclusivamente amazônicas.

Assim, como as análises atuais englobam apenas a porção amazônica, os resultados poderão ser alterados quando comparados com análises que considerem os dois biomas, simultaneamente. Por essa razão, quando da realização das análises do ZEE Cerrado será feita uma análise integrada e geral para todo o Maranhão. Do ponto de vista biológico, as análises da componente fauna não apresentariam resultados iguais para as análises realizadas separadamente (ZEE Amazônia + ZEE Cerrado), nem tampouco representariam a situação ideal, quando comparadas com uma análise integrada (ZEE Maranhão). Isto seria notório, principalmente, para a

determinação das áreas prioritárias e para aquelas envolvendo modelagem de nicho. As análises comparativas que foram feitas para algumas espécies de ocorrência ampla demonstraram isso. Assim, a modelagem de nicho ficou postergada para quando das análises integradas.

O modelo de seleção de área para a onça-pintada, através do resultado de uma *Step Selection Function* aplicada, também será detalhado apenas no relatório integrativo Amazônia/Cerrado. Desta forma, os resultados das análises apresentadas para a porção amazônica do Maranhão poderão sofrer alterações.

3 MACRO-CARACTERIZAÇÃO E AMEAÇAS À FAUNA

O número total de registros utilizados para as análises dos grupos alvos foi de 23.123. Consideramos os resultados obtidos bastante expressivos e satisfatórios. Destes, sobressaem-se os das aves, seguidos pelos dos peixes e mamíferos. Já os grupos dos répteis e anfíbios, e abelhas Euglossini, apresentaram uma quantidade bem mais limitada, refletindo uma maior carência de informações disponíveis destes grupos (Tab. 01). O número de registros de aves se destaca dos demais pela facilidade de obtenção de registros, pois estes não são realizados apenas por pesquisadores, mas também incluem os “ornitólogos amadores”, que depositam suas observações em bancos de dados específicos (Wikiaves). Já no extremo oposto, no caso das abelhas, tratou-se de apenas uma única família, mas de relevância para conservação (SILVA e REBELO, 1999).

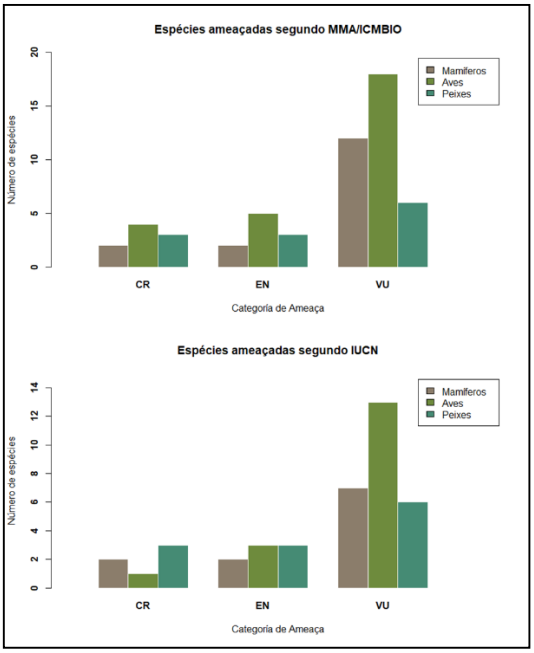
Tabela 1 - Registros das espécies e grupos avaliados que compõem o banco de dados utilizados para as análises do ZEE Amazônia

Grupos	Espécies	Ordens	Famílias	Localidades	Registros
Mamíferos	136	12	42	55	1855
Aves	697	26	78	59	18285
Herpetofauna	167	7	37	18	684
Peixes	348	26	84	29	2195
Abelhas Euglossini	52	1	1	7	104

O número total de espécies ameaçadas de extinção que fazem parte da listagem nacional (MMA 2014) é de 55 espécies, sendo 16 de mamíferos, 27 de aves e 12 de peixes. Quanto ao status de ameaça teríamos 9 Criticamente em Perigo (CR), 10 em Perigo (EN) e 36 Vulnerável (VU) (Figura 02). Desta forma, na porção amazônica do Maranhão, estariam presentes 6,3% das espécies brasileiras

ameaçadas de extinção. Quatro destas são exclusivas da Amazônia Tocantina e Centro de Endemismo Belém, estando todas em situação crítica de risco (maiores detalhes na caracterização dos grupos).

Figura 3 – Número de espécies registradas por categorias de ameaça em nível nacional e internacional



4 MAMÍFEROS

Existe confirmação de 126 espécies pertencentes a 36 famílias, de 11 ordens de mamíferos na Amazônia do Maranhão. As ordens com maior representatividade foram as dos morcegos, roedores, carnívoros e marsupiais didelfimorfos, com 47, 21, 17 e 15 espécies, respectivamente. Desta forma, as 77 espécies não-voadoras da Amazônia Maranhense representariam 14,6% da diversidade de espécies de mamíferos terrestres não-voadores do Brasil e, 30,4% daquelas da porção amazônica. A composição das espécies da Amazônia Maranhense, conforme o esperado, foi tipicamente amazônica. Entretanto, pôde-se observar a presença de algumas espécies, tradicionalmente associadas a outros biomas, tais como *Gracilinanus agilis, Monodelphis americana* e *Conepatus semistriatus* (OLIVEIRA et al., 2007). Estes poderiam ser alguns exemplos das peculiaridades biogeográficas resultantes da transicionalidade do Maranhão. Para o grupo dos mamíferos, não foram observadas particularidades por áreas, pois a

composição faunística apresentou-se bem homogênea para toda Amazônia Maranhense.

O percentual de espécies endêmicas da Amazônia foi de apenas 21,3% sendo, portanto, a maioria das espécies de ocorrência mais abrangente. O nível de endemismo da região amazônica brasileira, como um todo, é de 58,6% (205 espécies das 350 encontradas), das quais 88% compreendem roedores, morcegos e primatas.

4.1 Mamíferos Ameaçados, Endêmicos, Raros e de Especial Interesse

Um total de 16 espécies (12,7%) é considerado nacionalmente e/ou globalmente ameaçadas de extinção. Destas, 7 (43,8%) são da Ordem Carnívora, das quais 5 (31,3% do total ameaçado) são felinos. De extrema relevância à conservação, em nível global, está o fato da Amazônia Maranhense ser a área mais importante para sobrevivência de duas espécies de primatas, ambas extremamente ameaçadas e endêmicas da Amazônia oriental, o cairara Ka'apor (*Cebus kaapori*) e o cuxiú-preto (*Chiropotes satanas*) (Figura 04). Dentre os edentados ameaçados, tanto o *Myrmecophaga tridactyla* (tamanduá-bandeira) quanto o *Priodontes maximus* (tatu-canastra) (Figura 05) aparentam ser bastante raros e em situação precária no Estado. Já nos carnívoros, a situação mais crítica é a de *Pteronura brasiliensis* (ariranha), a qual chegou a ser considerada como possivelmente extinta no Estado (OLIVEIRA, 1997). Sua ocorrência atual no Maranhão parece estar restrita, principalmente, à região do Gurupi (OLIVEIRA, 2007). Entretanto, Silva Júnior (com. pess. 2011) observou a presença de alguns indivíduos em cinco localidades situadas no interflúvio Mearim-Grajaú. Um mapa com as localidades demonstra a distribuição das espécies prioritárias na Amazônia maranhense, de acordo com os levantamentos do trabalho (Figura 06).

Figura 4 - Espécies de primatas criticamente ameaçadas, registradas na Reserva Indígena Caru, na região do Gurupi: A) cuxiú-preto e B) cairara Ka'apor



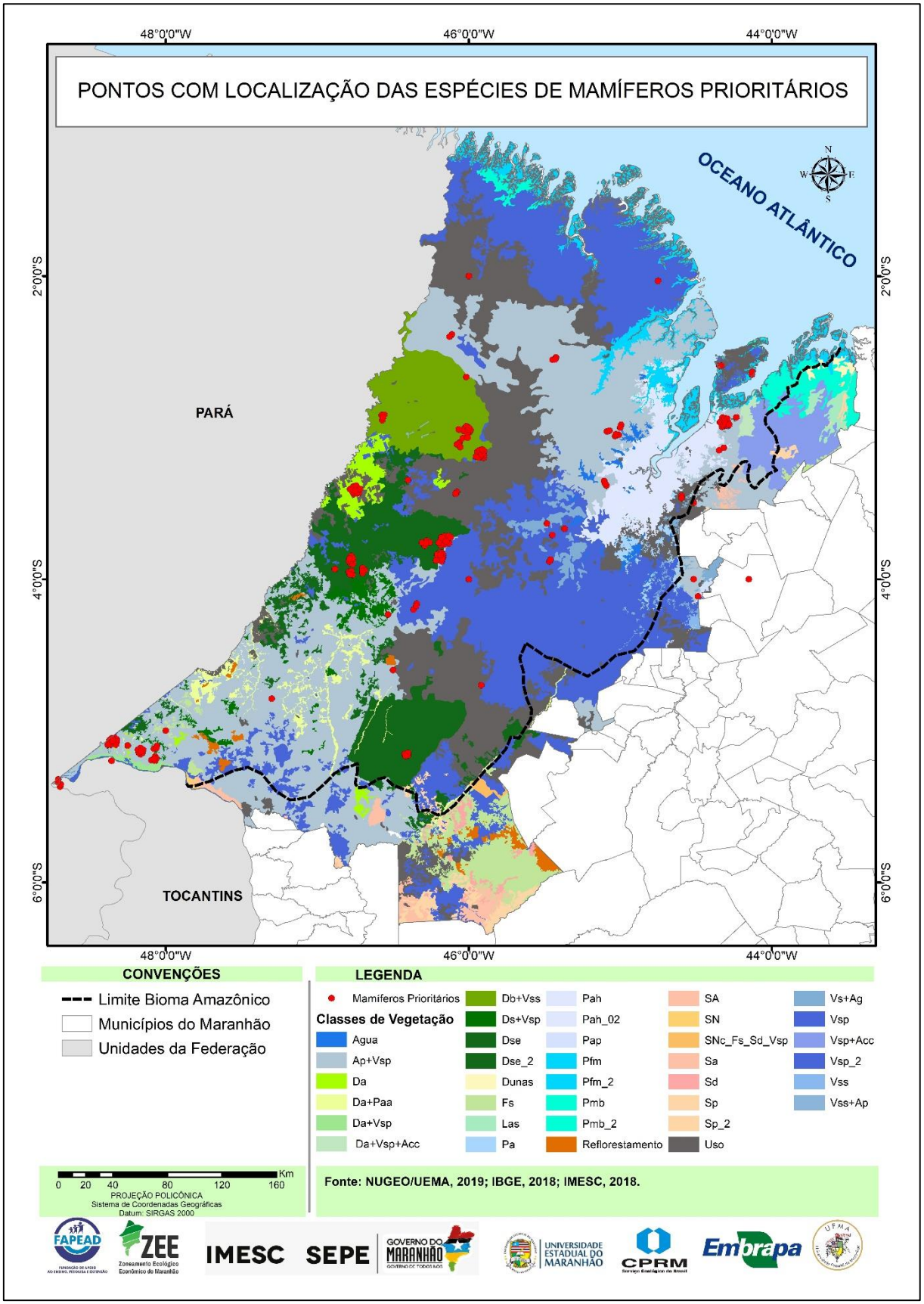
Fonte: Tadeu G. de Oliveira

Figura 5 - Espécies ameaçadas de edentados, registradas na Reserva Biológica do Gurupi: A) tamanduá-bandeira e B) tatu-canastra



Fonte: CENAP/ICMBIO (2015)

Figura 6 - Mapa de ponto com localização das espécies de mamíferos prioritários



5 AVES

A Amazônia Maranhense encontra-se na sua totalidade dentro do Centro de Endemismo Belém, o mais oriental dos oito Centros de Endemismo para a avifauna, identificados por SILVA et al. (2005). Cerca de 550 espécies de aves encontram-se no setor maranhense desta região.

O Centro de Endemismo Belém é ao mesmo tempo, o de menor superfície e o mais gravemente desmatado, de toda a Amazônia (CELENTANO et al., 2017), de onde diversos taxa endêmicos estão sob diferentes graus de ameaça de extinção. Outros taxa não endêmicos encontram-se ameaçados de extinção regionalmente (LIMA et al., 2014). Mais de metade das 46 espécies ameaçadas de extinção na Amazônia estão presentes no Centro de Endemismo Belém. Alguns exemplos são *Guaruba guarouba*, *Harpia harpyja*, *Crax fasciolata pinima* e *Psophia obscura.*

A maior parte dos remanescentes florestais do Centro encontram-se na região conhecida como “Mosaico Gurupi”, ou “região do Gurupi”, sendo um conjunto de Unidades de Conservação e Terras Indígenas na margem do Rio Gurupi, entre o Maranhão e o Pará, porém, com a maior parte das unidades em território maranhense. Os taxa endêmicos e a maior parte dos ameaçados encontram-se nessa região, daí a necessidade de preservação dessas áreas para as aves Amazônicas Maranhenses.

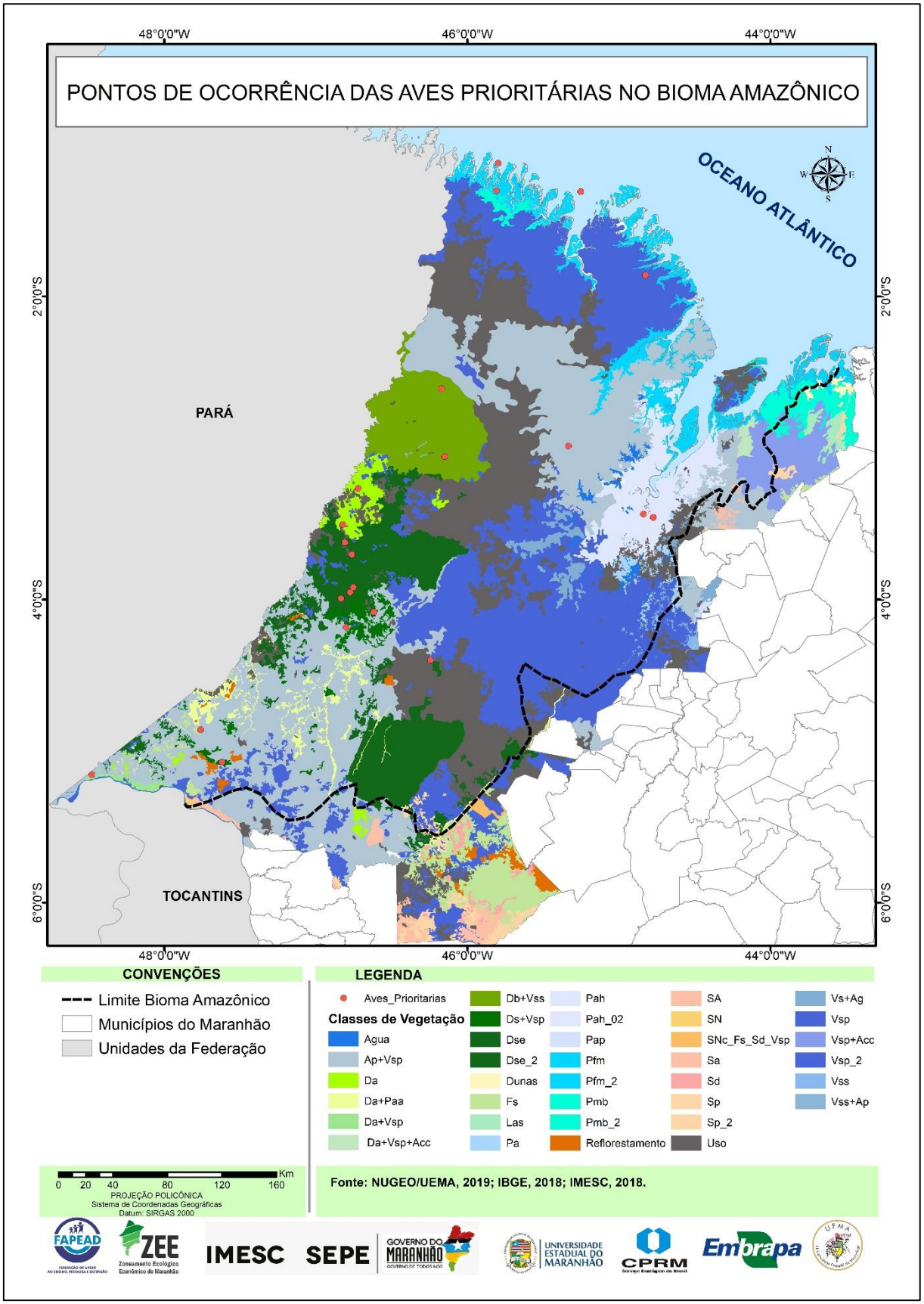
Como a maior parte da diversidade ornitológica da Amazônia Maranhense ocorre neste “Mosaico Gurupi”, essa área poderia ser considerada de maior prioridade para a preservação da avifauna Amazônica Maranhense. Entretanto, há diferenças geográficas na composição da avifauna, existindo outras regiões com particularidades biogeográficas que precisam ser levadas em conta, para que a política de preservação da diversidade ornitológica seja completa. Essas regiões são as seguintes (Figuras 6 e 7):

- Extremo Ocidental do Maranhão, particularmente, a região compreendida entre Açailândia e São Pedro da Água Branca, onde se encontra uma avifauna que, embora característica do Centro Belém, apresenta alguns elementos em comum com o Centro Xingu, localizado do outro lado do Rio Tocantins. O estado de preservação da floresta nessa região é, infelizmente, muito precário. Todas as taxas endêmicas e alguns ameaçados encontram-se nessa região.
- Extremo Norte do Maranhão, entre Godofredo Viana, Cândido Mendes, Cururupu e Mirinzal. Esta região corresponde ao extremo oriental de toda a

Amazônia, e apresenta particularidades relacionadas com a transição com os ecossistemas costeiros e a ocorrência de enclaves de cerrado, formando um mosaico com os remanescentes florestais. Também é singular a combinação de remanescentes de mata de terra firme e grandes florestas de várzea bem preservadas. Alguns dos taxa endêmicos e ameaçados se encontram nesta região. Embora esteja maioritariamente desmatada, existem alguns remanescentes florestais de certa importância.

- Baixada Ocidental Maranhense, especialmente os municípios de Arari, Viana, Pinheiro, Penalva, Monção e Vitória do Mearim. Região de grande interesse para a preservação de aves aquáticas, e da transição entre ambientes alagados e remanescentes florestais.

Figura 7 - Pontos de ocorrência das aves prioritárias na Amazônia Maranhense



6 HERPETOFAUNA (grupo dos répteis e anfíbios)

No atual status de conhecimento da Amazônia Maranhense são confirmadas 35 espécies, de 11 famílias de lagartos. Dentre as famílias mais representativas estão Gymnophthalmidae, Teiidae, Tropiduridae e Dactyloidae, respectivamente, 8, 5, 5 e 4 espécies. A composição da fauna de lagartos é similar à observada para a área de Endemismo Belém, para a qual são registradas 39 espécies, pertencentes a 11 famílias (PRUDENTE et al., 2018). O número de espécies amostradas, por município na área da Amazônica no estado, restringiu-se a duas áreas principais, uma incluindo os municípios Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim, Junco Novo e Arari, respectivamente com, 17, 15, 14 e 12 espécies, e outra composta pelos municípios de Estreito e Carolina, com 12 e 11 espécies. Isso demonstra a necessidade de maior esforço amostral para a fauna de lagartos, que ainda permanece precariamente conhecida na maioria dos municípios. Como observado em outros grupos animais, a fauna de lagartos apresenta uma composição de áreas de ecótonos, resultado da transicionalidade do Maranhão, com pelo menos 5 espécies que fazem limite com a Amazônia do Maranhão, Cerrado e Caatinga. Exemplos disso são as espécies *Coleodactylus meridionalis*, *Colobosaura modesta*, *Micrablepharus maximiliani*, *Phyllopezus pollicaris*, *Salvator merianae* e *Tropidurus oreadicus*.

A única espécie considerada endémica para o Centro de Endemismo Belém é *Stenocercus dumerilii* (PRUDENTE et al., 2018), contudo, esta espécie também é registrada nos municípios de Santa Quitéria do Maranhão, Sucupira do Norte (RIBEIRO-JÚNIOR, 2015) e Urbano Santos (ANDRADE et al., 2003) que estão fora da área de endemismo e dentro dos biomas limítrofes.

Além de lagartos, foram registrados os demais grupos da herpetofauna da Amazônia Maranhense, tais como, grupos de serpentes, crocodilos, quelônios, bem como anfíbios. Cerca de 85 espécies distribuídas por, aproximadamente, 25 famílias, das quais destacaram-se: Colubridae e Dipsadidae; Alligatoridae; Testudinidae; Hylidae e Leptodactylidae. No total, o banco de dados coletados neste estudo indica a presença de 167 espécies, dos grupos de répteis e anfíbios, já registradas para a porção amazônica do Maranhão.

A única região bem amostrada para este grupo na região Amazônica do Maranhão é a Ilha de São Luís, onde estudos de monitoramento indicaram a presença de 74 espécies, do grupo dos anfíbios e répteis, entre as quais 25 são de anfíbios, 17

de lagartos, 24 de serpentes, 4 de anfisbenas, 3 de tartarugas e 1 de jacaré (PAVAN, 2015). Isto representa 44% das espécies desses grupos presentes no banco de dados deste estudo.

7 PEIXES

7.1 Peixes continentais

A ictiofauna dos rios do Estado do Maranhão ainda é relativamente pouco conhecida. Essa deficiência é, em parte, devida principalmente à ausência de estudos taxonômicos e ecológicos, apesar de alguns trabalhos desenvolvidos nos últimos dez anos (PIORSKI et al., 2007; BARROS et al., 2011; RAMOS et al., 2014; PIORSKI et al., 2017).

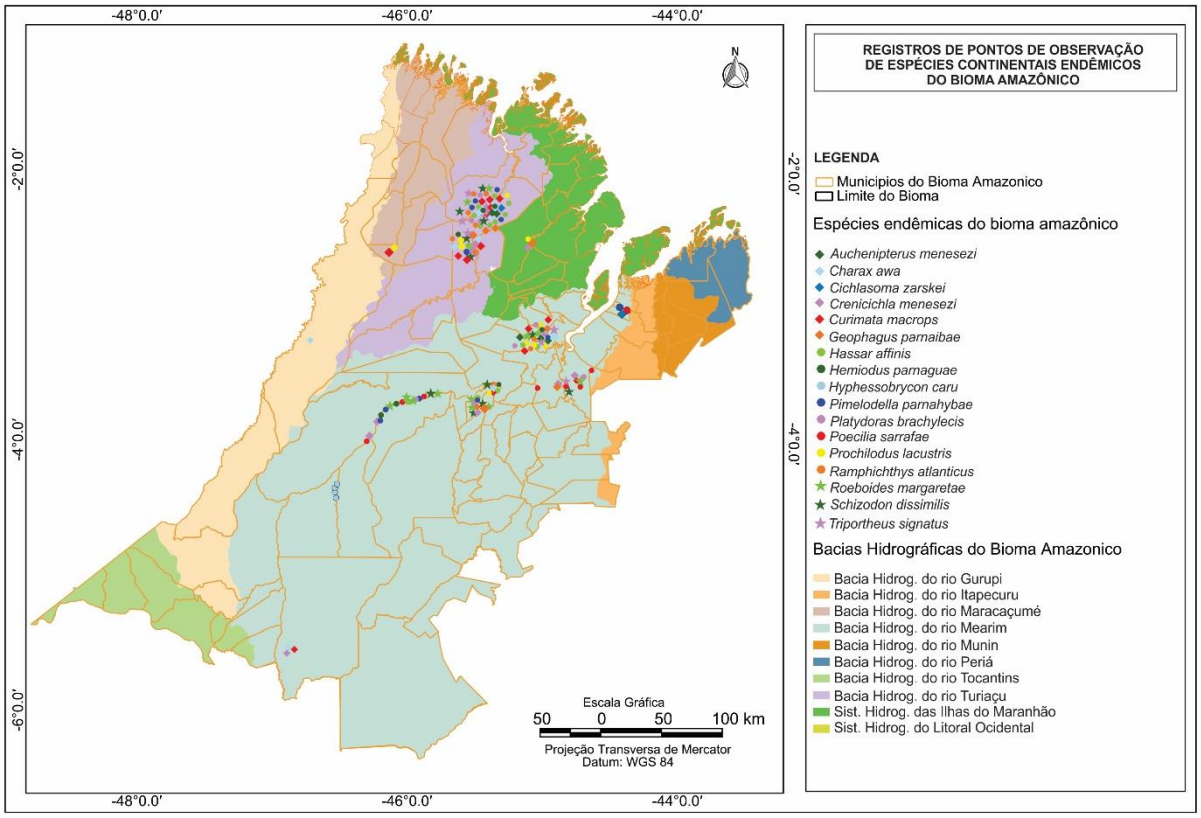
A análise do banco de dados disponíveis indicou que a ictiofauna maranhense é composta por 160 espécies, distribuídas pelas diferentes bacias hidrográficas, representando 12 ordens e 39 famílias (Figura 8). Destas, 36 são consideradas endêmicas para os rios do estado, das quais 19 possuem registros na Amazônia Maranhense.

A ocorrência de espécies endêmicas nas bacias dos rios Mearim, Pindaré e Turiaçu, tais como, *Platydoras brachylecis*, *Charax awa*, *Hyphessorbrycon piorskii*, *Hyphessobrycon caru, Cichlasoma zarskei*, *Rhamphichthys atlanticus*, *Auchenipterus menezesi* e *Roeboides sazimai* sugerem que essas áreas, em conjunto com as drenagens de cabeceiras inseridas no interior de terras indígenas, devem ser consideradas áreas prioritárias, para a conservação e investimento em trabalhos de levantamento da biodiversidade. Já a presença de espécies de pequeno porte, capturadas em riachos da Aldeia Maracaçumé, tais como, *Corydoras* spp, *Farlowella* sp e indvíduos da família Bunocephalidae sugerem a ocorrência de espécies novas na região.

Dentre os táxons registrados para as drenagens da Amazônia Maranhense, nenhum faz parte da Portaria Nº445/2014 do Ministério do Meio Ambiente, que lista as espécies de invertebrados aquáticos e peixes reconhecidos como ameaçados de extinção. Nessa portaria apenas quatro espécies de água doce são listadas com provável ocorrência no Estado do Maranhão: *Sartor tucuruiense*, *Aguarunichthys tocantinsensis*, *Crenicichla jegui* e *Teleocichla cinderella*. Estas são citadas para a

bacia do Rio Tocantins, podendo ocorrer na parte maranhense desta. Dentre as espécies identificadas, observa-se que a maioria é classificada como de baixa vulnerabilidade. Por outro lado, 35% das espécies são consideradas de vulnerabilidade moderada a alta, correspondendo àquelas de maior valor comercial, tais como, *Sorubim lima* (bico-de-pato), *Pellona flavipinnis* (arenga), *Pseudoplatystoma fasciatum* (surubim) e *Hemisorubim platyrhynchos* (mandubé).

Figura 8 - Ocorrência de peixes continentais endêmicos



A análise da lista de espécies sugere a ocorrência de grupos sem nenhum registro para o Maranhão, tais como *Gymnocorymbus*, *Microglanis* e *Batrochoglanis*, podendo representar novos táxons para a região. *Gymnocorymbus* é um gênero com poucas espécies, ocorrendo desde a bacia do Rio Paraguai até Trinidad e Tobago. *Microglanis*, por outro lado, compreende várias espécies e possui a distribuição mais ampla dentre os Pseudopimelodídeos (SHIBATTA, 2003). *Batrochoglanis*, apesar de apresentar distribuição mais restrita do que *Microglanis*, ocorre em várias drenagens do norte da América do Sul.

A identificação dessas espécies ressalta a importância do Rio Gurupi como área de transição entre a bacia do Amazonas e as demais drenagens a leste desta. Do mesmo modo, a confirmação de novos táxons sustenta a importância da região, como área de endemismo para peixes de água doce.

7.2 Peixes marinho-estuarinos

O litoral ocidental do Maranhão é caracterizado por um conjunto de rias denominado de Reentrâncias Maranhenses. Por se constituir um importante ecocomplexo de muitos componentes, a região, dentro do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil é enquadrada e legalizada como Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, incluindo a Reserva Extrativista Marinha (municípios de Cururupu e Apicum Açu) e internacionalmente reconhecida com Sítio RAMSAR (COSTA et al., 2006).

Na área do Litoral Ocidental ocorrem 105 espécies de peixes, distribuídas em 14 ordens e 38 famílias. As espécies mais representativas são *Bagre bagre*, *Sciades proops*, *Mugil curema*, *Cathorops spixii* e *Macrodon ancylodon*, sendo Perciformes, Siluriformes, Myliobatiformes e Carcharhiniformes, as ordens mais diversas.

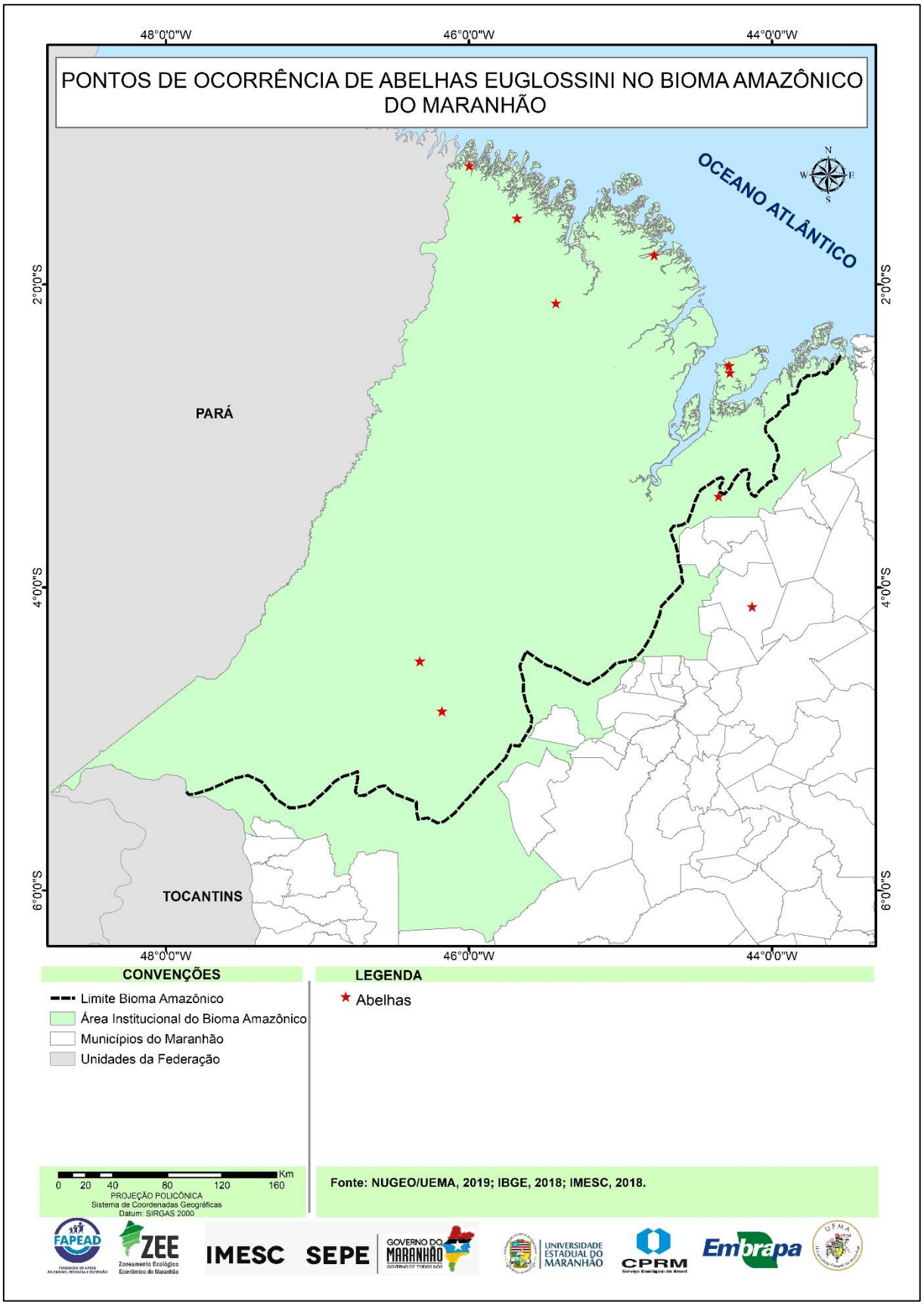
De acordo com a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN, 2018), dentre os táxons analisados, as espécies *Epinephelus itajara, Isogomphodon oxyrhynchus* e *Pristis pectinata* são classificadas como Criticamente em Perigo CR; *Notarius bonillai, Sphyrna lewini* e *Sphyrna mokarran* como Em Perigo EN; 6 como Vulneráveis VU; 16 espécies são assinaladas como Quase Ameaçadas NT; 39 como seguras ou pouco preocupante LC; 7 com dados insuficientes DD e 18 espécies não foram ainda

avaliadas. Das espécies amostradas, 8 são classificadas como Criticamente em Perigo, 3 como Em Perigo, 8 como Vulneráveis e 86 ainda não possuem informações no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2016). Apesar da existência de poucos estudos sobre o grau de ameaça a que estão sujeitos os organismos aquáticos do Brasil, há um consenso geral no meio científico de que a biodiversidade aquática está altamente ameaçada.

8 ABELHAS EUGLOSSINI

No estado do Maranhão já foram registradas aproximadamente 60 espécies de abelhas da tribo Euglossini (Hymenoptera; Apidae). Uma explicação para esta elevada riqueza é, sem dúvida, a influência da Floresta Amazônica que originalmente ocupava o oeste do estado. Esta afirmação é atestada pela ocorrência de 47 espécies notificadas, apenas, nas florestas estacionais perenifólias densas de Cururupu e Buriticupu (SILVA e REBÊLO, 1999; MARTINS et al., em preparação), com representantes de todos os cinco gêneros da tribo: *Aglae, Eufriesea, Euglossa*, *Eulaema* e *Exaerete.* As espécies típicas da Amazônia e que foram registradas nas florestas úmidas do oeste maranhense incluem *Ag. caerulea*, *Ef. concava*, *Ef. convexa*, *Ef. vidua*, *Eg. lugubris*, *Eg. maginipes, Eg. mourei*, *Eg. occidentalis*, *Eg. parvula*, *Eg. intersecta*, *El. pseudocingulata* e *Ex. lepeletieri* (Figura 09). Estas espécies eram conhecidas apenas até o estado do Pará (BRITO et al., 2017), portanto, tiveram a distribuição ampliada.

Figura 9 - Pontos de ocorrência de abelhas Euglossini na Amazônia Maranhense



As abelhas Euglossini são polinizadoras de orquídeas e de plantas de porte arbóreo, contribuindo para o fluxo gênico a longa distância. O avanço do desmatamento, queimadas e fragmentação de habitats interferem nos serviços de polinização, pela retirada das espécies de Orchidaceae e outras famílias de plantas associadas às florestas (SILVA e REBÊLO, 1999). As espécies restritas ao interior de mata são intolerantes a essas alterações, logo, a diminuição de sua diversidade pode levar a prejuízos irreparáveis, como o déficit na polinização (ZAYED, 2009, MAUÉS E OLIVEIRA, 2010). Contudo, na Amazônia Maranhense, devido à localização do estado, em uma área de ecótono entre os domínios da Caatinga, Cerrado e Amazônico, ocorrem espécies encontradas em áreas abertas, por exemplo, *Eg. melanotricha, Eg. cordata, El. nigrita, El. cingulata* e *Ex. smaragdina* (REBÊLO e SILVA, 1999). Espécies com estas características podem aumentar a sua abundância em ambientes degradados (PERUQUETTI et al., 1999).

Por responderem de maneira diferente às alterações dos ambientes, as abelhas *Euglossini* são excelentes bioindicadoras da qualidade ambiental, ainda pouco explorada (Nemésio 2013), além de, na Amazônia Maranhense, representarem um grupo diversificado e essencial para a conservação de recursos biológicos.

9 MACRO-AVALIAÇÃO DAS AMEAÇAS À FAUNA DA AMAZÔNIA MARANHENSE

Dentre as maiores ameaças à fauna da Amazônia Maranhense estão a perda e fragmentação dos hábitats, além da degradação dos mesmos. Em maior ou menor escala, esta perda está associada à formação de pastos para criação de gado ou para plantio. Já a degradação das matas remanescentes está associada à exploração irracional e, na maioria das vezes, ilegal da madeira, além da mineração. A existência/presença/ocorrência das espécies está condicionada à preservação dos seus ambientes naturais.

Os grandes gaviões, assim como uma parcela das espécies frugívoras, como *Selenidera gouldii*, *Cotinga cotinga, Cotinga cayana, Xipholena lamellipennis, Lodopleura isabellae, Haematoderus militaris*, e *Aburria cujubi* tendem a ser sensíveis à fragmentação do habitat (LIMA et al., 2014). Registros dos gaviões *Harpia harpyja*, *Spizaetus tyrannus*, e *Leucopternis albicollis*, os quais dependem de vastas áreas não degradadas para sobreviver, poderão ter sua sobrevivência comprometida com a

continuidade do processo de degradação e perda de área da região (OREM e ROMA, 2011, LIMA et al., 2014). A harpia é das primeiras aves a desaparecer quando o desmatamento aumenta, por ser mais sensível aos distúrbios antropogênicos (Trinca et al., 2008). De fato, análises genéticas da população de harpias indicam que, as populações do impactado arco do desmatamento têm variabilidade genética mais reduzida, do que as das demais populações (ICMBio, 2008). Da mesma forma, as abelhas Euglossini, mais sensíveis às alterações ambientais, também tenderiam a desaparecer e com isto levar a déficits na polinização (ZAYED, 2009, MAUÉS e OLIVEIRA, 2010).

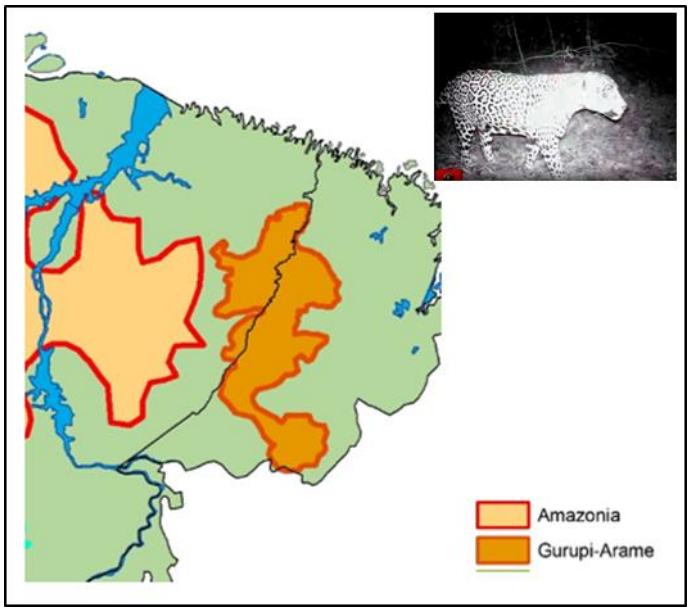
Verificando a viabilidade populacional da onça-pintada, para a porção Amazônica do Maranhão (região Gurupi-Arame), incluindo áreas adjacentes contínuas do Pará, Oliveira et al. (2012) chegaram a resultados bastante preocupantes. O bloco vegetacional avaliado, chamado de Gurupi-Arame, totalizaria uma área de aproximadamente 34.746km^2 (Figura 10). Em um cenário de isolamento deste bloco das demais áreas de ocorrência deste felino na Amazônia, tanto com a perda de hábitat (perda de ca. 3%/ano) quanto sem, as populações de onça-pintada desapareceriam em menos de 100 anos (Oliveira et al. 2012 – Tabela 2). Tal ressalta da importância da conectividade entre as populações, para assim evitar a quebra do fluxo gênico e seus consequentes problemas ligados à endogamia. Isto ilustra de forma bastante clara os efeitos nefastos, tanto do desmatamento, quanto da falta de conectividade entre populações de animais com grandes requerimentos de área, como os predadores de topo.

Tabela 2 - Parâmetros populacionais esperados e probabilidade de extinção prevista, para a população da onça-pintada na região do Gurupi-Arame, depois de 100 anos, em caso de isolamento, em cenários com e sem desmatamento contínuo

Parâmetro	Gurupi/Arame MA
Tamanho da Área – km^2	34.746
Densidade esperada – N/km^2	<0,01
População total máxima esperada – N	347
População reprodutiva esperada – N_e	69–139
Sem Desmatamento	
Probabilidade de extinção	99%
Diversidade genética final (%)	0,91
Número de onças depois de 100 anos	136
Com Desmatamento	*(3% em 20 anos)*
Probabilidade de extinção	100%
Diversidade genética final (%)	0
Número de onças depois de 100 anos	0

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de OLIVEIRA et al. (2012)

Figura 10 - Localização da subpopulação de onça-pintada da região Gurupi-Arame e restante da Amazônia, em caso de isolamento entre ambas (modificado de OLIVEIRA et al., 2012)



A caça excessiva, associada à perda e fragmentação de hábitats, é responsável pela situação de extrema ameaça de extinção de várias espécies, como o jacamim-da-costa-preta (*Psophia obscura*), do mutum-pinima (*Crax pinima*) (Figura 11), cairara Ka'apor (*Cebus kaapori*) e cuxiú-preto (*Chiropotes satanas*). Todas estas espécies são restritas à Amazônia Tocantina e Centro de Endemismo Belém, onde está inserida a totalidade da Amazônia Maranhense. Todas são consideradas tanto em nível nacional (MMA, 2016) quanto mundial (IUCN), como Criticamente em Perigo (CR).

A caça é, na maioria das áreas, amplamente difundida e altamente impactante no estado de conservação e tamanhos populacionais de uma grande parcela das espécies, mesmo daquelas que tendem a ser mais abundantes. Esta atividade é uma das principais causadoras de declínios populacionais de porcos-do-mato (*Tayassu* spp.), veados (*Mazama* spp.), pacas (*Cuniculus paca*), tatus (*Dasypus* spp., *Cabassous* spp., *Priodontes maximus*), jabutis (*Geochelone* spp.), jurarás (*Kinosternon scorpioides*), jaçanãs (*Porphyrio martinica*), dentre outras espécies (BODMER et al., 1997; CULLEN et al., 2000; FRAGOSO et al., 2000). A área da Baixada Maranhense apresenta-se extremamente empobrecida, quanto à presença de espécies de mamíferos de médio e grande porte, já tendo perdida uma grande parcela destas espécies por conta de caça.

Figura 11 - O jacamim-da-costa-preta (esquerda) e o mutum-pinima (direita) são espécies criticamente ameaçadas de extinção, fotografadas no seu mais importante reduto, a região do Grurupi



Fonte: Carlos Martinez (2017); Emanuel Barreto (2017)

A presença de animais domésticos é um outro fator antropogênico negativo, devido à possibilidade de transmissão de doenças às populações naturais (Figura 12). Doenças virais como cinomose, parvovirose, imunodeficiência felina e aftosa, transmitidas por cães, gatos e gado, são fatais às populações de carnívoros e ungulados (e.g., FUNK et al., 2001; CLEVELAND et al., 2006). Em muitas áreas, uma combinação destes fatores incide simultaneamente.

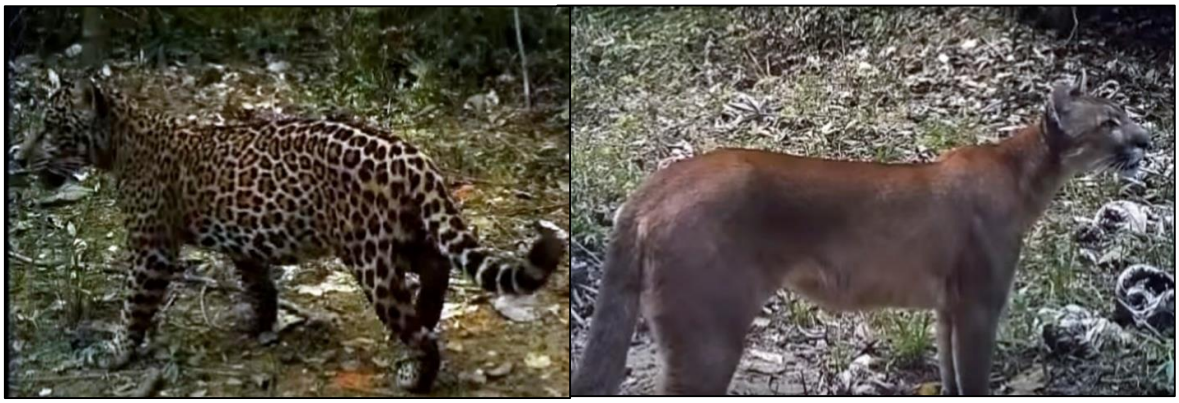
Figura 12 - O raro e ameaçado cachorro-do-mato (*Speothos venaticus*), registrado na Reserva Biológica do Gurupi (foto à direita) apresentando total perda de pêlos, ocasionada provavelmente por sarna. Á esquerda indivíduo sadio para efeito comparativo



Fonte: Tadeu de Oliveira e CENAP/ICMBIO

Em maior ou menor escala, em toda a região amazônica do Maranhão, à exceção de algumas partes da região do Gurupi, observaram-se traços de interferência humana. Populações de táxons sensíveis às alterações ambientais de quaisquer espécies apresentam-se enfraquecidas, perante a intensa ocupação humana. Isto pôde ser observado, comparando-se a taxa de localização de registros entre esta e outras áreas da Amazônia Brasileira. Este cenário resulta em dois aspectos cruciais relacionados à conservação. O primeiro seria o estado precário das espécies com maior sensibilidade ambiental (p.ex., uma quantidade grande de espécies de aves), das espécies com maiores requerimentos de hábitats (como harpia/gavião-real, onças, anta e queixada/porcão) (Figura 13, 14 e 15) e dos grandes predadores (grandes gaviões/águias e onças). O segundo seria a substituição destas espécies por aquelas adaptadas a áreas degradas e impactadas. Estas, por sinal, tendem a se tornar mais abundantes. Desta forma, verifica-se um processo de "simplificação faunística" na Amazônia Maranhense, com a diminuição da riqueza das espécies e a consequente homogeneização por aquelas comuns e adaptadas a ambientes degradados. Como este último grupo de espécies tende a ser comum e facilmente observável, ele propicia uma falsa ideia de "abundância faunística", o que estaria bem longe de ser verdadeiro. Exemplos dessa substituição de espécies, de áreas florestais por aquelas com preferências por áreas abertas, são encontradas para abelhas (*Eg. melanotricha, Eg. cordata, El. nigrita, El. cingulata* e *Ex. smaragdina*), assim como para as aves (*Bubo virginianus*, *Ara severus*, *Brotogeris chiriri*, *Columbina minuta* e *Polioptila plúmbea*), e mamíferos como a raposa (*Cerdocyon thous*) e o gambá (*Conepatus semistriatus*), este último característico de áreas de Cerrado e não pertencente, nem mesmo marginalmente, à fauna amazônica (REBÊLO e SILVA, 1999, OLIVEIRA et al., 2007, LIMA et al., 2014). Estas espécies passariam a ocorrer e tornar-se abundantes, ocupando as áreas recém abertas pelo processo do desmatamento (SICK, 1997; PERUQUETTI et al., 1999; REBÊLO e SILVA, 1999; OLIVEIRA et al., 2007; DEVELEY, 2009; LIMA et al., 2014).

Figura 13 - Os grandes predadores: onça-pintada e onça-vermelha na Reserva Biológica do Gurupi



Fonte: CENAP/ICMBIO (2015)

Apesar do aspecto de preliminaridade acerca dos estudos faunísticos na Amazônia do Maranhão, é notória a sua relevância, primordialmente, na região do Gurupi. Esta relevância não está restrita apenas à conservação da diversidade biológica local, mas também da biodiversidade nacional. A falta de ações concretas e integradas das esferas federal e estadual, associada às agravantes ameaças, coloca em risco extremo todo um patrimônio biológico, muitas vezes único.

Figura 14 -Os ameaçados gato-mourisco (esquerda) e o gato-peludo (direita) registrados na Reserva Biológica do Gurupi, por armadilha fotográfica



Fonte: CENAP/ICMBIO (2015)

Figura 15 - As duas espécies de ungulados ameaçadas de extinção: o queixada e a anta, que têm seus maiores redutos da Amazônia oriental na região do Gurupi



Fonte: CENAP/ICMBIO (2015)

10 MACRO-AVALIAÇÃO DA ICTIOFAUNA

A introdução de espécies exóticas nos ambientes aquáticos continentais é uma das principais ameaças à diversidade ictiofaunística. Piorski et al. (2003) observaram que nas áreas próximas ao rio Pindaré é comum a construção de açudes visando a criação de peixes. De modo geral, são confinadas espécies como o tucunaré (*Cichla ocellaris*), curimatá (*Prochilodus nigricans*), tilápia (*Oreochromis* spp), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e carpa (*Cyprinus carpio*). Destas espécies apenas o tucunaré foi observado com maior frequência no rio Pindaré, havendo relatos orais da sua ocorrência no Igarapé Bandeira, dentro da área do Posto Indígena Tiracambu.

A introdução do tucunaré nesta região pode ter ocorrido, acidentalmente, no período das chuvas, quando os açudes aumentam de nível e transbordam, entrando em contato com o canal do rio Pindaré. Em um primeiro momento, a presença do tucunaré pode contribuir para o aumento da produtividade pesqueira, uma vez que é uma espécie de grande porte e de valor comercial. No entanto, esta

espécie é predadora e o seu desenvolvimento pode trazer graves consequências às comunidades de peixes endêmicos (BARBIERI et al., 2000). De acordo com estes autores, dependendo da espécie introduzida, pode haver redução ou extinção local dos estoques nativos, decorrente da alteração de habitat, pressões de competição, predação, nanismo, degradação genética de espécies nativas, disseminação de patógenos e parasitas.

O avanço do agronegócio, com a derrubada indiscriminada da mata ciliar, é um fator negativo para a diversidade de peixes de água doce na Amazônia Maranhense. A retirada dessa vegetação incide em mudanças das características limnológicas dos rios que, por sua vez, alteram as características dos habitats ocupados pelas diferentes espécies. O efeito tende a ser maior sobre espécies com distribuição restrita, como é o caso de *Hyphessobrycon caru*, relatada apenas para a região do rio Pindaré nas proximidades de Buriticupu-MA.

Na região da Baixada Maranhense, os principais fatores que podem interferir na diversidade nativa são a pesca predatória, a introdução de espécies exóticas e a construção de barragens. A pesca predatória é caracterizada, principalmente, pelo uso de tapagens e arrastões onde são utilizadas redes com malhas pequenas. A introdução de espécies exóticas ocorre, na maioria das vezes, de forma acidental a partir dos criadouros no entorno dos lagos. A construção de barragens, por sua vez, produz vários impactos negativos. O mais visível e de consequência imediata é a transformação de um ambiente lótico em lêntico. Mesmo em áreas inundáveis, onde o fluxo do rio é caracterizado por fraca correnteza (p.ex. Baixada Maranhense), a alteração do regime fluvial é rapidamente sentida pelas comunidades aquáticas. Na região de Penalva, por exemplo, a inundação artificial do lago Cajari, durante o período de seca, induziu a substituição do capim de marreca *Paratheria prostrata* pelo junco *Eleocharis* sp, além da mortandade de um grande número de espécies vegetais semiaquáticas e terrestres, perda de habitats e fuga de espécies animais. Alterações na composição florística da vegetação aquática e da mata ciliar podem, assim, comprometer a dinâmica da ictiofauna. Várias espécies, tais como, *Hoplias malabaricus*, *Hoplerythrinus unitaeniatus* e *Trachelyopterus galeatus* são encontrados frequentemente em áreas de igapó, utilizando-a para alimentação, desova e abrigo.

Nos ambientes marinhos, a redução dos estoques das espécies comerciais está relacionada às pescas predatórias de outros organismos, tais como as ~~pescas~~

de camarão e lagosta. A pesca do pargo, por exemplo, apresentou uma redução de produtividade estimada em cerca de 90% no litoral maranhense, atribuída à pesca predatória da lagosta que utiliza rede caçoeira. Acredita-se que o declínio do sistema produtivo pesqueiro do pargo esteja relacionado à sobrexplotação dos seus estoques. Talvez tal declínio se dê em função da falta de conhecimento, em relação aos impactos que a exploração exagerada poderia trazer para o sistema. Atualmente, o tamanho e a quantidade do produto capturado não suprem o investimento dos armadores na pesca do recurso, fazendo com que estes se voltem para outros pescados.

Grande parte das espécies que compõem o *by-catch* são os elasmobrânquios, animais K- estrategista, com baixa resiliência para mortalidade por pesca, não sendo capazes de suportar os altos níveis de explotação, como as espécies alvo do sistema. Dessa forma, o *by-catch* é uma enorme ameaça a esse importante grupo de peixes, e é o principal responsável pelos problemas de colapso desses estoques.

11 ÁREAS PRIORITÁRIAS DA AMAZÔNIA MARANHENSE

As análises das ocorrências das espécies prioritárias, tanto para os mamíferos quanto para as aves, separadamente, quanto para todas as espécies prioritárias em conjunto, apontam destacadamente para a região do Gurupi como um todo (Figura 16,17 e 18). A “região do Gurupi” seria composta pela Reserva Biológica do Gurupi e pelas Reservas Indígenas do Alto Turiaçu, Caru e Awá, as quais perfariam um bloco de áreas teoricamente protegidas de 11.628km^2. Esse bloco de Unidades de Conservação (UC) interconectadas funciona, do ponto de vista biológico, como uma área única, com cerca de 13.900 a 19.000km^2 (incluindo aqui áreas adjacentes não protegidas). Expandindo esta área para incluir tanto a Reserva Indígena Araribóia, quanto áreas adjacentes do Pará, este bloco poderia ter um tamanho consideravelmente maior, com aproximadamente 31.000km^2 (região Gurupi-Arame – Fig. 19). Vale ressaltar que estas são estimativas gerais e não refletem de fato o total da área remanescente com florestas nativas e em avançado estado de recuperação, o que quer dizer que a área realmente com hábitat disponível para fauna seria consideravelmente menor que esta.

Figura 16 - Análise das áreas prioritárias para mamíferos no Amazônia Maranhense

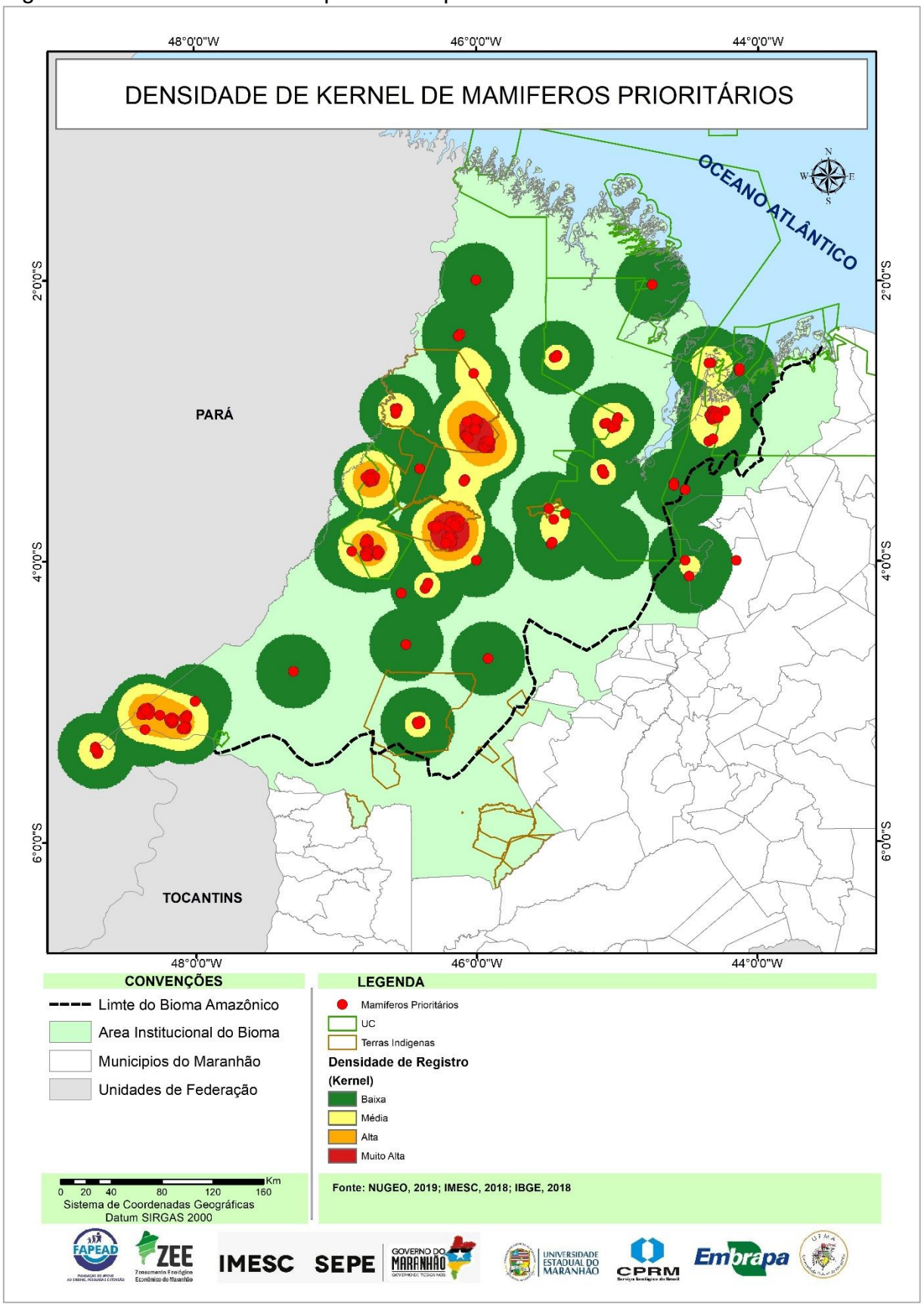


Figura 17 - Análise das áreas prioritárias para aves na Amazônia Maranhense

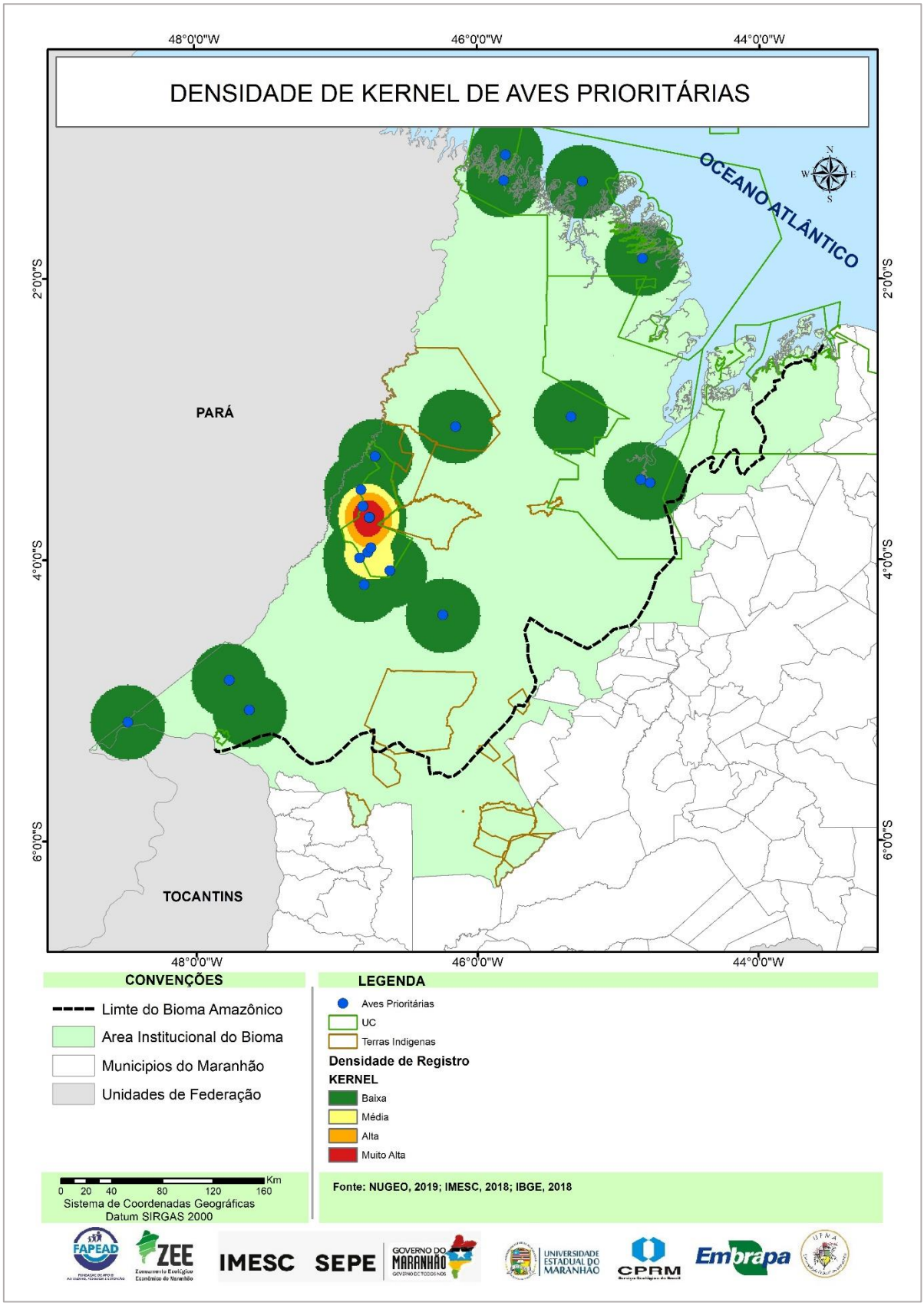
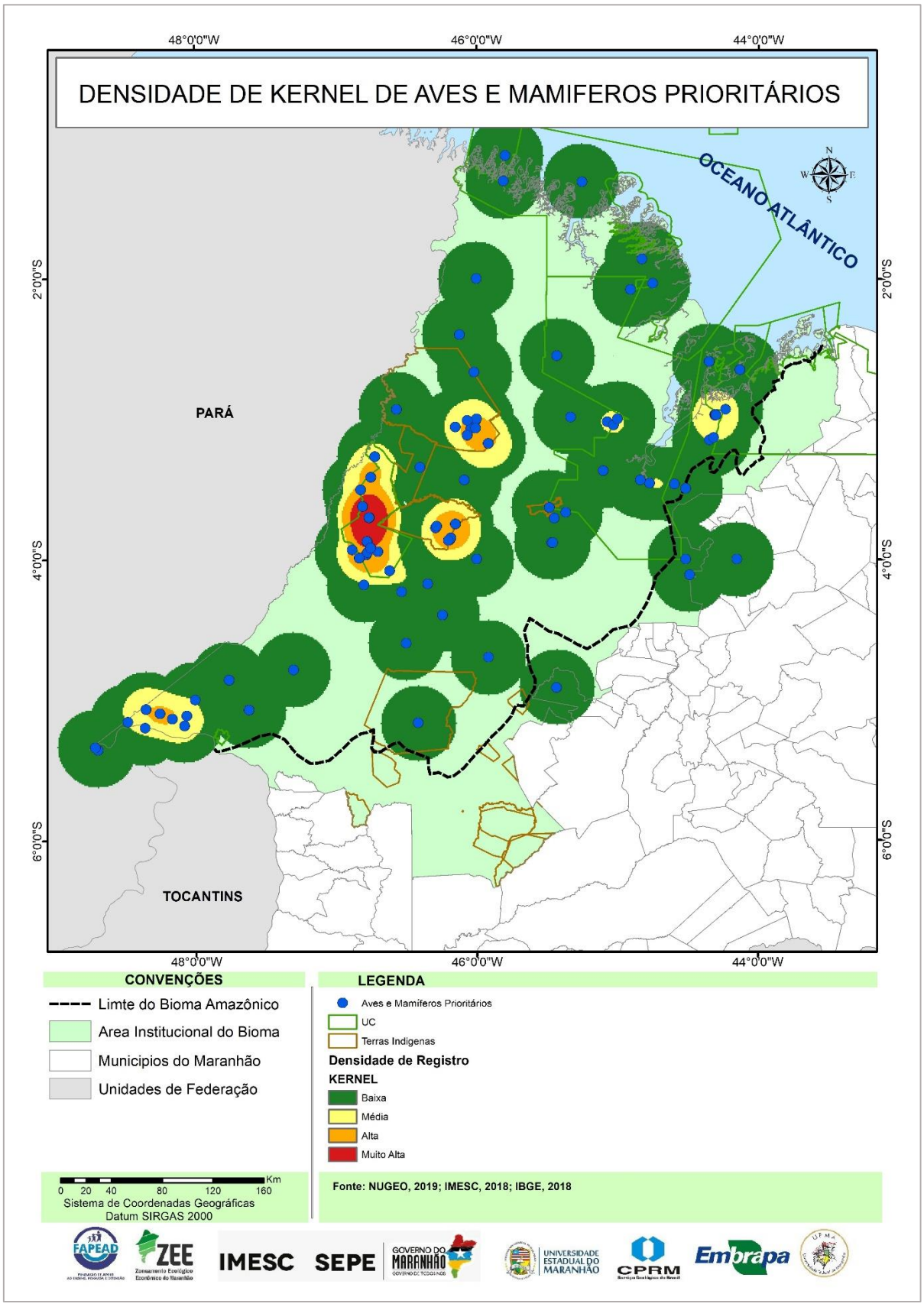


Figura 18 - Análise das áreas prioritárias para mamíferos e aves em conjunto na Amazônia Maranhense



Outra área que também seria considerada como prioritária, pela análise realizada é a região do Bico do Papagaio, notoriamente a área de Açailândia/São Pedro da Água Branca, além da Baixada Maranhense e Reentrâncias/Golfão, por suas particularidades faunísticas, para o grupo das Aves e por apresentarem riqueza de espécies particulares (Figura 16, 17 e 18).

Carvalho et al. (2017) também realizou uma análise de áreas prioritárias para conservação de aves no Maranhão, utilizando uma lista de espécies prioritárias diferente da utilizada neste estudo. No presente estudo, as áreas consideradas, por esses autores, como prioritárias para as aves seriam as áreas da reserva Indígena Alto Turiaçu (região do Gurupi) e as áreas adjacentes da Baixada Maranhense.

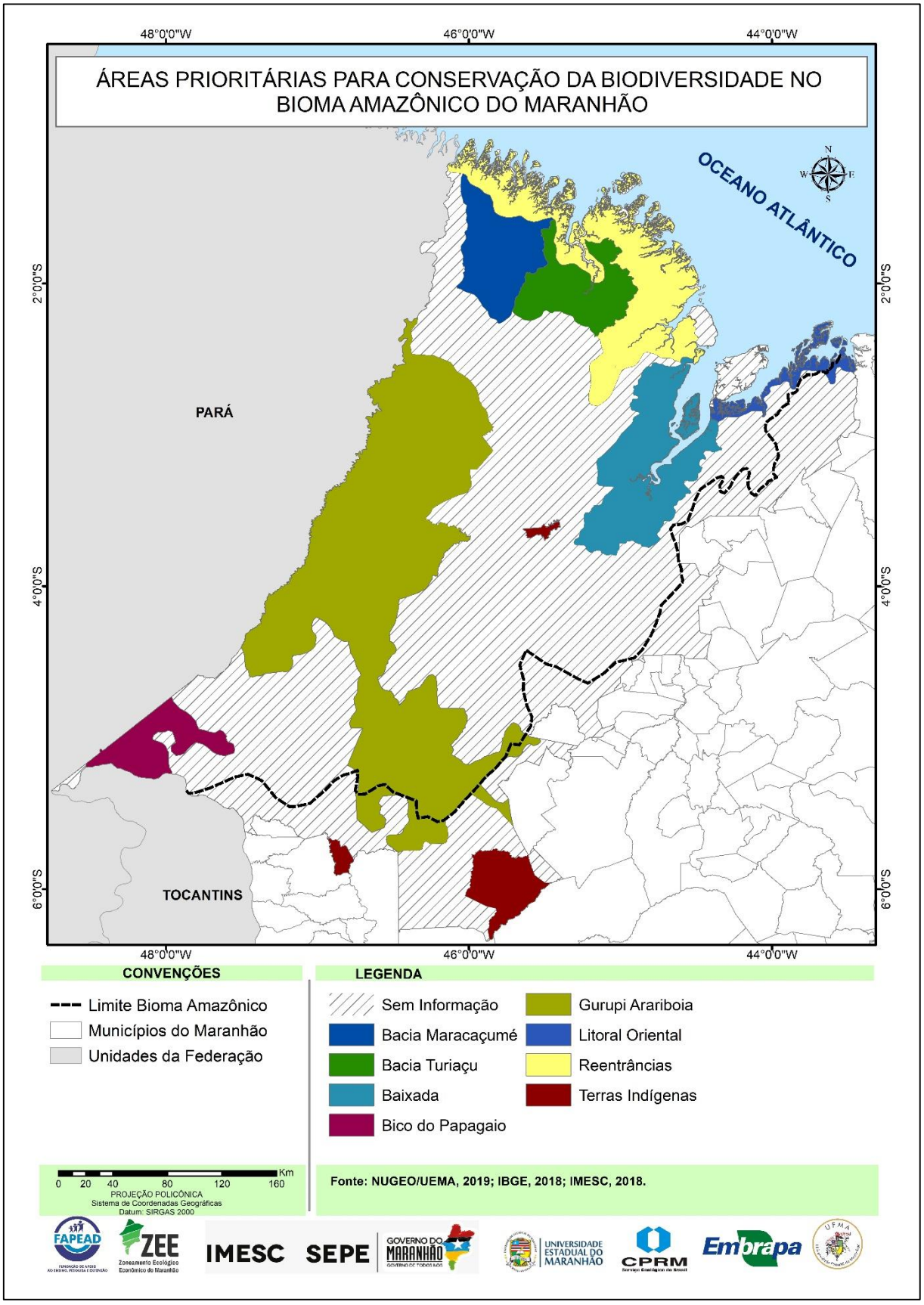
Para a fauna de peixes, as áreas consideradas como prioritárias seriam:

- Lagos da Baixada Maranhense.
- Bacias dos rios Turiaçu e Maracaçumé.
- Cabeceiras dos rios Pindaré e Turiaçu no interior das Reservas Indígenas e da REBIO Gurupi.
- Cabeceiras de afluentes do rio Gurupi no interior das Reservas Indígenas e da REBIO Gurupi.

Mesmo com notória importância biológica para fauna terrestre e aquática, a região do “Mosaico Gurupi” não dispõe de reconhecimento legal pelo Ministério do Meio Ambiente e, portanto, não tem garantia de conservação assegurada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Ambientalmente, o mosaico garantirá o estabelecimento do corredor da Amazônia Maranhense e protegerá os recursos hídricos da região (CELENTANO et al., 2018). De extrema importância, é o fato de essa região ser o remanescente onde vive a etnia considerada como a mais ameaçada de todo o planeta, os Awa-Guajá (SURVIVAL INTERNATIONAL, 2015).

Em números um pouco mais otimistas e pretenciosos do que os levados em consideração aqui, a região do Gurupi possui uma área de influência que chega a superar 2 mil km² fora do território maranhense (CELENTANO et al., 2018). Diante desse cenário, far-se-á necessário que o governo estadual maranhense busque trabalhar em conjunto com o governo paraense e com governo federal para acelerar o estabelecimento do “Mosaico Gurupi” como área de conservação (mais detalhes na seção Reserva da Biosfera Gurupi-Awá). Essas parcerias tornam-se vitais, uma vez que parte considerável da área de influência dessa região encontra-se fora dos limites políticos do Maranhão e, também, porque a fauna não obedece a critérios territoriais políticos, mas ambientais.

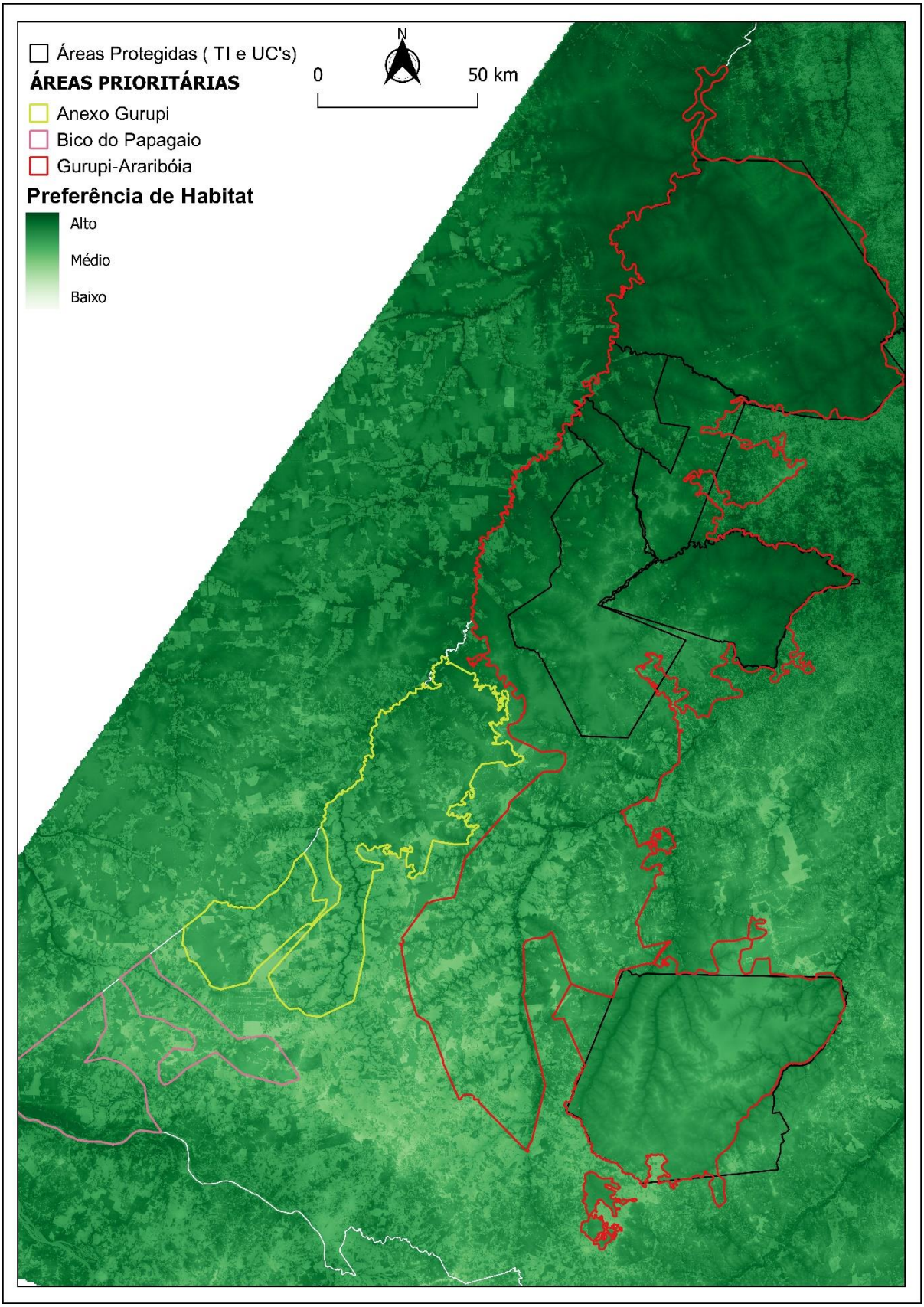
Figura 19 - Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade da poção amazônica do Maranhão



11.1 A Onça-pintada como modelo de seleção de área

Está sendo trabalhado, tanto para a porção amazônica quanto de Cerrado, modelos de preferência de habitat para onça-pintada (*Panthera onca*). O modelo gerado demonstra claramente a seleção das áreas com maior integridade da vegetação, correspondendo, assim, mais às Reserva Indígenas do Caru e Alto Turiaçu do que à Rebio Gurupi e demais regiões (Figura 20). Igualmente, esta análise referenda a escolha das áreas prioritárias, assim como os corredores da biodiversidade propostos. Ela demonstra também que os blocos de vegetação remanescentes adjacentes à Rebio e às Terras Indígenas têm alta preferência/seletividade (relevância) para a espécie, ressaltando sua importância para conservação da biodiversidade. Um outro aspecto que esta análise preliminar vem sugerir é que, além da região do Gurupi como um todo ser a mais importante, nem toda área remanescente de vegetação seria preferivelmente utilizada por este felino. Este padrão também seria aplicável às demais espécies que compõem a biodiversidade da Amazônia Maranhense. Em outras palavras, isto quer dizer que a área disponível às espécies seria, na prática, menor do que a área total dos remanescentes da vegetação. Isto, por sua vez, implicaria em menores tamanhos populacionais e maior vulnerabilidade à extinção, seja por problemas de estocasticidade genética ou demográfica (GROOM et al., 2006).

Figura 20 - Mapa preliminar de preferência de habitat da onça-pintada (*Panthera onca*) para a Amazônia Maranhense (em destaque os limites das áreas prioritárias). Quanto mais escura, maior a seletividade



12 AÇÕES RECOMENDADAS

Nesta seção não abordaremos os aspectos das necessidades de conservação dentro das áreas já protegidas por leis em UCs, notoriamente as Reservas Indígenas e a Reserva Biológica do Gurupi (como combate ao desmatamento/exploração ilegal de madeira e à caça por povos não-indígenas), mas apenas para as áreas fora desse perímetro. Existem três pontos chave para as áreas não protegidas por lei, i.e., fora das UCs: conectividade, recuperação de áreas degradadas e recuperação das reservas legais.

12.1 Conectividade

Esta é, basicamente, a palavra chave para maximizar as chances de sobrevivência a longo prazo das espécies, a fim de evitar os problemas ligados às variações populacionais e genéticas, às quais as populações pequenas tendem a ser bastante suscetíveis (GROOM et al., 2006). Na seção anterior foram claramente demonstrados os efeitos negativos do que podem acontecer em populações de espécies ameaçadas, em caso de isolamento populacional do bloco de vegetação da área Gurupi-Arame, onde estão os maiores remanescentes da vegetação amazônica no Maranhão. Sendo assim, faz-se necessário e imprescindível a manutenção e o restabelecimento da conectividade entre as áreas remanescentes dos grandes blocos de vegetação da Amazônia Maranhense. Conforme reportado anteriormente, tomando a onça-pintada como modelo (segundo Oliveira et al., 2012), assim como pela análise apresentada por Oliveira (2011) para a Amazônia Maranhense, haveria a perda de espécies a curto, médio e longo prazo.

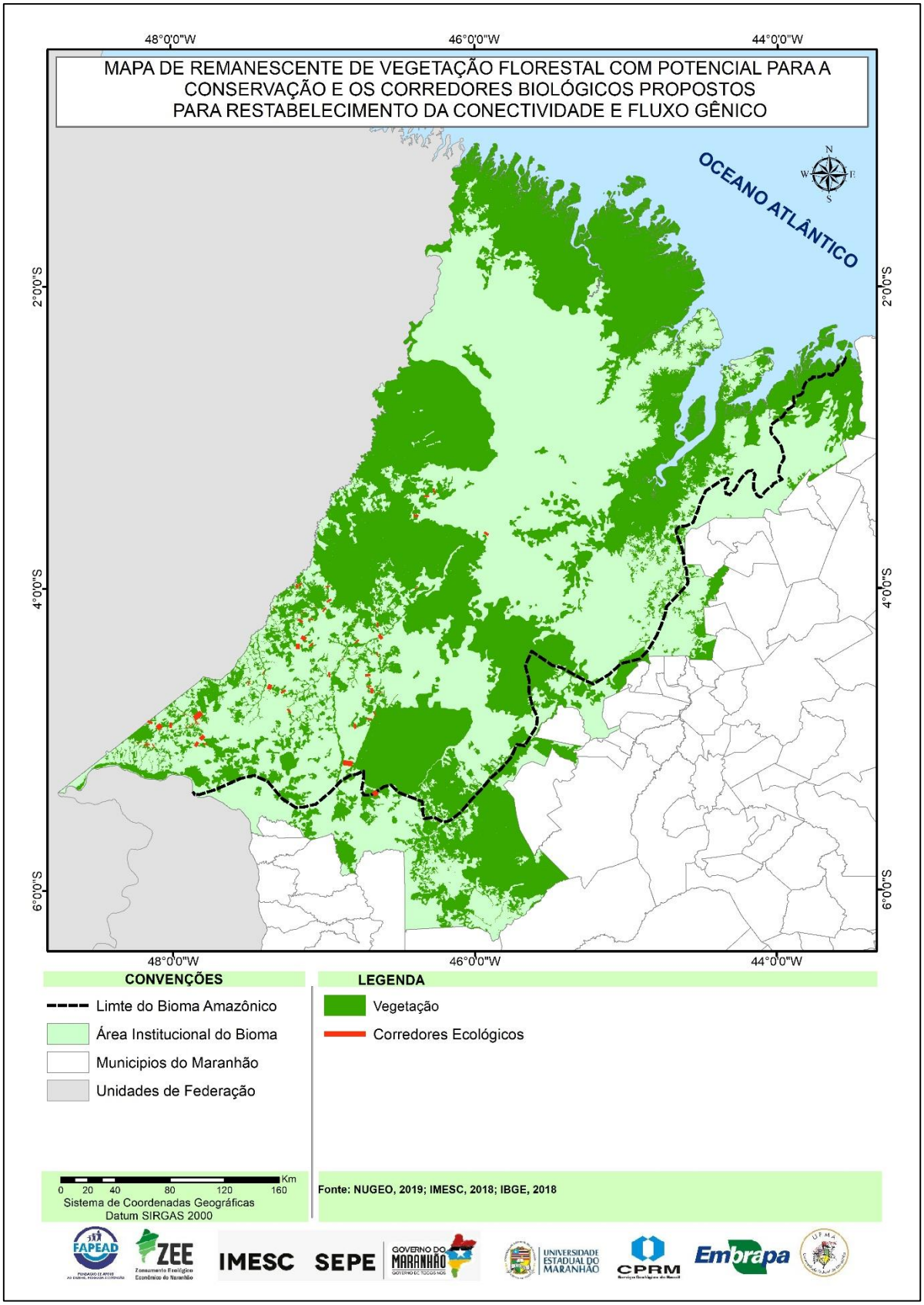
Sem a manutenção e o restabelecimento da conectividade do pouco que restou da Amazônia no Estado, a perda de biodiversidade esperada seria considerável, pois nenhum dos fragmentos do bloco principal do Gurupi teria condições, isoladamente, de manter populações mínimas viáveis da maior parte das espécies, notadamente daquelas de especial interesse para conservação.

Foi realizada uma análise minuciosa em todos os remanescentes de vegetação florestal com cobertura original e vegetação secundária, sem associação com agricultura e/ou pecuária. Para o restabelecimento da conectividade na Amazônia Maranhense são propostos 57 corredores, totalizando 89,87km (Figura 21). A média

de comprimento destes foi de 1,57 ± 1,54km, sendo o menor de 0,16km e o maior com 7,31km. Uma vez que este sistema de corredores esteja implantado, a Amazônia Maranhense passaria a constituir uma rede de 39.681km^2 de matas interconectadas. A largura dos corredores, aqui propostos, é de, no mínimo, 100m, seguindo as recomendações do CONAMA 09/1996, a qual considera esta a largura mínima exigida para a conexão entre áreas (SEOANE et al., 2010). Vale ressaltar que, na ata de aprovação do “Macro-ZEE” pelo Ministério do Meio Ambiente, é dada obrigatoriedade do estabelecimento de corredores no estudo do ZEE no Maranhão.

As matas ciliares, que compõem por lei áreas de proteção permanente (APP), são ideias para serem mantidas/recuperadas e serem usadas como corredores ecológicos. Os atores envolvidos nesta ação de manutenção/restabelecimento da conectividade seriam o governo estadual, empresas com dívidas ambientais e os proprietários rurais.

Figura 21 - Mapa dos remanescentes de vegetação florestal com potencial para conservação e os corredores biológicos propostos para restabelecimento da conectividade e fluxo gênico



12.2 Recuperação das áreas degradadas

É notório o grau de degradação da Amazônia maranhense, tanto que as últimas estimativas consideram restar apenas cerca de 30% da cobertura florestal (ou seja, mais de 70% da área total já estaria perdida para o desmatamento – Prodes, 2016, CELENTANO, 2017).

De maneira individual, as taxas de desmatamento chegaram a assustadores 36% na TI Awá e 29% na REBIO Gurupi - desmatamento acumulado até o ano de 2016 (PRODES, 2017). A recuperação das áreas degradadas, mas ainda com vegetação remanescente, deveria ser feita focando nas áreas que possam vir a funcionar como corredores ecológicos. Esta ação estaria ligada tanto à questão da conectividade, quanto da recuperação das reservas legais. Os atores envolvidos seriam os mesmos da ação anterior.

12.3 Recuperação das reservas legais

A legislação brasileira determina que 80% da cobertura vegetal de qualquer propriedade dentro dos limites da Amazônia tenha que ser mantida. Entretanto, para que possamos ter uma ideia da real situação disto, far-se-á necessária a realização do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Em linhas gerais, não é esperado que as propriedades da região tenham cumprido o que requer a legislação. Portanto, para agir em conformidade legal com as leis do país seria necessária a recuperação e estabelecimento das reservas legais. Atores envolvidos: proprietários rurais e órgãos ambientais fiscalizatórios, além do governo estadual (realização do CAR).

12.4 Zonação Proposta para a Porção Amazônica do Maranhão

No Brasil, os dispositivos voltados à proteção de áreas iniciaram ainda no período colonial, objetivando principalmente garantia do controle sobre o manejo de seus recursos, como vegetação, água e solo (CASTELO, 2015). Entretanto, o Brasil é o país que mais altera a legislação, desde aquelas voltados ao acesso pela pesquisa e conservação, até as que deveriam proteger esses recursos, notadamente no que diz respeito a Amazônia (KRONER, 2019). É uma região notoriamente conhecida por abrigar a maior bacia hidrográfica mundial, enorme biodiversidade de fauna e flora

além de grande riqueza cultural e conhecimento tradicional. Porém tais benesses não se aplicam à toda sua extensão territorial, haja vista enormes porções encontrarem-se atualmente em estado deplorável, principalmente no Maranhão. Nos últimos 40 anos de exploração, a incessante expansão da fronteira econômica avançou e removeu, em muitas áreas, de forma irrecuperável as florestas do caminho. O roteiro da devastação que inclui derrubadas extensivas, queimadas e cultivos de forma excessiva, contínua e cultural, tem promovido uma perda progressiva e irreparável da fertilidade até mesmo para a manutenção de pastagens (AB'SÁBER, 1996). Essa perda de heterogeneidade vegetal torna inviável a diversidade de habitats disponíveis que possibilite a sustentação de biodiversidade.

Neste cenário de baixíssima quantidade de remanescentes florestais e do estado de conservação já explicitado, torna-se necessária ou até mesmo uma condição "*sine qua non*" uma moratória no desmatamento florestal no Maranhão. Isto se aplicaria tanto às ações ilegais em andamento em áreas protegidas e APPs, assim como em áreas particulares com as formações de florestas e vegetação secundária, conforme apresentado no mapa com os corredores (Figura 18). Como fator compensatório poder-se-ia permitir uma redução da área protegida de 80% para 50% nas áreas listadas e aqui estabelecidas, onde o padrão de uso e ocupação as tornam realisticamente inviáveis para recuperação, de forma que se tornem favoráveis à biodiversidade que não aquela de áreas antropizadas.

Não se trata de promover ou ratificar uma das faces dos problemas ambientais presentes no estado, mas sim buscar uma forma de aliar responsabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável, extraindo o que há de melhor para o estado na ótica do Novo Código Florestal Brasileiro e sob a forma normativa da Constituição Federal.

Zona I: 100% dentro das áreas protegidas - Rebio, Terras Indígenas, APPs - e 80% em áreas particulares, desde que fora de áreas protegidas (Figura 22):

Bloco Gurupi-Araribóia

Bloco Anexo Gurupi

Bloco Bico do Papagaio: composto por sub-blocos

Bloco Vegetação Secundária

Bloco Baixada Maranhense

Bloco Bacia do Turiaçu

Bloco Bacia do Maracaçumé

Bloco Reentrâncias

Bloco Litoral Oriental

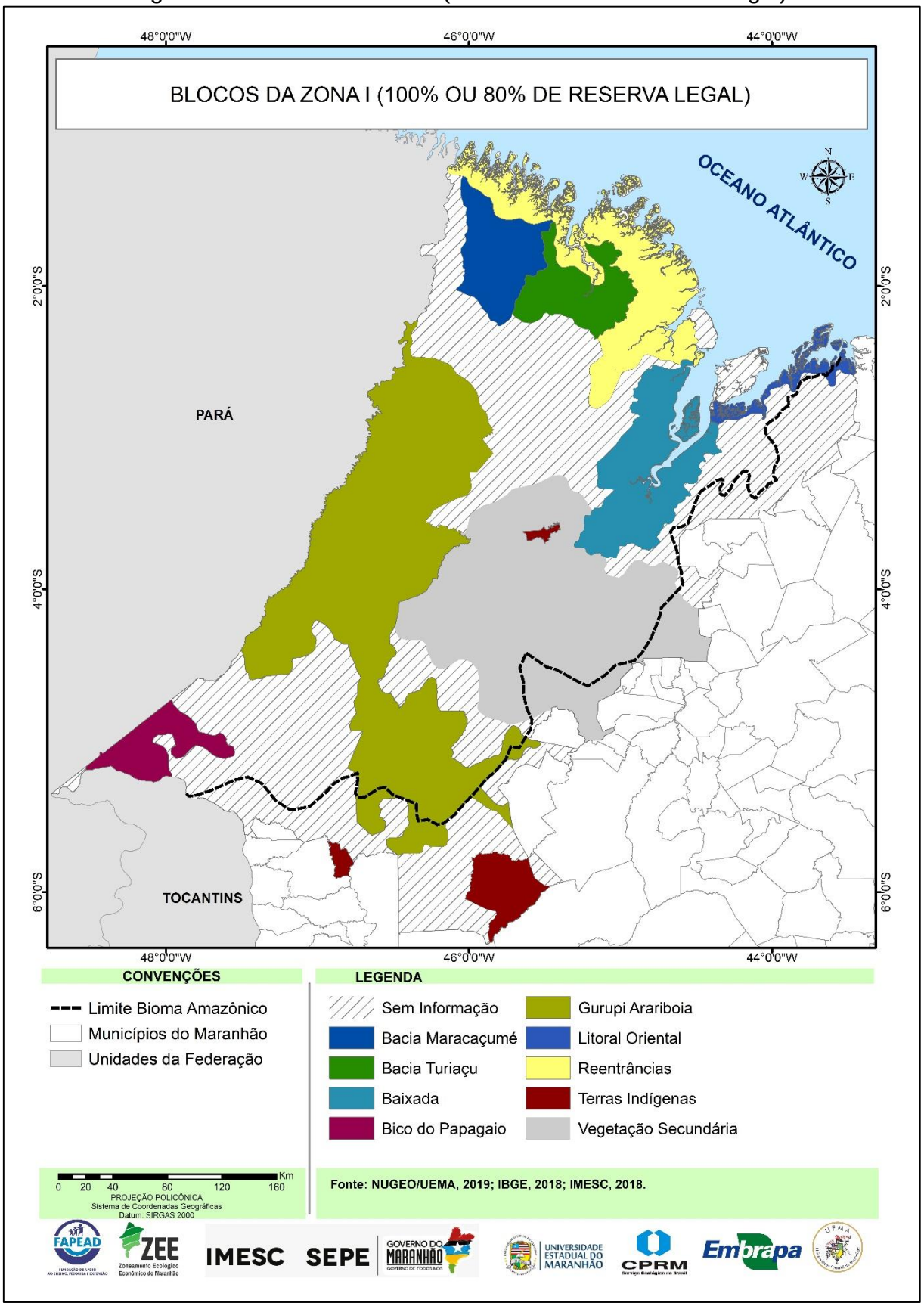
Zona II: 50% de área protegida

As demais áreas que não foram citadas anteriormente e demarcadas em mapa localizadas dentro do Bioma Amazônia Maranhense

Zona III: 35% de área protegida

As áreas localizadas fora do Bioma Amazônia Maranhense as quais seguem as restrições legais do Bioma Cerrado.

Figura 22 - Blocos da Zona I (100% ou 80% de reserva legal)



12.5 Proposta de criação da “Reserva da Biosfera Gurupi-Awá”

Conforme explicitado anteriormente, o bloco vegetacional mais importante e praticamente o último remanescente da porção oriental da Amazônia, a chamada Amazônia Tocantina, a qual também compõe o Centro de Endemismo Belém, seria o aqui chamado de região Gurupi-Arame (ou Gurupi-Araribóia) nos limites do estado do Maranhão, com as áreas adjacentes da Terra Indígena Alto Guamá no estado do Pará. Conforme já explicitado inúmeras vezes neste documento, essa região do Maranhão é, para absolutamente todos os grupos avaliados, a região mais importante para conservação. Dentre as “espécies bandeiras” nela encontradas estariam os primatas criticamente ameaçados, o cuxiú-preto (*Chiropotes satanas*) e o cairara-Ka’apor (*Cebus kaapori*), além do jacamim-das-costas-preta (*Psophia obscura*) e o mutum-pinima (*Crax pinima*) dentre as aves igualmente criticamente ameaçadas. A perda ou completa degradação dessa região representaria a extinção dessas espécies. Também já foi aqui demonstrado que a onça-pintada (*Panthera onca*), símbolo da biodiversidade brasileira, desparecerá da região caso não haja conectividade da mesma (OLIVEIRA et al., 2012). Este caminho também pode ser seguido por uma série de outras espécies, o que levaria a um colapso faunístico no Gurupi (OLIVEIRA, 2011). O restabelecimento da conectividade através da implementação dos corredores biológicos propostos, associado com a proteção de todas as matas remanescentes poderia evitar tal colapso.

Em razão desse cenário de intensa pressão antrópica, associado com um elevado estado de degradação e por uma fiscalização ineficiente, a Amazônia oriental ou Amazônia Tocantina compreenderia o local onde poderia acontecer o primeiro evento de extinção em massa no Brasil, e não, como seria pensado por muitos, na Mata Atlântica (SILVA et al., 2005). Adicione-se a isto o fato dessa mesma região ser o único local onde vive o povo indígena Awa-Guajá, considerado como a etnia mais ameaçada de todo o planeta (SURVIVAL INTERNATIONAL, 2015).

Em face ao exposto, propõem-se a criação de uma Reserva da Biosfera, a ser denominada “Reserva da Biosfera Gurupi-Awá”, seguindo os limites delineados na análise desse estudo apresentado - Figura 23.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC no Capítulo XI Art.41:

“Uma Reserva da Biosfera é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações. Pode ser constituída por uma ou várias áreas-núcleo, destinadas à proteção integral da natureza; uma ou várias zonas de amortecimento, onde só são admitidas atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo; e uma ou várias zonas de transição, sem limites rígidos, onde o processo de ocupação e o manejo dos recursos naturais são planejados e conduzidos de modo participativo e em bases sustentáveis. A Reserva da Biosfera é constituída por áreas de domínio público ou privado e pode ser integrada por unidades de conservação já criadas pelo Poder Público, respeitadas as normas legais que disciplinam o manejo de cada categoria específica. Pode ser gerida por um Conselho Deliberativo, formado por representantes de instituições públicas, de organizações da sociedade civil e da população residente, conforme se dispuser em regulamento e no ato de constituição da unidade. A Reserva da Biosfera é reconhecida pelo Programa Intergovernamental "O Homem e a Biosfera – MAB", estabelecido pela Unesco, organização da qual o Brasil é membro.”

Dentro dos preceitos acima explanados, uma das atividades econômicas com mais alto potencial de geração de divisas (e uso sustentável) estaria relacionado ao “crédito de carbono”. Desta forma, as divisas que possam ser geradas através desta atividade suplantariam bastante aquela oriunda da pecuária, ou mesmo da exploração da madeira, especialmente a ilegal, em grande escala, os maiores causadores da degradação da região.

Com os limites aqui propostos para a Reserva da Biosfera Gurupi-Awá teríamos uma área protegida total de 31.003 km^2, não incluso o buffer. Haveria também uma integração/conectividade dela diretamente com as Reservas da Biosfera do Cerrado e Caatinga, formando assim um imenso bloco de áreas protegidas conectando Amazônia-Cerrado-Caatinga (Figura 24). Isso viria a ser um marco na história da conservação no Brasil e no mundo e, tão importante quanto, poderia dar um alento à sobrevivência da ameaçada etnia dos Awa-Guajá.

“Reserva da Biosfera Gurupi-Awá, salvando da extinção os Awa-Guajás e a biodiversidade única da Amazônia oriental”

Figura 23 - Limites propostos para a Reserva da Biosfera Gurupi-Awá, segundo as análises realizadas neste estudo do ZEE Amazônico Maranhense

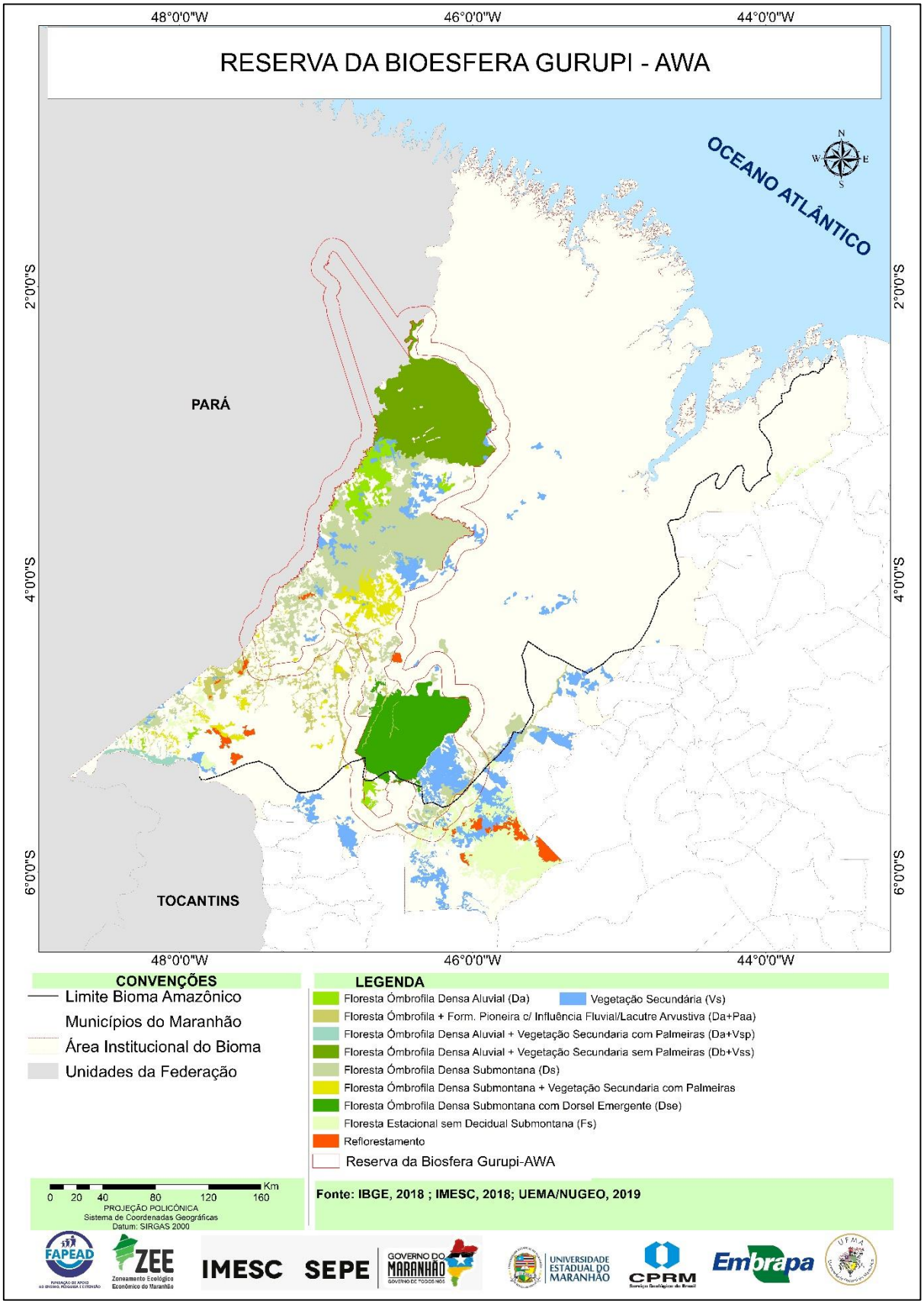
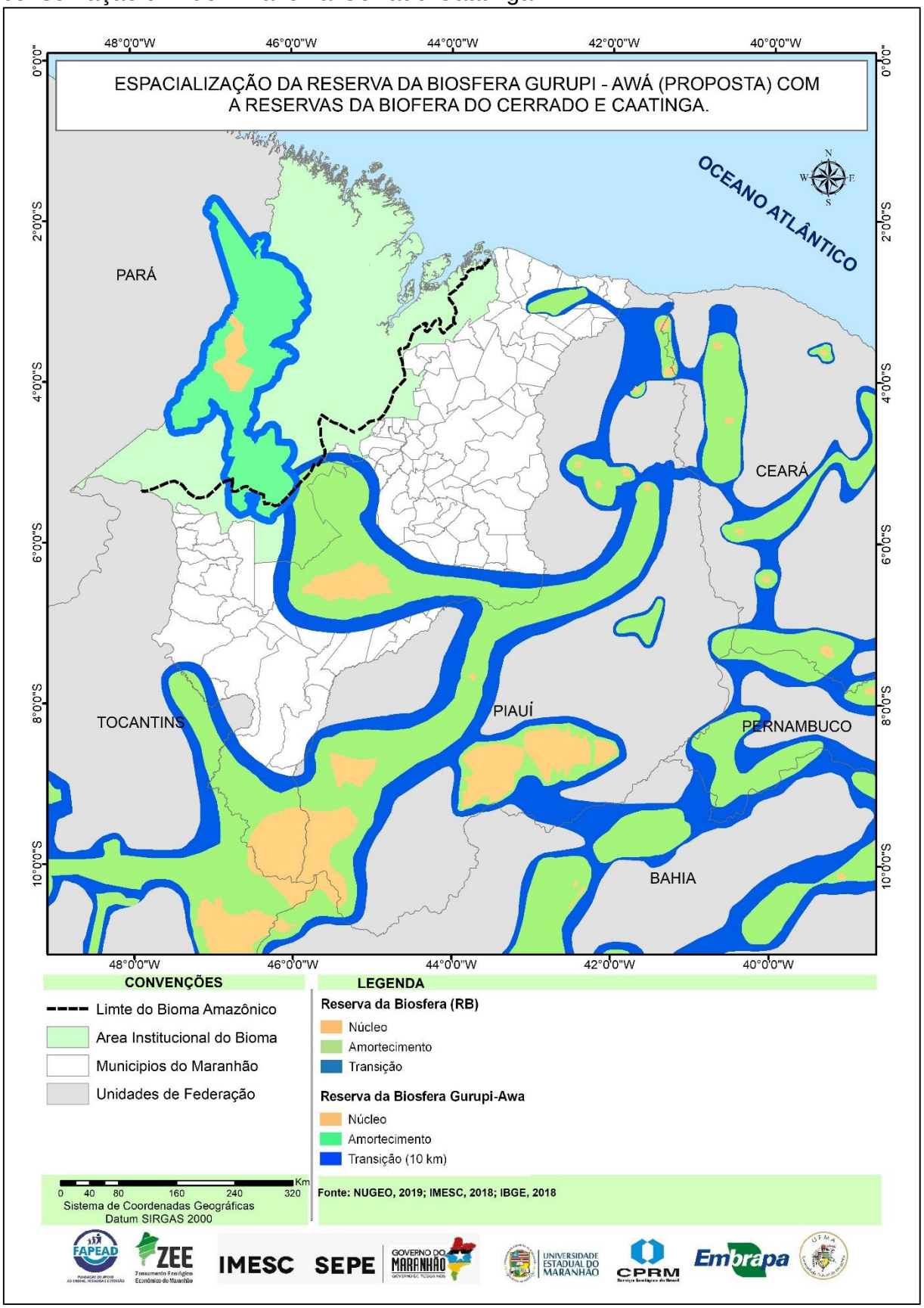


Figura 24 - Espacialização da Reserva da Biosfera Gurupi-Awá (proposta) com as Reservas da Biosfera do Cerrado e Caatinga, formando um imenso bloco de conservação unindo Amazônia-Cerrado-Caatinga



12.6 Recomendações de Conservação e Manejo

1. Incentivar, promover e apoiar estudos para o conhecimento da biodiversidade maranhense.
2. Apoiar projetos de integração entre Unidades de Conservação estabelecidas para o Estado do Maranhão.
3. Realizar programas de educação ambiental visando sensibilização dos atores na manutenção da biodiversidade maranhense.
4. Implementar um programa de recomposição de áreas degradadas pertencentes à “Região do Gurupi”.
5. Promover o reflorestamento de taludes, áreas de proteção permanente e reservas legais, com espécies nativas.
6. Estabelecer, através de instrumentos legais, os corredores da biodiversidade maranhense.
7. Implementar e estabelecer todos os corredores ecológicos propostos, com espécies nativas.
8. Estabelecer, através de instrumento legal, a criação de uma unidade de conservação especial, a “Reserva da Biosfera Gurupi-Awá” para a zona prioritária de conservação da biodiversidade da Amazônia maranhense, que incluiria toda a região do “Corredor da Biodiversidade Gurupi-Araribóia”, conforme estabelecido neste estudo.
9. Incentivar atividade econômica relacionada ao crédito de carbono para toda a região, em especial para os blocos de áreas prioritárias e Reserva da Biosfera proposta.
10. Observar a legislação pertinente que define a distância mínima para desmatamento a partir dos corpos d’água.
11. Implementar o Cadastro Ambiental Rural – CAR.
12. Incentivar a recuperação das reservas legais com espécies nativas, assim como o seu estabelecimento, segundo legislação pertinente.
13. Desenvolver programa para conservação de toda vegetação pristina remanescente.
14. Implementar uma moratória de zero desmatamento em todos os remanescentes de floresta ombrófila apresentados neste relatório.

15. Controlar a erosão e a instabilidade das encostas nas margens de reservatórios.
16. Controlar o uso de agrotóxicos, especialmente na proximidade dos corpos d'água.
17. Promover a fiscalização da pesca e do uso dos corpos d'água do Estado.
18. Instituir o desenvolvimento do setor produtivo pesqueiro com amplo envolvimento das comunidades, órgãos governamentais e não-governamentais nas tomadas de decisões que promovam a sustentabilidade do recurso.
19. Investir em infraestrutura adequada nos portos de desembarque visando melhorias dos sistemas de produção, beneficiamento e comercialização do pescado dentro do estado.
20. Estimular a implantação de cooperativas de pesca, associações e viabilizar a garantia dos direitos trabalhistas pelo pescador.
21. Implantar um sistema de ordenamento da pesca, visando obter informações sobre controle de desembarque, amostragem biológica, e administração da pesca.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. (1996). **Amazônia: do discurso à práxis**. Edusp.

ANDRADE, G.; LIMA, J. D.; MACIEL, A. O. Geographic Distribution. Stenocercus dumerilii. **Herpetological Review**, v. 34, n. 4, p. 385-386, 2003.

BARBIERI, G. et al. Avaliação qualitativa da comunidade de peixes da represa de Guarapiranga, São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto de Pesca**, São Paulo, n. 30, p. 1-30, 2000.

BARROS, M. C.; FRAGA, E. C.; BIRINDELLI, J. L. O. Fishes from Itapecuru River basin, State of Maranhão, northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 375-80, 2011.

BODMER, R. E.; EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. Hunting and the likelihood of extinction of Amazonian mammals. **Conservation Biology**, Massachusetts, v. 11, p. 460-466, 1997.

BRITO, T. F.; PHIFER, C. C.; KNOWLTON, J. L.; et al. Forest reserves and riparian corridors help maintain orchid bee (Hymenoptera: Euglossini) communities in oil palm plantations in Brazil. **Apidologie** v. 48, n. 5, p. 575–587, 2017.

CARVALHO, D. L. et al. Delimiting priority areas for the conservation of endemic and threatened Neotropical birds using a niche-based gap analysis. **PlosOne**, v.12, n.2, 2017.

CASTELO, T. B. (2015). **Legislação florestal brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia Legal. Ambiente e Sociedade**, 18(4), 221-242.

CELENTANO, D. et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land use policy**, v. 68, p. 692-698, 2017.

CELENTANO, D et al. Desmatamento, degradação e violência no" Mosaico Gurupi"-A região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, p. 315-339, 2018.

CLEAVELAND, S. et al. Impact of viral infections in wild carnivore populations. In: MORATO, R.G. et al. (Ed.). **Manejo e conservação de carnivoros neotropicais.** Brasília, DF: IBAMA, 2006. 325-349 p.

CROOKS, K. R.; SOULÉ, M. E. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. **Nature**, v. 400, p. 563-566, 1999.

CULLEN JUNIOR, L.; BODMER, R. E.; PÁDUA, C. V. Effects of huntingin habitat fragments of the Atlantic Forest, Brazil. **Biological Conservation**, Inglaterra, v. 95, p. 49-56, 2000.

COSTA, A. L. P. et al. How Much Do We Know about the Diversity of Squamata (Reptilia) in the Most Degraded Region of Amazonia?. **South american journal of herpetology**, v. 13, n. 2, p. 117-131, 2018.

DEVELEY, P. F. **Conservação de aves no Brasil: considerações para a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal.** São Paulo: SAVE Brasil, 2009, p. 1-10.

EMMONS, L. H.; FEER, F.; MAGNUSSON, W. E. Neotropical rainforest mammals: a field guide. **Environmental Conservation**, v. 25, n. 2, p. 175, 1998.

FRAGOSO, J. M. V.; SILVIUS, K. M.; VILLA-LOBOS, M. P. **Wildlife Management at the Rio das Mortes Xavante Reserve, MT, Brazil:** Integrating Indigenous Culture and Scientific Methods for Conservation. Brasília, DF: WWF, 2000.

FUNK, S. M. et al.The role of disease in carnivore ecology and conservation. In: GITTLEMAN, J. L. et al. (Ed). **Carnivore Conservation.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 443-466.

GROOM, M. J, MEFFE. G.K, CARROL. C. R, et al. **Principal of Conservation Biology, Sunderland, Massachusetts USA.** v. 03, 2006.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Coordenação-Geral de Espécies Ameaçadas. Brasília: ICMBio, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS - INPE. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites − Sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas.** São José do Campos: INPE. 2016 Disponível em: <http://www.inpe.gov.br>. Acesso em: 20 junho 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS - INPE . **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites - sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas.** São José do Campos. Disponível em: <http://www.inpe.gov.br>. Acesso em : 21 junho 2019.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN . **Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas de Extinção.** Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/search> Acesso em: 22 abr. 2018.

KRONER, R. E. G., QIN, S., COOK, C. N., KRITHIVASAN, R., PACK, S. M., BONILLA, O. D., ... & HE, Y. (2019). **The uncertain future of protected lands and waters**. Science, 364(6443), 881-886.

LIMA, D. M.; MARTÍNEZ, C.; RAÍCES, D. S. L. An avifaunal inventory and conservation prospects for the Gurupi Biological reserve, Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 22, p. 317-340, 2014.

MARTINS, D. C.; PEREIRA, R. R. D.; CARVALHO, G. C.; SANTOS-JUNIOR, J. E.; REBÊLO, J. M. M.; ALBUQUERQUE, P. M. C. Abelhas das Orquídeas (Apidae: Euglossini) em remanescentes florestais na Amazônia Oriental (em preparação).

MAUÉS, M. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Consequências da Fragmentação do Habitat na Ecologia Reprodutiva de Espécies Arbóreas em Florestas Tropicais, com Ênfase na Amazônia. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 238-250, 2010.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE - MMA. **Biodiversidade Brasileira:** avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.** Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm>. Acessado em: 15 abril 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção: Portaria N° 444, 445 de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União–Seção**, v. 1245, p. 121-126, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMVIENTE - MMA. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** Brasília: ICMBio/MMA, 2016.

NEMÉSIO, A. Are orchid bees at risk? First comparative survey suggests declining populations of forest-dependent species. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, p. 367-374, 2013.

OLIVEIRA, T. G. Status dos mamíferos no Estado do Maranhão: uma proposta de classificação. **Pesquisa em Foco**, v. 5, p. 65-82, 1997.

OLIVEIRA, T. G. Carnívoros do Maranhão: preliminares sobre a distribuição, composição das comunidades e conservação no meio-norte do Brasil.In: Silva, A.C.; Fortes, L. O. (Org.). **Diversidade biológica, uso e conservação de recursos naturais do Maranhão.** São Luís: Editora da Universidade Estadual do Maranhão, 2007, v. 2, p. 347-366.

OLIVEIRA, T. G.; GERUDE, R. G.; SILVA JR, J. S. Unexpected mammalian records in the state of Maranhão. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi:** Série Ciências Naturais, v. 2, p. 23-32, 2007.

OLIVEIRA, T. G. D., SILVA JUNIOR, J. D. S., DIAS, P. A., QUIXABA-VIEIRA, O., GERUDE, R. G., GIUSTI, M., & PEREIRA, A. P. **Mamíferos da Amazônia maranhense.** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.

OLIVEITA, T. G.; EMILIANO, E. R.; ROGÉRIO, C. P. Red list assessment of the jaguar in Brazilian Amazonia. **Cat news Red List Assessement** , n.7, p. 8, 2012.

OREN, D.C.; ROMA, J. C. Composição e vulnerabilidade da avifauna da Amazônia maranhense, Brasil. In: Marlúcia Bonifácio Martins e Tadeu Gomes de Oliveira (Org.). **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação.** Belém: MPEG, p . 220-248. 2011.

PAVAN, D.; NASCIMENTO, H. **Programa de monitoramento do meio biótico da usina termoelétrica Porto Itaqui-São Luís-Ma.** Subprograma de monitoramento da fauna terrestre – Herpetofauna. São Luís, 2015.

PERUQUETTI, R. C. et al. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 101-118, 1999.

PIORSKI, N. M.; CASTRO, A. C. L.; SOUSA NETO, A. M. Peixes do cerrado da região sul maranhense. In: Barreto, L. N. **Cerrado Norte do Brasil**. São Luís: USEB, 2007. p. 177-212.

PIORSKI, N. M.; FERREIRA, B. R. A.; GUIMARÃES, E. C.; OTTONI, F. P.; NUNES, J. L. S.; BRITO, P.
S. **Peixes do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. São Luís: Café & Lápis Editora UFMA, 2017.

PRUDENTE, M. R. C. et al. Avaliação das potencialidades e fragilidades das áreas de manguezal para a implementação do ecoturismo usando ferramentas de sensoriamento remoto em Cururupu – MA, Brasil. **Caminhos de Geografia,** v. 22, n. 17, p. 237-243, 2006.

RAMOS, T. P. A.; RAMOS, R. T. C.; RAMOS, S. A. Q. A. Ichthyofauna of the Parnaíba River basin, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2014.

REBÊLO, J. M. M.; SILVA, F. S. Distribuição das abelhas Euglossini (Hymenoptera: Apidae) no estado do Maranhão, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 3, p. 389-401, 1999.

RIBEIRO-JUNIOR M.A. Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. I. Dactyloidae, Hoplocercidae, Iguanidae, Leiosauridae, Polychrotidae, Tropiduridae. **Zootaxa**, v. 3983, p. 1–110, 2015.

RIBEIRO-JÚNIOR M.A. Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. II. Gekkonidae, Phyllodactylidae, Sphaerodactylidae. **Zootaxa**, v. 398, n. 1, p.1–55, 2015.

RYLANDS, A. B. Evaluation of the current status of federal conservation areas in the Tropical Rain Forest of the Brazilian Amazon. **Washington: World Wildlife Found**, v. 1, 1990.

SHIBATTA, O.A. Family Pseudopimelodidae. In: Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris, C.J. (Eds), Check **List of the freshwater fishes of South and Central America.** Porto Alegre: Edipucrs, 2003. p. 401–405.

SICK, H. **Ornitologia brasileira.** Rio de Janeiro: Ed. Nova fronteira, 1997. 912p.

SILVA, F. S.; REBÊLO, J. M. M. Euglossine Bees (Hymenoptera: Apidae) of Buriticupu, Amazonia of Maranhão, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 587–599, 1999.

SILVA, J. M.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. O destino das áreas de endemismo na Amazônia. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p.124-131, 2005.

SURVIVAL INTERNACIONAL. Awá: Earth's most threatened tribe. **Survival Internacional**, Londres 2015. Disponível em: < https://www.survivalinternational.org/awa>. Acesso em: 26 junho 2019.

TRINCA, C.T.; FERRARI, S. F.; LEES, A. C. Curiosity killed the bird: arbitrary hunting of Harpy Eagles Harpia harpyja on an agricultural frontier in southern Brazilian Amazonia. **Cotinga**, v.30, p. 12-15, 2008.

ZAYED, A. Bee genetics and conservation. **Apidologie**, v. 40, p. 237-262, 2009.

IX FLORA DO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

Ariadne Ennes Rocha (Coordenadora)
Eduardo Bezerra de Almeida Júnior
Francisca Helena Muniz
Jucivan Ribeiro Lopes
Elienê Pontes de Araújo
Hauanen Araújo Rocha
Geusa Fonseca Dourado
Isabela Pinho de Lucena
Danúbio Pinheiro Campo
Juliane Borralho de Andrade
Marlla Maria Barbosa Arouche

1 INTRODUÇÃO 392
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 393
2.1 Bioma Amazônico Maranhense 393
2.2 Geoprocessamento 394
2.3 Vegetação 399
2.3.1 Composição Florística 399
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 400
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 412
REFERÊNCIAS 413

1 INTRODUÇÃO

O Bioma Amazônico se localiza ao norte do continente sul-americano, de pouco mais de seis milhões de km^{2,} que se estima ser hoje a área total da Floresta Amazônica na América do Sul, distribuído entre a Venezuela, Suriname, Guianas, Bolívia, Colômbia, Peru, Equador e o Brasil (MMA, 2018). O Bioma Amazônico abrange no Brasil uma área em torno de 4.196.943 km^2 (IBGE, 2004a).

A vegetação predominante na Amazônia é a Floresta Ombrófila Densa, que corresponde a 41,67% do bioma. Desses, cerca de 12,47% foram alterados por ação humana, sendo que 2,97% encontram-se em recuperação em estágios diferentes de desenvolvimento, descrito como Vegetação Secundária; e 9,50% encontram-se com uso agrícola ou pecuária (Tabela 1). A Vegetação Nativa Não-Florestal corresponde às Formações Pioneiras, Refúgios Ecológicos, Campinarana Arbustiva e Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque e Gramíneo-Lenhosa, Savana Estépica Parque e Gramíneo-Lenhosa (MMA, 2018).

Tabela 1 - Caracterização do Bioma Amazônico por Região Fitoecológica Agrupada

Região Fitoecológica Agrupada	%
Vegetação Nativa Florestal	80,76
Vegetação Nativa Não-Florestal	4,23
Áreas Antrópicas	9,50
Vegetação Secundária	2,97
Água	2,55
Total	100,00

Fonte: MMA (2018)

Dos 331.983 km² do Estado do Maranhão, 110,4 mil km^2 foram cobertos pelo Bioma Amazônico, sendo 75% da cobertura florestal com uso, principalmente, para a agricultura e pecuária (INPE, 2016). A taxa de desmatamento da floresta amazônica caiu desde 2008, no Maranhão, e a maior parte da perda recente de floresta é devido ao corte ilegal, incluindo o desmatamento das Áreas Protegidas (ICMBIO, 2015; ISA, 2017).

O Bioma Amazônico é reconhecido como um repositório de serviços ecológicos, não só para os povos indígenas e as comunidades tradicionais, mas também para o restante do mundo. No entanto, à medida que as florestas são queimadas ou retiradas e o processo de aquecimento global é intensificado, o

desmatamento da Amazônia gradualmente desmonta os frágeis processos ecológicos que levaram anos para serem construídos e refinados.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Bioma Amazônico Maranhense

O Maranhão realizará seus estudos de ZEE, compreendendo uma área de 137.967,09 km^2 que corresponde a 108 municípios, considerando-se a área total de cada município (Tabela 2).

Tabela 2 - Municípios maranhenses, área total, área no Bioma Amazônico, percentual da área total do município no Bioma Amazônico, ZEE-MA

Nº	Nome	Área (km^2)	%	Nº	Nome	Área (km^2)	%
1	AÇAILÂNDIA	5883,87	4,25	55	LUI•S DOMINGUES	449,499	0,32
2	ALCÂNTARA	1117,192	0,81	56	MARACAÇUMÉ	644,409	0,47
3	ALTAMIRA DO MARANHÃO	682,038	0,49	57	MARAJÁ DO SENA	1421,3	1,03
4	ALTO ALEGRE DO PINDARÉ	1958,165	1,41	58	MARANHÃOZINHO	771,205	0,56
5	AMAPÁ DO MARANHÃO	509,194	0,37	59	MATINHA	414,223	0,30
6	AMARANTE DO MARANHÃO	7537,16	5,44	60	MIRANDA DO NORTE	345,681	0,25
7	ANAJATUBA	942,871	0,68	61	MIRINZAL	695,511	0,50
8	APICUM-AÇU	311,305	0,22	62	MONÇÃO	1256,568	0,91
9	ARAGUANÃ	816,021	0,59	63	MORROS	1736,946	1,25
10	ARAME	3015,676	2,18	64	NOVA OLINDA DO MARANHÃO	2485,619	1,79
11	ARARI	1078,79	0,78	65	OLHO D'ÁGUA DAS CUNHÃS	704,643	0,51
12	AXIXÁ	151,39	0,11	66	OLINDA NOVA DO MARANHÃO	200,293	0,14
13	BACABAL	1705,592	1,23	67	PAÇO DO LUMIAR	122,771	0,09
14	BACABEIRA	526,765	0,38	68	PALMEIRÂNDIA	539,325	0,39
15	BACURI	753,774	0,54	69	PAULO RAMOS	1184,218	0,85
16	BACUTIRUBA	432,398	0,31	70	PEDRO DO ROSÁ•RIO	1773,414	1,28
17	BELA VISTA DO MARANHÃO	149,944	0,11	71	PENALVA	811,062	0,59
18	BEQUIMÃO	770,581	0,56	72	PERI MIRIM	404,09	0,29
19	BOA VISTA DO GURUPI	408,89	0,30	73	PINDARÉ MIRIM	277,194	0,20
20	BOM JARDIM	6678,852	4,82	74	PINHEIRO	1532,685	1,11
21	BOM JESUS DAS SELVAS	2714,829	1,96	75	PIO XII	552,45	0,40
22	BOM LUGAR	451,431	0,33	76	PORTO RICO DO MARANHÃO	218,346	0,16
23	BREJO DE AREIA	1037,269	0,75	77	PRESIDENTE JUSCELINO	359,463	0,26
24	BURITICUPU	2579,385	1,86	78	PRESIDENTE MÉDICI	443,562	0,32
25	BURITIRANA	829,287	0,60	79	PRESIDENTE SARNEY	733,909	0,53
26	CÂNDIDO MENDES	1597,021	1,15	80	PRESIDENTE VARGAS	465,551	0,34
27	CACHOEIRA GRANDE	715,099	0,52	81	RAPOSA	59	0,04
28	CAJAPIÓ	512,325	0,37	82	ROSÁ•RIO	611,306	0,44
29	CAJARI	670,216	0,48	83	SÃO BENTO	475,207	0,34
30	CARUTAPERA	1185,325	0,86	84	SÃO FRANCISCO DO BREJÃO	755,528	0,55
31	CEDRAL	285,909	0,21	85	SÃO JOÃO BATISTA	606,047	0,44
32	CENTRAL DO MARANHÃO	318,282	0,23	86	SÃO JOÃO DO CARÚ	920,28	0,66
33	CENTRO DO GUILHERME	1183,584	0,85	87	SÃO JOSÉ DE RIBAMAR	177,344	0,13
34	CENTRO NOVO DO MARANHÃO	8482,342	6,12	88	SÃO LUÍ•S	553,053	0,40
35	CIDELÂNDIA	1483,534	1,07	89	SÃO LUÍ•S GONZAGA DO MARANHÃO	921,317	0,66

36	CONCEIÇÃO DO LAGO-AÇÚ	743,039	0,54	90	SÃO MATEUS DO MARANHÃO	793,714	0,57
37	CURURUPU	1150,219	0,83	91	SÃO PEDRO DA ÁGUA BRANCA	730,096	0,53
38	GODOFREDO VIANA	652,457	0,47	92	SÃO VICENTE FÉRRER	386,149	0,28
39	GOVERNADOR NEWTON BELO	1159,404	0,84	93	SANTA HELENA	2223,735	1,60
40	GOVERNADOR NUNES FREIRE	1051,115	0,76	94	SANTA INÊS	608,53	0,44
41	GRAJAÚ	8980,927	6,48	95	SANTA LUZIA	4844,129	3,50
42	GUIMARÃES	473,311	0,34	96	SANTA LUZIA DO PARUÁ	1024,12	0,74
43	HUMBERTO DE CAMPOS	1659,199	1,20	97	SANTA RITA	699,884	0,51
44	ICATU	1058,667	0,76	98	SATUBINHA	447,72	0,32
45	IGARAPÉ DO MEIO	373,622	0,27	99	SENADOR LA ROCQUE	748,357	0,54
46	IMPERATRIZ	1387,18	1,00	100	SERRANO DO MARANHÃO	1169,444	0,84
47	ITAIPAVA DO GRAJAÚ	1255,394	0,91	101	TUFILÂNDIA	274,64	0,20
48	ITAPECURU-MIRIM	1491,197	1,08	102	TURIAÇÚ	2563,545	1,85
49	ITINGA DO MARANHÃO	3629,618	2,62	103	TURILÂNDIA	1521,645	1,10
50	JOÃO LISBOA	1150,307	0,83	104	VIANA	1107,852	0,80
51	JUNCO DO MARANHÃO	562,564	0,41	105	VILA NOVA DOS MARTÍ•RIOS	1204,61	0,87
52	LAGO DA PEDRA	1256,992	0,91	106	VITÓRIA DO MEARIM	726,34	0,52
53	LAGO DO JUNCO	332,914	0,24	107	VITORINO FREIRE	1209,348	0,87
54	LAGO VERDE	631,595	0,46	108	ZÉ DOCA	2168,861	1,57

ÁREA BIOMA/MARANHÃO	**138.551,765**	**41,75**	**ÁREA ESTADO DO MARANHÃO**	**331.859,075**	**100**

Obs: As massas d'água litorâneas não foram consideradas no cálculo de áreas para o Bioma Amazônico no Maranhão.
Fontes: IBGE (2004), IMESC (2015), Embrapa Satélite (2016) e NUGEO/UEMA (2016).

2.2 Geoprocessamento

De acordo com Formigoni et al. (2011), o uso de geoprocessamento e a utilização de produtos e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) para o monitoramento da cobertura vegetal são fundamentados na necessidade de análise dos recursos vegetais, tendo em vista sua vasta contribuição na análise temporal que permite a obtenção e o acompanhamento de informações como a identificação e distribuição das tipologias vegetais, fenologia, composição do dossel, alterações por estresse e as mudanças de uso do solo. Tais ferramentas tornam-se instrumentos poderosos de análise, acompanhamento da dinâmica de uso e ocupação do solo na escala temporal.

Para o IBGE (2012), ao longo do tempo, as ferramentas de geoprocessamento passaram por consideráveis mudanças, resultantes principalmente da adoção de recursos de *hardwares* e *softwares* que possibilitam a interpretação e o mapeamento digital da vegetação. O conhecimento destes tópicos é considerado essencial para aqueles que estudam, pesquisam ou mapeiam as fisionomias vegetais do Brasil nos diversos níveis de levantamento, desde o regional até o de semidetalhe.

Assim, neste processo evolutivo de mapeamento temático, as técnicas de interpretação também foram sendo aprimoradas e modernizadas, paralelamente aos desenvolvimentos tecnológicos e científicos que possibilitam o mapeamento digital da vegetação, pois se acredita que tanto estes processos como a própria vegetação apresentam um caráter dinâmico (IBGE, 2012).

As atividades de geoprocessamento foram realizadas no Laboratório de Geoprocessamento da UEMA, tais como: coleta de dados secundários, resolução espacial adequada, levantamento de mapeamentos existentes, material bibliográfico pertinente, cartas DSG, cartas topográficas, aquisição de imagens de satélite, processamento digital de imagens, interpretação preliminar, atividades de campo, reinterpretação, verificação do cruzamento de dados, validação topológica e mapa final.

Foram determinados parâmetros técnicos de mapeamento adotados na execução do trabalho, tais como:

(i) unidade mínima de mapeamento (UMM) de 40 ha, em função da escala final do mapeamento, 1:250.000;

(ii) acurácia de classificação (acurácia temática) com limiar mínimo de 85% de acerto;

(iii) arquivos digitais em formato *shapefile,* produto, em versão final, entregue com consistência topológica (inexistência de sobreposição entre polígonos, de vazios entre polígonos, de polígonos com área zero, de laços nos arcos, de polígonos sem classe etc.);

(vi) classificação das tipologias vegetais, de acordo com o Manual Técnico de Vegetação do IBGE (2012).

A execução das atividades ocorreu em duas fases:

a) Primeira Fase:

As informações foram organizadas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando-se o *software* SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo INPE (SP) e o QGIS que é um *software* livre / *open source* multiplataforma de sistema de georreferenciamento (GIS) que provê visualização, edição e análise de dados georreferenciado.

Foi realizada uma análise da composição vegetal existente da década de 1984, 2000 e 2017, com base nos mapas fitoecológicos do Projeto RADAMBRASIL.

Para ser comparada com as tipologias da vegetação atual (Tabela 3), utilizando imagens de satélite (Landsat-8/OLI) (Tabela 4) adquiridas no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e na plataforma digital do *United States Geological Survey* (USGS).

Tabela 3 - Modelo de interpretação de alvos para identificação das classes de cobertura da terra em imagens Landsat-8/OLI

Classe	Imagem Landsat-8	Fotografia
Agricultura		
Silvicultura		

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

Tabela 4 - Descrição das cenas do satélite LANDSAT que recobrem a Amazônia Maranhense.

Satélite	ensor	Cenas (Órbita/Ponto)	Ano de Referência
Landsat-8	OLI	222/61; 221/61; 222/62; 221/62; 220/62; 223/63222/63; 221/63; 220/63223/64; 222/64; 221/64	2016/2017

Fonte: Registros da Pesquisa (2018)

A construção do banco de dados teve início com a definição do Modelo Conceitual e de Projetos, sendo observados os seguintes aspectos: a base cartográfica fornecida pelo IMESC e cartas produzidas pela Diretoria de Serviços Geográfico-DSG (Escala 1:100.00).

A base de dados foi constituída com diferentes características cartográficas que englobam a área de estudo, e elaborados os planos de informação correspondentes aos mapas temáticos. Todos os planos foram gerados na mesma escala (1:250.000) e projeção Universal Transverso de Mercator - UTM (*Universal Transverse de Mercator*), datum *SIRGAS* 2000, dos respectivos projetos no formato vetorial e raster.

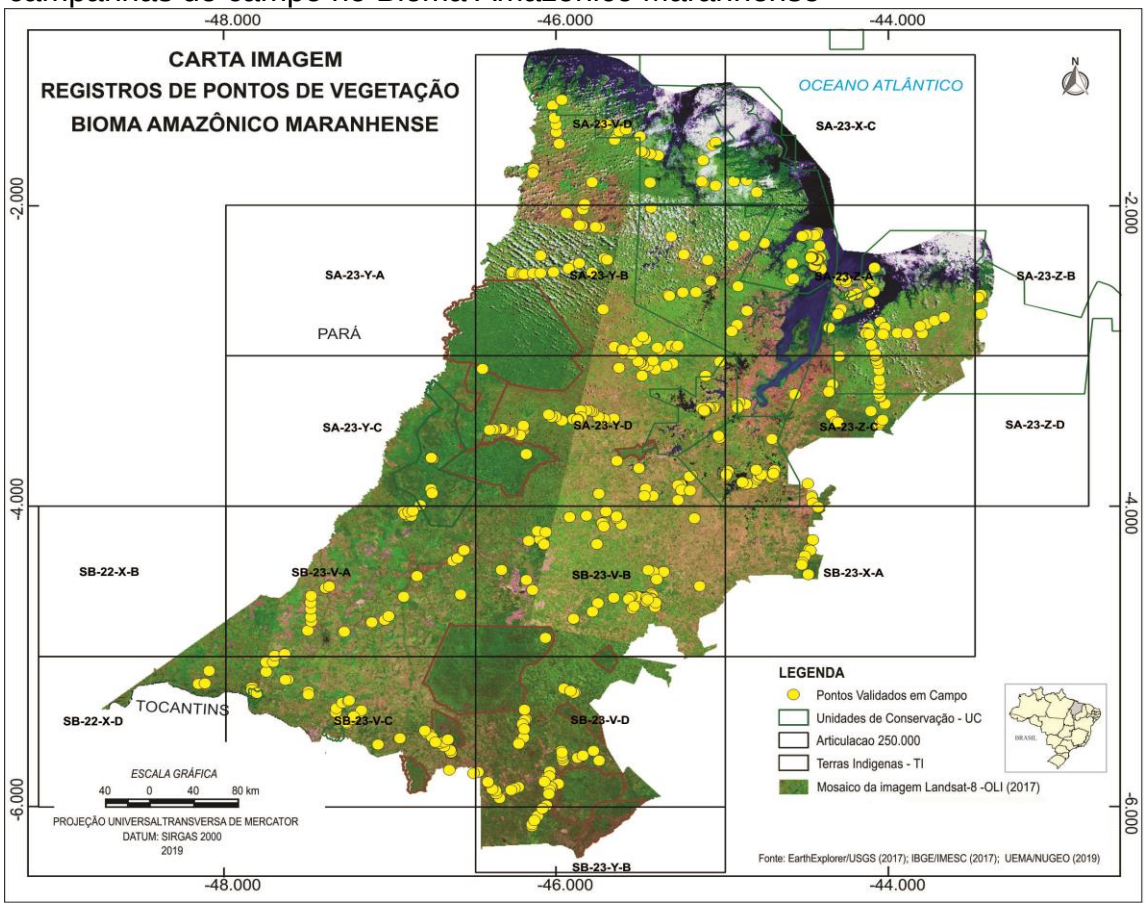
O mapa de vegetação constará as seguintes informações: identificação do tipo de cobertura vegetal, com indicação de remanescentes da cobertura vegetal originária.

b) Segunda Fase

A segunda fase diz respeito ao trabalho de campo que se consistiu na coleta de dados *in loco*. O procedimento metodológico para mapeamento das tipologias vegetais foi determinado pela equipe executora considerando os padrões e a representatividade das áreas de vegetação que possuem características do Bioma Amazônico. Assim, foi realizada a validação das classes encontradas de vegetação, utilizando o receptor de GPS, e posterior adequação com a legenda preliminar.

Foram amostrados 622 pontos em 17 folhas, variando entre 3 a 160 pontos de amostragem por folha, obtendo um valor médio de 37 pontos de amostragem que estão representados na Figura 1. Os resultados obtidos na etapa de campo, associados às informações bibliográficas e dados secundários sistematizados, subsidiaram a base de dados final.

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de amostragem realizados nas campanhas de campo no Bioma Amazônico Maranhense



2.3 Vegetação

O trabalho de campo consistiu-se de coleta de dados *in loco* para validação das classes encontradas de vegetação e posterior adequação com a legenda preliminar. Nessa fase fundamental para o reconhecimento da realidade de campo foram coletadas informações utilizando-se receptores de GPS para localização das unidades mapeadas. A fim de atingir os objetivos propostos neste projeto, a metodologia para as coletas florísticas e fitossociológicas foi dividida em diferentes etapas, de acordo com os procedimentos metodológicos descritos a seguir:

2.3.1 Composição Florística

Inicialmente, foi feito um diagnóstico das coletas pré-existentes, ou seja, uma avaliação do número de espécimes já coletados nos municípios selecionados, tomando como base os registros dos Herbários. Este diagnóstico é importante para priorizar áreas de coletas e ampliar os registros em áreas pouco visitadas.

Figura 2 - Expedição realizada pela Equipe Flora ZEE-MA na Região Sul do Bioma Amazônico.



Fonte: Pontes (2018)

Os materiais botânicos coletados foram distribuídos, pelo menos um exemplar de cada coleta, entre os herbários das Instituições de Ensino Superior da

equipe participante do projeto. Diante disso, as exsicatas montadas compuseram os acervos do Herbário Rosa Mochel (SLUI), da Universidade Estadual do Maranhão (Muniz & Leite, 2015) e do Herbário do Maranhão (MAR) da Universidade Federal do Maranhão (Almeida Jr., 2015). Os nomes das espécies fornecidas pelos identificadores foram armazenados no banco de dados. A listagem das espécies seguiu o sistema de classificação proposto pelo APG IV (2016).

As informações seguem o modelo de outros acervos com esse tipo de informatização gerando uniformidade nos dados armazenados. A atualização contribuirá para robustez da lista de espécies e para direcionar novas coletas, além de contribuir para a elaboração da Flora do Maranhão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante as campanhas de campo no território delimitado como Bioma Amazônico, com registro dos tipos de vegetação e usos observados, classificados de acordo com o Manual de Vegetação do IBGE (2012), foi possível registrar 31 tipos de classes entre tipos de vegetação, bem como uso e cobertura.

O tipo de vegetação com maior área proporcional foi Vegetação Secundária com palmeiras, abrangendo uma área de 34.064 km², equivalente a 24,69% da área total do Bioma Amazônico Maranhense, seguido da tipologia Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras, com 33.839 (24,53%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Listagem dos tipos de vegetação e uso e cobertura do Bioma Amazônico Maranhense, ZEE/MA

CLASSES	SIGLA	AREA km²	%
Vegetação Secundária com palmeiras	Vsp	34.064	24,69
Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras	Ap+Vsp	33.839	24,53
Pastagem	Ap	11.176	8,10
Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente	Dse	11.142	8,08
Agricultura	Ac	11.112	8,05
Formação Pioneira com Influência fluviomarinha arbórea	Pfm	5.551	4,02
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras	Db+Vss	5.458	3,96
Formação Pioneira com Influência Fluvial/ Lacustre Herbácea	Pah	4.878	3,54
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Fs	3.537	2,56
Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura com culturas cíclicas	Vsp+Acc	2.917	2,11
Formação Pioneira com Influência marinha arbustiva	Pmb	1.963	1,42

CLASSES	SIGLA	AREA km²	%
Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre arburtiva	Da+Paa	1.615	1,17
Vegetação Secundária e Agropecuária	Vs+Ag	1.371	0,99
Savana Parque	Sp	1.344	0,97
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da	1.320	0,96
Floresta Ombrófila Densa Submontana e Vegetação Secundária com palmeiras	Ds+Vsp	1.276	0,93
Savana Arborizada	Sa	1.232	0,89
Florestamento/ Reflorestamento	R	800	0,58
Influência Urbana	Iu	761	0,55
Água	Agua	661	0,48
Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre	Pa	483	0,35
Campinarana Arborizada sem palmeiras	Las	442	0,32
Savana Florestada	Sd	440	0,32
Floresta Ombrófila Densa Aluvial+ Vegetação Secundária com palmeiras+Agricultura com culturas cíclicas	Da+Vsp+Acc	244	0,18
Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Vegetação Secundária com palmeiras	Da+Vsp	218	0,16
Dunas	Dn	196	0,14
Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Savana Florestada e Vegetação Secundária com palmeiras	SNc_Fs_Sd_Vsp	161	0,12
Vegetação Secundária sem palmeiras	Vss	81	0,06
Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre arbustiva	Pap	73	0,05
Contato Savana e Floresta Estacional	SN	60	0,04
Vegetação Secundária sem palmeiras e Pastagem	Vss+Ap	32	0,02

Fonte: Registros da Pesquisa (2019)

Para avaliação específica dos tipos de vegetação do Bioma Amazônico foram excluídos os usos e coberturas que não estavam associados a tipos de vegetação. Após a exclusão, ocorreu uma redução para 26 classes (Tabela 6), perfazendo 144.541,55 (83,02% da área do Bioma Amazônico).

Tabela 6 - Listagem dos tipos de vegetação do Bioma Amazônico Maranhense, ZEE/MA

CLASSES	SIGLA	AREA km²	%
Vegetação Secundária com palmeiras	Vsp	34.064,42	29,74
Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras	Ap+Vsp	33.839,02	29,54
Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente	Dse	11.142,41	9,73
Formação Pioneira com Influência fluviomarinha arbórea	Pfm	5.550,97	4,85
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras	Db+Vss	5.457,96	4,77
Formação Pioneira com Influência Fluvial/ Lacustre Herbácea	Pah	4.877,65	4,26
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Fs	3.537,44	3,09
Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura com culturas cíclicas	Vsp+Acc	2.916,67	2,55
Formação Pioneira com Influência marinha arbustiva	Pmb	1.962,64	1,71

CLASSES	SIGLA	AREA km²	%
Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre arburtiva	Da+Paa	1.614,98	1,41
Vegetação Secundária e Agropecuária	Vs+Ag	1.370,67	1,2
Savana Parque	Sp	1.343,62	1,17
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Da	1.320,46	1,15
Floresta Ombrófila Densa Submontana e Vegetação Secundária com palmeiras	Ds+Vsp	1.276,25	1,11
Savana Arborizada	Sa	1.232,29	1,08
Florestamento/ Reflorestamento	R	799,76	0,7
Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre	Pa	482,74	0,42
Campinarana Arborizada sem palmeiras	Las	442,35	0,39
Savana Florestada	Sd	440,00	0,38
Floresta Ombrófila Densa Aluvial+ Vegetação Secundária com palmeiras+Agricultura com culturas cíclicas	Da+Vsp+Acc	244,05	0,21
Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Vegetação Secundária com palmeiras	Da+Vsp	218,27	0,19
Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Savana Florestada e Vegetação Secundária com palmeiras	SNc_Fs_Sd_Vsp	161,43	0,14
Vegetação Secundária sem palmeiras	Vss	80,80	0,07
Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre arbustiva	Pap	72,63	0,06
Contato Savana e Floresta Estacional	SN	60,10	0,05
Vegetação Secundária sem palmeiras e Pastagem	Vss+Ap	31,97	0,03
Área Total das classes de vegetação		114.541,55	83,02
Área Total do Bioma Amazônico		137.967,09	100

Fonte: Registros da Pesquisa (2019)

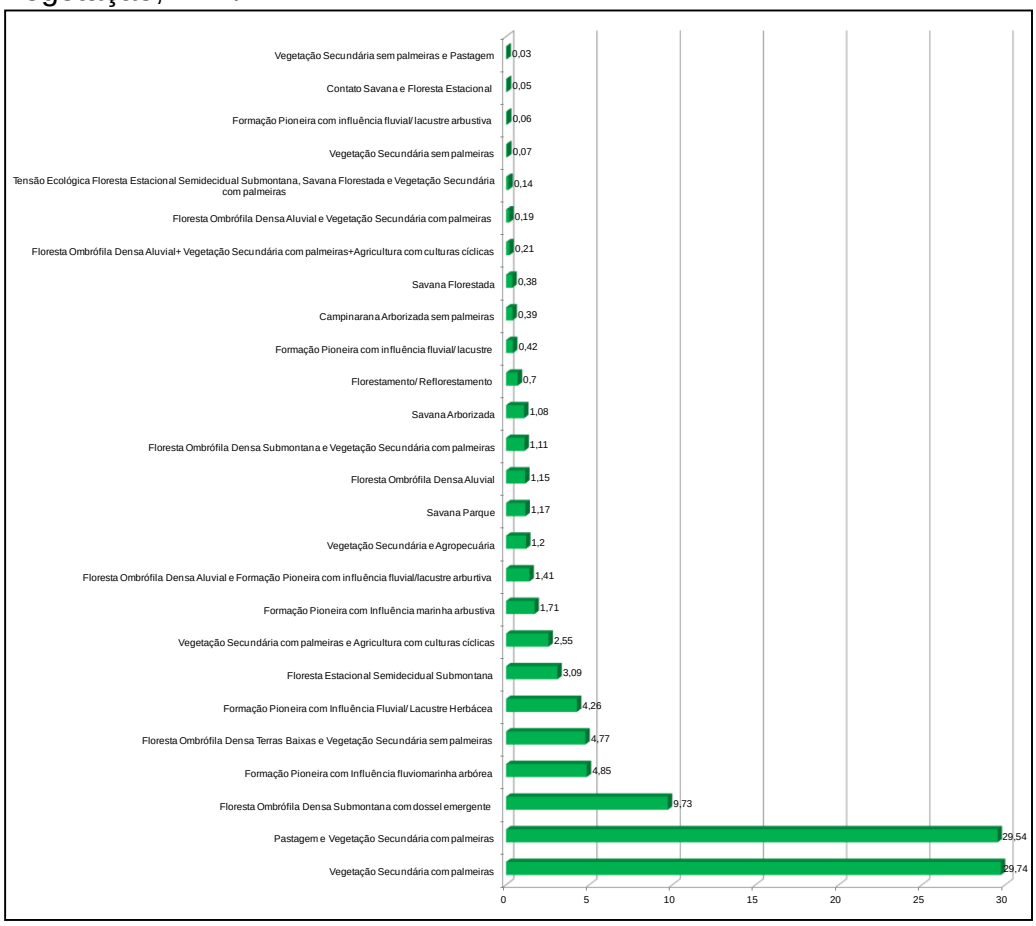
Os tipos de vegetação com maior representação no território do Bioma Amazônico Maranhense foram Vegetação secundária com palmeiras, com 34.064,42 km² (29,74%) e Pastagem e Vegetação secundária com palmeiras, com 33.839,02 km² (29,54%) (Figura 3); Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha arbórea (5.550,97 km², 4,85%), Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras (5.457,96 km², 4,77%), Formação Pioneira com Influência Fluvial/Lacustre herbáceae (4.877,65 km², 4,26%), Floresta Estacional Semidecidual submontana (3.537,44 km², 3,09%) e Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura com culturas cíclicas (2.916,67 km², 2,55%) (Figura 4).

Figura 3 - Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras de babaçu em Cajari (Coordenada Geográfica: S03º20’58”; W45º04’15”, 16m, 05/02/18)



Fonte: Rocha (2018)

Figura 4 - Percentual de área do Bioma Amazônico ocupado por tipo de vegetação, ZEE/MA



Fonte: Registros da Pesquisa (2019)

A Vegetação Secundária isolada ou associada formando mosaicos com outros tipos de vegetação ou usos corresponde a 68,55% da área do Bioma Amazônico (Tabela 7).

Tabela 7 - Expressão em percentual da Vegetação Secundária com ou sem associada a outros tipos de vegetação ou usos, ZEE/MA

CLASSES	%
Vegetação Secundária com palmeiras	29,74
Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras	29,54
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras	4,77
Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura com culturas cíclicas	2,55
Vegetação Secundária e Agropecuária	1,2
Floresta Ombrófila Densa Submontana e Vegetação Secundária com palmeiras	1,11
Floresta Ombrófila Densa Aluvial+ Vegetação Secundária com palmeiras+Agricultura com culturas cíclicas	0,21
Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Vegetação Secundária com palmeiras	0,19
Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Savana Florestada e Vegetação Secundária com palmeiras	0,14
Vegetação Secundária sem palmeiras	0,07
Vegetação Secundária sem palmeiras e Pastagem	0,03
Área percentual do Bioma Amazônico Maranhense	69,55

Fonte: Registros da Pesquisa (2019)

Figura 5 - Vegetação secundária em Marajá do Sena (Coordenada Geográfica: S04º40’17”; W45º32’57”, 95m, 24/09/17)



Fonte: Almeida Junior (2018)

As espécies vegetais provenientes das áreas de vegetação secundária, ambiente localmente conhecido como **capoeiras** e **matas** diferenciam-se pelo porte da vegetação, são exploradas pela comunidade com objetivos diversificados, como: extração de madeira de alto valor comercial, de madeira para construção rural de baixo valor comercial, de madeira para lenha, alimentação humana, alimentação de animal de criação, alimentação da fauna silvestre, coleta de extrativos de uso medicinal, condimento e artesanato, o que consagra a importância desses recursos naturais para a comunidade, além de evidenciar a importância das capoeiras para conservação da biodiversidade.

As espécies presentes na vegetação secundária contribuem para a manutenção da fauna silvestre local, constituindo importante fonte de alimento e abrigo. A manutenção de espécies como babaçu, embaúba, jatobá, sapucaia, sapucainha, macaúba, inajá, ingá, juçara, bacuri, murta, murici, mirim, mangaba, amescla, goiabinha, mutamba, pente de macaco, pau de gafanhoto, piqui, pitomba, pitomba de leite, fava d'anta, tucum e tuturubá, contribui para a alimentação da fauna silvestre.

O tipo de vegetação denominada de Savana, observada no Bioma Amazônico Maranhense, é formada por Savana Parque, Arborizada e Florestada (Tabela 8), compreendendo um percentual de 2,82% da área total do bioma.

Tabela 8 - Expressão em percentual da Savana com ou sem associada a outros tipos de vegetação ou usos, ZEE/MA.

CLASSES	%
Savana Parque	1,17
Savana Arborizada	1,08
Savana Florestada	0,38
Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana, Savana Florestada e Vegetação Secundária com palmeiras	0,14
Contato Savana e Floresta Estacional	0,05
Área percentual do Bioma Amazônico Maranhense	2,82

Fonte: Registros da Pesquisa (2019)

O mapa com a distribuição dos tipos de vegetação identificadas na área do Bioma Amazônico está representado na Figura 6.

Figura 6 - Mapa de distribuição dos tipos de vegetação do Bioma Amazônico, ZEE/MA

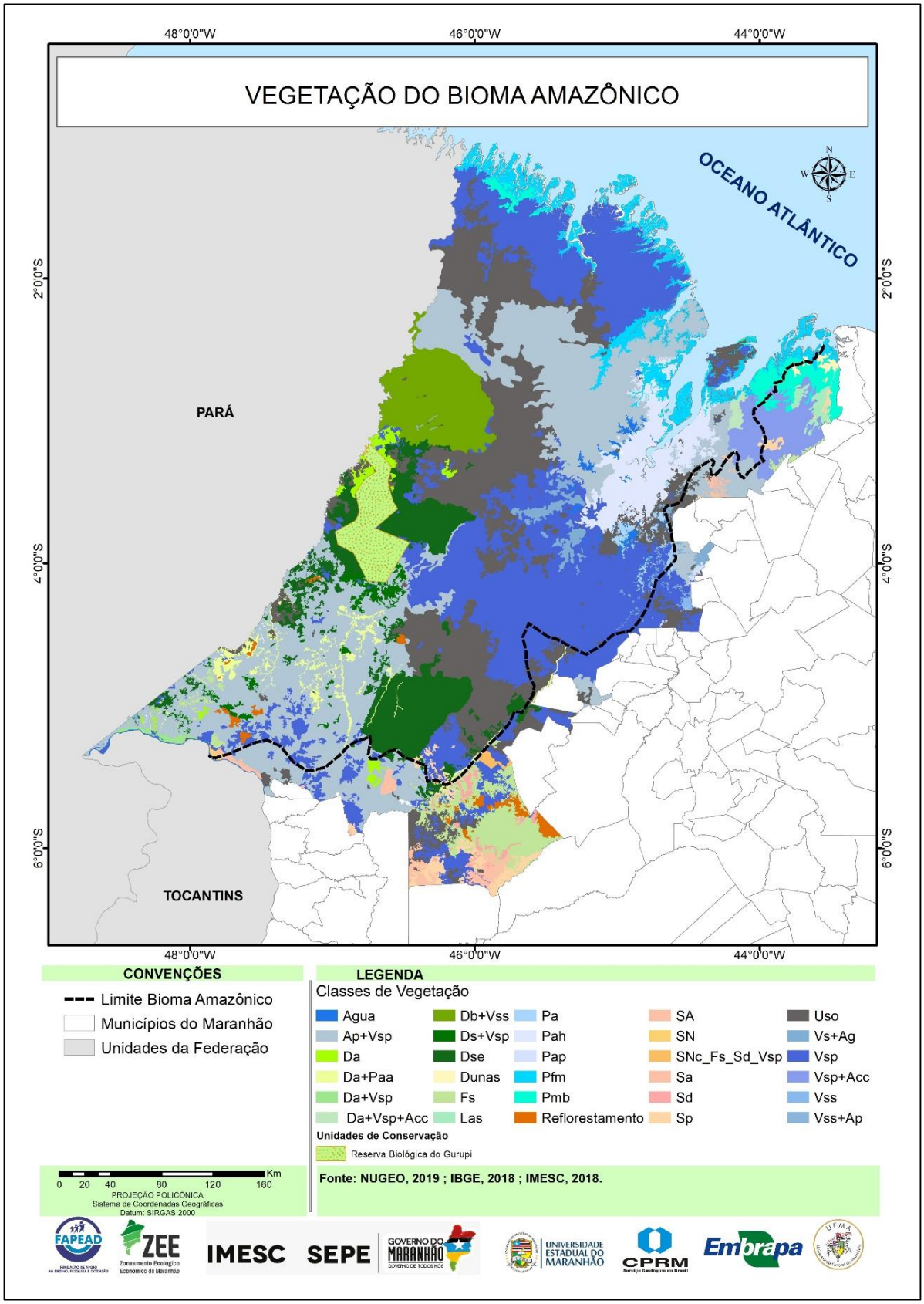


Tabela 3 - Siglas e nomes das Classes de Vegetação

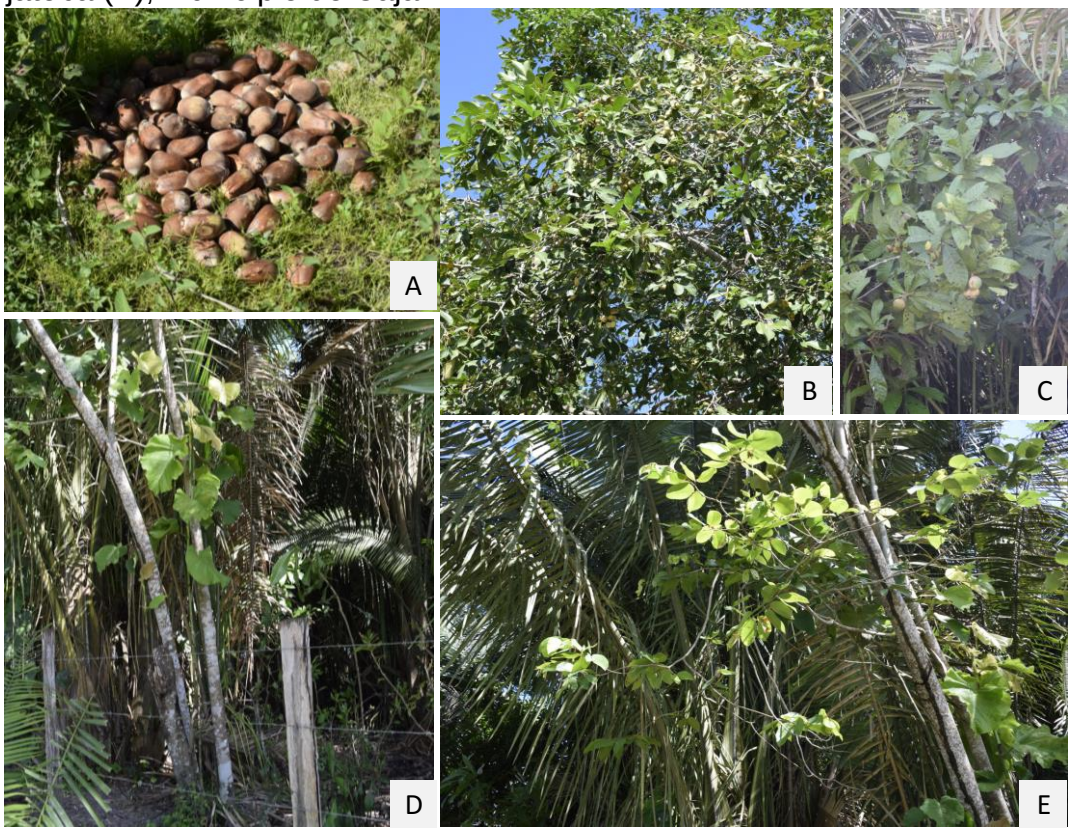
Legenda	Classes de Vegetação
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial
Da+Paa	Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre arbustiva
Da+Vsp	Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Vegetação Secundária com palmeiras
Da+Vsp+Acc	Floresta Ombrófila Densa Aluvial+ Vegetação Secundária com palmeiras+ Agricultura com culturas cíclicas
Db+Vss	Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana
Ds+Vsp	Floresta Ombrófila Densa Submontana e Vegetação Secundária com palmeiras
Dse	Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana
Las	Campinarana Arborizada sem palmeiras
Pa	Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre
Pah	Formação Pioneira com Influência Fluvial/ Lacustre Herbácea
Pahs	Formação Pioneira com Influência fluvial/ lacustre herbácea sem palmeira
Pap	Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre arbustiva
Pf	Formação Pioneira com Influência fluviomarinha
Pfm	Formação Pioneira com Influência fluviomarinha arbórea
Pm	Formação Pioneira com influência marinha
Pmb	Formação Pioneira com Influência marinha arbustiva
R	Florestamento/ Reflorestamento
Sa	Savana Arborizada
Sd	Savana Florestada
SN	Contato Savana e Floresta Estacional
Sp	Savana Parque
Sps	Savana Parque Sem Floresta de Galeria
SNc/Fs+Sd+V	Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana+Savana Florestada +Vegetação Secundária com palmeiras
Vs	Vegetação Secundária
Vs+Ag	Vegetação Secundária e Agropecuária
Vsp	Vegetação Secundária com palmeiras
Vsp+Acc	Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura com culturas cíclicas
Vss	Vegetação Secundária sem palmeiras
Vss+Ap	Vegetação Secundária sem palmeiras e Pastagem
Ap+Vsp	Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras

Os fragmentos de vegetação primárias associados à Vegetação Secundária são importantes coberturas para o solo, permitindo redução de processos erosivos, abastecimento de lençol freático, manutenção da fauna silvestre, atividade de extrativismo por comunidade do entorno, entre outros benefícios.

As espécies que ocorrem em vegetação secundária são úteis para manutenção da fauna silvestre local, como fontes de alimento e abrigo. As espécies

como babaçu, embaúba, genipapo, goiabinha, manga, mutamba, pente de macaco, pau de gafanhoto, piqui, pitomba, pitomba de leite, tucum e tuturubá ocorrem em vegetação secundária e primária (Figura 7).

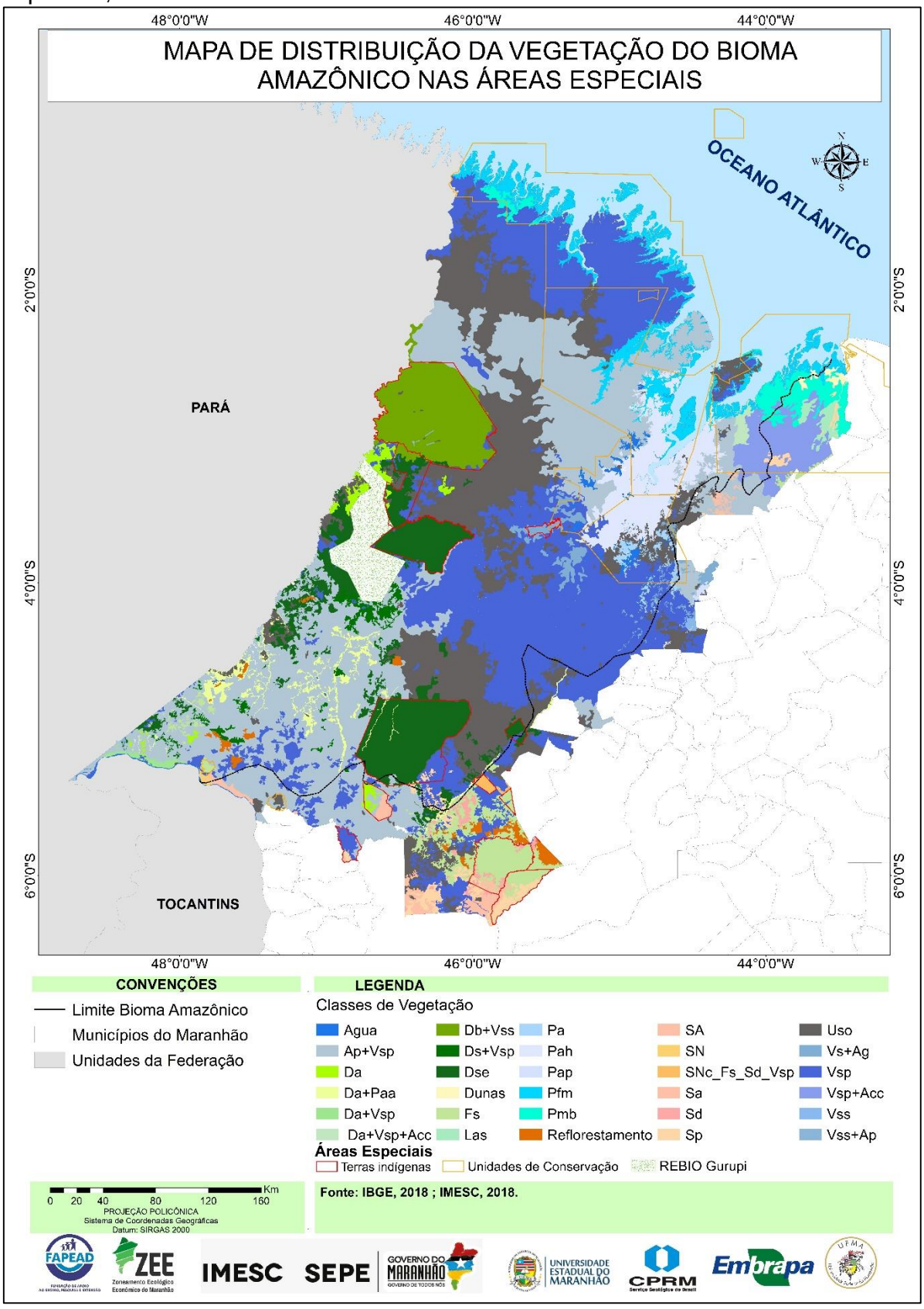
Figura 7 - Ocorrência de babaçu (A), ingá (B), geniparana (C), croaçu (D) e jatobá (E), município de Cajari - MA



Fonte: Rocha (2019)

As áreas do Bioma Amazônico conservadas estão dentro das Tribos Indígenas – TI's, seguida das Unidades de Conservação - UC (Figura 8). A demarcação como Unidades de Conservação não condicionam a preservação da vegetação, com focos de desmatamento, uso agropecuário e exploração de madeira.

Figura 8 - Mapa da distribuição da vegetação do Bioma Amazônico nas áreas especiais, ZEE/MA



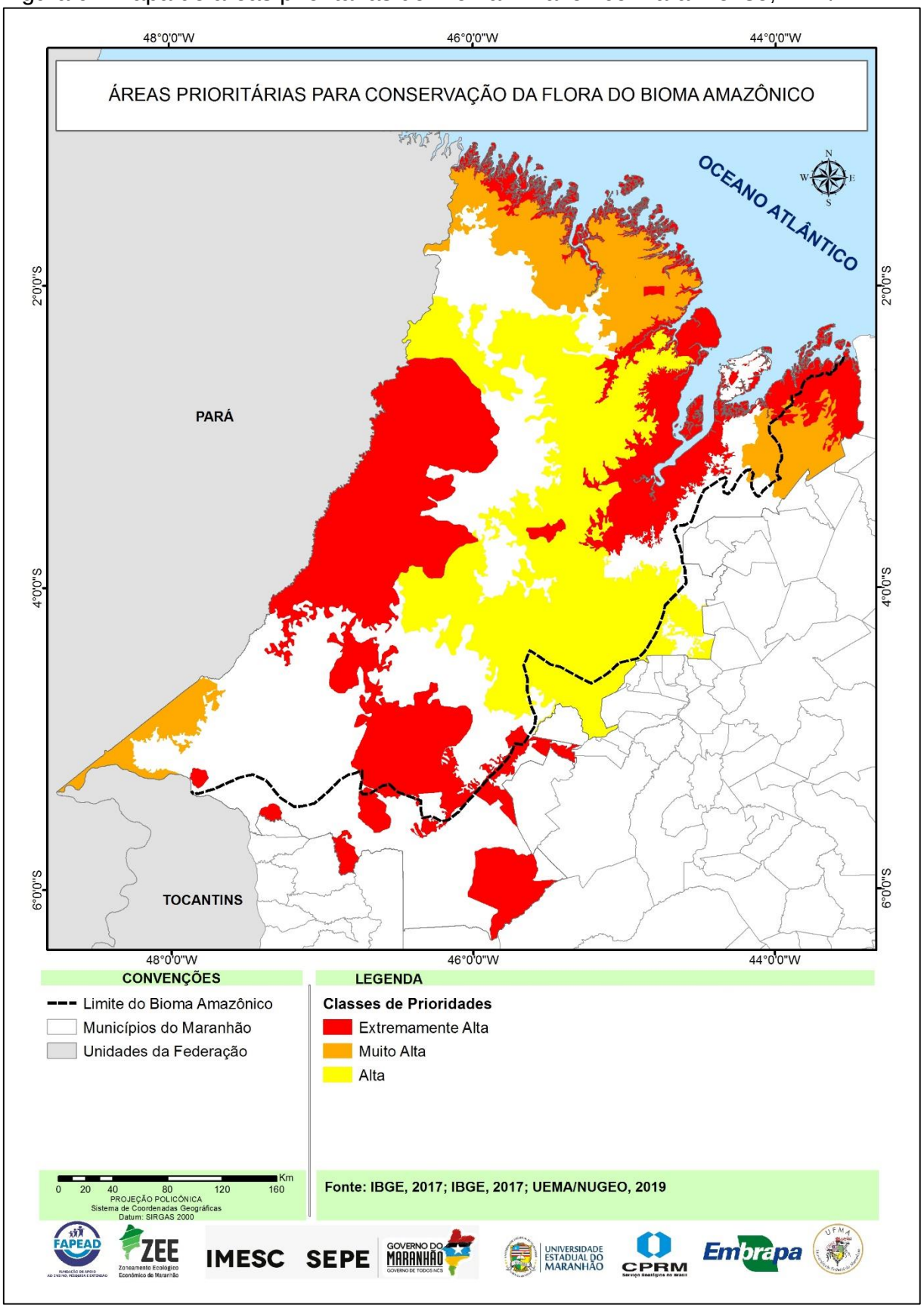
As Terras Indígenas: Alto Turiaçú (530.525ha), Awá (118.000ha), Carú (172.667ha) e a Reserva Biológica do Gurupi (278.000 ha), devido às suas dimensões e por se apresentarem de forma contígua, são importantes áreas que devem ser preservadas no Bioma Amazônico Maranhense.

A Reserva Biológica do Gurupi (Rebio do Gurupi) é a única unidade de conservação de floresta Amazônica de uso indireto do Estado. A identificação das atividades antrópicas existentes na Reserva Biológica do Gurupi e sua localização espacial na UC são essenciais para o planejamento adequado das atividades de gestão territorial e ambiental desta área protegida e da Amazônia Maranhense (REBIO, 1999).

A região do Gurupi é constituída por seis Terras Indígenas e uma Unidade Conservação (Reserva Biológica do Gurupi), potencial formador de um mosaico proposto por Celentano et al (2018). O “Mosaico Gurupi” seria composto pela Reserva Biológica (Rebio) do Gurupi no Maranhão, e pelas TI Alto Turiaçu, Awá, Caru, Rio Pindaré e Arariboia (no Maranhão) e pela TI Alto Rio Guamá (no Pará), compondo uma área de 17,9 mil km², tendo como área de influência 46,4 mil km².

A vegetação remanescente, primária e secundária, foi selecionada quanto a importante associação com a proteção dos recursos hídricos, Terras Indígenas e Unidades de Conservação (Figura 9).

Figura 9 - Mapa de áreas prioritárias do Bioma Amazônico Maranhense, ZEE/MA



As áreas descritas como prioritárias foram subdivididas em três classes: Extremamente Alta, Alta e Muito Alta, representando 31,3%, 23,08% e 10,43 % da área do Bioma, respectivamente, perfazendo 64,90% (89.541 km^2).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fragmentos de vegetação primária no território do Bioma Amazônico devem ser preservados, bem como a conservação das áreas de vegetação secundária em estágio avançado e intermediário de regeneração. As áreas identificadas como prioritárias devem ser alvo de políticas de preservação e recuperadas com finalidade de formar corredores ecológicos, permitindo o fluxo gênico de espécies vegetais e animais.

As áreas de entorno das Terras Indígenas e Unidades de Conservação devem ser monitoradas para o cumprimento da legislação quanto à existência das áreas de Reserva Legal-RL e Áreas de Preservação Permanente – APP, de acordo com a legislação ambiental vigente.

O processo de recuperação das áreas degradadas ou alteradas do Bioma Amazônico deve ser realizado com o uso de espécies nativas. O uso de espécies exóticas terá efeito negativo sobre a fauna silvestre, tendo como consequências alteração no comportamento de dispersão de frutos e sementes, comprometendo a formação de banco de sementes, fluxo gênico e capacidade de resiliência, impactando sobre a permanência e a sobrevivências de animais silvestres.

A elaboração do Mapa da Vegetação do Bioma Amazônico Maranhense permite reconhecermos os tipos de vegetação existentes no território, possibilitando o planejamento para o uso sustentável dessa vegetação. Permite, também, refletir sobre o uso inadequado do solo com atividades de baixa produtividade, como a pecuária extensiva. Sinaliza para a necessidade de assistência técnica qualificada e sistemática, processos de capacitação para a atividade agropecuária e a avaliação do Cadastro Ambiental Rural que é preenchido nas propriedades desse território, com a finalidade de aumentar a produtividade por áreas e a recuperação das Reserva Legal-RL e Áreas de Preservação Permanente – APP.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JR., E.B. 2015. Herbário do Maranhão, Maranhão (MAR). **Unisanta BioScience**, v. 4, n. 6, p.129-132.

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161(2): 105-121.

CELENTANO, D. et al. **Desmatamento, degradação e violência no "Mosaico Gurupi" – A região mais ameaçada da Amazônia.** ESTUDOS AVANÇADOS: 32 (92), 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ea/v32n92/0103-4014-ea-32-92-0315.pdf. Acesso em: 30 maio 2019.

FORMIGONI, M. H.; XAVIER, A. C.; LIMA, J. S. S. **Análise temporal da vegetação na região do nordeste através de dados EVI do Modis**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 1-8, jan./mar., 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira:** sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 2012, 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil.** Escala 1:5.000.000. 2014. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm. Acesso em 12 fev. 2017.

INSTITUTO NACIONAL De PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. 2016. **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites−sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas**. São José dos Campos: INPE. 201. Disponível em: http://www.inpe.gov.br. Acesso em 15 fev. 2017

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBIO. **Relatório da Análise multitemporal da dinâmica do uso e cobertura do solo nas TI Caru, Awá e Alto Turiaçu**. Belém: ICMBio, 2015.

ISA. **Monitoramento de Áreas Protegidas.** Data disponível em: https://www.socioambiental.org/pt-br/o-isa/programas/monitoramento-de-areas-protegidas. Acesso em: abr. 2017.

MMA. **Uso e cobertura da Terra na Floresta Amazônica.** Relatório PROBIO v. 2 Disponível em: http://www.mma.gov.br/biomas/amazônia. Acesso em 31 jan. 2018.
MUNIZ, F.H. & LEITE, A.M.M. Herbário Rosa Mochel, Maranhão (SLUI). **Unisanta Bioscience**, 4(6): 2015. p. 133-136.

X ANÁLISE DA SOCIOECONOMIA REGIONAL

Dionatan Silva Carvalho (Coordenador)
Adriana Cristina Rabelo da Silva
Ana Lourdes da Silva Ribeiro
Carlos Henrique Santos da Silva
Cesar Augustus Labre Lemos de Freitas
Erivam de Jesus Rabelo Pinto Junior
Geilson Bruno Pestana Moraes
Getúlio Estefânio Duarte Martins
Gianna Beatriz Cantanhede Rocha de Lima
Jainne Soares Coutinho
Jane Karoline Silva Mendonça
José Ribamar Trovão
Laiane Sousa Silva Rabelo
Matheus Pedrosa Carneiro da Silva
Rafael Thalysson Costa Silva
Rebeca Gomes de Oliveira Batista
Ricardo Zimbrão Afonso de Paula
Selma de Sousa Pires
Talita de Sousa Nascimento
Weskley Sandes Silva de Almeida

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 415
2 ESTUDOS POPULACIONAIS 415
2.1 Dinâmica Populacional 415
2.2 Componentes demográficos: Natalidade, Mortalidade e Migração 417
2.3 Projeção populacional 421
3 CONDIÇÕES DE VIDA 422
3.1 Educação 422
3.2 Saúde 426
3.3 Saneamento Básico 429
3.4 *Déficit* Habitacional 431
3.5 Segurança 431
3.6 Renda 430
3.7 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM 432
3.8 Índice de Vulnerabilidade Social – IVS 433
4 ESTRUTURA PRODUTIVA 434
5 INFRAESTRUTURA ECONÔMICA 441
5.1 Transporte 441
5.2 Energia 444
5.3 Telecomunicações 445
6 EMPREGO E RENDA 446
6.1 Grupamentos de Atividade 447
6.2 Posição na Ocupação e Categoria do Emprego 449
6.3 Trabalho Escravo 450
6.4 Emprego Formal 450
6.5 Rendimentos dos ocupados 451
7 PATRIMÔNIO HISTÓRICO 452
8 EQUIPAMENTOS URBANOS 463
9 POPULAÇÕES TRADICIONAIS 466
10 ORGANIZAÇÕES CIVIS E INSTITUIÇÕES PÚBLICAS 470
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS 473
REFERÊNCIAS 476

1 INTRODUÇÃO

O Diagnóstico Socioeconômico do ZEE tem como princípio analisar a qualidade de vida dos maranhenses, fornecendo informações que sirvam de subsídio para a tomada de decisões, por parte do governo estadual, no tocante à implementação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento econômico, social, ambiental, cultural, infraestrutural e logístico.

O referido diagnóstico contempla os seguintes temas: estudos populacionais; condições de vida; estrutura produtiva; infraestrutura econômica; emprego e renda; patrimônio histórico; equipamentos urbanos; populações tradicionais; organizações civis e instituições públicas.

2 ESTUDOS POPULACIONAIS

O tema Estudos Populacionais trata da caracterização e da dinâmica demográfica dos municípios maranhenses que contêm bioma amazônico. O objetivo central desta temática é elaborar um diagnóstico demográfico, por meio de um conjunto de indicadores que mostrem a situação demográfica nos últimos anos. Bem como, realizar uma projeção populacional a curto prazo, a fim de dar suporte a diretrizes de desenvolvimento social em áreas de interesse comum da região que contempla os 109 municípios de Bioma Amazônico Maranhense.

Para o desenvolvimento dessa temática fez-se um levantamento da evolução populacional dos últimos 20 anos, levando em consideração os aspectos demográficos, e construiu-se uma projeção demográfica até o ano de 2040.

2.1 Dinâmica Populacional

Em relação à dinâmica da população (Tabela 2), os dados do Censo Demográfico de 2010 revelaram que a região do Bioma Amazônico Maranhense contava, naquele ano, com uma população de 4.050.115 habitantes e um crescimento de 1,58% ao ano em relação ao ano de 2000. Tal desempenho foi de 1,51% ao ano, superior ao crescimento anual apresentado pelo Maranhão no mesmo período.

Além disso, os dados da Tabela 1 destacam um contingente de 4.332.028 habitantes no ano de 2018 na região do Bioma Amazônico do Estado. Os municípios que mais contribuíram para o crescimento, ou seja, aqueles que tiveram maiores taxas

de crescimento anual no período de 2010 a 2018: Brejo de Areia (6,7%), São João do Carú (3,2%) e Centro Novo do Maranhão (2,5%). Tais municípios estão contidos, respectivamente, nas regiões do Mearim, Pindaré e Baixo Turi.

De fato, tanto o Bioma Amazônico Maranhense quanto as regiões de planejamento que o compõem desfrutaram de um aumento populacional nos últimos dezoito anos, no entanto, considerando a taxa de crescimento da população nos dois períodos ilustrados, percebe-se uma desaceleração no ritmo de crescimento, em todas as abrangências. A taxa de crescimento populacional do bioma maranhense foi superior à registrada no Estado, com o valor de 1,54% ao ano, no primeiro decênio do século, passando para 0,90%, no período de 2010 a 2018. Dentre as regiões de planejamento, a região do Mearim apresentou a menor taxa de crescimento anual - 0,20% - para o período de 2010 a 2018, enquanto que, as regiões do Carajás com 1,12% e do Baixo Turi com 1,12% apresentaram maior crescimento populacional, das abrangências apresentadas. Tal fato pode estar relacionado com a localização das regiões que estão situadas: no início da fronteira de expansão agrícola, é o caso da regional do Mearim, e as outras duas localizadas a oeste do estado, onde os setores industriais e de serviços são mais dinâmicos.

Tabela 2 - Evolução da população residente do Maranhão, dos municípios do Bioma Amazônico do Maranhão, nos anos de 2000, 2010 e 2018, e Taxa Média Geométrica de crescimento anual (%).

Abrangência	**População Residente**			**Taxa de crescimento anual (a.a. %)**	
	2000	**2010**	**2018**	**(2010/2000)**	**(2018/2010)**
Maranhão	**5.657.552**	**6.574.789**	**7.035.055**	**1,51**	**0,85**
Bioma Amazônico	**3.461.822**	**4.050.115**	**4.332.028**	**1,58**	**0,84**
Baixada Maranhense	101.279	116.169	123.996	1,38	0,82
Serras	90.659	108.092	117.410	1,77	1,04
Alto Turi	107.895	124.219	129.846	1,42	0,56
Baixo Itapecuru	77.474	98.118	105.411	2,39	0,90
Baixo Turi	80.599	100.777	110.136	2,26	1,12
Gurupi	54.312	64.087	69.241	1,67	0,97
Litoral Ocidental	118.502	125.668	130.774	0,59	0,50
Mearim	207.929	231.732	235.482	1,09	0,20
Pericumã	211.853	248.095	264.867	1,59	0,82
Pindaré	330.249	360.831	378.788	0,89	0,61
Tocantins	316.520	338.600	352.608	0,68	0,51
Carajás	215.844	269.834	294.988	2,26	1,12
Eixos Rodoferroviários	107.301	123.225	131.779	1,39	0,84
Imigrantes	76.689	84.942	89.544	1,03	0,66
Lagos	118.068	137.167	147.558	1,51	0,92
Lençóis Maranhenses	21.266	26.189	28.498	2,10	1,06
RM da Grande São Luís	1.225.383	1.492.370	1.621.102	1,99	1,04

Fonte: Censo (2010); População Estimada (2018)

Considerando a relação entre a população e a área territorial, o Bioma Amazônico possui densidade demográfica superior à registrada no Maranhão, com registro de 30,6 habitantes por Km² em 2018. Este resultado foi impulsionado pelas densidades demográficas registradas nos municípios que compreendem a Região Metropolitana de São Luís (174,23 hab./Km²), sendo o maior deles o da própria capital, São Luís (1.307,9 hab./Km²), seguida por Paço do Lumiar (996,6 hab./Km²), Raposa (465,6 hab./Km²) e São José de Ribamar (454,2 hab./Km²). Quando retirado o peso da Região Metropolitana de São Luís, o Bioma Amazônico atinge uma densidade demográfica de 20,5 habitantes por Km² em 2018, inferior à densidade do estado (21,19km²) e superior à densidade que compreende a região do cerrado maranhense (14,20km²).

Vale destacar também a dinâmica da estrutura etária da população em estudo, tendo em vista que esta traz informações essenciais para a elaboração de políticas públicas, em todas as áreas, a médio e longo prazo. A observação e o monitoramento das flutuações verificadas nas pirâmides etárias permitem conhecer, ao longo dos períodos censitários, a evolução da estrutura da população, avaliando os grupos de idade que possuem maior representatividade. Também mostram os impactos das mudanças das taxas de natalidade, fecundidade e mortalidade de uma população ao longo das décadas estudadas.

Em relação à região do Bioma Amazônico Maranhense, observa-se que, entre 1991 e 2010, houve uma redução da participação das faixas etárias mais jovens (diminuindo de 63,5% em 1991 para 50,6% em 2010) e aumento da participação das mais velhas (aumentando de 5,7% em 1991 para 8,2% em 2010), uma mudança semelhante às estruturas etárias do Maranhão e do Brasil. Observou-se que, as mudanças recentes (queda) nas taxas de natalidade impactaram, inicialmente, a participação relativa das populações mais novas, bem como, o aumento na expectativa de vida afetou diretamente a longevidade da população mais velha.

2.2 **Componentes demográficos:** Natalidade, Mortalidade e Migração

Com relação à Taxa Bruta de Natalidade, o indicador apresentou diminuição ao longo dos anos apresentados na região do Bioma Amazônico Maranhense, sendo que em 2016 atingiu taxa ao ano correspondente a, aproximadamente, 16 nascidos vivos por mil habitantes (-1,95%). O mesmo

comportamento de redução foi observado no âmbito nacional e estadual, muito embora a taxa para o Brasil, que vinha sendo superior à do Maranhão até 2000, teve um forte declínio em 2016, ficando abaixo do apresentado pelo Estado naquele ano. Esse decréscimo na taxa de natalidade foi provocado por outros fatores, como por exemplo, o processo de urbanização, pois com o êxodo rural, as famílias perceberam que o custo de vida é bem mais elevado nas cidades e tal fato, aliado à popularização dos contraceptivos e informações, contribuiu para a redução do número de filhos (SOARES et. al., 2010). A maior dedicação à vida profissional é outro indicativo que gera uma gravidez tardia e, consequentemente, uma diminuição da taxa de natalidade.

Quanto à Taxa Bruta de Mortalidade (TBM), argumenta-se que ela expressa a intensidade da ocorrência anual de mortes em determinada população, na qual se verificou uma expansão anual do indicador no bioma (+3,19%), passando de três mortes por mil habitantes em 2000 para, aproximadamente, cinco em 2016, com a mesma tendência sendo observada no plano nacional, 0,82% ao ano e estadual, 3,53%.

A taxa de fecundidade da população desse bioma passou de 5,6 filhos por mulher, no ano de 1991 para, aproximadamente, três no ano de 2010, marcando uma redução de 4% ao ano. Tal realidade acompanha a tendência brasileira de decrescimento em que no ano de 1991 essa taxa era de 2,9 ao ano e em 2010 caiu para 1,9 (-2,6%). Ressalte-se que a redução da taxa de fecundidade foi consequência de vários fatores, como por exemplo, a maior utilização de métodos contraceptivos, aumento do nível de escolaridade (maior acesso à informação), a entrada efetiva da mulher no mercado de trabalho, o desenvolvimento de campanhas de educação sexual, o planejamento familiar, entre outros.

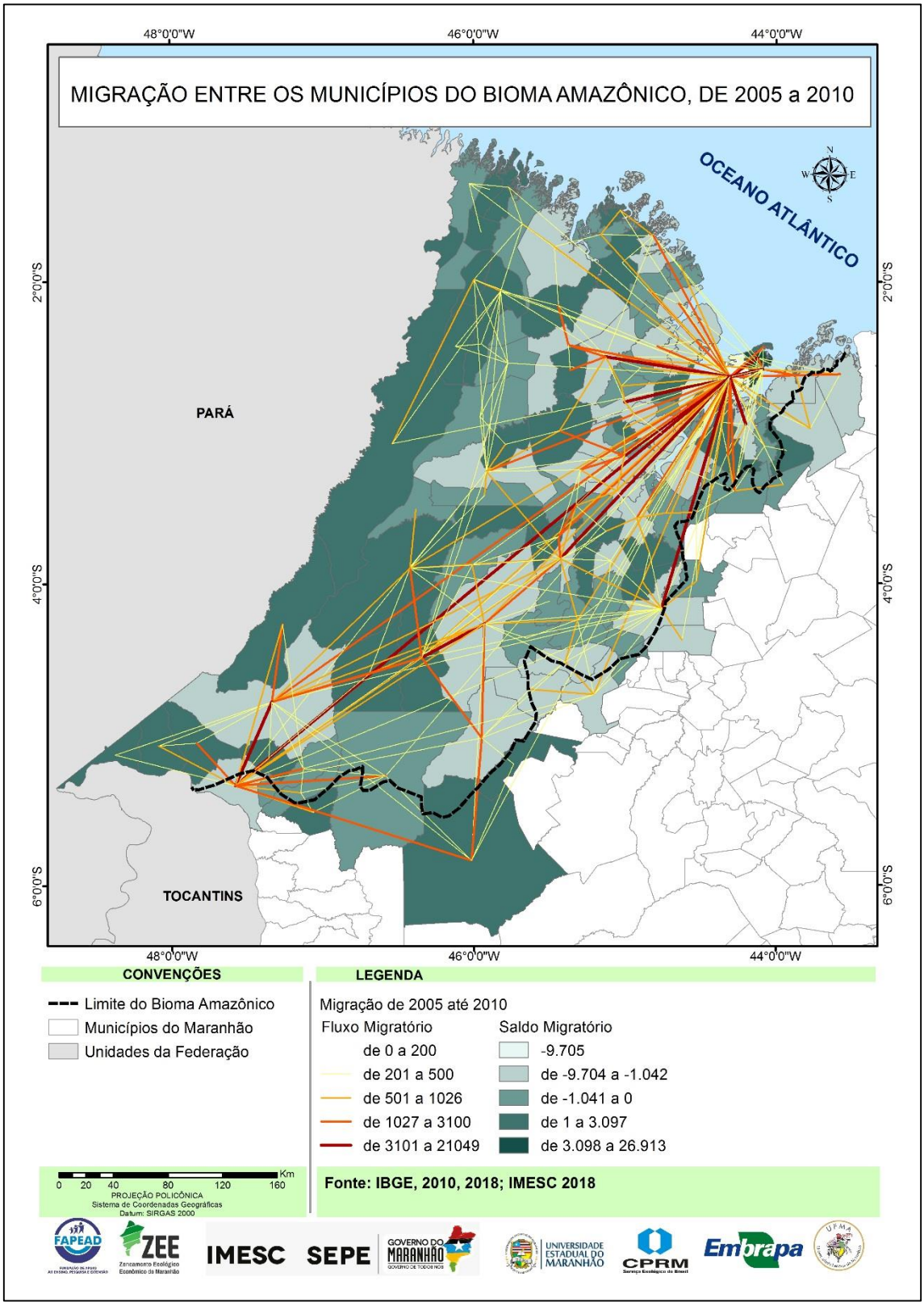
Em relação ao indicador Esperança de Vida ao nascer, importante índice de mensuração da qualidade de vida das pessoas, por incorporar condições sociais, de saúde e de salubridade refletidos nas taxas de mortalidade das diferentes faixas etárias, a região do Bioma Amazônico do Estado, apresentou uma acentuada elevação desse índice, que subiu de aproximadamente 57 anos em 1991, para 69 anos em 2010. Crescimento de 1,23%, ao ano, superior aos observados no país (0,83%) e no Maranhão (1,21%) no mesmo período. No entanto, a expectativa de vida do Bioma Amazônico segue abaixo do plano estadual (70 anos) e nacional (74 anos), apesar da diferença entre as outras abrangências geográficas analisadas terem

diminuído ao longo de todo o período.

Relativamente ao movimento migratório da população, considerando o deslocamento populacional somente entre as regiões do Bioma Amazônico (Figura 2), com base nos dados do Censo Demográfico de 2010, verificou-se que o fluxo de migrantes dentro do bioma, que soma os imigrantes e emigrantes, alcançou uma movimentação total de 628.977 mil pessoas, provenientes, da Região Metropolitana da grande São Luís (222 mil), Região do Pindaré (69 mil) e Região do Carajás (49 mil). No entanto, quando observado o saldo migratório (saldo = imigração – emigração), a Região Metropolitana da grande São Luís (33 mil) e a Região do Carajás (6 mil) apresentaram resultado positivo, ou seja, o número de imigrantes nessas regiões superou o total de emigrantes.

Vale destacar que essa forte atração de pessoas para estas regiões foi condicionada pelo forte dinamismo econômico vivenciado na primeira década de 2000, resultado de intenso processo de produção e reprodução do espaço urbano, como por exemplo, a ampliação dos conjuntos habitacionais - Programa Minha Casa Minha Vida.

Figura 2 - Saldo e Fluxo migratório entre os municípios do Bioma Amazônico do Maranhão, entre 2005 e 2010



Por meio da perspectiva inter-regional, avaliando os movimentos migratórios do Bioma Amazônico Maranhense para outras unidades da federação e para o restante do Maranhão, verificou-se que, do total de pessoas que moravam em outros estados em 2005 e passaram a residir no Bioma Amazônico Maranhense em 2010, grande parte vem da região Norte do país (29.123), com maior predominância de imigrantes oriundos do Pará (22.349). Nesse deslocamento populacional entre Pará e Bioma Amazônico, destacam-se como principais destinos os municípios de Imperatriz (2.838), São Luís (2.559) e Açailândia (1.838). Vale ressaltar que o maior número de imigrantes para a região do bioma em estudo é proveniente dos municípios que compõem o restante do Maranhão (69.898), com destaque para as localidades de Barra do Corda (4.578), Coroatá (3.711), Chapadinha (3.432), Barreirinhas (3.279) e Pedreiras (3.045).

Em relação ao número de emigrantes do Bioma Amazônico com destino a outras unidades da federação observou-se que os maiores fluxos de emigração foram registrados para os estados da região Norte (66.868), Centro-Oeste (36.592) e Sudeste (33.170), em especial para os estados do Pará (46.527), Goiás (19.553) e São Paulo (19.950). Para todos estes estados citados, as maiores evasões de pessoas da região do bioma são provenientes dos municípios de Imperatriz e São Luís. Também, o segundo maior fluxo de emigrantes do bioma maranhense, cerca de 53 mil emigrantes, destina-se ao restante dos municípios maranhenses, com predominância nas cidades de Estreito (3.209), Governador Edison Lobão (2.890), Barreirinhas (2.620), Caxias (2.182) e Barra do Corda (2.159).

2.3 Projeção populacional

No que se refere à projeção populacional dos municípios do bioma, referente ao período de 2010 a 2040, todas as abrangências tendem a apresentar um aumento no contingente populacional de 2010 a 2040, no entanto, em tendência decrescente ao longo da série. Apesar da taxa de crescimento populacional do bioma estar em declínio, o número de habitantes continua aumentando, muito em virtude dos avanços na medicina, saneamento ambiental, maiores preocupações com a saúde, entre outros fatores que são preponderantes para que a expectativa de vida esteja em ascensão.

3 CONDIÇÕES DE VIDA

As condições de vida de uma população podem ser medidas pelos indicadores sociais, que apontam para o acesso aos seus direitos sociais básicos. Em um esforço de retratar as condições de vida da população do Bioma Amazônico, esta seção tratou dos seguintes temas: educação; saúde; saneamento básico; habitação; segurança; desenvolvimento humano e vulnerabilidade social.

3.1 Educação

Para analisar as condições de vida da população do bioma em estudo, a partir do fator educacional, destacou-se os seguintes indicadores de escolaridade: desempenho, rendimento e infraestrutura escolar. Tratando da escolaridade no Bioma Amazônico houve uma significativa diminuição na taxa de analfabetismo, que saiu de 49,8% em 1991, taxa superior à do Maranhão e bem acima à do Brasil, e alcançou, em 2010, taxa de 17,2%, inferior à do Maranhão (20,9%), embora, ainda, bem acima da nacional (9,6%).

As regiões com maiores avanços no período de 1991 a 2010 foram: região do Tocantins com redução de 32,4 pontos percentuais na taxa analfabetismo; região metropolitana da grande São Luís (-32,1p.p.); região das Serras (-31,4p.p.); região do Pindaré (-29,9p.p.); região do Mearim (-29,7p.p.); região do Carajás (-29,5p.p.) e região do Baixo Itapecuru (-29,1p.p.).

No ano de 2010, apenas duas regiões tinham taxa de analfabetismo menor que a registrada em todo o Bioma: região metropolitana da grande São Luís (7%) e região do Tocantins (14,9%). Essas duas regiões, por serem as mais populosas, exercem grande influência no resultado do bioma como um todo. Já as regiões com maiores taxas de analfabetismo foram: região dos Imigrantes (33%), região do Mearim (28,2%), região do Pindaré (27,4%) e região do Baixo Itapecuru (27,3%).

Em relação ao nível de instrução da população adulta, no ano de 2010, apenas 6,5% da população do Bioma Amazônico possuía graduação, percentual superior à do Maranhão (5,4%), mas inferior à do Brasil (11,3%). A maior parte da população do bioma não detém qualquer nível de instrução ou tem apenas o ensino fundamental incompleto (55%), seguido do nível médio completo ou superior incompleto (25,1%) e fundamental completo e médio incompleto (13,1%).

As regiões com maiores níveis de instrução, representadas pelas pessoas com curso superior, eram: a Região Metropolitana da grande São Luís (11,1%), a Região do Tocantins (6,7%) e a Região do Mearim (3,9%). As regiões com os menores percentuais foram a Região da Baixada Maranhense (2%), a Região dos Lençóis Maranhenses (2,2%) e a Região do Alto Turi (2,5%).

No Bioma Amazônico existem 252 Instituições de Ensino Superior (IES), cuja região com maior representatividade é a região metropolitana da grande São Luís com 85 IES, seguida das regiões do Tocantins com 45 e Carajás com 30 IES. Os municípios que se destacaram com os maiores níveis de escolaridade, apresentam o número mais expressivo de IES: São Luís (70), Imperatriz (44), Santa Inês (21), Açailândia (15), Bacabal (14).

No que se refere ao desempenho e rendimento, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), nos anos iniciais, registrou trajetória de crescimento no período de 2005 a 2015, interrompida apenas em 2013, mas que foi retomada em 2015. Tanto o Maranhão quanto o Brasil apresentaram crescimento sistemático no período analisado. As regiões do Bioma Amazônico com melhor desempenho no Ideb relativo aos anos iniciais, no ano de 2017, foram: Região do Tocantins (4,9), região metropolitana da grande São Luís (4,8) e região dos eixos Rodoferroviários (4,8).

Já o Ideb relativo aos anos finais registrou uma trajetória de crescimento no Bioma Amazônico no período de 2005 a 2007, que foi interrompida nos anos de 2009 e 2011, voltou a crescer no ano de 2015 e estagnou no ano de 2017. Diferentemente desse bioma, tanto o Maranhão quanto o Brasil apresentaram crescimento sistemático no período de 2005 a 2017. As regiões do Bioma Amazônico com melhor desempenho no Ideb anos finais, no ano de 2017, foram aquelas que apresentaram melhor índice nos anos iniciais: região do Tocantins (4,1), região metropolitana da grande São Luís (4,1) e região dos eixos Rodoferroviários (3,8).

Em relação ao abandono escolar no ensino fundamental, o Bioma Amazônico apresentou taxa com recuo sistemático no período de 2007 a 2016, passando de 6,5% para 3,2%. Embora, no ano de 2016 tenha apresentado uma taxa inferior à do Maranhão (8,1%), ainda permanece bem acima da apresentada pelo Brasil (1,9%).

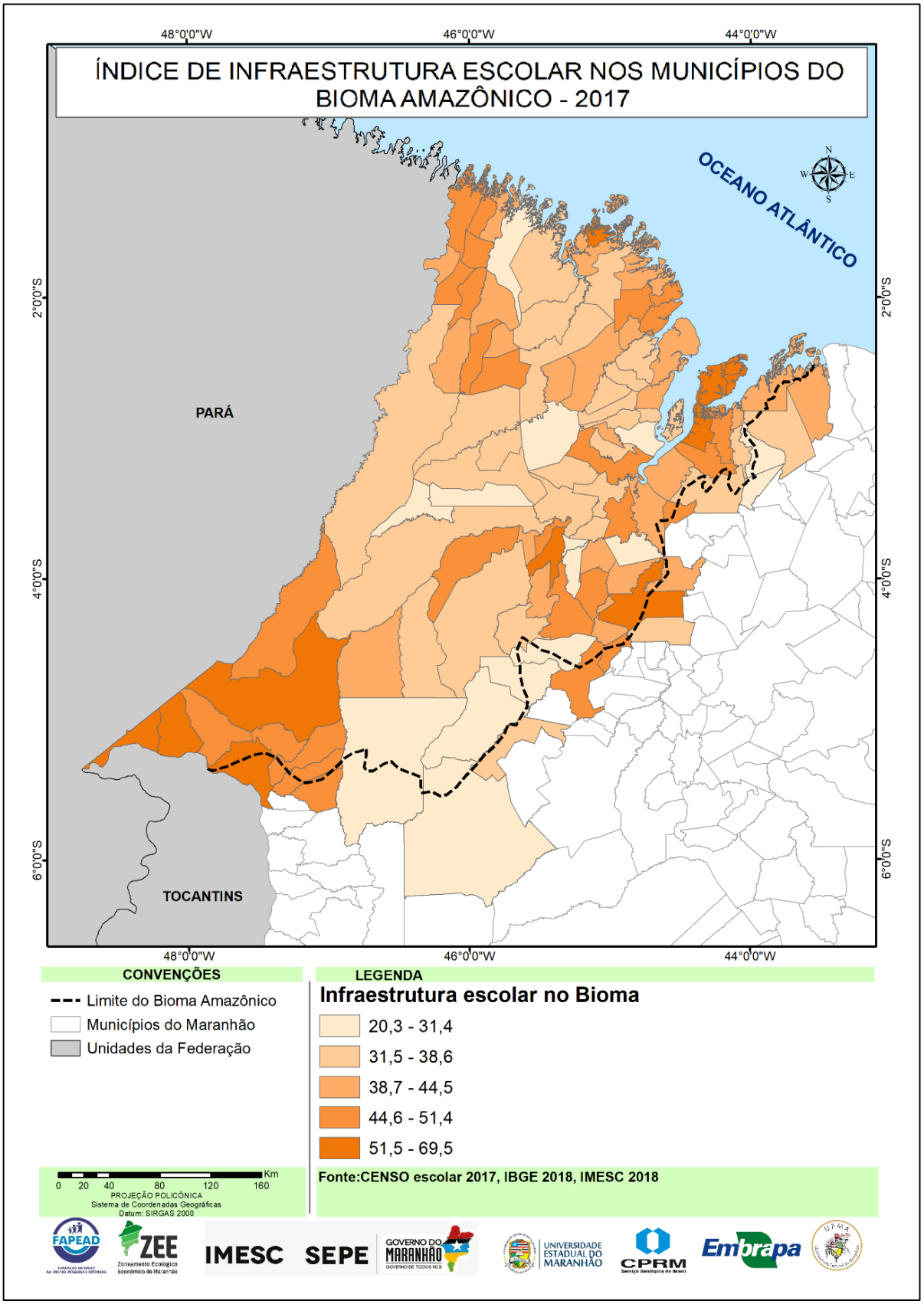
O mesmo recuo sistemático na taxa de abandono no ensino médio foi apresentado no período de 2007 a 2016, diminuindo de 17,3% para 9,7%. Apesar

desse avanço, no ano de 2016, apresentou uma taxa superior à do Maranhão (8,1%), e à do Brasil (6,6%).

Para analisar a infraestrutura escolar considerou-se, além do local de funcionamento da escola, a existência de: dependências e vias adequadas para alunos com deficiência ou mobilidade reduzida, cozinha, quadra de esporte, sala de leitura, biblioteca, laboratório de informática, acesso à internet, banheiro dentro do prédio, energia elétrica, fornecimento de água, coleta de lixo e esgoto sanitário. A partir do que é considerado adequado, em cada um desses aspectos, calculou-se o percentual de escolas nessa situação por município, região, bioma e estado, e chegou-se ao índice de infraestrutura por meio da média de todos os percentuais.

Comparando os anos de 2010 e 2017, constatou-se o avanço em infraestrutura escolar do Bioma Amazônico, que passou de 40,7% para 44,7%. Em 2017, o índice de infraestrutura do Maranhão (43,1%) era um pouco inferior ao do Bioma Amazônico. Fazendo a análise por região (Figura 3), destacam-se as que apresentaram melhor índice, sendo estas a região metropolitana da grande São Luís (59,1%), a região do Tocantins (52,9%) e a região do Carajás (48,8%). As que apresentaram pior índice foram as regiões das Serras (29,5%), Baixada Maranhense (35,8%) e Pericumã (36,5%).

Figura 3 - Índice de Infraestrutura Escolar dos municípios do Bioma Amazônico Maranhense – 2017



3.2 Saúde

Para avaliar as condições de vida da população do bioma em estudo em relação à saúde foram utilizados indicadores de mortalidade, cobertura e de recurso. Tratando-se de mortalidade, de 2000 ~~e~~ a 2010, foram registrados 20.637 óbitos infantis no total dos municípios que integram esse bioma, com destaque para a região metropolitana da grande São Luís, que registrou 7.574 óbitos infantis, 36,7% do total do bioma.

A Taxa de Mortalidade Infantil (TMI) apresentou uma redução no período de 2000 a 2016, ao passar de 18,8% para 14,5%, com melhores resultados que o Maranhão, que passou de 18,8% para 15%, mas, ainda, com resultados inferiores aos do Brasil, que diminuiu de 21,3% para 12,7%.

As regiões com maiores avanços na redução da taxa de mortalidade infantil, no período analisado, foram: Gurupi, de 25,8% em 2000, para 12,4% em 2016, com destaque para os municípios do Amapá do Maranhão e Luís Domingues, que registraram redução no número de óbitos infantis no período analisado; Carajás, passou de 29,2 % para 16%, com grande destaque para o município de Açailândia; Mearim, com redução de 24,1% para 12,9%, e Tocantins, com redução de 22,7% para 12,5%, com maior destaque para Imperatriz.

As regiões que mais regrediram nessa taxa foram: Lençóis Maranhenses, de 4,9% em 2000 para 17,6% em 2016, sendo composta apenas pelo município de Humberto de Campos; Serras, que de 9,2% passou para 19,9%, pressionada pelo município de Grajaú; Imigrantes, com valor de apenas 3% atingiu os 13,1%, com, unicamente, o município de Paulo Ramos apresentando aumento nos óbitos infantis. As regiões com menor TMI no ano de 2016 eram: Lagos (10,3%), Pericumã (11,9%), Baixo Itapecuru (12,4%), Gurupi (12,4%) e Tocantins (12,5%). As regiões com maiores TMI eram: Serras (19,9%), Litoral Ocidental (19,1%), Lençóis Maranhenses (17,6%) e Carajás (16,1%).

É importante destacar o elevado grau de subnotificação das informações de saúde, principalmente, em municípios com pequeno número de habitantes. No decorrer dos anos, com a expansão de políticas de saúde voltadas para os cuidados básicos, nomeadamente, da Estratégia da Saúde da Família (ESF), tem-se reduzido a quantidade de subnotificações, bem como, se expandido a assistência às famílias, o que impacta diretamente nas estatísticas de saúde. A cobertura do ESF, no Bioma

Amazônico, passou de 4,7% em 2000 para 85,3% em 2017. A Região do Gurupi, que apresentou a maior redução foi também a que apresentou o maior avanço na cobertura do ESF, passando de 0% em 2000 para 99,5% em 2017, sendo a segunda maior cobertura, dentre as regiões do bioma, no ano de 2017, juntamente com o Baixo Itapecuru (99,5%). Essas duas regiões também apresentaram a segunda menor TMI, em 2017.

Quanto à mortalidade materna, no período de 2000 a 2016, foram registrados 1.032 óbitos maternos no Bioma Amazônico, com destaque para a região metropolitana da grande São Luís, que concentrou 37,4% desse total (386), por ser a região onde se encontra a capital do estado e, por esse motivo, ser a mais populosa. No total, esse bioma foi responsável por 57,8% do total de óbitos maternos ocorridos no Estado, no período analisado. Nota-se que houve uma elevação da quantidade de óbitos e, consequentemente, da Razão de Mortalidade Materna (RMM) no período de 2000 a 2016, tanto no Bioma Amazônico quanto no Maranhão e Brasil. O maior destaque negativo foi observado na Região do Pindaré, que subiu de 3 para 10 óbitos, no período analisado. Os municípios que mais contribuíram para esse resultado foram: Santa Inês, Alto Alegre do Maranhão e Igarapé do Meio. A Região do Pindaré apresenta um dos menores percentuais de mães com sete ou mais consultas de pré-natal, sendo essa uma das principais causas do aumento da mortalidade materna.

No que se refere à cobertura populacional da Equipe da Saúde da Família (ESF), que compõe o grupo de indicadores de cobertura, esta cresceu sistematicamente no Bioma Amazônico Maranhense, chegando a 94,5% na média de janeiro a setembro de 2018, mantendo-se sempre acima dos valores do Maranhão e do Brasil. As regiões do Tocantins, Carajás e metropolitana da grande São Luís foram as que apresentaram menor cobertura na série analisada, podendo ser atribuída ao grande contingente populacional dessas regiões, que por concentrarem municípios muito populosos, dificulta a cobertura do território por demandar uma quantidade significativa de profissionais. Os municípios que mais pressionaram essas regiões negativamente foram: Imperatriz, na Região Tocantina; Açailândia e Vila Nova dos Martírios, em Carajás; e Alcântara, São Luís e Paço do Lumiar, na região metropolitana da grande São Luís.

Por sua vez, as demais regiões apresentaram percentuais acima de 90% em quase toda a série, chegando a 100% em alguns anos, a exemplo da Baixada Maranhense, do Baixo Itapecuru, Gurupi, Mearim, do eixo dos Rodoferroviários e dos

Lençóis Maranhenses. Logo, os programas de incentivo e valorização dos profissionais na atenção básica, como o Programa de Valorização do Profissional de Atenção Básica – PROVAB e Programa Mais Médicos do Governo Federal foram fundamentais para a expansão da cobertura da Equipe da Saúde da Família no Bioma Amazônico Maranhense.

Nesse bioma, a relação médicos por mil habitantes que passou de 0,6 para 0,9; e enfermeiros por mil habitantes que passou de 0,4 para 0,9, apresentaram sistemático crescimento no período de 2007 a 2010. Embora ainda se encontre em um patamar abaixo do recomendado por organismos internacionais, o resultado é superior à média do Maranhão, que no, período analisado, passou de 0,5 para 0,8. As únicas regiões com médias superiores às do bioma foram a Tocantina e a metropolitana da grande São Luís, que se justifica pela grande quantidade de cursos de formação de profissionais da saúde, que aumenta a oferta desses profissionais, e pela maior demanda de médicos e enfermeiros, nos municípios de São Luís e Imperatriz, em razão da maior concentração de equipamentos de saúde. Já os municípios com maior relação de médicos por mil habitantes, em 2017, foram: São Luís (1,9), Imperatriz (1,5), Bacabal (1,0) e Cururupu (0,9).

Em 2017, a especialidade médica presente em todas as regiões era o de clínico geral e da estratégia Saúde da Família (Atenção Básica). Os médicos pediatras, ortopedistas, traumatologistas, ginecologista, obstetra, cirurgião geral, cardiologista e anestesiologista apesar de estarem razoavelmente distribuídos nas regiões, concentram-se nas cidades-polo. No entanto, em áreas do interior do Estado com elevado número de óbitos e de internações, nota-se uma generalizada carência de profissionais especializados, entre os quais, cardiologista, geriatra, mastologista, oncologista e urologista.

Houve uma redução na relação leitos por mil habitantes no período de 2006 a 2017 no Bioma Amazônico que passou de 2,9 para 2,4, assim como o Maranhão de 2,7 para 2,2 e o Brasil de 2,7 para 2,4. As Regiões do Alto Turi (-2,7), Mearim (-2,1), Baixo Itapecuru (-1,9) e Lençóis Maranhenses (-1,4) apresentaram as maiores reduções. Os municípios maranhenses com as maiores reduções foram: São Luís Gonzaga (Mearim), Zé Doca (Alto Turi), Godofredo Viana (Gurupi), Buritirana (Tocantins), Paulo Ramos (Imigrantes), Altamira do Maranhão (Mearim), Satubinha (Pindaré), Itapecuru Mirim (Baixo Itapecuru), Senador La Rocque (Tocantins) e Primeira Cruz (Lençóis Maranhense).

Em meados do ano de 2018, o Conselho Federal de Medicina (CFM) alertou sobre a desativação de leitos do SUS nos estados e capitais brasileiras. São Luís foi destaque como uma das capitais que apresentou elevação de leitos do SUS. A região metropolitana da Grande São Luís apresentou uma elevação de 323 leitos do SUS no período analisado, o que contribuiu para amenizar a redução de leitos no bioma em estudo.

3.3 Saneamento Básico

O Maranhão, com predominância de características rurais, na maioria de seus municípios possuía, segundo dados do IBGE (2010), 65,4% dos domicílios com abastecimento de água via rede geral, 11,6% com esgotamento sanitário através de rede geral e 55% com coleta de resíduos sólidos.

Com um contingente populacional que chega a 61,6% da população do estado, os municípios localizados no Bioma Amazônico apresentaram um crescimento no indicador de atendimento de água por rede geral. Em 2000, a população atendida com rede geral nesses municípios era de 415.034 habitantes e em 2010 esse número chegou a um total de 675.794 habitantes, que corresponde a 60,5%.

Em 2016, a população total atendida com abastecimento de água no Maranhão, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), foi de 3.259.000 habitantes no ano de 2016, sendo que destes, 64,34% corresponde à população residente nesse bioma. Na área em estudo, a Região Metropolitana da Grande São Luís é a que concentra o maior número de atendimentos, seguida da Região do Tocantins e de Pindaré. Por outro lado, as regiões Baixo Turi, Lagos e Mearim apresentam uma das piores situações de abastecimento no que concerne ao total de atendimentos dentre as regiões do Bioma Amazônico.

Os serviços públicos de esgotamento sanitário, assim como ocorre no abastecimento de água potável, são de responsabilidade do poder público municipal, mesmo que administrados em regime de concessão ou permissão, situação que acontece na maioria dos municípios maranhenses.

A Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) é a principal prestadora de serviços de água e esgoto em 62% dos 108 municípios integrantes do Bioma Amazônico e atua principalmente nas sedes municipais, sendo:

em 8% os serviços são prestados, de forma direta, por alguma secretaria ou órgão municipal; em 5% por meio do SAAE (Sistema Autônomo de Água e Esgoto); 2% por empresa privada (BRK) e 27% não disponibilizaram a informação.

No Maranhão, segundo dados do Atlas Esgotos (2014): 60% do esgoto produzido não é coletado, nem tratado; 13% é coletado, mas não é tratado; 22% é coletado por solução individual; e apenas 3,9% de todo o Maranhão é coletado e tratado, sendo que este está concentrado na capital.

No território que abrange o Bioma Amazônico Maranhense, 66,8% dos domicílios não possuem serviços de esgotamento sanitário adequado, considerando o sistema coletivo e individual, que resulta em uma produção diária de esgoto sem tratamento em torno de 191.851,66m³/dia, lançados de forma inadequada nas bacias hidrográficas maranhenses desse bioma.

O indicador que determina a quantidade de domicílios desse bioma com banheiros obteve um expressivo aumento, partindo de 38,1% em 2000 para 67,3% em 2010, com tendência ao crescimento, em virtude do cenário de investimentos de recursos federais e estaduais nos últimos anos, através de convênios para o setor. No entanto, em 2014, o Maranhão era o segundo estado com o maior percentual de domicílios que não tinham banheiro (83,6%) e em 2015 passou a ser o primeiro com 82,9%, seguido pelo Piauí (87,3%) e Acre (88,1%).

Segundo dados do IBGE, o número de domicílios maranhenses atendidos com coleta de resíduos chegou a 1.483.388 em 2010, valor este 77% maior do que o registrado no censo de 2000, e equivalente a 55,83% no total, ficando bem abaixo da média nacional de 87,41%. Para o universo dos 108 municípios do bioma estudado, o número foi de 632.244 domicílios atendidos, o que corresponde a 65,7% do total. A região metropolitana da grande São Luís e as regiões Carajás e Baixo Itapecuru são as que apresentam melhores taxas de cobertura, enquanto as regiões do Gurupi e Litoral Ocidental apresentam um percentual de cobertura inferior a 10%. As regiões da Baixada Maranhense, Serras e Pericumã não dispõem de dados para o ano de referência.

Dos 108 municípios integrantes do bioma em estudo, 81 informaram o SNIS sobre características dos gestores e prestadoras dos serviços de saneamento, dos quais apenas 32 forneceram informações sobre manejo e coleta de resíduos sólidos. Desses, em 93,8%, a administração pública direta atua como gestora dos serviços de manejo dos resíduos sólidos, que na prática se restringe à coleta de resíduos.

No Maranhão, cerca de 95% dos municípios destinam seus resíduos de forma inadequada. Segundo dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos, existem apenas dois aterros sanitários, devidamente licenciados, e mais de 250 lixões espalhados pelo território. Em relação ao bioma em estudo, apenas 5% dos municípios destinam os resíduos de forma ambientalmente adequada e a coleta seletiva é praticamente inexistente nesses municípios, com exceção de São Luís e Imperatriz.

3.4 *Déficit* Habitacional

O *déficit* habitacional é calculado a partir da soma de quatro componentes: domicílios precários (soma dos domicílios improvisados e rústicos), coabitação familiar (somatório das famílias residentes em cômodos e daquelas conviventes secundárias, com intenção de constituir um domicílio exclusivo), ônus excessivo com aluguel urbano e adensamento excessivo de domicílios alugados. (FJP, 2013).

No ano de 2010, o *déficit* habitacional do Bioma Amazônico Maranhense foi de 269.446 unidades, sendo 144.631 na área urbana e 124.815 na rural. Esse valor total correspondeu a 59,6% do valor do Maranhão, cujo *déficit*, no referido ano, foi de 451.715 unidades com 226.827 na área urbana e 224.868 na rural. A maior parte do *déficit* habitacional do bioma localizou-se na região metropolitana da grande São Luís (77.704), seguida de Pindaré (28.494), Pericumã (21.665), Tocantins (19.343) e Carajás (17.813).

Esse *déficit*, relativo ao total de domicílios particulares permanentes, foi equivalente a 26,2%, resultado inferior ao observado no Maranhão (27,3%) e superior ao do Brasil (12,1%).

3.5 Segurança

Os homicídios correspondem, em média, a mais de 90% do total de ocorrências de Crimes Violentos Não Letais Intencionais (CVNLI) no Bioma Amazônico Maranhense. Entre 2007 e 2014, o crescimento da taxa de homicídios nesse bioma foi constante e de ritmo acelerado - taxa anual de 20%. Contudo, no período de 2014 a 2017 houve atenuação na tendência de crescimento do indicador, que pontuou uma taxa de 29,8 em 2017. Ressalta-se que a evolução e o patamar

alcançado, no fim do período da taxa de violência letal, nesse bioma, foi superior à do Maranhão que obteve, em 2017, taxa de 26,0 homicídios por 100 mil habitantes.

Em relação às notificações de Crimes Violentos Não Letais Intencionais (CVNLI) verificamos que no período de 2013 a 2017 houve um crescimento de 16,7% desse tipo de ocorrência na região do Bioma Amazônico: em 2013 houve a notificação de 41.786 casos, que aumentaram para 48.747, em 2017. No entanto, o avanço de ocorrências de CVNLI não foi contínuo, em 2015 registrou-se o pico da série com 52.179 casos, e desde então, a quantidade dessas notificações vem decrescendo.

O avanço dos casos de CVNLI, no período analisado, foi pressionado, principalmente, por aumento de roubos (+26,4%), uma vez que ocorrências de estupros (+2,4%) tiveram menor avanço e, na contramão, reduziram-se os casos de lesão corporal dolosa (-6,6%).

3.6 Renda

Nota-se que entre os anos de 2000 e 2010 houve avanço do valor do rendimento nominal médio mensal dos domicílios (indicador que corresponde à soma dos rendimentos mensais dos moradores do domicílio), nos municípios do Bioma Amazônico Maranhense, que passou do valor médio de R$624,9 no primeiro ano para R$917,3, em valores constantes, correspondendo à taxa de crescimento anual de 3,9%. A taxa de crescimento desse bioma foi superior à registrada pelo Maranhão (3,8%) e ainda 2,1p.p. acima do crescimento registrado pelo Brasil (1,8%).

Na abertura por regiões que compõem o bioma em estudo, destaca-se a Região do Alto Turi (5,3%) que registrou a maior taxa de crescimento anual do indicador no período, seguida pela Região do Mearim (5,1%). Assim, as duas regiões destacadas registraram taxas superiores à do bioma e do Maranhão.

Em relação à população do bioma que vive em condições de extrema pobreza, rendimento domiciliar per capita de até 70 reais, em 2010, o percentual era de 24,4%, ficando um pouco abaixo do patamar do Estado, de 25,8%. As regiões do Carajás (22,1%) e Tocantina (11,4%) foram as que apresentaram percentual de extremamente pobres, abaixo da média do bioma. Por outro lado, destaca-se negativamente, com o maior percentual no indicador, a Região dos Lençóis Maranhenses com um valor de 56,8%.

Em relação à transferência de renda, em 2017, foram transferidos R$2,4 milhões em benefícios do Programa Bolsa Família (PBF) ao Maranhão, sendo que desse total, R$1,4 milhões foram destinados às famílias beneficiárias que vivem no Bioma Amazônico. Nesse bioma, 53,1% da população residente possuem rendimentos provenientes dessas fontes.

3.7 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM

Para contribuir na análise das condições de vida recorreu-se também ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). A análise do IDH-M do Bioma Amazônico evidenciou uma evolução gradual, no padrão de desenvolvimento humano da região, uma vez que a média do referido índice passou de 0,268 em 1991, para 0,395 em 2000, seguindo a tendência observada no Maranhão, que apresentou 0,357 em 1991 e 0,476 em 2000, ambos os territórios permanecendo na faixa considerada de desenvolvimento muito baixo. Entretanto, enquanto no Maranhão o resultado alcançado foi de 0,639 em 2010, situando-o na faixa de médio DH, no Bioma Amazônico, o IDH-M equivalente a 0,576 o classificou na faixa de baixo DH, o que indica a necessidade de realização de investimentos para superar as insuficiências existentes na região.

3.8 Índice de Vulnerabilidade Social - IVS

Para complementar a análise das condições de vida da população no Bioma Amazônico, utilizou-se outro indicador, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). A análise do IVS desse bioma indicou que houve uma melhoria tanto no índice agregado, quanto em suas dimensões, entre 2000 e 2010. Contudo, apesar do avanço observado nas três dimensões do IVS – o que evidencia uma melhoria nas condições de saúde, educação e rendimento –, todas permaneceram na faixa de muito alta vulnerabilidade social, indicando que fortes investimentos devem ser realizados em todas as áreas que compõem o referido indicador, sobretudo na Infraestrutura Urbana, que foi a que apresentou o menor avanço.

4 ESTRUTURA PRODUTIVA

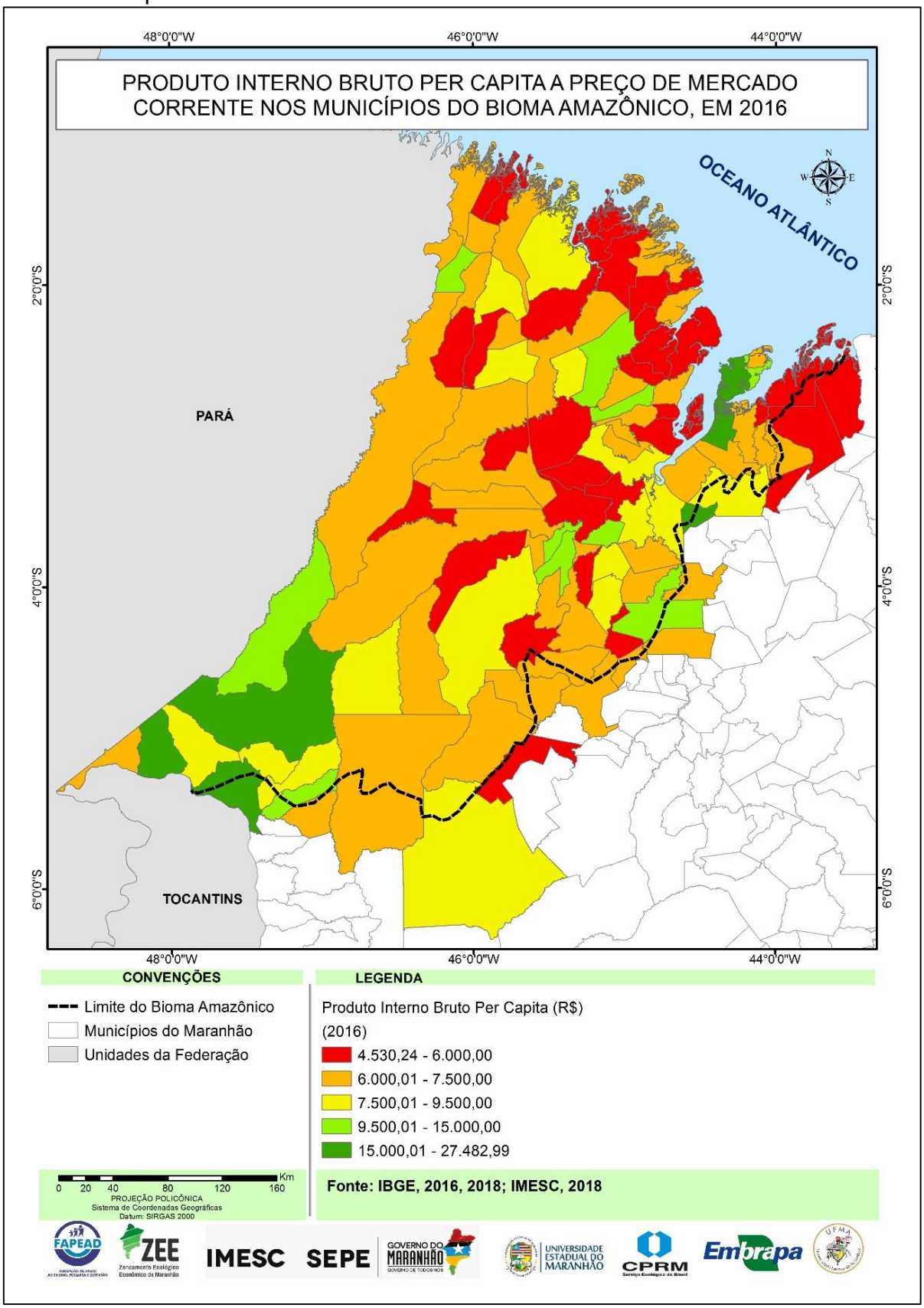
Buscou-se fazer uma análise do Produto Interno Bruto (PIB), tanto do Maranhão, quanto das regiões circunscritas no Bioma Amazônico Maranhense. Além disso, faz-se uma desagregação do PIB por setor e atividade dentro de cada região, a fim de identificar quais delas são mais dinâmicas e qual sua parcela de contribuição, tanto no próprio bioma, quanto no estado. Além disso, foi feito um mapeamento das cadeias produtivas no bioma, além de identificar as potencialidades de expansão nas regiões em estudo.

É sabido que o setor de maior dinamismo econômico, não somente do Maranhão, mas comumente dos demais estados é o setor terciário, com destaque para as atividades de Comércio e Administração Pública (APU). Principalmente esta última, apresenta maior destaque nos municípios, em especial, naqueles que possuem população abaixo de 50 mil habitantes.

Entre 2010 e 2016, houve uma evolução crescente no PIB maranhense, mesmo considerando-se a recessão, juntamente com a seca, que afetaram o produto em 2015 e 2016. Assim, com relação à dinâmica do PIB do Maranhão entre os primeiros seis anos da década de 2010, pode-se destacar, no âmbito externo, o desempenho das exportações de *commodities* (principalmente a soja); no nacional, o aumento de recursos destinados ao financiamento imobiliário, somado aos ganhos reais das famílias maranhenses (decorrentes tanto dos programas sociais de transferência de renda e de valorização do salário mínimo, quanto do maior dinamismo do mercado de trabalho). Além disso, o aumento das transferências constitucionais para os estados e municípios, e no âmbito estadual, a implantação de grandes projetos, com destaque para a Geração de Energia e Extrativismo Mineral e o aumento dos investimentos públicos em infraestrutura.

Também é possível observar, segundo destacado na Figura 4, que o volume de riqueza gerada pelos municípios do Bioma Amazônico Maranhense, não é uniforme, o que denota diferenças estruturais existentes na cadeia produtiva de cada um.

Figura 4 - Produto Interno Bruto por municípios da Região do Bioma Amazônico Maranhense para 2016



Conforme já mencionado, a análise do PIB do Maranhão indicou que o último biênio desse período foi marcado pelo baixo ritmo de atividade econômica no Maranhão, com retrações de 4,1% e 5,6%, respectivamente. Vale ressaltar, que essas variações marcaram a reversão de uma série de 12 anos de taxas positivas de crescimento real do referido indicador.

Tal resultado refletiu o baixo dinamismo econômico observado no país e foi impulsionado pelos resultados negativos de todos os setores de atividade. No caso do Maranhão, o resultado por setores em 2016 foi: Agropecuário (-29,3%), seguido da Indústria (-5,8%) e do setor de Serviços (-1,9%).

O baixo dinamismo econômico no Maranhão foi decorrente do cenário de crise político-institucional e econômica vivenciada pelo país no setor agropecuário em razão da escassez de chuvas regulares e queda no Valor Adicionado, impactando negativamente, principalmente, na produção de grãos, e também em outras lavouras temporárias. O baixo desempenho do setor primário, juntamente com o do setor secundário, com destaque para as indústrias da construção civil (-12,4%) e de transformação (-7,4%), impactou negativamente nas decisões de compra dos consumidores em virtude de um menor otimismo, o que contribuiu para o baixo desempenho do setor de serviços (-1,9%).

Como o PIB dos municípios inseridos no Bioma Amazônico Maranhense corresponde a 70,1% do PIB maranhense em 2016, os resultados do Estado refletiram diretamente o dinamismo observado nesse conjunto de municípios do bioma. Destaca-se ainda que a região metropolitana da grande São Luís e as regiões do Tocantins e do Carajás apresentaram as maiores participações relativas ao PIB do Maranhão, correspondentes a 38,3%; 9,0%; e 4,1%, respectivamente.

No que tange à análise das regiões desse bioma por setor de atividade econômica, observou-se no terciário que o comércio foi predominante apenas na região Metropolitana da Grande São Luís e nas regiões do Tocantins, Carajás, Mearim e Pindaré. Nas demais regiões, por sua vez, a Administração Pública apresentou maior representatividade no referido ano.

Quanto ao PIB *per capita* do Bioma Amazônico, observaram-se diferenças significativas entre as regiões, cujos maiores valores, em 2016, foram: Tocantins (R$11.957,11), Carajás (R$10.517,72), eixos Rodoferroviários (R$10.260,69) e região metropolitana da grande São Luís (R$9.347,92) – todos situados abaixo do PIB *per capita* do estado, que foi equivalente a R$12.264,28.

Analisando-se o setor primário maranhense, destaca-se que ele concentra, em média, cerca de 10% do Valor Adicionado Bruto total (VAB). Considerando o período que vai de 2010 até 2016, o VAB do setor agropecuário maranhense variou entre 8,0% (mínimo) em 2016 e 11,4% (máximo) em 2013. Contudo, a baixa participação desse setor em relação ao total, diz respeito simplesmente, ao baixo valor agregado que é gerado nesse ramo da economia, pois ele concentra o maior número de ocupados no Bioma Amazônico, e, deste modo, arrefecimentos neste setor representam maior precariedade nas condições de vida das pessoas em situação de renda próximo da extrema pobreza.

É importante mencionar que, no Maranhão, grande parte do setor primário concentra-se em atividades de cultivo de cereais e produção de grãos, além da pecuária, sendo que a atividade pecuarista se mostra mais representativa no Bioma Amazônico que no restante do Estado. Vale destacar que as atividades de Exploração Vegetal e Silvicultura estão concentradas em alguns municípios circunscritos na área do bioma, justamente para atender à produção industrial de polpa de celulose que está instalada na região de Imperatriz.

Partindo para as especificidades do setor primário, dentro do Bioma Amazônico Maranhense, os estudos elaborados no âmbito do ZEE-MA mostram que ainda falta uma diversificação produtiva no bioma, quando se trata de atividades como, por exemplo, ~~a~~ pesca, aquicultura e produção de mel, que apontam a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas de estímulo a estas atividades. No caso da pesca, especialmente nas regiões do Gurupi, Litoral Ocidental e região metropolitana da grande São Luís, por meio das atividades de campo, foi possível detectar uma extrema precariedade no desenvolvimento dessas atividades. Um exemplo dessa precariedade é a comercialização feita de grande parte do pescado extraído nessas regiões por estados vizinhos como Pará e Ceará.

O estudo também identificou alguns estabelecimentos agroindustriais na região do Bioma Amazônico Maranhense, sendo que, em termos de produto, a produção de farinha de mandioca apresentou destaque, principalmente nas regiões da Baixada Maranhense e Litoral Ocidental, cujo peso em relação às demais atividades foi de mais de 90%. Por outro lado, quando se trata isoladamente das atividades em relação ao total de agroindústrias inseridas no bioma, a fabricação de goma de mandioca se destaca na Região Metropolitana de São Luís, cujo número de estabelecimentos concentra cerca de 40,3% nessa atividade.

É importante destacar que a agroindústria é responsável por agregar valor à produção agropecuária, pois a comercialização dos produtos *in natura*, apesar de sua importância, não consegue gerar uma renda tão significativa quanto um produto derivado ou beneficiado. Portanto, o fortalecimento das agroindústrias nos municípios maranhenses deve merecer uma atenção especial, haja vista, sua importância na agregação de valor.

Quanto à produção Extrativa Vegetal na Amazônia Maranhense, cerca de 83,9% é concentrada na extração de lenha, o que representa uma ameaça para o bioma. Por outro lado, considerando-se a produção de lenha em cada região separadamente, observou-se que ela é a atividade principal do extrativismo na maioria delas, cuja representatividade gira em torno dos 82%, em média, com exceção do Baixo Itapecuru (4,8%), Imigrantes (24,6%) e Mearim (32,9%). Na Região do Litoral Ocidental, por exemplo, essa atividade chega a representar 99,2%.

Na Silvicultura, a produção ocorre concentrada em três regiões do Bioma Amazônico: Carajás, Serras e Tocantins. Isto se deve pela presença de guseiras em Açailândia e, principalmente, pela implantação recente de indústria de papel e celulose em Imperatriz.

Na Aquicultura, a única região que não tem representatividade é o Litoral Ocidental, sendo que entre as demais, destaca-se a região metropolitana da grande São Luís na criação de Tilápia que representa cerca de 35,8%, do total do Bioma Amazônico.

Analisando a atividade pecuária nas regiões circunscritas na Amazônia Maranhense, as regiões que mais se destacam são Pindaré, região metropolitana da grande São Luís e Carajás. Na região de Carajás, por exemplo, o município que mais se destaca é Açailândia, com 345.385 cabeças, sendo 260.482 bovinos, 258 bubalinos, 5.316 equinos, 544 asininos, 2.044 muares, 1.573 caprinos, 5.586 ovinos, 7.099 suínos e 62.483 galináceos. Na região do Pindaré é Pindaré-Mirim que se destaca com 638.894 cabeças, sendo 8.739 bovinos, 262 equinos, 44 asininos, 121 muares, 246 caprinos, 330 ovinos, 319 suínos e 628.83 galináceos.

Quanto à produção de origem animal, constatou-se que as regiões do Alto e Baixo Turi respondem por 27,0% e 24,8% da produção de mel, respectivamente, sendo que quando comparada à produção do Estado, somente os municípios desse bioma respondem por 99,2% do mel total produzido.

Portanto, ao analisar o setor primário, constatou-se que, apesar da diversificação de atividades que vão desde a agricultura, passando pelo extrativismo até a pecuária, são atividades de baixo valor agregado, contudo, de extrema importância econômica e também, de preocupação em termos ambientais, pois essas atividades podem afetar o bioma de forma negativa, resultando em supressão de vegetação amazônica, queimadas, assoreamento de rios e lagos, etc.

Quanto ao setor secundário, a participação da Indústria na composição do PIB dos municípios que compõem o Bioma Amazônico Maranhense foi equivalente, por sua vez, a 16,5%, no ano de 2016. No que tange às atividades econômicas de maior peso, no VAB do setor secundário desse bioma, verificou-se que a Indústria da Construção foi predominante, na maioria das regiões.

No que concerne à Indústria Extrativa Mineral, a maioria das empresas formais existentes no Maranhão situam-se nesse bioma, o que é equivalente a 50,7% destas, com predominância das microempresas. Contudo, vale ressaltar que a Indústria Extrativa Mineral, nesse bioma, representa apenas 0,66% do total do setor secundário no próprio bioma e 0,49% no VAB total do setor secundário maranhense. Pode-se destacar dentre os principais produtos com potencial de exploração na área em estudo: a extração de ouro no Gurupi, no Pericumã e no Baixo Turi e a extração de minério de ferro e de alumínio, nas regiões do Carajás e dos Imigrantes.

Já em relação à Indústria de Transformação, nos municípios maranhenses do Bioma Amazônico, cujo peso no VAB do setor é de 31,9% e no VAB total do Estado é de 5,5%, também se observou que a maioria dos estabelecimentos formais existentes no Maranhão se situa no Bioma Amazônico Maranhense (74,8%), com predomínio de microempresas. Quanto às atividades de maior destaque, em 2016, destacam-se: a fabricação de produtos do refino do petróleo, a produção de alumínio e suas ligas em formas primárias e a fabricação de cervejas e chopes, em São Luís; a produção de ferro-gusa, em Açailândia, e a fabricação de celulose e outras pastas, para a fabricação de papel e celulose, em Imperatriz.

O setor de Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP), por sua vez, concentrou 60,4% do total de estabelecimentos do Estado, no ano de 2016, com predominância de microempresas situadas, sobretudo, em São Luís. Cabe destacar, que as atividades de maior representatividade do referido setor na área em estudo foram as de geração e distribuição de energia elétrica, já que o Bioma Amazônico concentra 7 usinas termelétricas. Em termos de participação, essa atividade nos

municípios do Bioma Amazônico representa cerca de 11,7% no total do setor. Quanto ao peso dessa atividade no VAB total do Estado, ela contribui com somente 2,3%.

Tratando-se do setor terciário desse bioma, observou-se a predominância da atividade do Comércio nos municípios de São Luís (região metropolitana da grande São Luís) Santa Inês (Pindaré) e Imperatriz (Tocantins), sendo que a Administração Pública - APU apresentou maior relevância nos demais municípios. Dos municípios circunscritos no Bioma Amazônico do Maranhão, cabe destacar que o peso da APU no setor terciário equivale a 22,4%, ao passo que, quando se compara o peso dessa atividade no VAB total, isto é, considerando a soma de todos os setores, a APU representa 16,7%. Cabe destacar ainda, que a maioria dos estabelecimentos formais do Maranhão se situa na área em estudo, abrangendo cerca de 78,4% do total do Estado, também com predominância de microempresas.

É importante destacar que a análise do valor adicionado fiscal, do setor de Serviços, das regiões do Bioma Amazônico indicou a maior representatividade da região metropolitana da grande São Luís. Dentre as atividades de destaque nessa região, em 2016, estão: a de restauração e similares, a de fornecimento de alimentos preparados, preponderantemente, para empresas, e os transportes ferroviário e rodoviário de cargas.

Em relação ao Comércio no Bioma Amazônico Maranhense (14,8% no VAB dos Serviços e 11,7% no VAB total), a maioria dos estabelecimentos formais maranhenses situa-se no referido bioma, o equivalente a, aproximadamente, 68,9% do total do Estado, com predominância de microempresas. Quanto à representatividade das regiões nessa atividade, a região metropolitana da grande São Luís, as regiões do Tocantins, do Carajás, do Pindaré e Mearim, destacam-se por maior representatividade, durante o período estudado.

O comércio atacadista de álcool carburante, biodiesel, gasolina e demais derivados de petróleo, exceto lubrificantes, o comércio atacadista de lubrificantes e mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios, e o comércio varejista de combustíveis para veículos automotores foram os que mais se destacaram, com maior concentração na região metropolitana da grande São Luís.

5 INFRAESTRUTURA ECONÔMICA

O eixo Infraestrutura Econômica teve como propósito a caracterização dos modais e a logística multimodal de transporte, no Bioma Amazônico Maranhense. Foi possível diagnosticar a infraestrutura energética do Estado, com destaque para a distribuição e consumo de energia elétrica, e por fim, analisar a cobertura de telecomunicação, nos municípios que compõem o bioma.

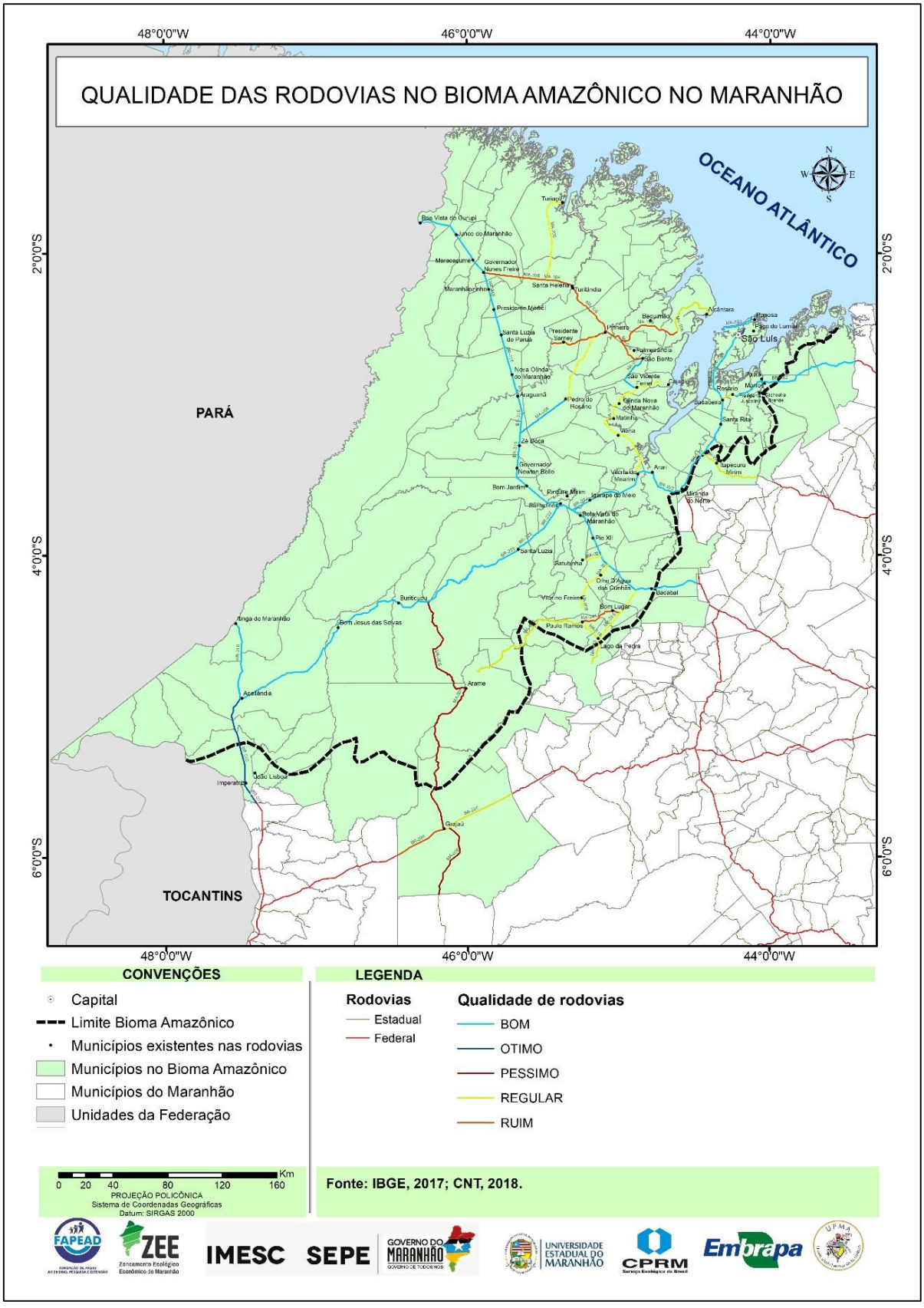
5.1 Transporte

Atualmente (2018), as rodovias estaduais e federais no Maranhão somam 6.872km de extensão pavimentada. Em recente pesquisa, a Confederação Nacional de Transporte (CNT) constatou que, dos 4.647km de rodovias avaliados em 2018, 2.733km são classificados como regular, ruim ou péssimo, representando 58,4% das rodovias do estado. Essas deficiências resultam em um acréscimo de 31,3% no custo operacional de transporte, sendo necessário um investimento de mais de R$1,92bilhão para as ações emergenciais de reconstrução e restauração das vias, além de R$618,46milhões para manutenção dos trechos desgastados (CNT, 2018).

Na região do Bioma Amazônico, as rodovias existentes estão sobrecarregadas pelo transporte de cargas e passageiros, concentrando o fluxo principalmente na BR-222, rodovia estruturante que liga a Região do Carajás à região metropolitana da grande São Luís.

Percebe-se que dentro do Bioma Amazônico, existem poucas rodovias tanto estaduais quanto federais que cortam a região (Figura 6), sendo o fluxo concentrado, principalmente, nas BR’s, o que acarreta maiores congestionamentos e desgaste, pelo excesso de peso do transporte de cargas e passageiros.

Figura 5 - Qualidade das rodovias do Bioma Amazônico Maranhense



Já em relação à frota de veículos, o bioma concentra grande parte do quantitativo estadual. A taxa de motorização exprime a quantidade de habitantes para cada veículo, carro e motocicleta. Apesar de possuir a maior frota e ter um crescimento expressivo em 2010 (+172% em relação a 2001), a região metropolitana da grande São Luís possuía 1 carro/moto para cada 6,62 habitantes, valor superior ao registrado na região Tocantina que era de 1 carro/moto para cada 5,25 habitantes. Essa diferença foi ampliada em 2018, em que RMGSL registrou 1 carro/moto para 4,2 habitantes, enquanto que a região Tocantina registou 1 carro/moto para cada 2,97 habitantes. A média desse bioma é de 1 carro/moto para cada 5,07 habitantes.

Imperatriz foi o município que teve crescimento de 152% do quantitativo de carros e motocicletas entre os anos de 2001 a 2010 e aumento de 90%, entre 2010 a 2018, como resultado do processo de crescimento econômico que ocorreu com o desenvolvimento dos setores do comércio, serviços e indústria. Esse crescimento teve impacto na região como um todo, pois a falta de investimentos em transporte público levou-a a ser considerada a região mais dependente de veículos.

Em relação ao transporte intermunicipal, grande parte dos municípios do nesse bioma não apresenta rodoviária local, tendo sido identificados apenas 28 terminais rodoviários. Os demais municípios, que não possuem a estrutura rodoviária, utilizam pontos alternativos ao longo da cidade para o embarque e desembarque de passageiros.

Outro modal de transporte que se destaca é o ferroviário, em que as três ferrovias que circulam no Estado passam pelo Bioma Amazônico Maranhense: a Estrada de Ferro Carajás (EFC), a Ferrovia Norte-Sul (FNS) e a Ferrovia Transnordestina Logística (FTL). Essas ferrovias movimentaram, em 2018, o volume de 212.343 milhões de toneladas úteis, sendo que a EFC é responsável por 95% desse quantitativo. Nos anos de 2017 e 2018, a EFC movimentou mais do que qualquer outra ferrovia do país (205.407 milhões de TU), enquanto a FTL ficou na penúltima colocação, dentre as ferrovias do país, em termos de movimentação (1.171 milhões de TU).

O transporte marítimo é o modal que apresenta maior representatividade no transporte de cargas. Segundo o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, 99,9% das mercadorias exportadas no Estado, em 2017, utilizaram esse modal. É importante destacar que, no período compreendido entre 2001 e 2017, o terminal do Porto do Itaqui apresentou crescimento contínuo, sendo que o

crescimento médio anual observado nesse período foi de 1,5%, somando granéis sólidos, líquidos e cargas em geral. Mesmo considerando o período da grande recessão econômica mundial, vivenciado no final da década de 2010, foi constatado que a partir desse último ano, o volume de cargas cresceu mais rapidamente do que durante os dez anos, contados a partir de 2001. Entretanto, entre 2001 e 2010, o volume de carga apresentou retração anual de 1,9%, ao passo que, somente entre 2010 e 2017, o volume total cresceu, aproximadamente, 6,0% ao ano, tendo recuperado as perdas sofridas nos anos anteriores.

No último ano analisado, 66,4% da movimentação do porto correspondeu a Graneis Sólidos, 25,7% a Graneis Líquidos e 7,9% a Carga Geral, em que as principais mercadorias foram: Graneis Sólidos - fertilizantes, ferro-gusa, manganês, calcário, coque, antracita, bentonita, carvão, clínquer, escória, cobre, soja, farelo de soja, milho, trigo, arroz e malte; Graneis Líquidos - derivados de petróleo, GLP, óleo vegetal (soja), soda cáustica, álcool e etanol e Carga Geral - contêineres, alumínio, celulose, trilhos, fluoreto, cimento e bois vivos.

O setor aeroviário em todo o Estado ainda está se desenvolvendo. No bioma em estudo estão registrados 23 Aeródromos Públicos (26,1%) e Privados (73,9%), correspondendo a 43,4% do total de Aeródromos do Maranhão. Os aeroportos de maior porte localizam-se na Região do Tocantins, no município de Imperatriz, e na Região Metropolitana de São Luís, no município de São Luís.

5.2 Energia

Atualmente, o Maranhão é o Estado com a quinta maior capacidade de geração de energia do Nordeste, somando 2.366MW de capacidade instalada, o que corresponde a 10,7% da capacidade de geração regional e 1,87% do total do Brasil.

Em relação ao consumo de energia, em 2015, o Maranhão consumiu 5,84 trilhões de MWh, sendo 4,05 trilhões de MWh consumidos em domicílios das cidades integrantes do bioma, representando 69,4% do consumo do Estado.

Dos 2.261.603 domicílios ativos do Estado, 1.417.215 domicílios estavam na região do Bioma Amazônico, com principal concentração desses domicílios nos municípios de São Luís (417.854), Imperatriz (106.944), São José de Ribamar (85.788), Paço do Lumiar (41.622) e Açailândia (40.661). A concentração de

domicílios consumidores de energia elétrica dá-se em torno das duas cidades mais populosas do Estado: São Luís e Imperatriz.

Os tipos de consumo mais expressivos nesse bioma são o Residencial com 1.270.169 domicílios (89,6% do total), Comercial, 103.243 (7,3% do total), Rural, 21.457 (1,5% do total) e do Poder Público, 13.012 (0,9% do total). Os outros tipos, Industrial, Iluminação, Serviços Públicos e Próprios, somam juntos 9.334 domicílios, representando 0,7% da quantidade total de domicílios, no ano de 2015.

Quanto às regiões que tiveram maior crescimento no consumo de energia, entre 2004 e 2015, destacam-se a região do Gurupi, que cresceu à taxa de 17,83% ao ano, e a região dos Lençóis Maranhenses, com variação positiva de 13,4%. O crescimento anual mais tímido ocorreu nas regiões de Carajás, com 3,59% e do Pindaré, com 6,89%. O Bioma Amazônico Maranhense obteve crescimento similar ao do Estado, 7,63% a.a. e 7,67% a.a, respectivamente. É válido ressaltar que 86% dos municípios do bioma tiveram taxa de crescimento anual superior a 7,67%, isto é, acima da média estadual.

5.3 Telecomunicações

As telecomunicações abrangem diversos tipos de transferência de dados que incluem rádio, televisão, telefonia, internet, etc. A telefonia fixa foi, durante boa parte do final do século XX, o principal veículo de comunicação entre pessoas, mas esse setor perdeu força devido ao avanço tecnológico em outros meios. O Brasil apresentou uma taxa anual de -3,93% em relação à quantidade de linhas fixas entre 2007 e 2018, já o Maranhão obteve uma variação negativa ainda maior, no mesmo período, com -7,94% e no Bioma Amazônico Maranhense a variação anual foi ainda mais expressiva do que a do Estado, com -8,26%. Destaca-se a região de Lagos, que manteve, em 2018, pouco mais de 11% das linhas que possuía em 2007. Em 2018, a região desse bioma representava 75,2% das linhas telefônicas instaladas e ativas no Maranhão. As regiões que representam a maior fatia dessa região são a metropolitana da grande São Luís e a região Tocantina, com 61,8% e 10,1% de participação, respectivamente.

Em relação à telefonia móvel, dos 1.784 pontos de transmissão de sinal do Estado, 73,5% estão na região do bioma, sendo 40,9% na região da grande São Luís (55,6%, em relação ao total da região do Bioma) e 7,8% na região Tocantina (10,7%,

em relação à região do Bioma). Quanto à quantidade de habitantes por pontos de distribuição, a região que possui maior quantidade de pontos é a região metropolitana da grande São Luís, com 1 ponto a cada 2,22 mil habitantes, enquanto, a que possui menor quantidade de pontos é a Região de Imigrantes, com pelo menos 8,14 mil habitantes, por ponto de distribuição.

Outro tema importante é o acesso à internet por banda larga, sendo que a região do Bioma Amazônico Maranhense representava, em novembro de 2018, 83,3% do total de acessos do Estado, em especial por conta da região da grande São Luís, que representava 67% dos acessos no Estado e 80,4% dos acessos do bioma.

Os acessos cresceram exponencialmente, entre 2010 e 2018, com variação anual de 18,75% na região do bioma, em comparação com 20,16%, no Estado. A cidade que mais cresceu foi Paço do Lumiar, na região metropolitana da grande São Luís, que em 2010 tinha 14 acessos e, com variação de 127,68% ao ano, chegou, em 2018, aos 6.372 acessos. Outra cidade em que o número de acessos cresceu, em variação anual superior a 100% foi São João Batista, na região do Pindaré que aumentou de 6 para 1.553 acessos de internet fixa. A internet exerce um papel fundamental na sociedade contemporânea, com potencial comunicador, informativo, emancipador e educativo. É necessário incentivo e investimento para ampliar o acesso desse serviço à sociedade.

6 EMPREGO E RENDA

O trabalho, sendo sinônimo de realização de uma atividade humana, com ou sem objetivo de remuneração, sempre representou papel fundamental em qualquer estrutura econômica e social já criada, independentemente da época que esteja em análise (MAURICI, 2007).

Entende-se que a realidade local do mercado de trabalho é um fenômeno decorrente de um histórico de desigualdades sociais, desenvolvimento regional marginalizado (no âmbito da região Nordeste), no contexto do capitalismo global, notado inclusive, pelo espaço preenchido pelo Brasil, na divisão internacional do trabalho.

Historicamente, entranhado numa estrutura produtiva de baixo grau de especialização, o mercado de trabalho maranhense mostra-se bastante heterogêneo e rico em especificidades com traços, inclusive, culturais e de costumes que

repercutem nas expectativas das pessoas e nas práticas dos empresários - demandantes de mão de obra.

Na década de 2000 constatou-se que a dinâmica de mercado incorporou uma série de trabalhadores, em todo o país. Conforme dados da Pesquisa Mensal de Empregos, isso se refletiu na taxa de desocupação. Portanto, a diminuição da desocupação, aliada ao aumento do rendimento dos trabalhadores, em virtude, principalmente, da política de valorização do salário mínimo, contribuiu para reduzir o grau de desigualdade no mercado de trabalho, nesse período.

No Maranhão, a PEA, ao contrário da PIA, apresentou na década de 2000 um ritmo de crescimento anual (1,60%), abaixo do ritmo nacional (1,73%). Em função disso, a Taxa de Atividade teve uma queda no Maranhão de 1,6 p.p. nesse período, ao contrário do observado no plano nacional com (+1,1p.p.). Por sua vez, o Bioma Amazônico Maranhense apresentou estabilidade nesse indicador. Cerca de 70% das regiões apresentaram redução de suas Taxas de Atividade, sendo que as duas variações negativas mais expressivas, em pontos percentuais, foram as apresentadas pelas regiões dos Lençóis Maranhenses (-10,1p.p.) e Baixada Maranhense (-9,3p.p.).

Vários fatores podem explicar o crescimento da parcela de pessoas economicamente ativas ter crescido menos que o fator populacional (pessoas em idade ativa), entre os quais, um crescimento baixo da oferta de postos de trabalho, o aumento da procura por estudo que retira provisoriamente as pessoas do mercado de trabalho, entre outros.

Em termos de Taxa de Ocupação entre 2000 e 2010, o resultado na região desse bioma foi positivamente maior do que o do Estado (aumento de 4,3 p.p. para a região do Bioma Amazônico *versus* 3,2 p.p. para o Maranhão).

Dentre as 17 regiões do Bioma Amazônico Maranhense, 13 apresentaram variação da População Ocupada superior à variação do PEA, entre 2000 e 2010 – o mesmo ocorreu para o Brasil, para o Nordeste e para o Maranhão –, o que representa geração de ocupações maior do que o aumento populacional do período.

6.1 Grupamentos de Atividade

Considerando abertura por setores de atividade do IBGE, os Serviços Industriais de Utilidade Pública - SIUP (8,52%a.a.) e a Indústria Extrativa (9,01%a.a.)

foram aqueles que apresentaram crescimento mais significativo ao ano, no Bioma Amazônico Maranhense.

Em relação ao SIUP, a aceleração do crescimento está diretamente relacionada aos programas de investimentos, destinados à ampliação da rede de saneamento básico, rede de distribuição de energia elétrica, entre outros. A região do Gurupi (40,63a.a.) apresentou o maior crescimento, liderado pelo município de Cândido Mendes (14,13%a.a.).

No que se refere à Indústria Extrativa (9,1%a.a.), o crescimento do número de ocupados seguiu a intensificação da demanda por trabalho, principalmente, na indústria extrativa de minerais metálicos. Em termos de crescimento anual médio nesse setor, se sobressaem, principalmente, as regiões: Eixo Rodoferroviário (16,99%a.a.), sobretudo devido ao município de São Mateus (3,39%a.a.) e a região do Gurupi (16,68%a.a.), em especial, o município de Cândido Mendes (18,15%a.a.).

Conforme os dados do Censo Agropecuário (2017), os trabalhadores ocupados na Agropecuária desse bioma representavam, em 2006, 30% no quantitativo de ocupados nesse setor no Estado e, em 2017, assumiu uma participação de 63%, atingindo mais que o dobro em onze anos. Parte disso se deveu à ocorrência da estiagem relacionada ao El Niño (2014 e 2016) na região leste e central do estado. Esse fator contribuiu para a queda de mais de 370 mil ocupações no Maranhão, segundo a PNAD Contínua. Os dados mostraram que a lavoura não especificada, atividade intrinsecamente relacionada à produção familiar, foi o segmento da Agropecuária que apresentou maior desmobilização. (IMESC, 2018)

Entre 2006 e 2017, esse setor, em termos de número de ocupações, cresceu anualmente 3,56% nesse bioma (+139,3 mil), enquanto decresceu 3,22% no Estado (-299,5 mil). Portanto, identifica-se que a ocorrência da estiagem (2014 a 2016) exerceu impactos no sentido de retardar a tendência estrutural de decréscimo de trabalho no campo no bioma, pois a região absorveu uma parcela da mão de obra rural de outras regiões maranhenses. Não estando disponível a comparação entre a abertura da agropecuária por seções de atividade, nessas pesquisas censitárias, convém trazer os maiores destaques, em termos de regiões do Bioma.

Quanto à evolução anual do número de ocupados, a maior variação absoluta ocorreu na região do Pericumã, com o incremento de 30,6 mil pessoas ocupadas (5,22%a.a.), sobretudo em Bequimão (5,1 mil). O município investe, atualmente, em uma ponte que fará a ligação com a região Central do Maranhão e,

conforme diagnosticado em pesquisa de campo, há potencial para o incremento de ocupações no setor agropecuário pelas vantagens que surgirão em termos de escoamento da produção e por gerar maior aproximação viária com a grande São Luís.

6.2 Posição na Ocupação e Categoria do Emprego

O processo de reestruturação do mercado de trabalho brasileiro na década de 2000 foi caracterizado pela expansão acelerada dos empregos assalariados com registro formal em segmentos organizados e pela redução na participação relativa do desemprego, das ocupações sem registro, sem remuneração e por conta-própria.

Conforme o Censo Demográfico do IBGE, as regiões de Tocantins (12,5p.p.), Carajás (11,2p.p.) e Grande São Luís (10,6p.p.) apresentaram ganhos de participação da categoria emprego com carteira, acima da média do Bioma Amazônico (9,4p.p.), Maranhão (9,3p.p.), Nordeste (7,9p.p.) e Brasil (8,8p.p.). Em contrapartida, as regiões como a Baixada Maranhense, Imigrantes, Mearim, Lagos e Baixo Turi passaram por uma redução no quantitativo de ocupados.

A economia informal, em suas várias modalidades, mantém relações inseparáveis com o setor formal. Os trabalhadores informais dependem do movimento do trabalho formal, da renda desse setor para sobreviver. Isso significa que a dinâmica do trabalho formal influencia, diretamente, na dinâmica do trabalho informal através da renda.

Os dados demonstram que no início do século XXI, os municípios que compõem o Bioma Amazônico Maranhense (24,7%) estavam em pior situação, no tocante ao trabalho informal, do que aquele registrado no nível estadual (23,7%). Essa situação mudou em 2010, quando os municípios desse bioma apresentaram taxa de trabalhadores informais (27,2%) abaixo da taxa registada no Estado (28,5%). As melhores performances foram dos municípios de Bom Jesus das Selvas, na região de Carajás (-35,1p.p.), seguida por Bacurituba, na região da Baixada Maranhense (-26,8p.p.) e Junco do Maranhão, no Baixo Turi (-8,4p.p.).

6.3 Trabalho Escravo

Em relação ao trabalho escravo, a legislação brasileira delimita o trabalho análogo à escravidão como aquele tipo de ocupação em que a pessoa está submetida às seguintes situações que podem ocorrer juntas ou isoladamente: condições degradantes de trabalho, jornada exaustiva, trabalho forçado e servidão por dívida.

Segundo o Observatório do Trabalho Informal do Ministério Público do Trabalho, o Maranhão é o maior exportador de trabalho escravo para outras unidades da Federação. Entre 2003 e 2018 houve mais de 8.119 registros, o que significa que um em cada cinco trabalhadores identificados nessa condição é natural do Maranhão. E, aproximadamente, metade do contingente do Maranhão é proveniente do Bioma Amazônico Maranhense.

As regiões com maiores registros de trabalho escravo, pelo critério de naturalidade do trabalhador, foram: Pindaré, com um total de 890 registros, com ênfase no município Santa Luzia (261); Tocantins (398), sobretudo no município Imperatriz (284) e a Região do Mearim (386), principalmente em Bacabal (144).

6.4 Emprego Formal

No tocante ao emprego formal, o crescimento registrado, na década de 2000, esteve mais associado à expansão do emprego na Administração Pública (+87mil) e no Comércio (+57mil). Por sua vez, o Setor Serviços (+39,6mil) liderou o ganho absoluto entre os setores, no período de 2017, em relação a 2010. Já a Construção Civil registrou a desmobilização de quase 20 mil postos de trabalho no mesmo período de referência.

Na abertura por regiões e setores de atividade, o setor Serviços apresentou maior incremento na região metropolitana da grande São Luís com 31,1 mil empregos adicionais, especialmente, no município de São Luís (+29,4 mil empregos) e na região Tocantina (+4 mil empregos), com destaque, para o município de Imperatriz (+ 4 mil empregos).

No que se refere ao setor da Construção Civil, observou-se que o bioma acompanhou a tendência de queda no emprego, semelhante ao Maranhão, com perdas concentradas na região metropolitana da grande São Luís, especialmente, na capital São Luís, onde houve redução de 22,4 mil vínculos de emprego formal,

observados a partir de 2011, e com mais ênfase, a partir de 2013, devido à contribuição da redução de investimentos públicos e privados, em meio a conjuntura econômica de aumento dos juros e da taxa de desocupação.

No que tange à análise por nível de instrução, a categoria que abrange pessoas sem instrução ou com o nível fundamental incompleto apresentou redução tanto no bioma (-88 mil) quanto no Maranhão (-186,1 mil), no período intercensitário de 2000 para 2010, tendo o primeiro registrado ritmo de redução (-1,2%a.a.) ligeiramente abaixo, do verificado no Estado (-1,4%a.a.). Os maiores registros de diminuição nesse indicador são observados nas regiões do Tocantins (-16,5 mil), com ênfase no município de Imperatriz (-12 mil), e na região do Pindaré (-11,5 mil), especialmente, no município de Alto Alegre do Pindaré (-3,7 mil).

Quanto à categoria “pessoas com ensino médio e superior incompleto” houve crescimento anual de 6,2% no bioma, semelhante ao do Estado, nesse caso deve ser destacada a contribuição dada pelo PRONATEC. O quantitativo de instituições autorizadas pelo PRONATEC em 2011 era de apenas 18, com incremento de 10 instituições entre 2011 e 2016 e taxa de crescimento anual de 9,2%, mesmo assim um ritmo inferior ao verificado no Nordeste e no Brasil. É importante ressaltar que esse bioma concentrava 61,1% dessas instituições em 2011 (11 instituições) e em 2016 eram 16 instituições.

6.5 Rendimentos dos ocupados

No que se refere à massa de rendimentos das pessoas ocupadas no Bioma Amazônico Maranhense foi constatado um total R$1,149 bilhões em massa de rendimentos, tendo apresentado um crescimento anual médio de 5,75% em termos reais na década de 2000, o equivalente ao ritmo observado no Estado (5,77%). Destaca-se que esse indicador recebeu a contribuição positiva, tanto da ampliação do quantitativo de ocupados, decorrente do ciclo de crescimento econômico mundial, nacional e estadual, como também do maior controle inflacionário, observado no período.

Dentre as 17 regiões de planejamento no Bioma Amazônico Maranhense, as três que apresentaram maior ritmo de crescimento anual foram: Região metropolitana da grande São Luís (6,5%) com maior expressão no município de

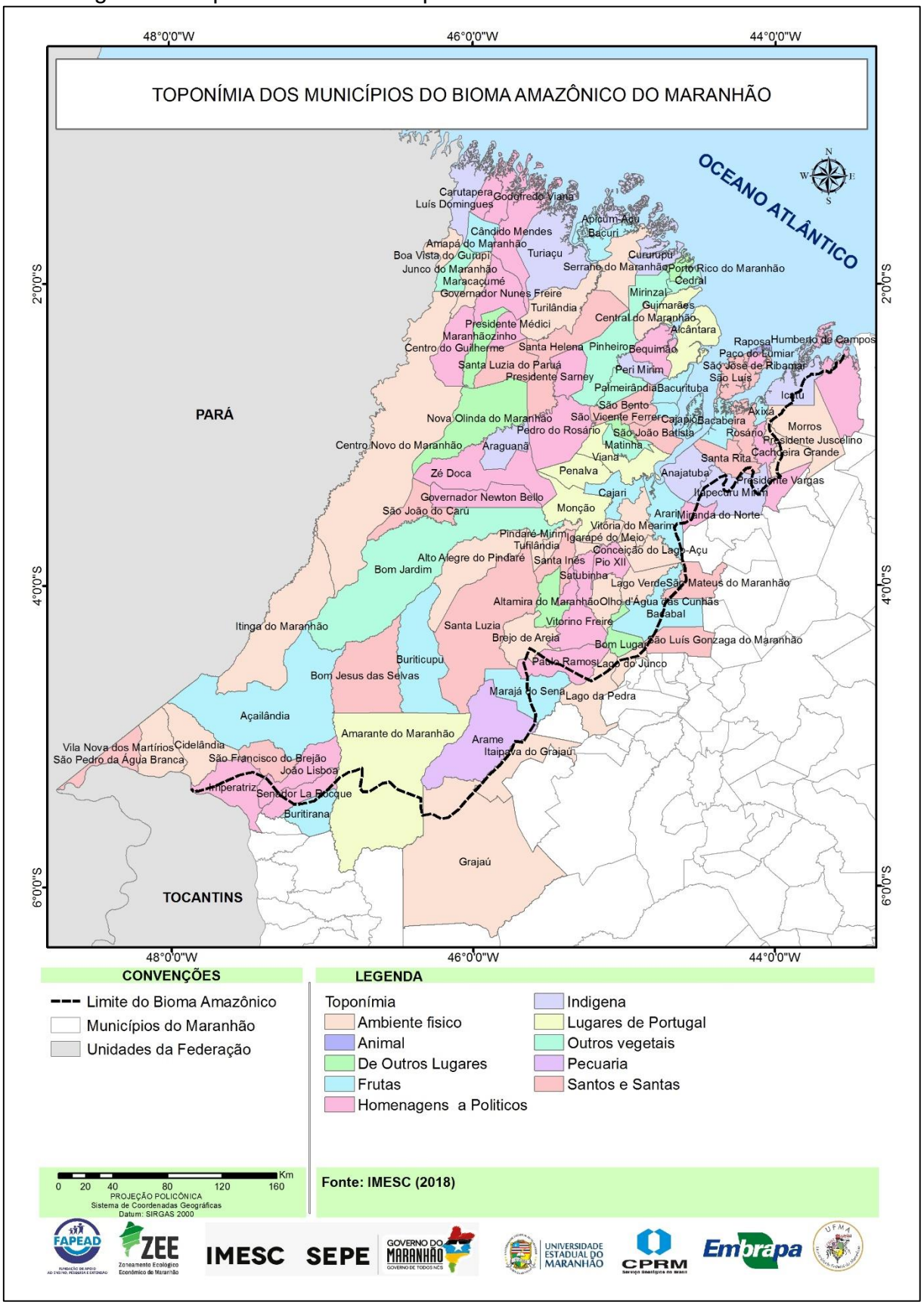
Bacabeira (11,56%), Gurupi (6,21%) com destaque para o município de Godofredo Viana (11,47%) e Mearim (6,12%), especialmente, o município Lago Verde (6,56%).

7 PATRIMÔNIO HISTÓRICO

A ocupação do território maranhense e sua colonização desenvolveu-se através de três frentes: a) litoral, acompanhando a orla marítima ou penetrando pelo interior, a montante dos rios; b) frente pastoril, formada pelos criadores de gado, e c) imigrantes da seca. **“**Portanto, a identidade maranhense obedece, e por isso mesmo, é resultado da transitoriedade ambiental natural do Estado e dos movimentos colonizadores, com tendências a padrões socioculturais específicos” (TROVÃO, 2008, p. 12).

Em decorrência das frentes de ocupação, identificaram-se as seguintes origens dos municípios desse bioma: rodovias, aldeias, imigrantes maranhenses, imigrantes do Nordeste, imigrantes de outros lugares, portugueses, fazendas e engenhos, áreas de colonização agrícola, padres Jesuítas e ainda, municípios em que não há informações sobre sua colonização. Sua toponímia está ligada aos lugares de Portugal, a nomes de santos e santas, ao vernáculo indígena, à pecuária, a vegetais, a outros lugares, a nomes de animais, de frutas e de pessoas (Figura 6).

Figura 6 - Toponímia dos municípios do Bioma Amazônico Maranhense



Reflexo das correntes de povoamento e da colonização destaca-se, dentre outros fatores, a etnia e identidade religiosa. Em relação à divisão da etnia e gênero, ressalta-se a relativa equiparação da distribuição populacional entre homens e mulheres, exceto, entre as populações negra e cabocla entre as quais são verificadas diferenças relevantes. A etnia negra possui um número maior de homens, fato que pode ser atribuído à migração para outros estados, ou até mesmo, por uma autodeclaração como morena. No caso da cabocla, pode-se condicionar a desigualdade também, no processo migratório.

A identidade religiosa, reflexo também da influência da colonização, originou uma série de religiões praticadas nas diversas regiões do Bioma Amazônico Maranhense, pois, ao tomarem posse do território maranhense, os Portugueses encontraram nativos que tinham como religião o fetichismo. Com a introdução do africano, outras religiões foram inseridas ao catolicismo dos conquistadores.

Segundo os dados fornecidos pelo IBGE, censo 2010, dos 4.050.150 habitantes do Bioma Amazônico do Maranhão, 70.23% declararam-se católicos, evangélicos 20,40%; espiritas 0,24%; do candomblé e umbanda 0,07%; de outras religiões 1,53%. Além desses, a pesquisa também revelou que 7,42% afirmam não ter religião, 0,10% disseram não saber e 0,01% não informaram. Por esses dados, podemos constatar que há predominância da religião católica no bioma.

A miscigenação entre o branco, o negro e o índio e entre suas diferentes religiões resultou numa rica e complexa cultura. Cada item apresentado é elemento da cultura material e imaterial da região (folclore, danças, gastronomia, ritmos, danças e lendas) que se intercruzam, compreendendo uma rede de saberes e fazeres simbólicos e materiais que regulam as relações sociais, nos diversos planos em que se manifestam.

O folclore é entendido como a expressão da cultura popular tradicional de um local, multideterminado por agentes populares e hegemônicos, constituído por processos híbridos e complexos que levam em consideração influências rurais, urbanas, locais e transnacionais. Os elementos da cultura popular são os festejos religiosos, as danças, os ritmos e as lendas.

As festas religiosas resultam em uma rede de celebrações, o que compreende o catolicismo popular, bem como, as festas de terreiro. Aquelas organizadas tanto pela igreja católica, quanto pelos terreiros de culto de matriz africana são festividades revestidas de um caráter, ao mesmo tempo, sagrado e

profano, expresso na devoção aos santos, nas danças, nas comidas e nas bebidas. No âmbito dessa rede de celebrações, destacam-se os festejos juninos, especialmente, os grupos de bumba meu boi e seus distintos sotaques: matraca, orquestra, costa de mão, zabumba e pandeirões. As Festas Juninas têm quatro etapas: os ensaios, o batismo, as apresentações públicas e a morte do boi.

Existem outras manifestações da cultura popular, representadas por danças, cantos e autos. Nesse sentido, agrupam-se em diferentes formas de expressão, que contribuem para o fortalecimento das identidades sociais, dos grupos que as realizam. O Tambor de Crioula, expressão cultural de matriz africana, comandada pela percussão de três tambores, conhecidos como: tambor grande, meião e pererenga. Outras manifestações, bastante encontradas em vários municípios desse bioma, são: Dança do Lelê, Dança Portuguesa, Quadrilha, Cacuriá, Dança de Boiadeiro ou Country, Dança do Coco e tamborim, o Bambaê de Caixa também conhecida como Pela Porco.

O período carnavalesco é comemorado em todas as regiões de planejamento do Bioma Amazônico Maranhense. Esse período é organizado, popularmente, em blocos de rua, com as pessoas reunidas nas ruas, vestidas com suas camisas personalizadas e também provenientes de escolas de samba. As prefeituras financiam festas com bandas musicais para a população.

Um dos eventos tradicionais de certas regiões é a cavalgada que reúne centenas de pessoas, inclusive de outros municípios, sendo habitual nesses municípios, e em qualquer festa religiosa, a presença de cavaleiros e motoqueiros circulando nas ruas das cidades.

Os estilos musicais preferenciais da população desse bioma são bastante diversos, entre os quais: forró, reggae, brega, carimbó, pagode, seresta, sertanejo e axé.

Como resultado da cultura e etnia de cada região, os municípios do Bioma Amazônico do Maranhão têm um acervo considerável de lendas. Aqueles municípios mais antigos, principalmente, os do Litoral Ocidental e da Baixada Maranhense deixam perceber, através das lendas, a força tradicional da herança cultural de negros, índios e seus descendentes, que colaboraram para a organização sociocultural de cada comunidade.

No Bioma amazônico, assim como no restante do estado, existe um conjunto imensurável de lendas e em algumas delas há importantes fatos históricos.

Muitas narrativas se assemelham, entre os diversos municípios, mas cada uma apresenta uma versão diferente para esses fatos que refletem superstição e crença popular. Pescadores, vaqueiros e religiosos estão entre os que mais têm histórias a contar sobre algum acontecimento local, visagem de criaturas ou milagres de santos.

Os povos que passaram pelo território maranhense também inspiraram a gastronomia e a culinária locais, com seus temperos e seu modo de preparação dos alimentos. Essas duas áreas do conhecimento estão indiscutivelmente associadas, e uma não funciona sem a outra. A gastronomia refere-se aos alimentos preparados, enquanto a culinária remete-se ao modo de preparo, considerando os ingredientes, os temperos e outros elementos indispensáveis. Não se pode negar que tanto a gastronomia como a culinária estão ligadas à cultura e ao uso ou manipulação da "matéria-prima" de cada lugar.

Os costumes indígenas estão presentes em determinadas técnicas de preparo e tratamento de alimentos, entre a população do Maranhão, como assados e moqueados. Ainda se encontram fornos, com características indígenas, assim como, as carnes no espeto, os assados na grelha, os peixes moqueados e o chibé. Da suntuosa culinária portuguesa, herdou-se o gosto pelos ovos, cebola, carnes de boi, de carneiro, de bode e de galinha, além do cominho, a conserva, os caldos, canja, banha de porco, manteiga e cozidões. A doçaria artesanal desenvolveu-se principalmente nas regiões de cultivo de cana-de-açúcar.

Por sua vez, as casas de religiões africanas, também denominadas de terreiros, representam centros vivos de uma tradição cultural da culinária maranhense. Nessas casas, além das comidas triviais, também são servidas as chamadas "comidas de santo": como o caruru, o mingau de fubá de arroz, a paçoca, entre outras. Nelas estão presentes ingredientes como: a folha da bananeira, a pimenta, o leite de coco e o dendê. Outras comidas afro-brasileiras pertencem à culinária maranhense: o vatapá, o cuxá, o mocotó, o sarrabulho e o espernegado.

Dos alimentos conhecidos em todo o Estado e que fazem parte do cardápio culinário maranhense, destaca-se a farinha d'água, consumida na forma original e usada na preparação de farofa, pirão, chibé e mingau; o milho, consumido cozido, assado ou preparado em múltiplas receitas como o manuê, pamonha, canjica, mingau; além dos bolos de milho, macaxeira/mandioca e tapioca; a batata-doce cozida e a cocada.

Dos frutos do mar, tem-se, relevantemente: caranguejo, camarão, ostras, sururu e peixes. Da carne bovina, suína e caprina, é muito popular entre os maranhenses, o cozidão, pratos feitos com as vísceras do animal para a preparação do mocotó, sarrabulho, sarapatel, dobradinha e a buchada.

No artesanato há reflexo nos modos culturais do ser e saber fazer de quem os produz, constituindo-se, por si só, num patrimônio. O Bioma Amazônico do Maranhão, dada a abundância de matas de palmeiras que compõe a sua paisagem, existe uma grande produção de artesanato com fibras naturais

Outras matérias-primas utilizadas no artesanato são algodão, palhas diversas e guarimãs, usadas para confeccionar cofos, abanos, meaçabas, peneiras, balaios, tipitis e uma enorme variedade de cestarias. Tais utensílios são indispensáveis no dia a dia, pois, servem para guardar mantimentos, transportar, armazenar, cozinhar, dormir e cobrir casas.

A cerâmica é a produção de peças confeccionadas nas olarias e sua matéria-prima é o barro. Esta atividade de produção é considerada uma importante fonte geradora de renda para muitas famílias. Dentre a produção de peças, destacam-se a ocorrência de utensílios domésticos e ornamentais, como potes, filtros, telhas, tijolos, brinquedos e jarros.

A carpintaria naval, devido ao contexto hídrico presente no território, e por possuir, depois do Estado da Bahia, a maior faixa litorânea do país, contribui para que, no Maranhão, exista uma intensa atividade naval e de construção de embarcações (estaleiros), que são utilizadas no transporte de cargas e de pessoas. As embarcações tradicionais maranhenses, produzidas artesanalmente, são conhecidas pela originalidade e diversidade de suas formas, o que faz deste ofício um patrimônio cultural.

A diversificação do artesanato é muito grande no Bioma Amazônico Maranhense e além das matérias-primas já citadas são utilizados ainda para o artesanato, fios e tecidos, escamas e mariscos, sementes, cascas, raízes, folhas e flores secas e materiais recicláveis, sempre levando em consideração referências culturais e tradicionais.

Em suma, o Bioma Amazônico Maranhense possui um imenso patrimônio histórico, cultural, arqueológico, paleontológico e paisagístico, que anualmente atrai muitos turistas. Assim, o patrimônio do Bioma Amazônico do Maranhão caracteriza-se como o conjunto de bens móveis e imóveis existentes e, cuja conservação é de

interesse público, quer por sua vinculação aos fatos memoráveis de sua história, quer por seu excepcional valor arqueológico, etnográfico, bibliográfico ou artístico.

Dentre o patrimônio existente no Bioma Amazônico Maranhense temos o natural e o antrópico. O Patrimônio Natural é representado por cavernas e grutas, serras e vales, sítios paleontológicos com sua fauna e flora antigas e sítios paisagísticos. Nesse bioma, as cavernas e grutas são formadas por **cavidades naturais subterrâneas, que se originaram em formações areníticas e se distribuem em dois tipos: continentais e marinhas.** As cavidades formadas nas áreas continentais estão localizadas no município de Grajaú - Caverna de São Rafael, Caverna do Barboza e a Caverna dos Catitus - na terra indígena Araribóia e na Reserva Biológica do Gurupi. As cavidades formadas na área marinha estão localizadas na Ilha do Medo, município de São Luís, Ilha do Livramento, município de Alcântara e na Pedra do Gurupi, no município de Carutapera. Observa-se que, no Bioma Amazônico Maranhense não foram encontradas grutas significativas que possam servir para estudos aprofundados.

Outro importante patrimônio natural são as serras e vales. Ross (1995, p. 38) ao definir serra, estabelece uma relação direita com vale: “serras são representadas por cristas altas e alongadas que separam vales”. O vale, por conseguinte, é um “corredor ou depressão de forma longitudinal que pode ter vários quilômetros de extensão. São formas topográficas constituídas por talvegues e duas vertentes com dois sistemas de declives convergentes” (SILVA, 2002, p. 237). As serras, que se destacam, nesse bioma, são: Serra da Cinta, a Oeste; Serra Negra, no centro (onde está o ponto mais elevado do Estado) e as Serras da Menina e da Croeira, a Leste.

Os vales do Bioma Amazônico do Maranhão têm relação direta com a rede hidrográfica, uma vez que as serras, como divisores de águas, favorecem essa relação entre a hidrografia e o relevo. Dentre os vales limítrofes, isto é, aqueles que têm parte do território no Bioma Amazônico do Maranhão estão os vales do Gurupi e Tocantins. Os vales que estão totalmente no Bioma Amazônico do Maranhão são: Turiaçu, Maracaçumé, Pindaré, Grajaú, Mearim, Munim e Itapecuru, sendo que esses dois últimos, só uma parte, pois se desenvolvem na divisa do Bioma Amazônico Maranhense e cerrados.

Os sítios paisagísticos englobam áreas naturais e paisagens transformadas pelo ser humano que atribuem valor à configuração paisagística. Esses sítios

destacam-se por sua relação com o território onde estão implantados. Por sua complexidade e unicidade, estão agrupados em dois tipos: os sítios paisagísticos urbanos, destacados pelas cidades históricas de São Luís, Alcântara e Viana; e os naturais, representados pela Baixada Maranhense, Golfão Maranhense, Reentrâncias Maranhenses, Rios, Áreas Indígenas, Reserva Biológica do Gurupi, Parcel Manuel Luís e pelas Serras e Vales.

Quanto aos Sítios Paleontológicos e sua composição faunística e florística, o mais representativo é a Laje do Coringa, localizado na Ilha do Cajual, em Alcântara. Este grande sítio guarda um dos mais importantes afloramentos fossilíferos do país, com mais fósseis de dinossauros por metro quadrado, que qualquer outro no território nacional. Datando de cerca de 95 milhões de anos antes do presente (período Cretáceo médio), a Laje do Coringa, com cerca de 4ha, contém grande variedade de formas dinossaurianas, restos de peixes, crocodilos, quelônios, pterossauros e diferentes formas vegetais, reunindo uma mistura de fauna marinha e continental, em um paleoambiente típico costeiro.

Os elementos faunísticos, mais comumente identificados no Bioma Amazônico, são fragmentos de vértebras e dentes de dinossauros. Estes incluíam os saurópodes (grandes dinossauros herbívoros com cauda e pescoço compridos) e os terópodes (bípedes predadores). Peixes, tartarugas, crocodilos e outros animais encontram-se entre alguns dos representantes da paleofauna maranhense. No que tange à flora, o registro fóssil apresenta samambaias arborescentes, coníferas e equisetáceas.

Outros sítios paleontológicos representativos do bioma estudado estão dispostos ao longo dos rios Maracaçumé, com a presença de troncos fossilizados, e Itapecuru, com presença de fósseis de dinossauros; na Baixada Maranhense, mais precisamente, no município de Cajapió, na Ilha do Maranhão, com presença de troncos fossilizados e pegadas de dinossauros na Ponta da Guia, Bonfim e Itaqui; presença de troncos fossilizados de coníferas, no litoral de São José de Ribamar e no município de Alcântara, principalmente, nos lajedos da praia da Baronesa, com grande presença de pegadas de dinossauros.

O Patrimônio Antrópico está representado, principalmente, por sítios paleontológicos, figuras rupestres e ruínas. No Bioma Amazônico do Maranhão, grupos paleoindígenas viveram, aproximadamente, há 10.000 anos, alimentando-se principalmente, da coleta de vegetais, frutos e da caça de animais. Existindo, portanto,

inúmeros testemunhos da presença de ocupações primitivas por grupos humanos, que se fixaram na paisagem ao longo do tempo, deixando marcas das suas atividades cotidianas e modos de vida. De acordo com o Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão (2018) é possível fazer uma cronologia dessas ocupações primitivas e dos grupos humanos que as ocupavam, distribuída por ano: Caçadores e Coletores (9.000A.P.); Sambaquieiros (5.000A.P.); Ceramistas Horticultores (4.000A.P.); Construtores de Estearias (1.700A.P.); Grupo Proto-tupi (7.000A.P.) e Tupinambá (1.580A.P.).

Os principais vestígios dos índios antigos, identificados no bioma mencionado, referem-se, especialmente, aos sambaquieiros e aos construtores de estearias. Os sambaquieiros, também denominados de cocheiros, são restos de alimentos, especialmente, conchas de animais aquáticos fossilizados. Encontraram-se distribuídos pelos territórios dos municípios de São Luís, Alcântara, Guimarães, Cururupu, Bequimão, Humberto de Campos, Porto Rico do Maranhão, Apicum-Açu, Bacuri, São Vicente Ferrer e São João Batista.

As estearias, habitações primitivas erguidas sobre esteios nos lagos, com o objetivo de lidar com as cheias e evitar ataques de grupos rivais, foram encontradas nos municípios de Penalva, São João Batista, Pinheiro, Santa Helena e Turilândia. Há outros achados arqueológicos espalhados pelo território do Bioma Amazônico do Maranhão, tais como: arte rupestre em Grajaú, sítios a céu aberto, cerâmicas encontradas ao longo do rio Turiaçu e outros sítios identificados, nos grandes projetos instalados (fábrica da Suzano e duplicação da Estrada de Ferro Carajás) no território do bioma. Dentre os vestígios encontrados nos sítios arqueológicos do bioma, destacam-se: sambaquis, cerâmicas, artefatos líticos e urnas funerárias.

Outro importante patrimônio antrópico são as figuras rupestres, ou seja, figuras sobre rocha que comportam um amplo conjunto de imagens produzidas sobre suportes rochosos abrigados (cavernas e grutas) ou ao ar livre (paredões e lajedos). No Bioma Amazônico do Maranhão, o único município que possui esse tipo de artefato é Grajaú, onde foram identificados sítios com gravuras rupestres, em abrigos sob a rocha, dentre estes o Morro dos Picos, o abrigo Pedra da Figura, o Talhado de São Rafael, o da Cachoeirinha, do Barboza e dos Catitus.

O Bioma Amazônico do Maranhão também é rico em ruínas, tanto na área urbana, como na zona rural. As ruínas encontradas na área urbana são resultado da destruição e falta de conservação de construções públicas ou privadas, além de

indústrias desativadas. Na área rural, provém do abandono dos antigos engenhos, usinas, fazendas e residências senhoriais – as famosas casas grandes. Nesse bioma, as ruínas estão concentradas nas regiões: metropolitana da grande São Luís, com destaque para ruínas nos municípios de São Luís, Alcântara, Axixá, Icatu e Rosário; do Litoral Ocidental, com destaque para Bacuri, Central do Maranhão, Cururupu, Guimarães, Mirinzal e Serrano do Maranhão; de Lagos destacando o município de Viana e do Alto Turi, com destaque para Presidente Médici.

Um destaque à parte é a cidade histórica colonial de São Luís, Patrimônio da Humanidade. Patrimônio Nacional desde 1974, com 1.369 imóveis e logradouros públicos, localizados no Centro Histórico de São Luís, situados em, aproximadamente, 100ha, foram incluídos na Listagem do Patrimônio Mundial, passando a ter o título de Patrimônio Cultural da Humanidade, em dezembro de 1997 (ESPÍRITO SANTO, 2006).

Dois elementos justificaram a inclusão de São Luís na categoria de Patrimônio Mundial: seu desenho urbano ainda original (no Centro Histórico) e o conjunto de arquitetura civil, influenciado pelo projeto pombalino da reconstrução de Lisboa, adequados a três dos pontos básicos, definidos pela UNESCO.

Entre os conjuntos urbanos brasileiros reconhecidos pela UNESCO, São Luís é o único, cuja inscrição, na Lista do Patrimônio Mundial, está baseada em três critérios diferentes. Os critérios citados incluem-se na Convenção do Patrimônio Mundial, e são: “III – Testemunho excepcional de tradição cultural”; “IV – Exemplo destacado de conjunto arquitetônico e paisagem urbana, que ilustra um momento significativo da história da humanidade”; e “V - Exemplo importante de um assentamento humano tradicional, que é também representativo de uma cultura e de uma época”.

O conjunto tombado é formado por 5.607 imóveis, preservados por Legislação Federal, Estadual e Municipal, sendo 978 imóveis inseridos, na área de proteção federal (60 hectares) e 4.629 imóveis, na área de proteção estadual (160 hectares). A área incluída na Listagem do Patrimônio Cultural da Humanidade da UNESCO possui 1.369 imóveis, num perímetro que envolve exemplares e logradouros na área federal e algumas quadras estaduais. Estes imóveis do Patrimônio Mundial estão distribuídos nos bairros do Centro, Praia Grande e Desterro e nas praças D. Pedro II, Benedito Leite, João Lisboa, Carmo, Antônio Lobo, Santo Antônio (Antônio Vieira) e São João (ESPÍRITO SANTO, 2006).

A arquitetura colonial do Maranhão, mais especificamente, de São Luís, é como a memória de Portugal, especialmente, de Lisboa. Dado que o Maranhão está na faixa do equador, a luz solar funciona como um elemento capaz de dar à arquitetura de São Luís, um destaque especial, ao qual, o autor citado chama de “milagre local”. Toda a arquitetura colonial existente no Bioma Amazônico do Maranhão é encontrada, principalmente, nos municípios de São Luís, Alcântara, Guimarães, Cururupu, Viana e Turiaçu, que atualmente, passa por um momento crítico, pois vivencia um turbilhão urbano caótico, resultado da incompreensão e do estrelismo urbano, promovido pelo poder público e empresarial, em todos os níveis.

Os sistemas construtivos empregues na arquitetura tradicional em São Luís foram aplicados, indistintamente, em casas de moradia, sobrados comerciais, edificações religiosas, casas rurais, fábricas e instalações militares. Alvenarias, revestimentos, coberturas, pisos, forrações e esquadrias confirmam a natureza da mão-de-obra e os recursos técnicos e materiais disponíveis.

Segundo Trovão (1994, p.50).

> Nos sobrados e nas pomposas residências de dois pavimentos tipo palacetes, ficaram os mais ricos. Os sobrados tinham quase sempre uma finalidade especifica, ou seja, residência e comércio que na sua quase totalidade pertenciam aos comerciantes portugueses e por isso mesmo eram um misto de moradia, este instalado na parte térrea. A parte de atendimento ao público na frente e o depósito ou a armazenamento no fundo. A família morava nos andares superiores. Dependendo do padrão econômico do proprietário, o sobrado dispunha de três e até quatro pavimentos. Não raro o seu teto era encimado com um mirante. Quando a família era abastada, a criadagem habitava no primeiro andar ao invés dos fundos do térreo, ficando os demais andares para residência.

Outros tipos arquitetônicos coloniais que serviam apenas como residências eram as moradas inteiras, as de meia morada e as portas e janelas, diferenciando pelo número de cômodos, disposição das janelas e poder aquisitivo de seus moradores. Com o surgimento da lei, determinando a mudança da frente das casas, para platibanda, uma outra alteração se processa na arquitetura colonial.

Seguindo o exemplo de São Paulo, substituindo casarões e mansões históricas por palacetes e bangalôs, em São Luís foram derrubados sobradões na Rua do Egito, e construídos vários bangalôs. Com a expansão urbana de São Luís, esse tipo de residência se acentuou das ruas paralelas à praça Deodoro. Eram residências sofisticadas para aquele momento, e no momento são utilizadas para laboratórios,

consultórios, escritórios e repartições públicas, uma vez que seus proprietários migraram para nova área burguesa, nos bairros de Ponta d'Areia e Calhau.

Apesar do poder público ter investido, maciçamente, na revitalização do Centro Histórico, nas últimas décadas, com recuperação da infraestrutura dos imóveis tombados, é perceptível que ainda há um longo caminho a ser percorrido. O abandono de diversos casarões históricos ainda é o maior problema encontrado, para manter a beleza e originalidade dessas construções singulares, testemunhos da história de São Luís.

Esta diversidade cultural, artística e natural fez com que o Estado e o Bioma Amazônico Maranhense se tornassem uma área de atração turística, transformando vários territórios deste bioma em polos turísticos. A última regionalização turística (2017) determinou, para o estado do Maranhão, dez polos turísticos, sendo que na área do Bioma Amazônico do Maranhão encontram-se oito, dentre estes, quatro em sua totalidade e quatro de forma parcial. Os primeiros referem-se aos polos de São Luís, Amazônia Maranhense, Floresta dos Guarás, Lagos e Campos Floridos, enquanto dos segundos constam, a Chapada das Mesas, os Lençóis Maranhenses e os das Serras Guajajará, Timbiras e Kanela.

8 EQUIPAMENTOS URBANOS

Apesar da falta de um critério universal, sobre quais os elementos que compõem os equipamentos urbanos, tanto a Lei Federal 11.445/2007 quanto a NBR 9284, da Associação Brasileira de Normas Técnicas dispõem que esses equipamentos são essenciais para a organização das cidades, a melhoria da qualidade de vida das populações e para o desenvolvimento dos municípios.

Os equipamentos urbanos ligados à educação estão relacionados ao quantitativo de escolas de nível estadual, federal, municipal e privadas. No Bioma Amazônico do Maranhão existem 2.351 estabelecimentos escolares, desses 58,74% são municipais, 27,10% privados, 13,61% são estaduais e apenas 0,55% federais (MARANHÃO, 2017). No âmbito estadual há 320 estabelecimentos escolares. São, principalmente, escolas de Ensino Médio e Institutos de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IEMA. Destacam-se as regiões de planejamento: Metropolitana da Grande São Luís, Pindaré, Tocantins, Mearim, Carajás, Pericumã, Baixada Maranhense e Litoral Ocidental.

A Educação Básica é formada por etapas e modalidades de ensino. A quantidade de escolas, por modalidade de ensino, distribuídas segundo as Regiões de Planejamento Estadual, pertencentes ao Bioma Amazônico Maranhense, distribuem-se da seguinte forma: 40,51% são de educação fundamental, 31,58% de educação infantil, 13,93% EJA, 11,55% do ensino médio, 1,73% de educação profissional e apenas 0,70% de educação especial. Note-se que, em muitos municípios, uma única escola pode abrigar várias etapas e/ou modalidades de ensino. Algo interessante em relação à educação, no Bioma Amazônico Maranhense, é que apenas duas regiões de planejamento, metropolitana de São Luís e Tocantins, despontam com maior quantidade de escolas. Nesse bioma os estabelecimentos de ensino superior, cadastrados, no Ministério da Educação, estão restritos a 16 municípios. Identificaram-se 68 prédios, com o aludido nível de ensino, predominando os estabelecimentos privados, que se concentraram nos municípios de São Luís e Imperatriz.

Referente aos equipamentos urbanos de saúde, no referido bioma, de acordo com o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde do Brasil – CNES, do Ministério da Saúde, em 2018 havia 2.959 estabelecimentos ligados à saúde, nas áreas urbanas. Os estabelecimentos concentram-se mais na Região de Planejamento Metropolitana da Grande São Luís, seguida pela do Tocantins, Pindaré, Carajás e Mearim.

Quanto ao tipo de estabelecimentos de saúde é perceptível a grande quantidade de: Centros de Saúde, Unidade Básica de Saúde – UBS, Centro de Atenção Psicossocial – CAPS, Clínica especializada/Ambulatório especializado, Consultórios, Hospital Geral, unidade de serviço de apoio de diagnose e terapia e unidades de vigilância. São Luís e Imperatriz são os municípios que detêm a maioria dos estabelecimentos de saúde, distribuídos no Bioma Amazônico Maranhense. Infere-se que, a maior quantidade de estabelecimentos de saúde está concentrada em municípios que possuem as maiores populações do Estado e, que apresentam significativa área urbana, com destaque para São Luís, que concentra sozinho a maioria dos estabelecimentos, seguido de Imperatriz.

Os equipamentos urbanos ligados à área da segurança foram os seguintes: 112 fóruns, 57 promotorias de justiça, 5 tribunais, 3 procuradorias, 23 defensorias públicas, 183 delegacias, 35 equipamentos da polícia militar, 2 sedes da polícia federal, 9 unidades do corpo de bombeiros, 24 unidades prisionais e aparatos das

forças armadas. As Forças Armadas são constituídas pelo Exército, Marinha e Aeronáutica e atuam sob a direção superior do Ministério da Defesa (MD), sendo responsáveis pela defesa do Brasil. No Bioma Amazônico Maranhense, o Exército possui os aparatos localizados nos municípios de São Luís e Imperatriz. Os aparatos da Força Aérea Brasileira – FAB, ficam nos municípios de São Luís, Imperatriz, Raposa e Alcântara, com destaque para o Centro de Lançamento de Alcântara – CLA, enquanto que os da Marinha do Brasil estão em São Luís.

Com relação a equipamentos urbanos de transporte, no Bioma Amazônico no Estado do Maranhão, sinalizam-se os aeroportos, as rodoviárias, as estações ferroviárias e os portos, que têm por objetivo, facilitar o escoamento de produção ou de passageiros, funcionando como locais essenciais para o desenvolvimento socioeconômico dos centros urbanos. A Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária - Infraero (2011) define os aeroportos como áreas públicas destinadas a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves, com instalações e facilidades para o apoio delas mesmas, e para embarque e desembarque de pessoas e cargas. Nesse bioma, segundo a Agência Nacional de Aviação Aérea - ANAC (2018), identificaram-se seis aeroportos públicos, espalhados por seu território, com destaque para o Aeroporto Internacional de São Luís - Marechal Cunha Machado e o Aeroporto de Imperatriz - Prefeito Renato Moreira.

Na questão das rodoviárias e para o Bioma Amazônico do Maranhão, como principais pontos estaduais de ônibus, de embarque e desembarque de passageiros, contabilizaram-se terminais, nos seguintes municípios: Açailândia, Arari, Bacabal, Bacuri, Bacabeira, Bequimão, Bom Jardim, Cururupu, Grajaú, Itinga do Maranhão, Itapecuru-Mirim, Lago da Pedra, Pinheiro, Morros, Miranda do Norte, Imperatriz, Rosário, Santa Helena, Santa Inês, Santa Luzia, Santa Luzia do Paruá, Santa Rita, São Bento, São Luís, São Mateus do Maranhão, Viana, Vitória do Mearim e Zé Doca.

Com relação às ferrovias, o território desse bioma é cortado pelas estradas de Ferro Norte – Sul, Carajás e a Ferrovia Transnordestina. A última e a primeira são voltadas para o transporte de carga, enquanto a segunda dispõe também do serviço de translado de passageiros. Quanto à questão portuária, destaca-se o Complexo Portuário do Maranhão, localizado na baía de São Marcos, com três portos: do Itaqui, do Terminal da Ponta da Madeira e do Porto da ALUMAR, todos localizados no município de São Luís. Outros portos identificados no Bioma Amazônico Maranhense são de estruturas menores, distribuídos especialmente na Baixada Maranhense,

Litoral Ocidental e o Vale do Gurupi, estando distribuídos em ambiente marinho, fluviomarinho e fluvial.

Nos trabalhos de campo realizados em diversos municípios do Bioma Amazônico do Maranhão, observou-se a presença de mercados e feiras em todos os municípios. Nas feiras fixas são comercializadas frutas, hortaliças, mingaus, licores, doces, artesanatos, bolos, garrafas de conserva de pimenta, entre outros. As feiras ambulantes funcionam em lugares e dias diferentes, com uma oferta bastante diversificada, em que são observados principalmente: produtos alimentícios, como feijão, arroz, farinha, frutas diversas, às vezes refeições, roupas, artesanatos, cerâmica, utensílios domésticos e objetos próprios das atividades profissionais rurais.

Nos mercados, embora sejam comercializados alguns produtos encontrados também nas feiras, a contribuição maior é da comercialização de peixe, frango e da carne bovina, suína, aves, e especialmente, nos municípios de migrantes nordestinos, a do bode. Observou-se que todos os municípios do bioma dependem da comercialização de produtos alimentícios hortifrútis que vêm do Nordeste Oriental, principalmente, dos estados do Ceará e Bahia.

9 POPULAÇÕES TRADICIONAIS

O termo “população tradicional” é utilizado, principalmente, devido à sua maior abrangência em relação a outras expressões mais específicas, como sociedades, culturas ou comunidades tradicionais. No Brasil, o termo populações tradicionais refere-se a povos ou comunidades tradicionais, os quais são definidos como grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007).

Quilombolas, indígenas, pescadores, marisqueiras e quebradeiras de coco babaçu compõem esse cenário de diversidade cultural e social, que caracteriza o povo maranhense, também presente no Bioma Amazônico do Maranhão e que é um território repleto de significados e características próprias.

Sendo uma das populações mais miscigenadas do Brasil, o Maranhão possui uma grande concentração de populações tradicionais em todo seu território.

Sua biodiversidade tem sido perdida, aos poucos, devido à ação antrópica e à opção por projetos de desenvolvimento, que não têm considerado o modo de viver da população local.

O bioma amazônico está presente em 49% do território maranhense. Nesta extensão territorial foram identificadas 17 Terras Indígenas (TI's) de diferentes etnias, totalizando uma área de, aproximadamente, 1.703.444,21ha e uma população de 18.230 indivíduos (IBGE, 2010).

Nos termos da legislação vigente (CF/88, Lei 6001/73 – Estatuto do Índio, Decreto n.º 1775/96), as terras indígenas podem ser classificadas em diferentes modalidades: Tradicionalmente Ocupada, Reservas Indígenas, Terras Dominiais e Interditadas. Conforme a Constituição Federal vigente, os povos indígenas detêm o direito originário e de usufruto exclusivo sobre as terras tradicionalmente ocupadas. A demarcação dessas terras é definida por Decreto Presidencial e seguem as seguintes etapas: em Estudo, Delimitadas, Declaradas, Homologadas e Interditadas.

Tabela 3 - Terras Indígenas no Bioma Amazônico Maranhense

Terra Indígena	Etnia	Município	Super-fície (ha)	Fase do Procedi-mento	Modalidade	Pop. Indí-gena (2010)
Alto Turiaçu	Ka´apor	Centro Novo do Maranhão, Maranhãozinho, Centro do Guilherme, Zé Doca, Santa Luzia do Paruá, Araguanã	530.524,7	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	1.864
Arariboia	Guajá	Arame, Buriticupu, Amarante do Maranhão, Bom Jesus das Selvas, Santa Luzia, Grajaú	413.288,0	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	6.997
Awa	Guajá	Governador Newton Bello, Centro Novo do Maranhão, Zé Doca, São João do Carú	116.582,9	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	365
Bacurizinho	Guajá	Grajaú	82.432,4	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	2.903
Bacurizinho	Guajá	Grajaú	134.040,0	Declarada	Tradicionalmente ocupada	
Caru	Tenetehara	Bom Jardim	172.667,3	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	375

Geralda Toco Preto	Timbira	Arame, Itaipava do Grajaú	18.506,2	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	160
Governador	TeneteharaGaviãoPukobiê	Amarante do Maranhão	0,0000	Em Estudo	Tradicionalmente ocupada	-
Governador	TeneteharaGaviãoPukobiê	Amarante do Maranhão	41.643,7	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	1.049
Krenyê	Timbira, Krenyê	Vitorino Freire, Barra do Corda	8.035,6	Encaminhada RI	Reserva Indígena	-
Krikati	Krikati	Montes Altos, Amarante do Maranhão, Lajeado Novo, Sítio Novo	144.775,7	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	1.517
Lagoa Comprida	Tenetehara	Jenipapo dos Vieiras, Itaipava do Grajaú	13.198,2	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	808
Morro Branco	Tenetehara	Grajaú	48,9	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	587
Rio Pindaré	Tenetehara	Bom Jardim, Monção	15.002,9	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	770
Taquaritiua (Gamela)	Gamela	Viana, Penalva, Matinha	0,0000	Em Estudo	Tradicionalmente ocupada	-
Urucu/Juruá	Tenetehara	Itaipava do Grajaú	12.697,0	Regularizada	Tradicionalmente ocupada	835
Vila Real	Tenetehara	Barra do Corda	0,0000	Em Estudo	Tradicionalmente ocupada	-

Fonte: Fundação Nacional do Índio – FUNAI (2018); IBGE (2010)

Ao longo dos 640km de extensão do litoral maranhense existem, aproximadamente, 280 comunidades tradicionais pesqueiras (IBAMA, 2008) e toda uma forte rede hidrográfica, distribuída por 12 bacias (GEPLAM, 2002), com destaque para a Baixada Maranhense, uma importante unidade de paisagem, representada por lagos e campos inundáveis. Nesse cenário de fartura hídrica natural, a pesca é, sem dúvida, uma fonte de renda para os ribeirinhos, para os moradores do litoral e, segundo o Registro Geral de Pesca (RGP) do Ministério da Pesca de Aquicultura (MPA), existem mais de 100.000 pescadores, em todo território maranhense (MPA, 2010).

A pesca constitui uma das principais atividades econômicas do bioma, sendo desenvolvida por homens que desde muito cedo aprendem esse ofício. Contudo, o que se observa é que esta não é apenas uma atividade desenvolvida por homens. Mulheres chefes de família, filhos e esposas, também desenvolvem essa atividade, principalmente na mariscagem para o consumo familiar (MONTELES, et al. 2010).

As quebradeiras de coco babaçu, mulheres de comunidades extrativistas, estão entre as diferentes categorias denominadas de Populações Tradicionais encontradas no Maranhão. E a forma como as atividades são desenvolvidas pelas quebradeiras de coco babaçu identifica-se um modelo organizacional próprio que se estende para além da coleta e do beneficiamento, considerando a luta pela continuidade do uso e pela manutenção dos babaçuais, sempre em conflito com outras atividades presentes no território. O extrativismo das quebradeiras de coco babaçu é exercido tanto como fonte de renda principal como secundária da família. Do fruto do babaçueiro tudo é aproveitado, desde a casca até a própria palmeira, após a sua extinção.

Essas mulheres consideram, fortemente, a sua identidade ligada à formação do ambiente, pelos laços estabelecidos, tradicionalmente, entre elas e o meio onde vivem, e desenvolvem suas relações laborais e afetivas. Do mesmo modo, se perfazem laços solidários entre elas, muitas vezes sendo firmadas regras coletivas sobre uma base física, considerada comum, essencial e inalienável.

No Bioma Amazônico do Maranhão, a renda adquirida com o babaçu é significativa nos municípios de Açailândia, Amarante do Maranhão, Anajatuba, Araguanã, Arari, Bacabal, Bela Vista do Maranhão, Cajari, Cidelândia, Conceição do Lago-Açu, Igarapé do Meio, Itapecuru-Mirim, Lago da Pedra, Matinha, Monção, Nova Olinda do Maranhão, Palmerândia, Pedro do Rosário, Penalva, Peri-Mirim, Pinheiro, Presidente José Sarney, Santa Helena, São Francisco do Brejão e São Luís Gonzaga do Maranhão. Além desses municípios, encontramos, na atividade de campo, uma produção significativa da extração do coco de babaçu, no município de Lago do Junco, que exporta o coco babaçu e seus derivados para os EUA, através de uma cooperativa – COPPAU – e cujo produto é destinado à fabricação de cosméticos. Além dos EUA, os produtos seguem para Inglaterra, Itália, e no Brasil chega aos estados de São Paulo e Pará. Possuem ainda dez cantinas, sendo oito em Lago do Junco e dois em Lago dos Rodrigues, ainda que este último não esteja no Bioma Amazônico do Maranhão, fortalece o trabalho das mulheres no Bioma inteiro.

Outra comunidade tradicional e de interesse relevante no bioma são os remanescentes quilombolas. As raízes sociais, culturais e étnicas dos quilombos maranhenses estão diretamente ligadas aos engenhos, usinas e fazendas, pois, os quilombos são o resultado da fuga dos negros escravos que, angustiados pelos maus tratos sofridos, fugiam e se embrenhavam nas matas.

Hoje, as referidas áreas, devido ao avanço das rodovias podem, na sua quase totalidade, ser alcançadas com facilidade, mas no Brasil Colonial ou Imperial era difícil localizá-los. Muito embora fosse ineficaz o sistema de vigilância que eles possuíam para serem avisados da aproximação do empregado da fazenda ou engenho – os conhecidos capitães do mato – de onde fugiam, alguns quilombolas mantiveram-se isolados e quase incomunicáveis até a década de 1960.

Pela Portaria nº 315, de 12 de dezembro de 2017 da Fundação Palmares, o Maranhão tem 1.210 Comunidades Remanescestes de Quilombos, das quais 511 estão certificadas e 699 reconhecidas. Das 1.210 comunidades citadas, 903 estão em municípios do Bioma Amazônico do Maranhão, destacando-se com o maior número de comunidades: Alcântara (192), Itapecuru-Mirim (62) e São Vicente Ferrer (47). Ao se considerar a distribuição das comunidades quilombolas, por Região de Planejamento, têm-se os seguintes números: Metropolitana da Grande São Luís (267), Litoral Ocidental (137), Baixada Maranhense (100), Pericumã, Lagos (100), Baixo Itapecuru (98), Mearim (33), Pindaré (17), Alto Turi (10), Carajás (8), Gurupi (7), Baixo Turi (7), Tocantins (5), Eixos Rodoferroviários (4), Imigrantes (4), Serras (3) e Lençóis Maranhenses (3).

Ainda em análise técnica pela Fundação Palmares, a área quilombola da Liberdade, constituída pelos bairros Liberdade, Camboa, Fé em Deus e Diamante, se aprovado, será a primeira área quilombola urbana da capital maranhense, São Luís, e do Maranhão.

10 ORGANIZAÇÕES CIVIS E INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

As Organizações Civis e Instituições Públicas são todas e quaisquer instituições que desenvolvam projetos sociais com finalidade pública. Dentre estas encontram-se as cooperativas e associações que, embora guardem semelhanças, são termos que explicam organizações sociais diferentes. O associativismo visa à adoção de formas de agir em conjunto, estimulando a confiança, a ajuda mútua, o fortalecimento e o empoderamento das pessoas. O cooperativismo é utilizado quando um grupo de pessoas se une e forma uma cooperativa, que é uma empresa de sociedade coletiva.

As cooperativas e associações surgem então como alternativas na geração de trabalho e renda, para a população que não tem acesso ou não se enquadra no

perfil de trabalhadores e trabalhadoras assalariadas, com registro formal em carteiras de trabalho. Além de serem alternativas de produção compartilhada, entre famílias que possuem pequenas produções.

Segundo o CADSOL, estas são as seguintes categorias que formam cooperativas ou associações: agricultores familiares, artesãos, artistas, assentados da reforma agrária, catadores de materiais recicláveis, garimpeiros ou mineiros, técnicos profissionais de nível superior e trabalhadores autônomos. No Maranhão não foram encontrados dados das Organizações da Sociedade Civil (OSCs) que identifiquem o perfil e quantidade de cooperativas e associações, pelos municípios do Bioma Amazônico do Maranhão. Os dados fornecidos pelo Ministério do Trabalho e Previdência Social, articulado com a Secretaria Nacional de Economia Solidária, através do Cadastro Nacional de Empreendimentos Econômicos Solidários (CADSOL), referentes aos anos de 2014 a 2017, apresentam números gerais de empreendimentos solidários em todo o Estado, sem identificar por município.

Identificou-se, na pesquisa de campo, que o município de Carutapera apresentava uma Cooperativa de Pescadores com 21 famílias associadas. Uma experiência bastante exitosa que extinguiu a presença do atravessador. Os cooperativados da Cooperativa de Pescadores e Pescadoras Artesanais de Carutapera (COOPEC) possuem uma estrutura que vai desde a pesca coletiva, insumos e venda e distribuição do pescado, que é feita na capital, São Luís.

Outra cooperativa de sucesso, em Lago do Junco, a Cooperativa dos Pequenos Agricultores Agroextrativistas de Lago do Junco, LTDA (COPPALJ), produz a torta e o óleo de babaçu, com selo de certificação orgânica. Experiências que trazem trabalho e renda à população rural.

Na Grande Ilha de São Luís, identificaram-se, também em atividade de campo, várias associações de pequenos agricultores e agricultoras de hortifrútis e em alguns bairros da zona rural, além da criação de pequenos animais, como galinhas e patos, produção de ovos e cultivo de hortaliças, além de beneficiamento de frutas. Comunidades como: Matinha, Itapera, Quebra Pote, Igaraú, Tauá Mirim, Cajueiro, Rio dos Cachorros, Taim, Jacamim, Vila Maranhão, Porto Grande, Cajueiro e outras comunidades rurais realizam pequenas produções para venda e subsistência em pequenos grupos associados. As associações identificadas produzem coletivamente e poucas são registradas no Programa de Aquisição de Alimentos.

Os Clubes Recreativos e Esportivos são duas categorias da sociedade civil organizada relacionada entre si. A Grande Ilha apresenta a maior quantidade de clubes recreativos e esportivos do Bioma Amazônico do Maranhão, totalizando 21 reconhecidos e cadastrados, pela Federação Esportiva do Maranhão. Nos demais municípios do bioma existem muitos times informais e amadores, sem cadastro na federativa, sendo assim, o futebol representa significativa atividade de lazer para os maranhenses, em todo Bioma Amazônico do Maranhão.

Além de toda riqueza natural, esse bioma apresenta uma imensa lista de manifestações folclóricas. As Associações Folclóricas e de artesãos fazem parte da forma de Organização da Sociedade Civil. Grande parte dessa cultura popular se integra de forma coletiva, no sentido de manter as tradições locais vivas, na memória das gerações atuais e das futuras gerações, como forma de manter viva a sua ancestralidade.

Com uma população formada por negros, indígenas, descendentes de portugueses, espanhóis e franceses, as manifestações culturais são fortes e diversificadas. Não foi possível quantificar as instituições nem identificá-las dentro do bioma. Os registros encontrados através de documentos das secretarias de cultura, tanto estadual quanto municipal, possuem registros de forma geral, sem ter como critério os municípios, de forma separada, tendo em vista que, as políticas culturais são municipais.

As Organizações não Governamentais (ONG’s) são entidades particulares sem fins lucrativos com finalidade pública. Geralmente, as ONG’s estão diretamente ligadas a causas sobre o meio ambiente, direitos humanos, saúde, educação popular, etc., com o intuito de promover ações sociais que possam garantir a qualidade de vida e resgatar a dignidade de qualquer cidadão, em situações nas quais os governos e gestores públicos não estão atuando com efetividade. No Maranhão, as ONG’s estão muito presentes, devido, principalmente, à velocidade que a floresta amazônica do estado está sendo devastada. Cerca de 59% do Bioma Amazônico presente no Maranhão, mais da metade já foi desmatada e o que ainda resta são em algumas reservas ambientais e terras indígenas, próximas à divisa com o Estado do Pará. O Maranhão conta com 229 ONG’s que se encontram, na maioria, na Grande Ilha do Maranhão (São Luís, Paço do Lumiar, São José de Ribamar e Raposa) com um total de 166 ONG’s. Nas demais regiões de planejamento há um total de 42 ONG’s.

Os Sindicatos dos Trabalhadores Rurais (STR) e de Pescadores são organizações coletivas com legitimidade jurídica e institucional para defender os trabalhadores e seus interesses. Os filiados têm acesso ao sindicato, em que podem fazer e participar de discussões, a fim de defender seus interesses.

No Bioma Amazônico Maranhense, de acordo com a Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores do Estado do Maranhão (FETAEMA), há um total de 83 Sindicatos dos trabalhadores rurais (STTR), distribuídos nas seguintes regiões de planejamento: Alto Turi (7); Baixada Maranhense (6); Baixo Itapecuru (4); Baixo Turi (7); Carajás (5); Eixo Rodoferroviário (4); Gurupi (5); Metropolitana da Grande São Luís (10); Imigrantes (4); Lagos (2); Lençóis Maranhenses (1); Litoral Ocidental (9); Mearim (9) e Pericumã (10).

Em vários municípios das regiões: Litoral Ocidental, Lagos, Baixada Maranhense, Gurupi e Metropolitana da Grande São Luís há número significativo de associados a sindicatos e a colônias de pescadores, enquanto que nas demais regiões, há apenas colônia.

De relevância para o Bioma Amazônico Maranhense são também as associações religiosas e associações de pais e mestres, presentes em quase todos os municípios. Quanto aos comitês, existem poucas informações sobre estes, com destaque para a implantação dos comitês de bacias hidrográficas.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparativamente, as regiões do Bioma Amazônico Maranhense têm muito em comum, do ponto de vista populacional, pois se assemelham por apresentar comportamentos, de contínuo declínio nas taxas de crescimento populacional, sendo que algumas delas apresentam crescimento próximo a zero, no período 2010 a 2018. Além das alterações, na dinâmica de crescimento populacional das regiões, fortemente condicionada pelos processos migratórios, interagem também as mudanças no comportamento reprodutivo e no perfil de mortalidade da população, observadas no período de 2000 a 2016. Mudança que acompanhou, igualmente, o processo brasileiro, de um modo geral, e o maranhense, em particular.

A maioria das regiões de planejamento analisadas experimentaram níveis de fecundidade mais elevados do que a média do Estado, no entanto, experimentaram

quedas na taxa de fecundidade no intervalo de vinte anos em questão, algumas bastante expressivas.

Outra consideração importante deve-se ao fato que o envelhecimento da população tem implicações complexas, que devem ser levadas em conta no planejamento das ações públicas. Além das dimensões da saúde e da previdência social, a agenda sobre a atenção, proteção e cuidado da pessoa idosa deve estar na ordem do dia.

Considerando os indicadores relacionados às condições de vida da população, em especial à educação, percebe-se uma melhoria na oferta, em todas as modalidades de ensino, mas é necessária maior atenção do poder público em ações voltadas para a melhoria da educação básica, tendo em vista o baixo índice alcançado, pelos municípios do Bioma Amazônico Maranhense, na nota do Ideb.

Além da Educação Básica, maior espacialização da oferta de ensino superior e profissionalizante técnico, é apontada como ação que pode elevar o nível de instrução dos residentes nesse bioma.

Com relação à saúde, houve melhoria nos indicadores provenientes da expansão de políticas públicas voltadas para atenção básica, o que contribuiu para a redução de subnotificações de informações e expansão da assistência às famílias. Contudo, a mortalidade materna registrou crescimento em todas as regiões analisadas, o que requer políticas que resguardem a saúde da mulher.

Além disso, destaca-se que grande parte dos residentes, nos municípios do Bioma Amazônico Maranhense, apresenta dependência dos programas de transferência de renda, além de baixo Índice de Desenvolvimento Humano e elevada vulnerabilidade social.

Ao analisar a estrutura produtiva nesse bioma, observou-se que os resultados não diferem muito do restante do Estado, com grande concentração do setor de serviços, principalmente, na atividade da Administração Pública, apontando grande dependência dos municípios a essa atividade.

Vale destacar que a atividade pecuarista concentra-se, principalmente, na região Tocantina que possui o maior número de rebanho bovino, principalmente, no município de Açailândia. Para a produção agrícola, diferentemente do cerrado, a produção na Amazônia Maranhense não é voltada para a monocultura de grãos, porém, em algumas áreas próximas da zona de transição do bioma houve,

recentemente, a introdução do cultivo de soja e milho. Já as atividades de Extração Vegetal e Silvicultura são fortes, principalmente na parte sudoeste do território.

Quanto à infraestrutura econômica, a matriz de transporte é, predominantemente, rodoviária, sendo que se indentificou como entrave ao escoamento da produção, assim como na mobilidade e trânsito de pessoas, a infraestrutura rodoviária precária. No transporte ferroviário, recentemente houve investimentos voltados à duplicação da Estrada de Ferro Carajás, mas os transportes marítimo e aeroviário, que também possuem potencial de expansão, carecem de investimento.

Em infraestrutura energética e de telecomunicações observou-se desempenho progressivo no bioma, mas ainda é necessário investimento na ampliação da oferta de serviços que garanta acesso à internet, permitindo maior conexão ao setor econômico e à população.

Outra situação que merece atenção é o fato do Bioma Amazônico do Maranhão ser um grande exportador de trabalho escravo. A cada cinco trabalhadores identificados no Brasil nessa condição, um é natural do Maranhão. E, aproximadamente, metade do contingente do Maranhão é proveniente desse território.

No período de 2006 a 2017, verificou-se a duplicação da participação de trabalhadores, que vivem no Bioma Amazônico do Maranhão, em atividades do setor primário - 6 em cada 10 trabalhadores, em 2017. Já o ritmo de crescimento do emprego formal, apesar de positivo, foi menor do que o registrado no Maranhão, principalmente, em decorrência de desmobilizações na Construção Civil, visto que as duas maiores cidades do Estado estão localizadas nesse bioma.

Esse bioma é um espaço geográfico diverso e complexo, com características naturais, culturais e étnicas únicas, reflexo de sua colonização e miscigenação, entre grupos indígenas, europeus e africanos, o que refletiu na construção de um patrimônio histórico, cultural, antropológico e paisagístico de valor inestimável, que carece de proteção e maior investimento por parte dos poderes públicos e iniciativa privada, a fim de viabilizar sua divulgação de forma mais abrangente.

Os equipamentos urbanos são de fundamental importância para o desenvolvimento socioeconômico das cidades. Nota-se grande concentração deles nas regiões Metropolitana da Grande São Luís, Tocantins, Mearim e Pindaré, que são os recortes espaciais nos quais estão as cidades com o maior contingente

populacional urbano. Com efeito, os residentes na parte oeste do bioma, possuem maior dificuldade em acessar serviços básicos, o que contribui para indicadores sociais insatisfatórios.

Vale destacar ainda, a presença de conflitos entre as populações tradicionais e os detentores de grandes propriedades, sinalizando para a necessidade de políticas públicas que direcionem e estimulem o processo produtivo de forma inclusiva, diminuindo as desigualdades e a vulnerabilidade dos povos tradicionais às diferentes formas de violência e exploração. Sobre esse aspecto, foi relatado por algumas lideranças, em entrevistas e conversas, das dificuldades em órgãos públicos no que se refere ao atendimento das suas necessidades enquanto categoria de classe de trabalhadores e no apoio aos seus direitos adquiridos no decorrer do tempo. Outra situação relatada, além dos desafios da profissão, foi a dificuldade de acesso aos serviços de saúde, educação, seguro defeso entre outras políticas necessárias para a qualidade de vida. Destarte, proteger, fiscalizar e valorizar estas populações e suas terras é de fundamental importância, para que sua sobrevivência e sua relação com a natureza sejam mantidas em estado de equilíbrio.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. **Braço Forte - Mão Amiga**. Parte superior do formulário/Parte inferior do formulário. Disponível em: http://www.eb.mil.br/quarteis-por-estado. Acesso em: 05 fev.2019.

BRASIL. Serviço de Identificação da Marinha do Brasil. **Comando do 4º Distrito Naval**. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/sim/pt-br/com4dn#CPMA. Acesso em: 05 fev. 2019.

BRASIL. Lei n.11.445, de 5 de jan. de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. Brasília, DF, jan. 2007.

BRASIL. Ministério da saúde. **Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde CNES.** Disponível em: htt/tabnet.datasus.gov.br/cgi/cnes/tipo_estabelecimento.htm. Acesso em 10 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Listas de aeródromos civis cadastrados**. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos-civis. Acesso em: 28 ago. 2018.

ALVES, E. J. P. *et al*. Projetos de Desenvolvimento. Impactos Sócio-Ambientais e a Reserva Extrativista do Taim. **Ciências Humanas em Revista**. Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Humanas. São Luís, 2007. V. 5 Número Especial. Semestral. p. 29 – 40.

ANEEL. Banco de Informações de Geração. **Capacidade de Geração do Brasil:** Disponivel em : http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm. Acceso em: 10 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9284: classifica o equipamento urbano, por categorias e subcategorias, segundo sua função predominante**. Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL. Constituição Federal, 1988 BRASIL. **Decreto nº1775/96**. Disponível em: https://www.jusbrasil.com.br/topicos/11722037/artigo-1-do-decreto-n-1775-de-08-de-janeiro-de-1996>. Acesso em: 31 out. 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Plano CNT de Transporte e Logística**. 2018

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). **Estatística**: Frota de veículos, série histórica. Brasília, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA. **Termo de referência**: contratação de serviços auxiliares de transporte aéreo, na modalidade proteção da aviação civil no aeroporto de Goiânia. Goiânia: INFRAERO, 2011.

ESPÍRITO SANTO, José Marcelo (Org.). **São Luís:** uma leitura da cidade. São Luís: Prefeitura Municipal de São Luís – Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade, 2006.

FUNAI – MA. **Dados da População Indígena do Maranhão**. Disponível em: http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/450915/RESPOSTA_PEDIDO_ALDEIAS%20DO%20MA%20II.compressed.pdf. Acesso em: 15 out. 2018.

GEPLAM. **Atlas do Maranhão.** Laboratório de Geoprocessamento. UEMA. Ed. 20. São Luís. 2002.

IBAMA. **Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil - 2006.** Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino – Projeto ESTATPESCA (Convênio SEAP/IBAMA/PROZEE 060/2006). IBAMA/FUNDAÇÃOPROZEE/SEAP-PR. Tamandaré. 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Boletim de Conjuntura Econômica Maranhense**. v. 6, n. 4 (out./dez. 2018). – São Luís: IMESC, 2018.

ITAPARY, Mauricio Abreu. **A Geo-História da Evolução Urbana de São Luís. Levantamento Cartográfico**. Monografia de graduação, São Luís. 1999.

MARANHÃO. **Ministério da Justiça e Segurança Pública**. Superintendência Regional no Maranhão. Disponível em:http://www.pf.gov.br/institucional/unidades/superintendencias-e-delegacias/maranhao Acesso em: 05 fev. 2019.

MAURICI, Elisa. **Trabalho: uma atividade em constante transformação**. Monografia em Economia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MPA (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**: Brasil 2008-2009, 2010. Disponível em:http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/docs/anu%E1rio%20da%20pesca%20completo2.pdf. Acesso em: 06 out. 2018

ROSS, Jurandyr. L. Sanches. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

SECOM PMMA. **Telefones das unidades com Endereço**, 2013. Disponível em: https://pm.ssp.ma.gov.br/telefones-das-unidades-com-endereco/ Acesso em 05 fev. 2019.

SILVA, Pedro Paulo de Lima Etelli**. Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro, Thex Editora, 2002.

SOARES, F. R.; MENDES, J. A.; CARMO, M. B. S.; **Taxa de Natalidade**: Uma Análise em São José dos Campos. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

TROVÃO, José Ribamar. **O Processo de Ocupação do Território Maranhense** In: cadernos do IMESC n. 5. São Luís, IMESC, 2008.

VALE. **Logística**: Trem de passageiros da Estrada de Ferro Carajás. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/business/logistics/railways/Passenger-Train-Service-Carajas/Paginas/default.aspx. Acesso em: 3 set. 2018.

VELHO, Otávio Guilherme. **Frente de expansão e estrutura agrária**. Rio de Janeiro,1981.

XI PADRÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE

Antônio José de Araújo Ferreira (Coordenador)
Arkley Marques Bandeira
Erlis Hilda Gouveia Teixeira
Gisselly Poliana Santos Muniz
Ítalo Rafael Carvalho Coêlho
Jonatan Muniz Caldas
Luiz Carlos Araújo dos Santos
Yata Anderson Gonzaga Masullo

1 INTRODUÇÃO 480
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 481
3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 483
3.1 Ocupação do Bioma Amazônico do Maranhão 483
3.2 População do Bioma Amazônico do Maranhão 493
3.3 Inventário de varredura e reconhecimento dos bens históricos e culturais do Bioma Amazônico do Maranhão 495
3.4 Análise preditiva de ocorrências de incêndios no Bioma Amazônico do Maranhão 501
3.5 Polos Turísticos no Bioma Amazônico do Maranhão 507
3.6 Consórcios intermunicipais que atuam no Bioma Amazônico do Maranhão 507
3.7 Conflitos no Bioma Amazônico do Maranhão 512
3.8 Classificação do Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico do Maranhão 517
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 522
REFERÊNCIAS 523

1 INTRODUÇÃO

O Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), na escala de 1:250.000, almeja apoiar as políticas territoriais, de maneira que possa orientar os tomadores de decisão, a definirem e efetivarem políticas afins com as diretrizes de planejamento estratégico da Amazônia Legal e, particularmente, do Bioma Amazônico no estado do Maranhão. Isso porque o governo dessa unidade da Federação, por intermédio da Secretaria de Planejamento e da Comissão Estadual do Zoneamento Ecológico - Econômico, decidiu elaborar o ZEE/MA por etapas prioritárias, cuja primeira abrange o citado bioma. Este, convém ressaltar, abrange 108 dos atuais 217 municípios maranhenses, o que correspondente a 27% do território estadual, no qual viviam 61,81% da população maranhense em 2010, concentrando 53,84% do Produto Interno Bruto total, em 2012.

Em tal bioma desenvolvem-se atividades e usos vinculados aos setores primário (pecuária, agricultura, extrativismo vegetal e mineração) e secundário (siderurgia, madeireira, construção civil, etc), bem como, faz parte do “arco do desmatamento” da Amazônia Legal. Em seu perímetro estão presentes 8 terras indígenas, 16 unidades de conservação, 580 comunidades agrupadas em 44 territórios quilombolas, 686 projetos de assentamentos (68,32% do total estadual), 7 polos turísticos, 74 sítios arqueológicos, 8 consórcios intermunicipais, 1 cidade patrimônio cultural da humanidade, 1 cidade que é tombada pelo patrimônio nacional e 2 regiões metropolitanas (a da Grande São Luís e a do Sudoeste Maranhense), além de 7.559 km² em forma de Área de Preservação Permanente. Os conflitos de uso e sobreposições nessa região também são recorrentes e demandam apreensão e reversão.

A partir dos supracitados elementos e conteúdos, o Sumário Executivo do tema “Ocupação, Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico Maranhense” é apresentado, excetuando-se a Introdução, o conteúdo foi dividido em três partes: 1) Procedimentos Metodológicos, 2) Discussão dos Resultados, que foi subdividida em 8 itens - Ocupação do Bioma Amazônico, População, Inventário de Varredura e Reconhecimento dos Bens Históricos e Culturais, Análise Preditiva de Ocorrência de Incêndios, Polos Turísticos, Consórcios Intermunicipais, Classificação do Uso e Cobertura da Terra - e 3) Considerações Finais.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O tema Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico do Maranhão foi desenvolvido conforme os seguintes procedimentos metodológicos:

1) Levantamento bibliográfico (livros, periódicos, monografias, dissertações e teses), documental (leis, plano diretor e plano de ordenamento territorial), cartográfico (cartas, mapas, imagens de satélite e croquis) e iconográfico (fotografias, gravuras e desenhos). Foram esses que subsidiaram a compilação de um texto baseado na análise da revisão bibliográfica, assim como, em informações e dados existentes.
2) Visita técnica a instituições públicas e particulares localizadas e/ou que atuam no Bioma Amazônico do Maranhão, a fim de complementar dados e informações já obtidos no item supracitado, a exemplo das 108 prefeituras municipais e respectivas secretarias, além das câmaras de vereadores, bem como, à FIEMA, SEBRAE, Clube de Diretores Lojistas, instituições financeiras públicas - Banco do Brasil, Caixa, BASA, BNB - e particulares, FUNASA, INCRA, SEMA, ICMBio, IBAMA, ITERMA, IPHAN, SINFRA, MOB, IMESC, IBGE, INSS, Receita Federal, Justiça Federal, além de representantes de consórcios intermunicipais, e do Corredor Centro-Norte, o que culminou em documento atinente à posição oficial dessas instituições.
3) Interpretação visual e supervisionada dos produtos cartográficos selecionados, almejando a elaboração e ajustes nos mapas que ilustram os diversos temas integrantes do diagnóstico temático.
4) Elaboração de mapa preliminar de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico Maranhense, a fim de avaliar a pertinência da representação das classes identificadas e testá-las em campo.
5) Realização de duas etapas de campo (20/08/18 a 26/08/18, e de 10/06/19 a 18/06/19) objetivando a complementação de dados e informações através da observação direta intensiva, registro fotográfico, visitas técnicas e entrevistas semiestruturadas.
6) Seleção, tabulação, análise e interpretação dos dados e das informações obtidas que sustentam os argumentos de cada expertise e do tema central.
7) Ajustes no mapa final de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico Maranhense.

8) Elaboração de relatórios parciais e finais, conforme cronograma definido pela Coordenação do ZEE/MA.

Em se tratando da temática “risco de fogo”, utilizou-se a escala regional, que serviu como base de referência, comparação e nível de associação espacial, além de possibilitar a geração de cenários de modelos preditivos para ocorrências de queimadas. Também foi utilizado a interpolação de pontos, com o intuito de identificar locais que possuem maior probabilidade de ocorrência de queimadas, com base nos dados fornecidos pelo INPE, correspondente à coleção de pontos de queimadas entre 1999 e 2017, alinhado risco de fogo - RF, dias sem chuvas registradas, além da potência radiativa da ocorrência - FRP registrada.

Dessa forma, foi possível obter dados específicos das ocorrências de queimadas, com valores de cada ponto e das áreas classificadas com valores preditos. Como estimador para análise espacial, foi aplicada a técnica de análise geoestatística, conhecida como Krigagem. Esse método geoestatístico é um método de interpolação geoestatística que possibilita a estimação de um atributo, a partir da sobreposição de diferentes atributos, sendo reconhecido como Co-krigagem. Ressalta-se que esta técnica, pode ser entendida como uma predição linear ou uma forma da Inferência Bayesiana, partindo-se do princípio que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que, pontos mais afastados (LANDIM et al., 2002; JOHNSON e WICHERN, 2002).

Ao mesmo tempo, este método considera as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas. Essa análise fornece coeficientes que descrevem a variabilidade espacial do conjunto analisado, expressa em curvas de semivariogramas. Ressalta-se que na operação de krigagem, os coeficientes do semivariograma são fornecidos para o controle da interpolação, com o conjunto de amostras, em que cada ponto calculado, dentro de um raio de busca é ponderado de acordo com a função de sua distância, em relação ao ponto calculado (CAMARGO et al., 2004).

Para realização do procedimento técnico utilizou-se a ferramenta Geostatistic Analysit do ArcGIS 10.6, com o emprego da função Krigagem Ordinária, sem nenhuma transformação nos dados e sem remover nenhum tipo de tendência. Em relação ao semivariograma, este foi selecionado como tipo de vizinhança, a função de suavização. Desse modo, foi possível calcular o desvio padrão entre os diferentes níveis, o que concorreu para regionalizar as variáveis, considerando a

localização, distância e a semivariância.

Para efeito do “mapeamento das classes de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônia”, utilizou-se: como base, o mapeamento de Uso e Cobertura do Maranhão do IBGE (2016); imagens *Landsat 8 Oli* para as devidas alterações nos polígonos das classes no *shapefile,* o que resultou em novos polígonos e reunidos junto ao mapeamento do IBGE; o comando *“Union”* no software *ArcMap* para agregar os polígonos dos *shapes* de Terra Indígena, Áreas de Assentamento, Unidades de Conservação, Áreas Quilombolas, Manchas Urbanas e Áreas Institucionais ao *shapefile* base, obtendo-se o Mapa 20; agruparam-se os polígonos em um único *shapefile* e foi feito o processo de recorte, através das folhas na escala 1:250.000, culminando na Tabela 2.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Ocupação do Bioma Amazônico do Maranhão

A dinâmica espacial do Bioma Amazônico Maranhense leva em conta 108 dos 217 municípios maranhenses, os quais se caracterizam por se situarem em áreas cuja ocupação abrange 3 períodos: Frente do Litoral, a partir de São Luís, em 1616 (oficialmente), a montante dos rios Itapecuru, Mearim e Pindaré, predominantemente; Frente do Centro-Sul, a contar de Pastos Bons, em 1740, a qual se espraiou pelos Cerrados do Sul e demandou na direção do rio Grajaú e sua articulação com o Mearim e Projetos de Colonização e Povoamento, que remontam à década de 1960 e viabilizaram a apropriação dos interflúvios do Pindaré, no sentido do Gurupi. A soma desses movimentos revela o surgimento de municípios que tiveram origem no século XVII, enquanto outros foram criados em 1994 (Quadro 01) num total de 108 (Mapa 01). Isso deixa implícitos elementos e conteúdos que devem ser articulados, no sentido de se proceder à análise (MEIRELES, 2001; FERREIRA, 2008; BANDEIRA, 2013; MARANHÃO, 2013; BURNETT, LOPES, DIAS, 2017).

Quadro 1 – Municípios e origem/criação do Bioma Amazônia no Maranhão

MUNICÍPIOS	ORIGEM/CRIAÇÃO
Açailândia	Distrito/1958
Alcântara	Aldeia/1648
Altamira	Projeto de Colonização/1949
Alto Alegre do Pindaré	Povoado/1994
Amapá do Maranhão	Projeto de Colonização/1955
Amarante do Maranhão	Povoado/1948
Anajatuba	Aldeia/1938
Apicum Açu	Povoado/1994
Arame	Povoado/1988
Axixá	Povoado/1917
Arari	Curato/1864
Bacabal	Fazenda/1920
Bacabeira	Povoado/1994
Bacuri	Projeto de Colonização/1815
Bacurituba	Povoado/1994
Bela Vista do Maranhão	Povoado/1994
Bequimão	Aldeia/1935
Boa Vista do Gurupi	Povoado/1994
Bom Jardim	Povoado/1964
Bom Jesus das Selvas	Povoado/1994
Bom Lugar	Povoado/1994
Brejo de Areia	Povoado/1994
Buriticupu	Povoado/1970
Buritirana	Povoado/1994
Cachoeira Grande	Povoado/1994
Cajapió	Aldeia/1924
Cajari	Porto de Fazenda/1948
Cândido Mendes	Lugarejo/1819
Carutapera	Aldeia/1861
Cedral	Povoado/1964
Central do Maranhão	Povoado/1994
Centro do Guilherme	Povoado/1994
Centro Novo do Maranhão	Povoado/1994
Cidelândia	Povoado/1994
Conceição do Lago-Açu	Povoado/1994
Cururupu	Povoado/1835
Godofredo Viana	Povoado/1970
Governador Newton Bello	Povoado/1994
Governador Nunes Freire	Projeto de Colonização/1994
Grajaú	Povoado/1811
Guimarães	Fazenda/1758
Humberto de Campos	Vila/1835
Icatu	Vila/1688
Igarapé do Meio	Povoado/1994
Imperatriz	Vila/1849
Itaipava do Grajaú	Povoado/1940
Itapecuru-Mirim	Vila/1817
Itinga do Maranhão	Povoado/1959
João Lisboa	Povoado/1961
Junco do Maranhão	Povoado/1994
Lago da Pedra	Aldeia/1929
Lago do Junco	Povoado/1918
Lago Verde	Povoado/1961
Matinha	Engenho/1948
Luís Domingues	Vila/1961

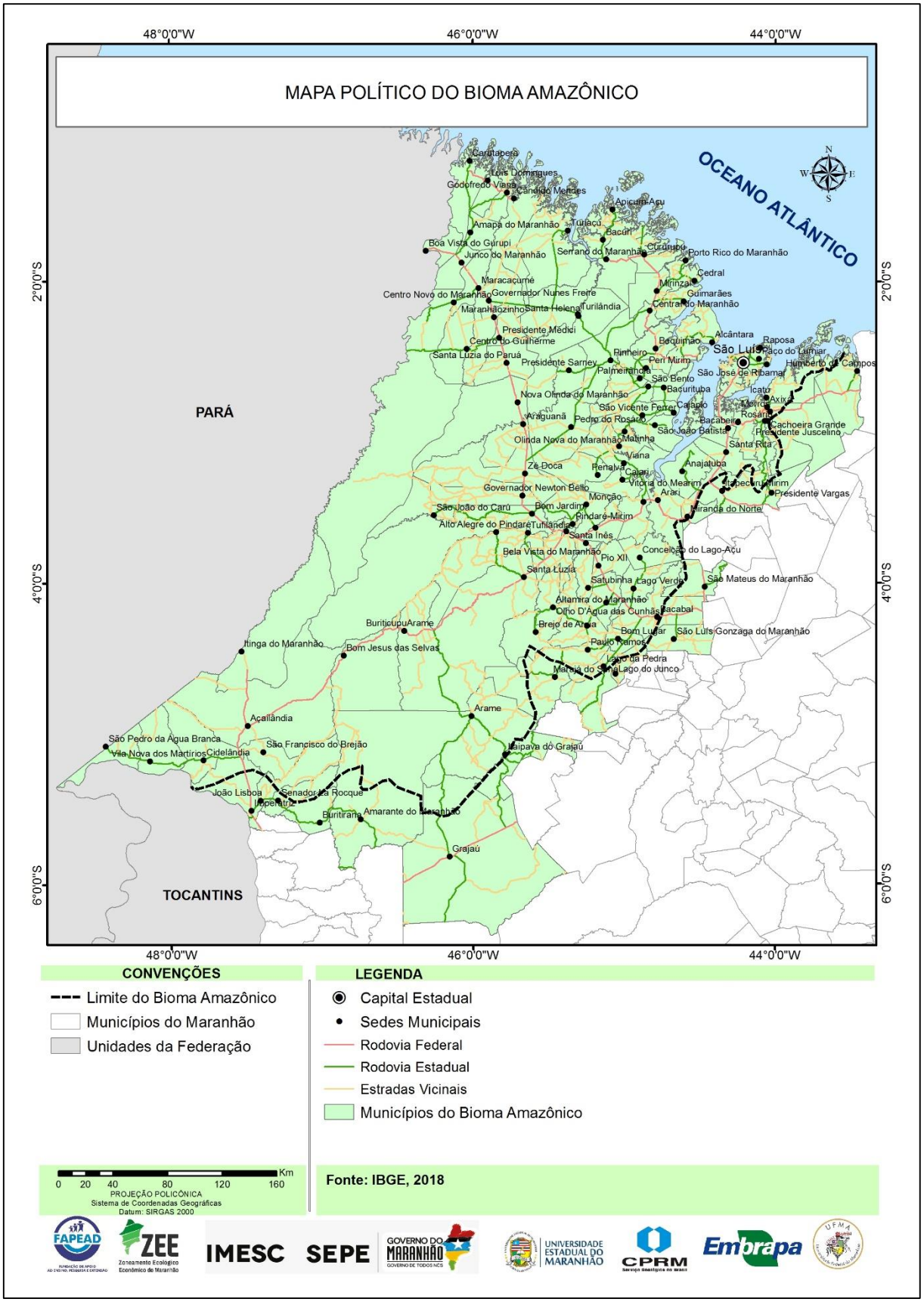
Maracaçumé	Projeto de Colonização/1994
Marajá do Sena	Povoado/1994
Maranhãozinho	Povoado/1994
Matinha	Povoado/1937
Miranda do Norte	Povoado/1961
Mirinzal	Povoado/1961
Monção	Aldeia/1935
Morros	Vila/1898
Nova Olinda do Maranhão	Povoado/1994
Olho d'Água das Cunhãs	Projeto de Colonização/1961
Olinda Nova do Maranhão	Povoado/1994
Paço do Lumiar	Vila/1625
Palmeirândia	Povoado/1959
Paulo Ramos	Povoado/1968
Pedro do Rosário	Povoado/1994
Penalva	Evangelização/1938
Peri-Mirim	Povoado/1935
Pindaré-Mirim	Fazenda/1931
Pinheiro	Fazenda/1856
Pio XII	Povoado/1959
Porto Rico do Maranhão	Povoado/1994
Presidente Juscelino	Povoado/1964
Presidente Médici	Povoado/1994
Presidente Sarney	Povoado/1994
Presidente Vargas	Fazenda/1829
Raposa	Povoado/1994
Rosário	Congrua/1777
Santa Helena	Aldeia/1935
Santa Luzia	Aldeia/1949
Santa Luzia do Paruá	Povoado/1987
Santa Rita	Aldeia/1961
São Bento	Projeto de Colonização/1948
Santa Inês	Povoado/1966
São João Batista	Fazenda/1958
São Francisco do Brejão	Povoado/1969
São João do Caru	Povoado/1994
São José de Ribamar	Aldeia/1627
São Luís	Processo de Colonização/1612
São Luís Gonzaga do Maranhão	Vila/1844
São Mateus do Maranhão	Projeto de Colonização/1961
São Pedro da Água Branca	Povoado/1994
São Vicente Ferrer	Povoado/1864
Satubinha	Povoado/1994
Senador La Roque	Povoado/1994
Serrano do Maranhão	Povoado/1994
Tufilândia	Povoado/1994
Turiaçu	Aldeia/1818
Turilândia	Povoado/1994
Viana	Aldeia/1684
Vila Nova dos Martírios	Povoado/1994
Vitória do Mearim	Fazenda/1835
Vitorino Freire	Povoado/1938
Zé Doca	Projeto de Colonização/1958

Fonte: IBGE (2017)

Convém ressaltar que a Amazônia Maranhense propriamente dita, abrange todo o Oeste e Noroeste do Estado, incluindo a Floresta dos Guarás, o Golfão Maranhense e a Baixada Maranhense. As maiores porções de floresta amazônica nesse Estado estão na Reserva Biológica do Gurupi e nas 8 Terras Indígenas (Caru, Alto Turiaçu, Awá-Guajá, Araribóia, Geralda/Toco Preto, Governador, Krikati e Rio Pindaré). Contém ainda 16 unidades de conservação, 686 projetos de assentamento e 580 comunidades quilombolas. No entanto, as unidades de conservação e comunidades tradicionais enfrentam diversos problemas ambientais, conflitos e ameaças de invasão de madeireiros, grileiros, posseiros, carvoarias e garimpos (MARANHÃO, 2013, 2014 e 2014a; FERREIRA; SANTOS, 2015).

A região Sul do Maranhão teve sua ocupação inicial caracterizada pela procura de terras disponíveis para criação de gado à solta, no início do século XVIII, por desbravadores originários de outros estados do Nordeste. A partir do final da década de 70, esse quadrante começou a sofrer significativas transformações devidas, em grande parte, às ações governamentais de ocupação da fronteira agrícola. As novas concepções sobre essa dinâmica impõem a reflexão sobre as relações de poder que se instalam, nas quais os processos territoriais vinculados ao capital particularizam-se como preponderantes (SOUSA, 2009; RODRIGUES, SANTOS, COSTA, 2017; FERREIRA, 2017). Nesse contexto, o Sul do Maranhão, evidencia um conjunto de novas ações e de novos objetos técnicos, agentes sociais, políticos e econômicos que fazem uso do território e criam condições, para a reprodução do capital e do espaço.

Mapa 1 - Divisão política dos municípios no Bioma Amazônico do Maranhão



Convém ressaltar que a história econômica do Maranhão é caracterizada por distintas estratégias e ações, as quais repercutem no Bioma Amazônico. Dentre essas, pode-se destacar a caça e aprisionamento dos indígenas, cultivo da cana de açúcar e do algodão, para abastecer a metrópole portuguesa, agricultura de subsistência, rizicultura, extração do babaçu. Mais recentemente, a contar da década de 80, as referências são: implantação de grandes projetos, entre eles, a ALUMAR – Consórcio de Alumínio do Maranhão, o PGC – Projeto Grande Carajás (cuja estrada de ferro corta os municípios de Açailândia, Arari, Alto Alegre do Pindaré, Anajatuba, Bacabeira, Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas, Cidelândia, Igarapé do Meio, Itapecuru-Mirim, Itinga do Maranhão, Miranda do Norte, Monção, Pindaré-Mirim, Santa Inês, Santa Rita, São Francisco do Brejão, São Luís, São Pedro da Água Branca, Tufilândia, Vila Nova dos Martírios e Vitória do Mearim) e o cultivo da soja no Sul do Estado.

É através desses investimentos econômicos (HOLANDA, 2008; FERREIRA, 2017), que o Maranhão tem se articulado com o mercado internacional na contemporaneidade e conseguido propagar o discurso da modernidade, legitimando as políticas direcionadas para esses setores produtivos. Entretanto, isso ocorre em consonância com o capital monopolista, deixando de fora do processo de desenvolvimento, a maior parte da população aí estabelecida, o que torna o Maranhão um dos estados que mais apresenta problemas sociais, em toda a Federação (SOUSA, 2011; RIBEIRO JÚNIOR, 2017).

No que se refere à ocupação e povoamento no Sul do Maranhão, pode-se ressaltar, que essa porção compreende um trecho efetivamente pioneiro, pois está localizada na região da Amazônia Legal (embora o bioma predominante seja o Cerrado), e por isso, insere-se nos grandes projetos de ocupação da Amazônia Brasileira. Para efeito de análise, o processo de ocupação do Sul do Maranhão apresenta temporalidades diferenciadas, desde a busca de pastagens para o gado, que havia sido deslocado do litoral nordestino (Bahia), o cultivo do arroz, até à efetiva ocupação pela monocultura da soja, marcada pela industrialização da agricultura, via fase III do PRODECER, a contar de 1992. Convém ressaltar que, do Sul para o Norte do citado bioma sobressai a chamada bacia leiteira do Maranhão, devido à expressividade do rebanho bovino.

Nesse contexto, o agronegócio revelou muitas contradições como: a violência, pois é baseado na busca e apropriação de grandes propriedades, ou seja,

latifúndio, ocasionalmente gerando a expulsão de antigos moradores, conflitos e mortes, assim como o desemprego, uma vez que a mão-de-obra é substituída por máquinas, visando à otimização da produtividade. Some-se a isso, a devastação de grandes áreas de floresta, causando a perda da biodiversidade (FERREIRA, 2008a).

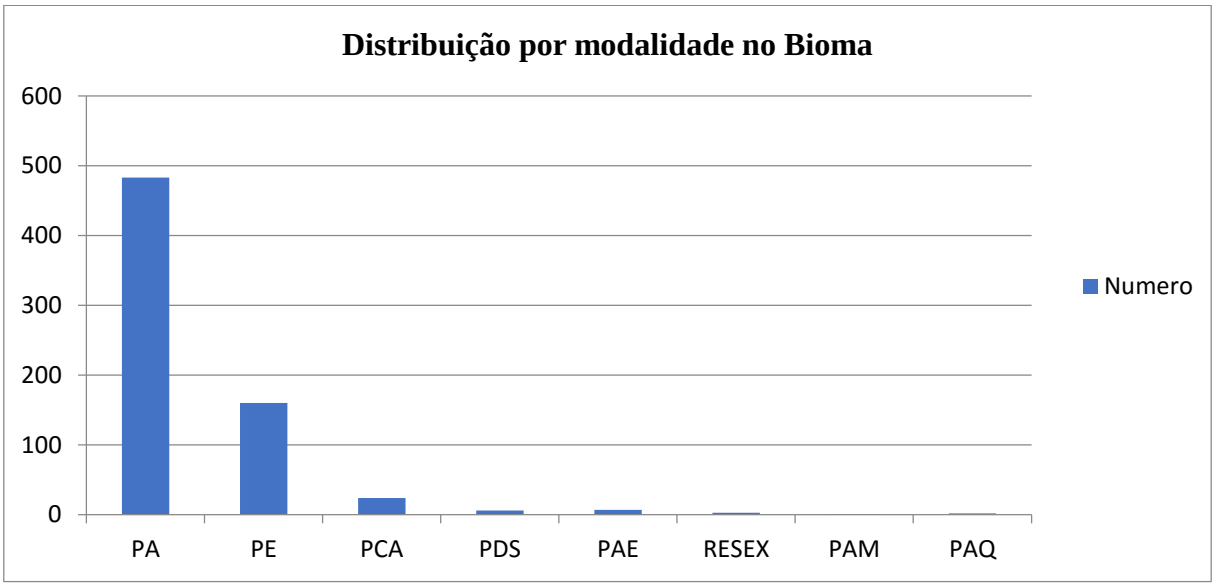
Nessa dinâmica, destaca-se a plantação de eucalipto, com o objetivo de produzir carvão vegetal para a indústria siderúrgica do estado do Maranhão, vinculada ao citado PGC. Por exemplo, em dezembro de 2013, com o início operação da empresa Suzano Celulose em Imperatriz, a qual passou a ter a capacidade de produção de 1,5 milhão de toneladas de celulose por ano, numa área de 476.187,70ha, dos quais 195.245,26ha foram destinados aos plantios, tal empreendimento precisou de estradas, infraestrutura, linhas de transmissão de energia e outros (RIBEIRO JÚNIOR, 2017).

Enquanto os investimentos econômicos se apropriam de terras nesse bioma, as comunidades tradicionais se ressentem de políticas específicas, sendo que a população que foi atraída, pelos projetos de colonização e povoamento, ainda depara-se com um problema que já deveria ter sido sanado há muito tempo, ou seja, a garantia da propriedade das terras por intermédio da devida titulação, a fim de evitar conflitos socioambientais decorrentes desse dinamismo. Isso porque, na visão de Coca (2013, p. 385), “a conquista do assentamento rural faz parte de um processo de disputa territorial que garante a reprodução do modo de vida camponês, permitindo o acesso à terra aos trabalhadores que anseiam não se sujeitar ao modo capitalista de produção”. Assim, os assentamentos são áreas, dentro do contexto da reforma agrária brasileira, com o objetivo de desenvolver atividades da agricultura, pecuária e extrativismo, formados por famílias rurais. As três instâncias governamentais (federal, estadual e municipal) também cedem o título de assentamento, não distinguindo o tipo de camponês e território (COCA, 2013).

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) é, ao nível da União, o responsável pela legalização dos territórios, assim como, da instalação das famílias no local, com a concessão dos primeiros créditos e investimentos em infraestrutura como estradas, habitação, eletrificação e abastecimento. Desenvolve suas ações conforme uma classificação que aponta 14 tipos de projetos de assentamento. Dentre esses, no Bioma Amazônico existem 8 projetos: PA-Projeto de Assentamento Federal, PE-Projeto de Assentamento Estadual, PAM-Projeto de Assentamento Municipal, PCA-Projeto de Assentamento Casulo, PDS-Projeto de

Desenvolvimento Sustentável, Projeto de Assentamento Agroextrativista, Resex-Reversa Extrativista e TRQ- Território Remanescente Quilombola (Figura 01 e Mapa 02). Dos 108 municípios que fazem parte do Bioma Amazônia, 89 ou 82,40% do total possuem 686 projetos de assentamentos que equivalem a 63,32% do total estadual, os quais ocupam 2.923.502,20ha onde vivem 92.164 famílias (INCRA, 2018).

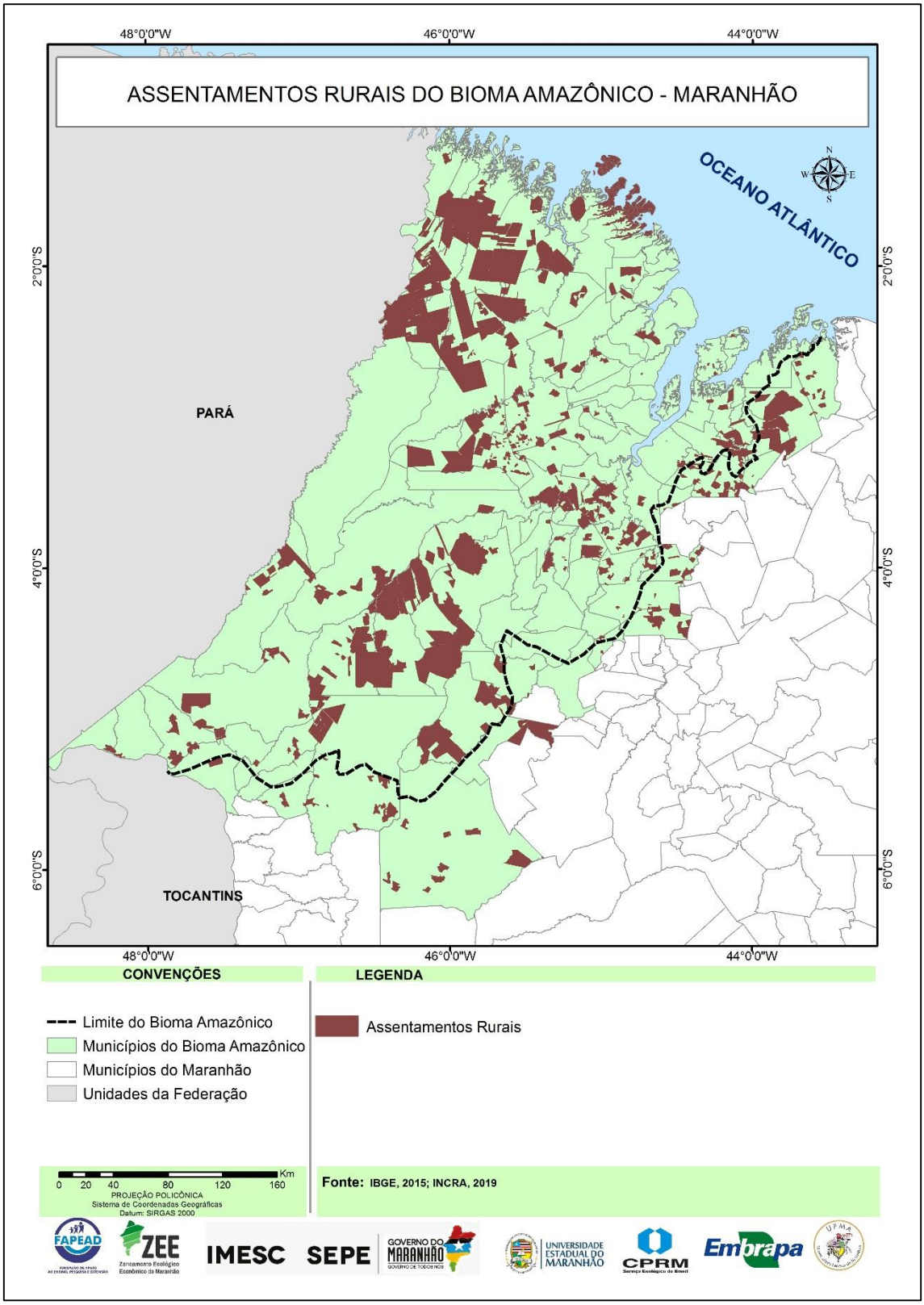
Figura 1 - Modalidades de Assentamento presentes no Bioma Amazônico do Maranhão



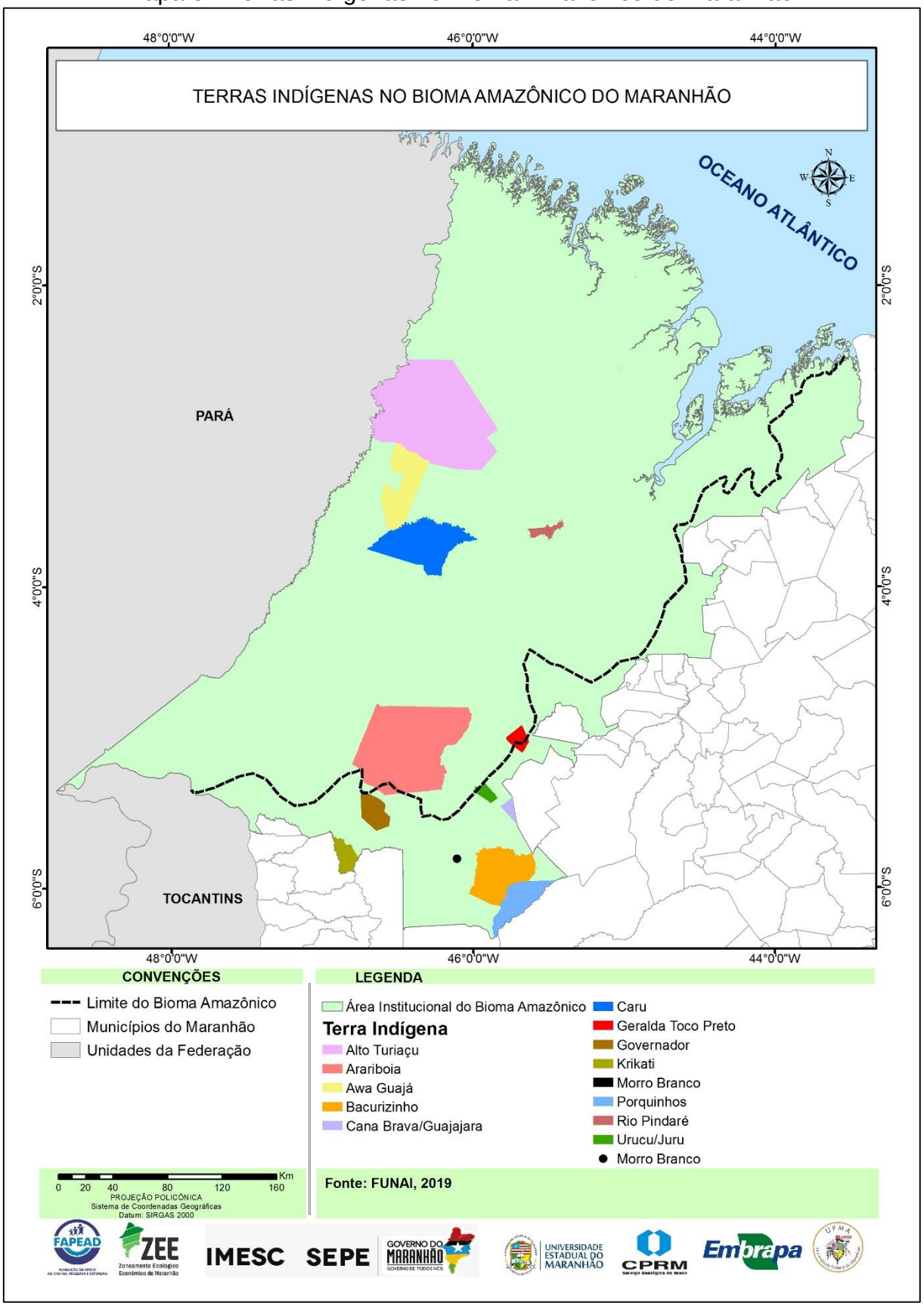
Fonte: INCRA (2018)

As Terras Indígenas, no Maranhão, representam 7,43% do território do Estado, distribuídas em 20 TIS, localizadas na região Centro-Oeste (FUNAI, 2017). Dessas, 8 estão inseridas no Bioma Amazônico sendo que as do Alto Turiaçu, Guajá, Rio Pindaré e Caru estão inseridas em seu perímetro (Mapa 03) - (MARANHÃO, 2013).

Mapa 2 - Áreas de assentamento no Bioma Amazônico do Maranhão



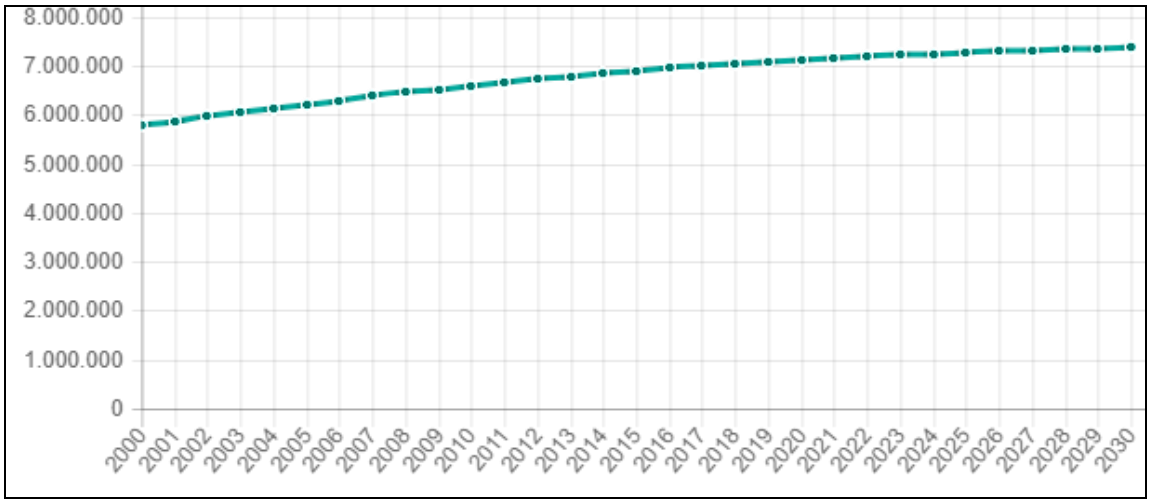
Mapa 3 - Terras Indígenas no Bioma Amazônico do Maranhão



3.2 População do Bioma Amazônico do Maranhão

Considerando o primeiro censo demográfico do Brasil (1872) e o mais recente (2010), constata-se que a população maranhense passou de 359.040 habitantes no primeiro ano para 1.583.248 (1950), 3.037.135 (1970), 5.651.475 (2000) e 6.574.789 habitantes em 2010, implicando em 6.215.749 novos indivíduos, no período de 1872 a 2010. Ao se considerar a projeção para o ano de 2017, a população dessa unidade da Federação era de 7.000.229 habitantes, o que representa um aumento de 6,47% em relação ao censo de 2010. A figura 02 representa a projeção de aumento da população maranhense de 2000 a 2030, sendo que a partir de 2017 é demonstrada uma constante na variação da população estadual.

Figura 2 - Projeção da população maranhense (2000-2030)



Fonte: IBGE (2017)

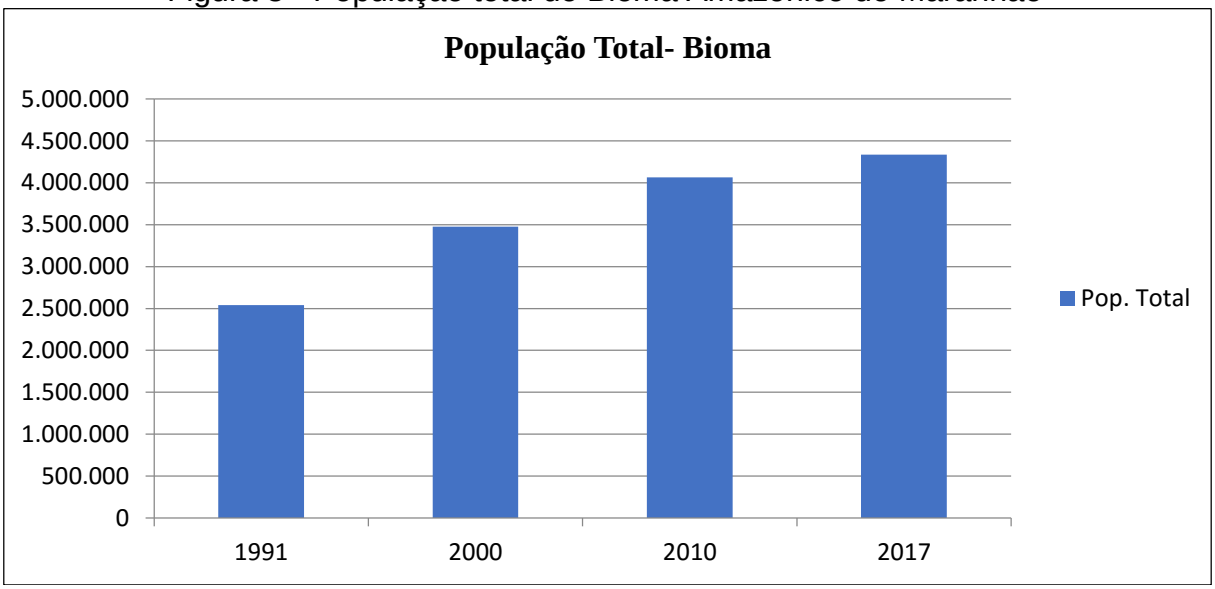
O censo de 2010 (IBGE, 2010) revelou que a população total do Maranhão representava 3,4% da brasileira (190.755.799 habitantes) e pouco mais de 10% dos residentes na macrorregião Nordeste (53.081.950 pessoas). Considerando o número total de habitantes do Maranhão em 2010 (6.574.789), 4.147.149 moravam na zona urbana (63,7%) e 2.427.640 na rural (36,3%).

A Taxa Média de Crescimento Geométrico da população maranhense entre 2000 e 2010 foi de 1,52%, a qual acompanhou a taxa média dos demais estados do país (1,55%) e superou a nacional, que era de 1,17% (MARANHÃO, 2011).

Tomando por base os municípios que compõem o Bioma Amazônico do Maranhão, observa-se que em 1991, viviam nesse bioma 2.540.422 pessoas, que ascenderam para 3.474.937 habitantes no ano 2000 e de acordo com o censo mais

recente (2010) já eram 4.064.069 (61,81% do total estadual), dos quais 21.272 eram indígenas, sendo que a estimativa indicava para 2017 um total de 4.337.046 habitantes (Figura 3).

Figura 3 - População total do Bioma Amazônico do Maranhão

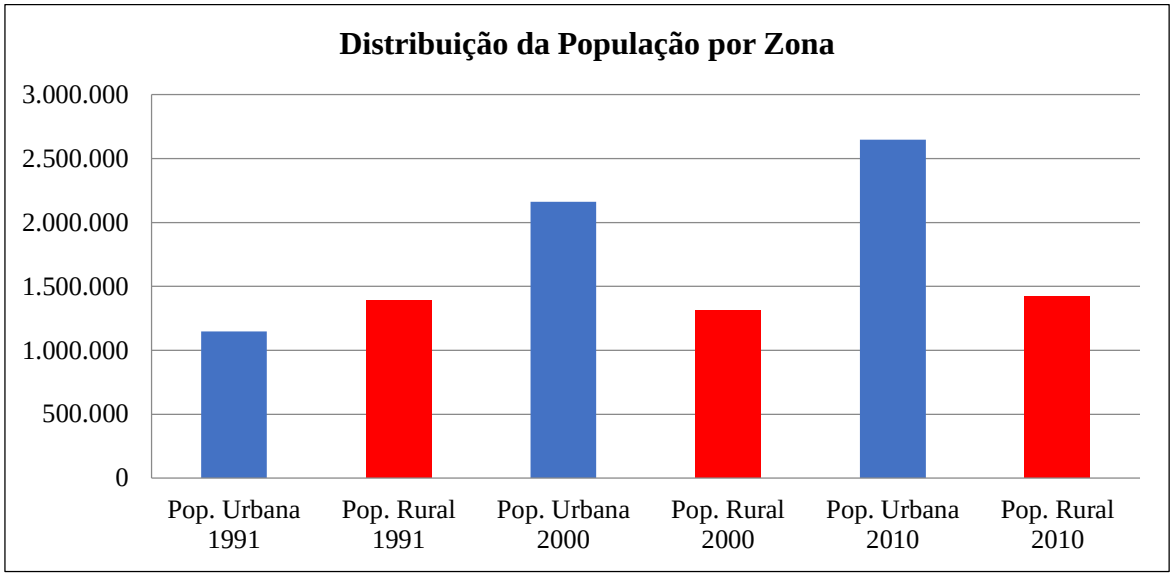


Fonte: IBGE (1991, 2000, 2010, 2017)

Considerando os dados supracitados, houve um incremento de 62,50% ou 1.523.647 novos moradores em 19 anos (1991-2010). Do total de habitantes inseridos na área do bioma, em 2010, e que representavam 61,81% do total estadual, 65,13% residiam em cidades que tinham portes diferentes, sendo São Luís, o município com maior percentual de citadinos (94,45%), enquanto Palmeirândia possuía o menor percentual (18,43%).

A figura 4 demonstra a distribuição da população por zona urbana e rural dos municípios que compõem esse bioma. Em 1991, o percentual para a zona urbana era de 45,2% e para rural 54,8%, já no ano 2000 houve um aumento para a população urbana que passou para 62,2%, enquanto a rural diminuiu para 37,8%, o que pode estar vinculado à criação de municípios em 1994, e cuja população residente em povoados foi recenseada como urbana. Em 2010, esse quadro mostrou incremento para a zona urbana, porque seu percentual foi 65,13% e a rural equivalia a 34,86%. Tal comportamento demográfico pode estar associado à busca por postos de trabalho e de educação (níveis médio e superior), nos centros urbanos mais expressivos do bioma.

Figura 4 - População Urbana e Rural no Bioma Amazônico do Maranhão de 1991, 2000 e 2010



Fonte: IBGE (1991, 2000, 2010)

3.3 Inventário de varredura e reconhecimento dos bens históricos e culturais do Bioma Amazônico do Maranhão

Um inventário de varredura e reconhecimento dos bens históricos e culturais está inserido no âmbito das políticas públicas que derivaram dos processos de ampliação e constituição de novos olhares sobre o patrimônio cultural no Brasil. Com a instrumentalização desses mecanismos de pesquisa tem-se a oportunidade de montar uma rede de informações sobre os espaços de construção das identidades culturais em determinados contextos sociais, sobretudo em relação às identidades, ao espaço, às práticas culturais e às vinculações, com os aspectos históricos envolvidos.

No caso do Maranhão, a gestão do patrimônio histórico e cultural encontra-se concentrada no poder público, especialmente, na Superintendência do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e na Superintendência de Patrimônio Cultural do governo estadual, sendo que, São Luís ainda conta com a Fundação Municipal do Patrimônio Histórico. Logo, a linha de atuação do poder público na gestão da cultura, encontra-se, em tempos de crise brasileira, basicamente, focada na fiscalização dos centros históricos tombados sobre sua jurisdição, no restauro ou contenção de edificações que correm risco de desabamento, na manutenção das reuniões dos conselhos gestores dos bens imateriais, a exemplo do Tambor de Crioula e do Bumba Meu Boi ou na organização dos calendários festivos já consagrados.

Some-se a isso, uma atuação fortemente concentrada na capital do estado, São Luís, ou em cidades com características coloniais, a exemplo de Alcântara e Caxias. Em casos em que os poderes públicos municipais não possuem estrutura administrativa para lidar com seus bens históricos e culturais, importantes suportes de histórias, memórias, identidades e territorialidades estão se perdendo, desaparecendo ou sendo abandonados.

No âmbito do patrimônio material acautelado, o IPHAN indicou para os municípios inseridos nesse bioma a existência de três ocorrências: São Luís, Rosário e Pindaré-Mirim.

No âmbito do Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos, o IPHAN indicou para os municípios que compõem o Bioma Amazônico do Maranhão a existência de 20 ocorrências: Açailândia, Alcântara, Alto Alegre do Maranhão, Anajatuba, Arari, Apicum-Açu, Bom Jesus das Selvas, Buriticupu, Igarapé do Meio, Imperatriz, Paço do Lumiar, Penalva, Rosário, Santa Inês, Santa Luzia, São José de Ribamar, São Luís, São Pedro da Água Branca, Vila Nova dos Martírios e Vitória do Mearim.

No Maranhão, a distribuição espacial dos sítios arqueológicos é bastante irregular e reflete a ausência de conhecimento e pesquisas, em muitas áreas estratégicas, o que por sua vez justifica, cada vez mais, a realização de inventários que agreguem o componente arqueológico. Oficialmente, o Estado possui 166 sítios arqueológicos cadastrados no IPHAN, sendo que, para o Bioma Amazônico do Maranhão esse número corresponde a 74 sítios arqueológicos, conforme a listagem do quadro 2.

Quadro 2 - Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos para os municípios que formam o Bioma Amazônico do Maranhão

A00001	MA-SL-1: Cacaria	Penalva	MA
MA00002	MA-SL-2: Igarapé do Baiano	Penalva	MA
MA00003	MA-SL-3: Fala Só	Penalva	MA
MA00004	MA-SL-6: Boa Viagem	São José de Ribamar	MA
MA00005	MA-SL-8: Iguaíba	Paço do Lumiar	MA
MA00006	MA-SL-9: Tendal	Paço do Lumiar	MA
MA00007	MA-SL-10: Marval	Paço do Lumiar	MA
MA00008	MA-SL-11: Pau Deitado	São José de Ribamar	MA
MA00013	Alcântara	Alcântara	MA

MA00019	MA-SL-5: Pindaí	São Luís	MA
MA00020	MA-SL-4: Maiobinha	São Luís	MA
MA00021	MA-SL-7: Jaguarema	São José de Ribamar	MA
MA00036	Terra do Sol (SUBESTAÇÃO IMPERATRIZ)	Imperatriz	MA
MA00037	Jambu - Torre 22	João Lisboa	MA
MA00062	São Pedro 11	São Pedro da Água Branca	MA
MA00063	São Pedro 12	São Pedro da Água Branca	MA
MA00064	São Pedro 13	São Pedro da Água Branca	MA
MA00065	São Pedro 14	São Pedro da Água Branca	MA
MA00066	São Pedro 10	São Pedro da Água Branca	MA
MA00067	Bom Jesus das Selvas 1	Bom Jesus das Selvas	MA
MA00068	Bom Jesus das Selvas 2	Bom Jesus das Selvas	MA
MA00069	Alto Alegre do Pindaré 4	Alto Alegre do Pindaré	MA
MA00070	Alto Alegre do Pindaré 5	Alto Alegre do Pindaré	MA
MA00071	Alto Alegre do Pindaré 1	Alto Alegre do Pindaré	MA
MA00072	Igarapé do Meio 1	Igarapé do Meio	MA
MA00073	Igarapé do Meio 2	Igarapé do Meio	MA
MA00074	Boca do Campo	Arari	MA
MA00075	São Pedro 14	São Pedro da Água Branca	MA
MA00087	Estreito dos Mosquitos	São Luís	MA
MA00088	Alto Alegre do Pindaré 2	Alto Alegre do Pindaré	MA
MA00089	Alto Alegre do Pindaré 3	Alto Alegre do Pindaré	MA
MA00090	Rocinha	Santa Inês	MA
MA00091	Pedrinhas	Anajatuba	MA
MA00092	São Pedro 9	São Pedro da Água Branca	MA

MA00093	São Pedro 1	São Pedro da Água Branca	MA
MA00094	São Pedro 5	São Pedro da Água Branca	MA
MA00095	São Pedro 6	São Pedro da Água Branca	MA
MA00096	São Pedro 8	São Pedro da Água Branca	MA
MA00100	Vila Nova 1	Vila Nova dos Martírios	MA
MA00101	Vila Nova 3	Vila Nova dos Martírios	MA
MA00102	Sambaqui da Panaquatira	São José de Ribamar	MA
MA00103	Arapapaí	São Luís	MA
MA00104	Pepital	Alcântara	MA
MA00105	Peru	Alcântara	MA
MA00106	Batatã	São Luís	MA
MA00107	Camboa dos Frades	São Luís	MA
MA00108	Sambaqui do Bacanga	São Luís	MA
MA00113	Sambaqui da Panaquatira	São José de Ribamar	MA
MA00115	Mãe Benta	Rosário	MA
MA00144	AÇAMI 01	Vitória do Mearim	MA
MA00149	AÇAMI 12	Buriticupu	MA
MA00150	AÇAMI 13	Buriticupu	MA
MA00152	AÇAMI 06	Santa Luzia	MA
MA00153	AÇAMI 07	Santa Luzia	MA
MA00154	AÇAMI 08	Santa Luzia	MA
MA00155	AÇAMI 09	Santa Luzia	MA
MA00156	AÇAMI 10	Santa Luzia	MA
MA00157	AÇAMI 11	Santa Luzia	MA
MA00159	Mercês	Paço do Lumiar	MA
MA00160	São Joaquim (Atualização CNSA MA00162)	São Luís	MA
MA00161	São Brás	São José de Ribamar	MA
MA00162	São Joaquim	São Luís	MA
MA00163	Itapera	São Luís	MA

MA00164	Da Mata	São José de Ribamar	MA
MA00165	Maracujá	São Luís	MA
MA00166	Mandioca	São Luís	MA
MA00167	S01 Mãe Benta	Rosário	MA
MA00168	S02 Mãe Benta	Rosário	MA
MA00169	S03 Mãe Benta	Rosário	MA
MA00171	CAMBOAS DA PANAQUATIRA	São José de Ribamar	MA
MA00172	JAMBU 2	João Lisboa	MA
MA00173	JAMBU 3	João Lisboa	MA
MA00179	AÇAMI 14	Açailândia	MA
MA00185	Sítio arqueológico Tracoá	São José de Ribamar	MA

Fonte: Adaptado do CNSA-IPHAN (2018)

Dentre esses sítios arqueológicos, dois são tombados, ou seja, apresentam um nível de proteção ainda maior se comparado apenas ao registro. Trata-se do Sítio do Físico e o Sambaqui do Pindaí. Em relação à distribuição espacial geral para o estado do Maranhão, os mapas 04 e 05 ilustram a existência de sítios arqueológicos.

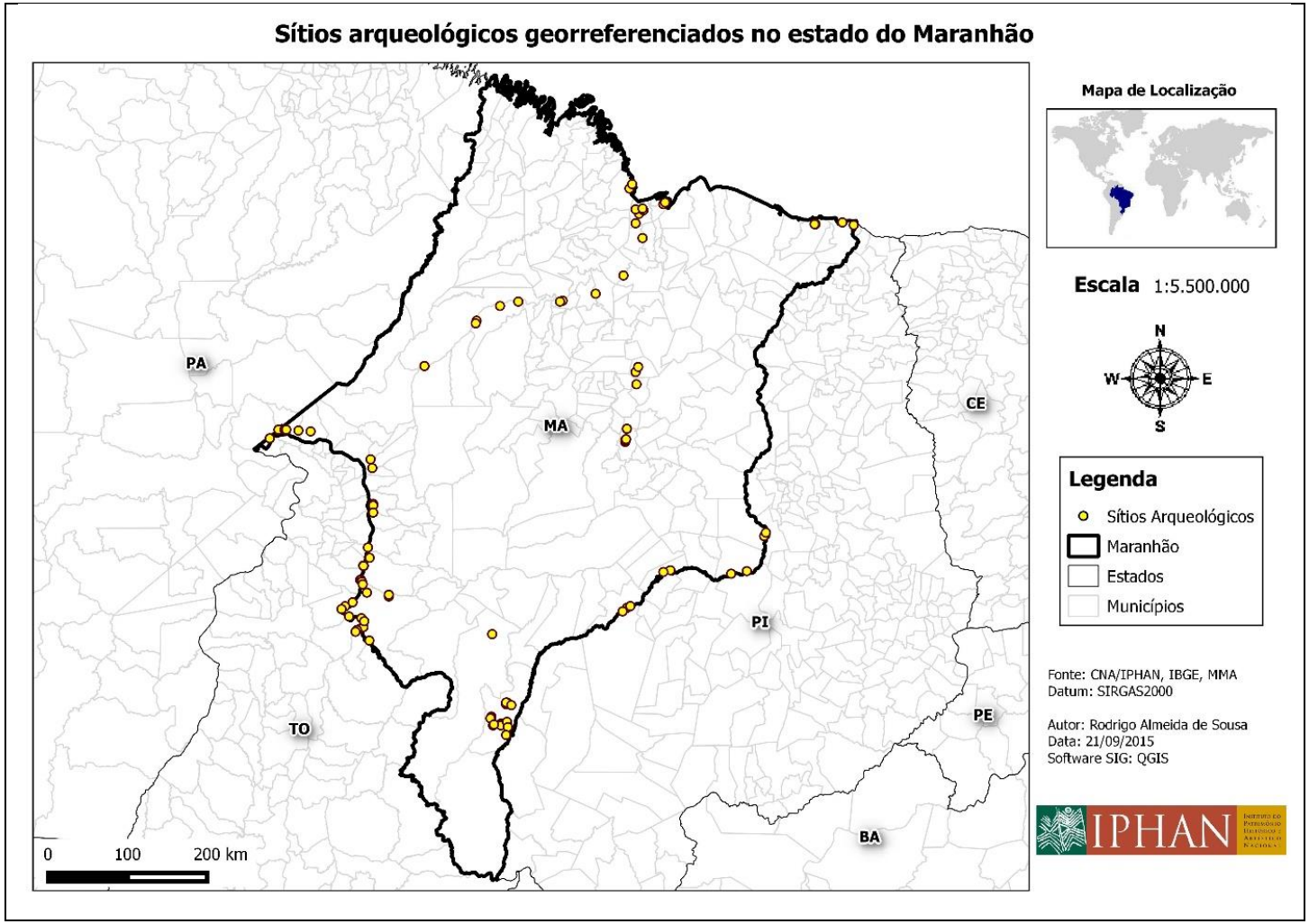
Conforme exposto, existe uma forte concentração de sítios arqueológicos nesse bioma, sobretudo na região do Golfão Maranhense, nos vales do Mearim e Pindaré e na região Tocantina, entre os municípios de Imperatriz e Cururupu. Contrastando com essa informação, é notada uma ausência hegemônica de sítios arqueológicos na maioria dos municípios, inclusive na área foco do ZEE.

Tal situação é problemática, visto que nos planejamentos regionais para criação de distritos industriais ou para implantação de empreendimentos que necessitem de licenciamento ambiental, o componente arqueológico é uma das principais variáveis que pode atrasar o cronograma de um empreendimento.

No âmbito do Banco de Dados de Bens Culturais Imateriais Registrados, o IPHAN não especificou os municípios em que ocorrem os seguintes bens: Tambor de Crioula, Bumba Meu Boi, Roda de Capoeira e Mestres de Capoeira.

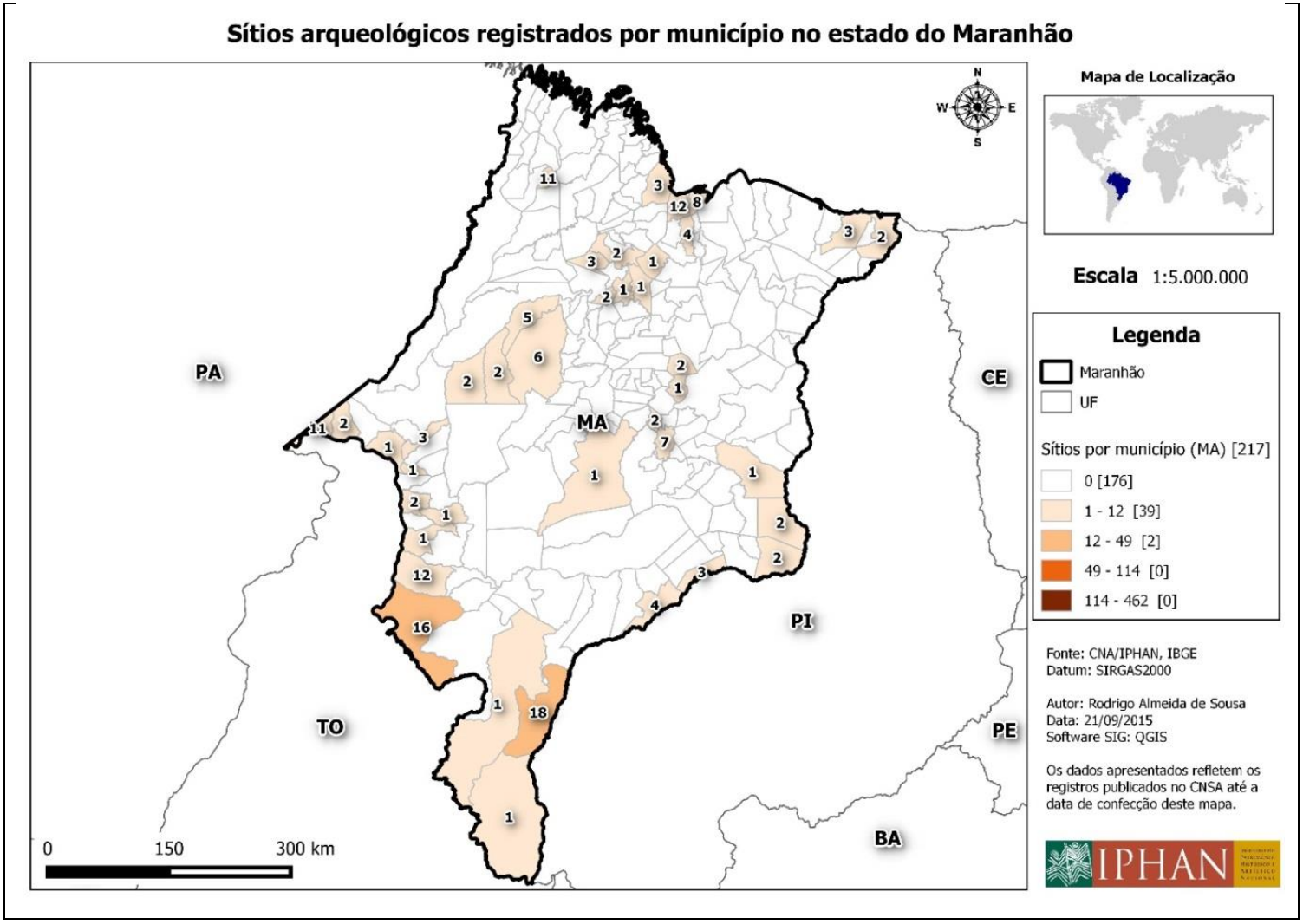
Não constam registros no banco de dados do IPHAN sobre o Patrimônio Cultural Ferroviário para os municípios inseridos no mencionado bioma, embora esse órgão tenha revitalizado a Estação Ferroviária de Rosário.

Mapa 4 - Distribuição dos Municípios Maranhenses com Sítios Arqueológicos



Fonte: IPHAN (2015)

Mapa 5 - Quantidade de Sítios Arqueológicos por Município Maranhense



Fonte: IPHAN (2015)

Na Lista dos Conjuntos Urbanos Tombados (Cidades Históricas), o IPHAN indicou, para os municípios que compõem o referido bioma, a existência de duas cidades tombadas, nacionalmente, São Luís e Alcântara.

No âmbito da Lista de Embarcações Tombadas, o IPHAN não especificou os municípios do bioma em que existem esses bens. Contudo, nos municípios litorâneos e ribeirinhos, as embarcações ainda são meio de transporte bastante utilizado.

Referente à Lista do Patrimônio Mundial Cultural no Brasil – UNESCO, o IPHAN indicou, para os municípios que compõem o bioma Amazônico do Maranhão, a existência de uma cidade reconhecida mundialmente, São Luís, mais precisamente, o Centro Histórico.

Já em relação à Lista do Patrimônio Mundial Natura l – UNESCO, não há registros para os municípios que compõem esse bioma.

Em termos da Lista Representativa do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade no Brasil – UNESCO, o IPHAN não indicou os municípios do Bioma Amazônico do Maranhão em que ocorre a Roda de Capoeira.

Conforme exposto, nas esferas estadual e municipal, o esforço de pesquisa deverá ser redobrado, visto que podem existir outros bens históricos e culturais acautelados para os municípios que compõem o Bioma Amazônico do Maranhão, cujo acesso à informação é dificultado por falta de sistematização.

3.4 Análise preditiva de ocorrências de incêndios no Bioma Amazônico do Maranhão

A área do bioma em estudo localiza-se na faixa equatorial que é caracterizada por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos. Os principais mecanismos que explicam o regime pluviométrico nessa área resultam da combinação ou da atuação predominante da Zona de Convergência Intertropical, das brisas marítimas e onde as precipitações são principalmente convectivas. Essas características ocasionam altas temperaturas, associadas à intensa radiação solar incidente na região, mesmo que, em grande parte, a energia seja convertida em calor latente de evaporação e outra parte levada para a atmosfera superior e liberada na forma de calor sensível (OLIVEIRA et al., 2012).

Assim, a predição de incêndios, estrutura-se a partir da avaliação da probabilidade de ocorrência de queimadas, que podem ser influenciadas pela expectativa de ocorrência de duas situações: haver uma fonte de fogo e haver condições favoráveis para sua propagação. No entanto, observa-se que fatores como a temperatura, a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica são elementos que associados, aumentam as possibilidades de ocorrência de queimadas e incêndios incontroláveis e acidentais (OLIVEIRA et al., 2016).

Ao mesmo tempo, deve-se considerar que a ocorrência e propagação dos incêndios estão ligadas às características físicas e químicas do material combustível, o que, necessariamente, são influenciadas pela estrutura topográfica e o tipo de uso e ocupação das terras existentes na região (SOUSA et al., 2012). Considera-se dessa forma que a ampliação da homogeneidade da paisagem com a introdução de plantações florestais uniformes e inflamáveis, êxodo rural e aumento das áreas degradadas e de pastagem levaram a uma ampliação da suscetibilidade à ocorrência de incêndios (FERREIRA et al., 2015). Esse conjunto de informações é importante para a elaboração de programas de cenários que considerem a probabilidade de ocorrência de incêndios e queimadas descontroladas.

Desse modo, a utilização de técnicas de geração de cenários e de prevenção, bem como, a realização de um planejamento estratégico de combate é alternativa viável para redução das ocorrências (FERRAZ; VETORAZZI, 2003). Sob essa perspectiva desenvolveram-se diferentes métodos e abordagens, a fim de se aliar formas e mecanismo de prevenção ao risco de ocorrência de incêndio, sendo que todos possuem suas particularidades e procedimentos próprios, porém, todos dependem das condições atmosféricas presentes e de dados referentes ao tipo e uso da terra. Entre esses métodos podemos citar estudos como: Takagi e Sugeno, (1985), Chuvieco et al. (2010) e Sá et al. (2017).

Diante dessas observações, Linn et al. (2012) afirmam que a modelagem e predição de incêndios se torna complexa, porque o comportamento do fogo é determinado por um conjunto extremamente complexo de processos acoplados, que ocorrem ao longo de um vasto leque de escalas espaciais e temporais. Corroborando, Barlow et al. (2012) expõem que a previsão do risco a estes eventos se complexificam por serem dependentes de interações entre fatores antrópicos e ambientais.

Dessa forma, elaborou-se o mapa preditivo de ocorrência de queimadas na área do Bioma Amazônico do Maranhão (Tabela 01). Nesse processo foram

estabelecidos 5 níveis: Mínimo (áreas com reduzida probabilidade de ocorrência de incêndios), Baixo (áreas de baixa incidência de focos de queimadas), Moderado (áreas de risco moderado a incêndios), Alto (áreas com significativa incidência de incêndios e com alta probabilidade de ocorrência de incêndios, com a necessidade de alertas sazonais para os municípios) e Crítico (áreas com elevadas taxas de ocorrência de incêndios, caracterizadas por extensas áreas queimadas e graves alterações ambientais e sociais, com a necessidade de alertas anuais preventivos) (Mapa 06).

Tabela 1 - Escala de predição de ocorrências de incêndios

Nível	Percentual de área (%)
Mínimo	34
Baixo	3,4
Moderado	27,1
Alto	28,2
Crítico	7,3

Fonte: Registro da pesquisa (2018)

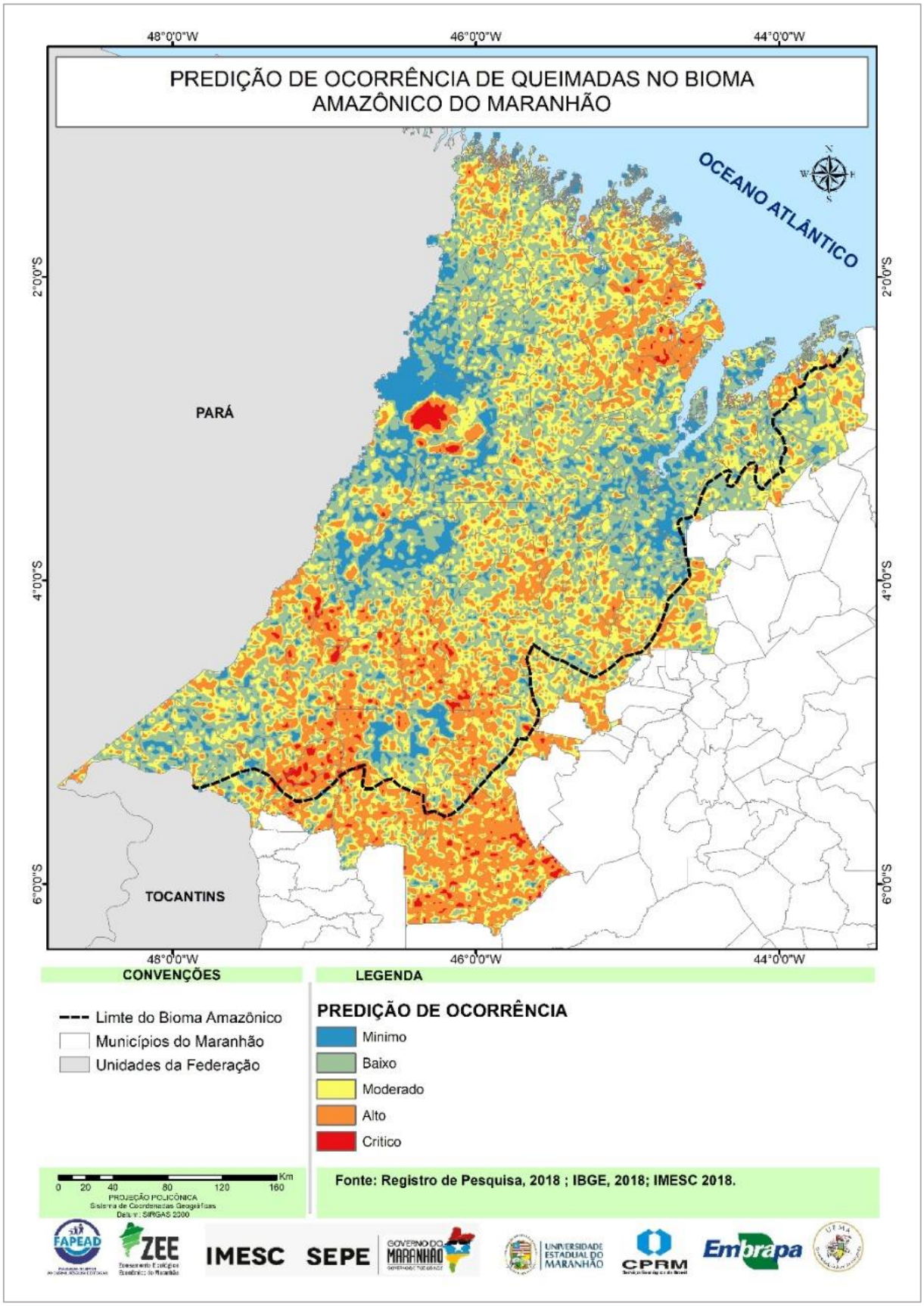
Assim, observa-se que 34% da área do Bioma Amazônico do Maranhão são caracterizados por reduzida probabilidade de ocorrência de incêndios. Essa faixa está concentrada, principalmente, na região do Gurupi (Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim, Junco do Maranhão, Maracaçumé e Centro do Guilherme) e na região dos Campos e Lagos. Essas localidades são caracterizadas, essencialmente, por relevo plano, vegetação ombrófila densa, baixo grau de urbanização e, consequentemente, reduzida densidade demográfica.

Nesse contexto, identificou-se que 55,3%, do bioma em análise, enquadram-se entre as faixas reconhecidas como Moderada e Alta Probabilidade de ocorrência de incêndios. Esse resultado demonstra que a maior parcela do território amazônico do Maranhão apresenta elevado grau de incidência de incêndios, com a necessidade de alertas sazonais para os municípios. Essa dinâmica destaca-se na região das Reentrâncias (Bequimão, Mirinzal, Guimarães e Pinheiro), mesmo com relevo plano a suavemente ondulado, contendo extensas áreas rebaixadas, que são alagadas durante o período chuvoso. Destaca-se também, nesse contexto, a influência do crescimento de áreas destinadas à pastagem extensiva na última década.

Esse cenário corrobora com os resultados obtidos por Ribeiro et al. (2008), que desenvolveram um estudo, para o zoneamento de áreas de risco no Paraná, constatando que, áreas referentes à agricultura se enquadram como regiões de risco extremo, enquanto que, remanescentes de floresta nativa são geralmente reconhecidas como risco moderado. Seguindo essa perspectiva, Armenteras-Pascual et al. (2011), num estudo desenvolvido na Colômbia, identificaram que a vegetação herbácea foi o tipo mais afetado pelo fogo, seguido por capoeiras, florestas e áreas agrícolas.

No mesmo patamar de risco destacam-se os municípios que compõem a Região Metropolitana do Sudoeste Maranhense (Lei Complementar Estadual n° 204/2017) e os circunvizinhos. Essa região se caracteriza pela urbanização, significativa área destinada a atividades ligadas ao agronegócio, bem como, relevo formado por planalto ocidental, composto por um conjunto de morfoesculturas, com altitudes máximas em torno de 350m e lineamento Nordeste-Sudoeste, em que predominam as serras do Gurupi, Tiracambu e Desordem (FEITOSA, 2006).

Mapa 6 - Predição de ocorrência de queimadas na área do Bioma Amazônico do Maranhão



Sobre a dinâmica supracitada, Adámek et al. (2015) afirmam que em regiões onde o clima possui características mais úmidas, existem tendências de que a irregularidade do relevo possa favorecer a ocorrência de incêndios. Corrobora com esse entendimento, Ganteaume e Jappiot (2013), demonstrando que existe maior probabilidade de ocorrência de grandes incêndios em áreas com maiores variações topográficas, uma vez que essas áreas, com maiores declividades, têm tendência a maior exposição ao sol, bem como nelas são ampliadas as limitações de acesso para o combate, favorecendo a propagação do fogo.

Por outro lado, nota-se que nas supracitadas regiões, as principais atividades econômicas estão interligadas com o setor madeireiro e agropecuário, vinculando-se fortemente à ação antrópica, direcionada ao avanço das explorações dos recursos naturais e das fronteiras agropecuárias, através do uso do fogo. Essas atividades alteram a dinâmica microclimática local, uma vez que se modifica a presença de umidade no solo e na vegetação, ampliando, por conseguinte, a quantidade de gases traços e aerossóis liberados no processo de queima de biomassa, demonstrado pela relação direta da FRP com o total de biomassa disponível na vegetação.

No Bioma Amazônico do Maranhão, aproximadamente, 7% de sua área é caracterizada por elevadas taxas de ocorrência de incêndios, em que se identificam extensas áreas queimadas e graves alterações ambientais e sociais, com a necessidade de alertas anuais preventivos. Observa-se no cenário apresentado, o nível crítico de risco, em regiões intra e circunvizinhas às terras indígenas Urubu Kabor, Awa e Guajajaras situadas nos municípios de Centro Novo, Nova Olinda do Maranhão e Amarante. Ressalta-se que o grau de risco de incêndio identificado é determinado não só pelo perigo que apresenta em um único dia, mas sim, pelo acúmulo do efeito de dias desfavoráveis. Isto ocorre, pois, quantos mais dias críticos houver mais seco se tornará o material florestal e mais favorável se tornarão as condições atmosféricas para o surgimento e propagação de ocorrências de queimadas descontroladas (SOUZA et al., 2012).

Por fim, conforme Oliveira et al. (2012) é importante ressaltar que as condições de risco de ocorrência de queimada e de incêndio, não estão relacionadas à obrigatoriedade do episódio, e sim, ao cenário climático que torna propícia a ocorrência. Dessa forma, a análise preditiva aplicada às condições de risco de incêndio, com base apenas em elementos meteorológicos, monstra tendências

substanciais para demonstrar padrões específicos, para a organização e otimização de ações preventivas, contudo, não devem ser relacionadas com a obrigatoriedade de ocorrência do evento, mas sim com a prospecção de um cenário climático propício para a ocorrência. Para ampliar as possibilidades, deve ser considerado um conjunto de fatores como ignição, as características do material combustível (quantidade, características físicas e químicas, arranjos e umidade), topografia (elevação, exposição e inclinação) e o uso e ocupação da terra (PAZ et al., 2011).

3.5 Polos Turísticos no Bioma Amazônico do Maranhão

O Maranhão apresenta uma grande diversidade natural, cultural e ambiental, que são elementos essenciais para a potencialização do turismo no Estado (BRASIL, 2018). No Bioma Amazônico do Maranhão estão inseridos 7 dos 10 polos turísticos: Polo São Luís, Polo Munim, Polo Floresta dos Guarás, Polo Amazônia Maranhense, Polo Lagos e Campos Floridos, Polo Serras, Timbiras Guajajaras e Kanela e o Polo Chapada das Mesas (Mapa 07).

Esse bioma apresenta inúmeras potencialidades ambientais e culturais, mas a ausência de Planos Municipais de Turismo e outros instrumentos de ordenamento territorial na maioria das 108 unidades subnacionais que o compõem, prejudicam esse potencial que fica à mercê do uso indisciplinado e sem controle. Some-se a isso o fato de o Plano Estratégico de Turismo do Governo do Maranhão ter concentrado ações em 3 polos, dos quais 2 (São Luís e Chapada das Mesas) fazem parte do citado bioma. Nesse sentido, a implantação do ZEE será uma importante ferramenta para o ordenamento territorial de diversas atividades econômicas, nomeadamente, do turismo.

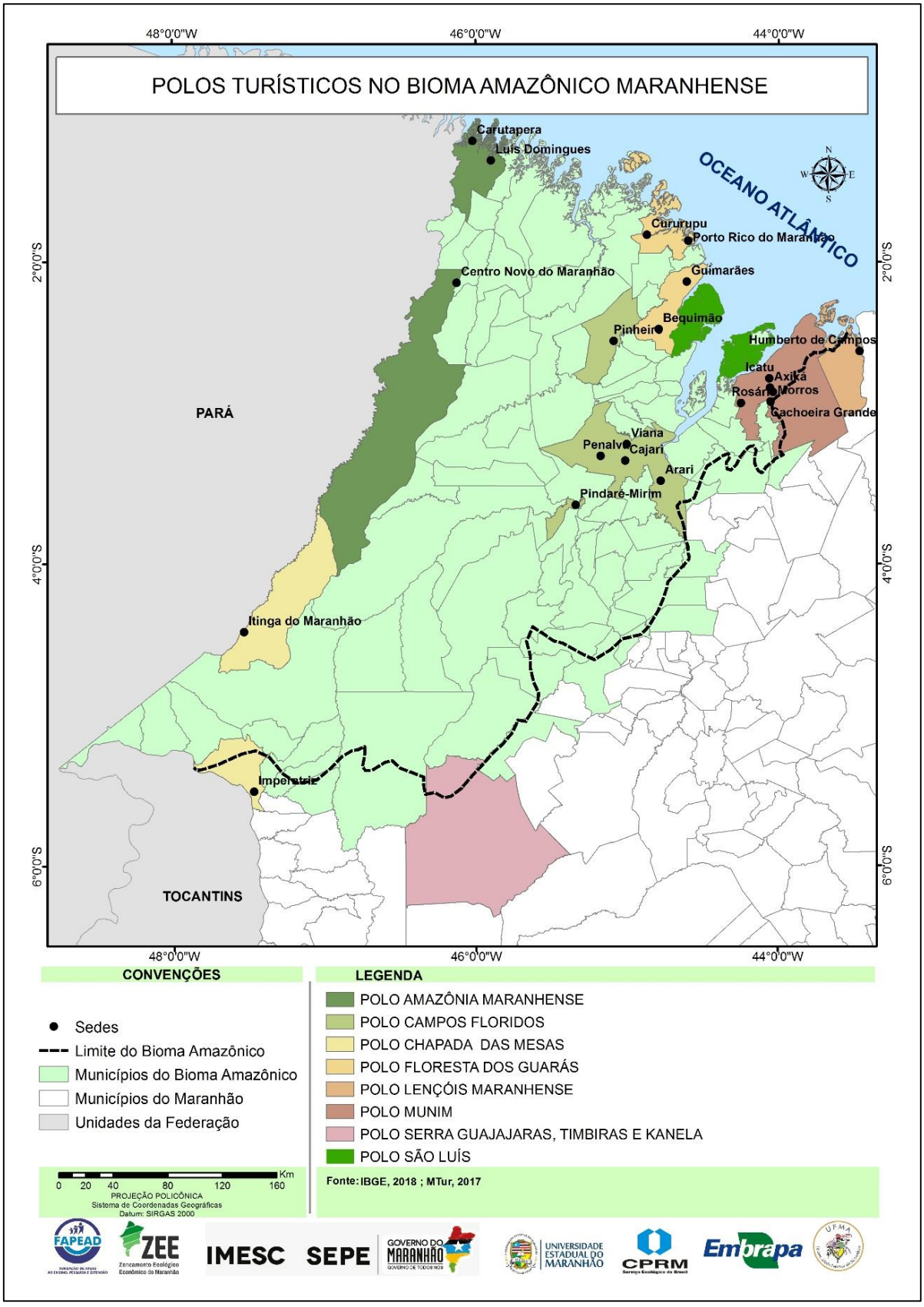
3.6 Consórcios intermunicipais que atuam no Bioma Amazônico do Maranhão

De acordo com o Decreto nº 6.017/2007, que regulamenta a Lei nº 11.107/2005, os consórcios públicos são entendidos como pessoa jurídica formada, exclusivamente, por entes da Federação, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, podendo ser de natureza pública ou privada, sem fins lucrativos. A área de atuação corresponde a

territórios que podem ser constituídos por municípios, estados e/ou união de município-Distrito Federal, Estado-Distrito Federal (BRASIL, 2007).

Os consórcios são arranjos institucionais que possuem a finalidade de conjuntamente buscar recursos, com objetivos e interesses comuns, a partir do que cada unidade pode oferecer e/ou necessitar, permitindo a execução de atividades ou serviços públicos que envolvam todos os consorciados. Essa cooperação é um importante meio de fortalecimento das unidades federativas envolvidas, uma vez que permite a coerência no desenvolvimento territorial, melhoria na gestão pública e na solidariedade financeira, fortalecendo as estruturas locais e favorecendo a cooperação para aqueles com baixa capacidade técnica e financeira (CALDAS, 2007; LEAL, 2008).

Mapa 7 - Polos turísticos do Bioma Amazônico do Maranhão – 2018



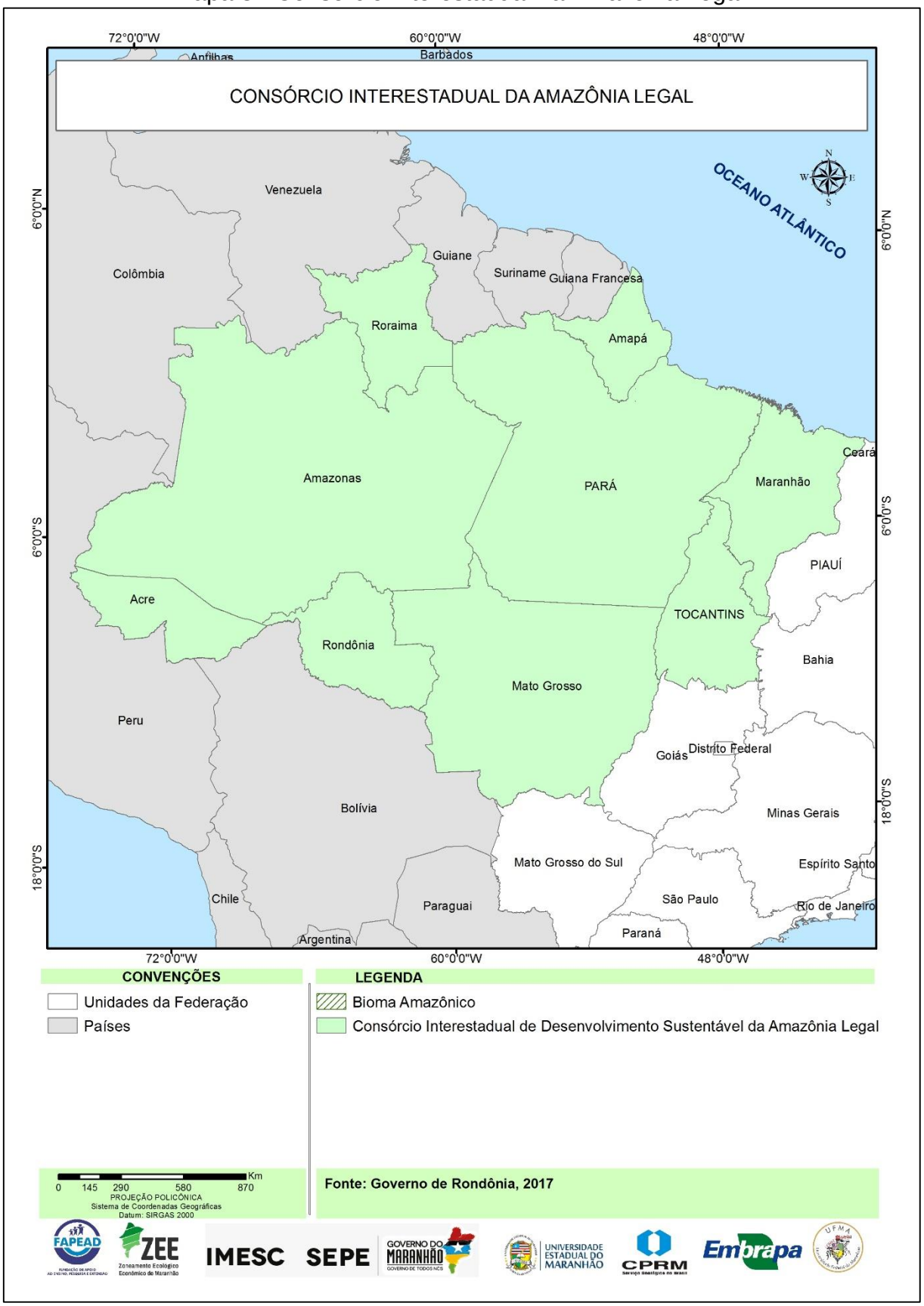
No estado do Maranhão, a primeira experiência de consorciamento remonta a 1997, quando foi criado o Consórcio Intermunicipal de Produção e Abastecimento – CINPRA, São Luís. Segundo Caldas (2007), esse consórcio foi um mecanismo institucional criado para solucionar o dilema do abastecimento, uma vez que os alimentos eram importados de outros estados para São Luís e municípios vizinhos. A ideia era que a produção local abastecesse os municípios que formavam consórcio e, dessa forma, gerasse trabalho e renda para a população, diminuísse os custos com a aquisição de alimentos e aumentasse o mercado consumidor. Para Pires (2015), o CINPRA, mesmo em um curto período, foi um marco no processo de implantação de consórcios no estado do Maranhão e se destacou como uma experiência interessante, que trouxe ganhos para os municípios no que concerne às discussões sobre a importância da agricultura.

Entre 2005 e 2017 foram criados os consórcios multifinalitários, que podiam atuar em diversas áreas de gestão, caracterizados por um recorte regional baseado nas regiões de planejamento do estado do Maranhão. Iniciando assim os programas de assistência técnica cooperada entre os consórcios para a elaboração de planos urbanos e ambientais. Em 2015, foi criada a Federação Maranhense de Consórcios Intermunicipais - FEMACI (FEMACI, 2017).

A principal característica dos consórcios existentes no Maranhão é a ação conjunta de municípios, o que denota a classificação de consórcios intermunicipais. Esse tipo de consórcio é formado por organizações, através da autonomia dos municípios, em busca de cooperação que visa articular políticas públicas setoriais e territoriais, objetivando implantá-las em diversos setores como saúde, meio ambiente, saneamento e outros (CALDAS, 2007). Somam-se a isso, os consórcios interestaduais formados por dois ou mais estados com interesses comuns, como meio ambiente, economia, transporte e outros.

Na região do Bioma Amazônico Maranhense está concentrada grande parte dos consórcios do Estado, em sua maioria, com caráter multifinalitário. Dentre os consórcios interestaduais destaca-se o Consórcio Interestadual de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal, criado em 2017, que objetiva a adoção de estratégias e ações, para o desenvolvimento sustentável dos estados integrantes da Amazônia Legal, através de adoção de mecanismos de incentivo econômico e para conservação do ambiente (Mapa 8).

Mapa 8 - Consórcio Interestadual na Amazônia Legal



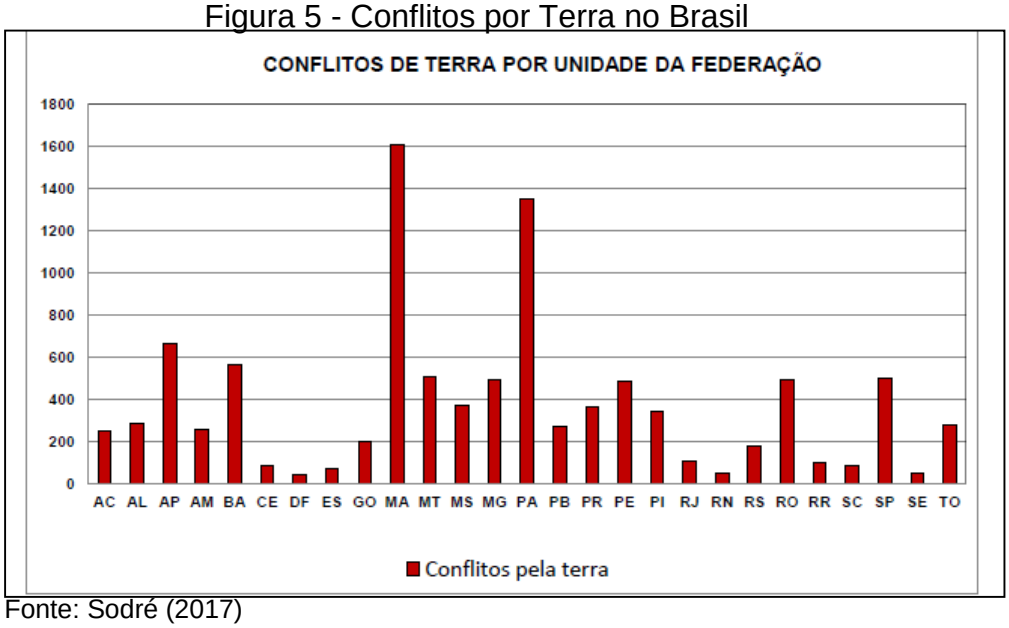
De acordo com o Protocolo de Intenções, as finalidades desse consórcio são: desenvolvimento econômico e social da Amazônia Legal, integração e fortalecimento regional e do seu papel político e econômico, compartilhamento de instrumentos e processos inovadores para a gestão pública e tecnológica dos Estados membros, estímulo a políticas de produção rural, projetos de infraestrutura e logística, políticas de segurança, captação de investimentos para o desenvolvimento da Amazônia e conservação da biodiversidade, cooperação da gestão pública e parcerias público-privado, execução de obras e assessoria técnica, bem como, outras ações que visem ao desenvolvimento regional sustentável da Amazônia Legal (GOVERNO DE RONDÔNIA, Lei nº 678/2017).

No Bioma Amazônico do Maranhão estão presentes 8 consórcios intermunicipais, que abrangem 97 de seus 108 municípios (Mapa 09), o que representa 89,81% das unidades subnacionais e implica em forte poder político e a necessidade de serem considerados, em termos de suas demandas específicas, sobretudo, as que se coadunam com a resolução de conflitos e melhoria de qualidade de vida da população.

3.7 Conflitos no Bioma Amazônico do Maranhão

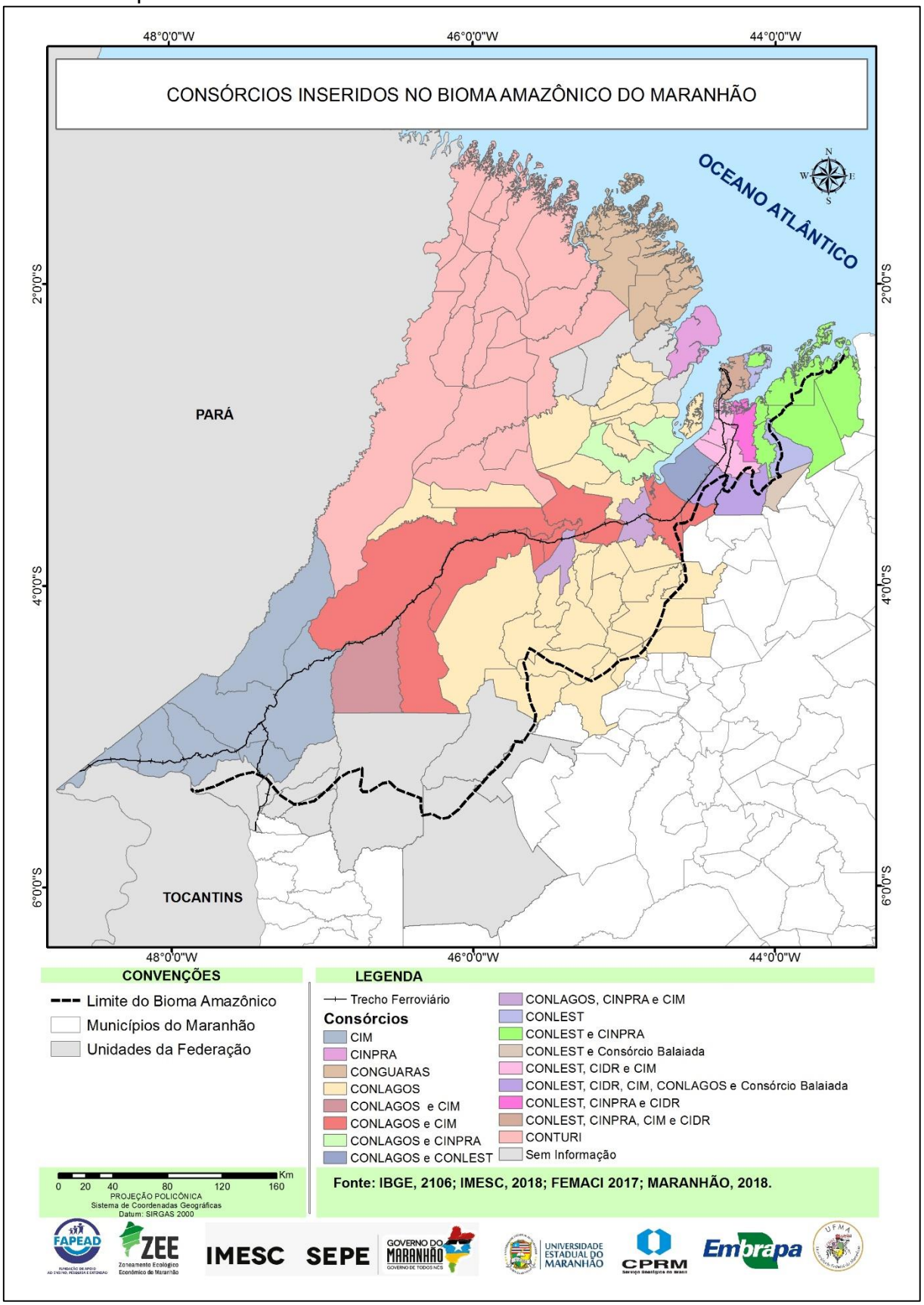
Os conflitos por terra envolvem relações de poder em diferentes territórios. De acordo com Sodré (2017), o Maranhão apresenta o maior número de conflitos por terra, em termos percentuais, pois os números correspondem a 16% dos conflitos registrados no país, com uma média de 107 conflitos por ano (Figura 5).

Figura 5 - Conflitos por Terra no Brasil



Fonte: Sodré (2017)

Mapa 9 - Consórcios inseridos no Bioma Amazônico do Maranhão



A Comissão Pastoral da Terra (CPT) é, atualmente, o órgão com o banco de dados mais completo sobre conflitos no campo brasileiro, cujas categorias são: conflitos por terras (conflitos possessórios, ocupações e acampamentos), conflitos trabalhistas (desrespeito à legislação trabalhista), trabalho escravo (ocorrências de situações de trabalho escravo) e outros (conflitos em tempo de seca, conflitos por água e em áreas de garimpo).

De acordo com o mapa 10, existe uma concentração de conflitos na região Norte do Bioma Amazônico Maranhense e mais ao Sul, na parte que inclui as grandes propriedades e projetos de expansão em desenvolvimento. Parte desses conflitos envolve quilombolas, indígenas e assentados, em sua maioria, atingidos por latifundiários, grileiros, madeireiros e outros (SODRÉ, 2017).

Convém ressaltar que em 2017 foram identificados pela CPT, 116 conflitos nesse bioma, com envolvimento de 14.538 famílias, em uma área correspondente a 683.661 hectares (SODRÉ, 2017). Observam-se características específicas para essa conflitualidade, em que estão envolvidos quilombolas, assentados, grandes empresas, indígenas, latifundiários e o Centro de Lançamento de Alcântara.

Outros conflitos são identificados no interior desse bioma, entre os quais:

a) Alteração na paisagem causada pelo desmatamento, avanço da ocupação e introdução de outros usos.

b) Baixa competitividade da pesca artesanal face à industrial, devido à utilização de apetrechos e práticas arcaicas dos pescadores do Maranhão, em comparação às embarcações vindas, principalmente, do Pará e Ceará, o que resulta na diminuição, qualidade e preço do pescado, no mercado local, com a consequente perda de impostos municipais e estaduais.

c) Atividades turísticas e outros usos, em decorrência da sobreposição, o que pode influir nos modos de produção no bioma, a exemplo da pesca e dos modos de vida, sobretudo, pela pouca inclusão das comunidades ribeirinhas, quilombolas, assentados e indígenas, uma vez que o turismo, tendo como objeto de consumo, o espaço e a utilização dos equipamentos disponíveis nas áreas de visitação, é na sua maioria precário.

d) Saneamento básico deficiente, que compromete a biodiversidade do Bioma.

e) Reduzidas ações visando redução/extirpação dos aglomerados subnormais.

f) Pouca efetividade de planos de preservação/recuperação de construções com valor histórico e cultural.

g) Ampliação da ocupação desordenada na direção de áreas, ambientalmente frágeis, a exemplo das APPs.

h) Base tecnológica do agronegócio e agricultura familiar divergem quanto à forma de uso da terra.

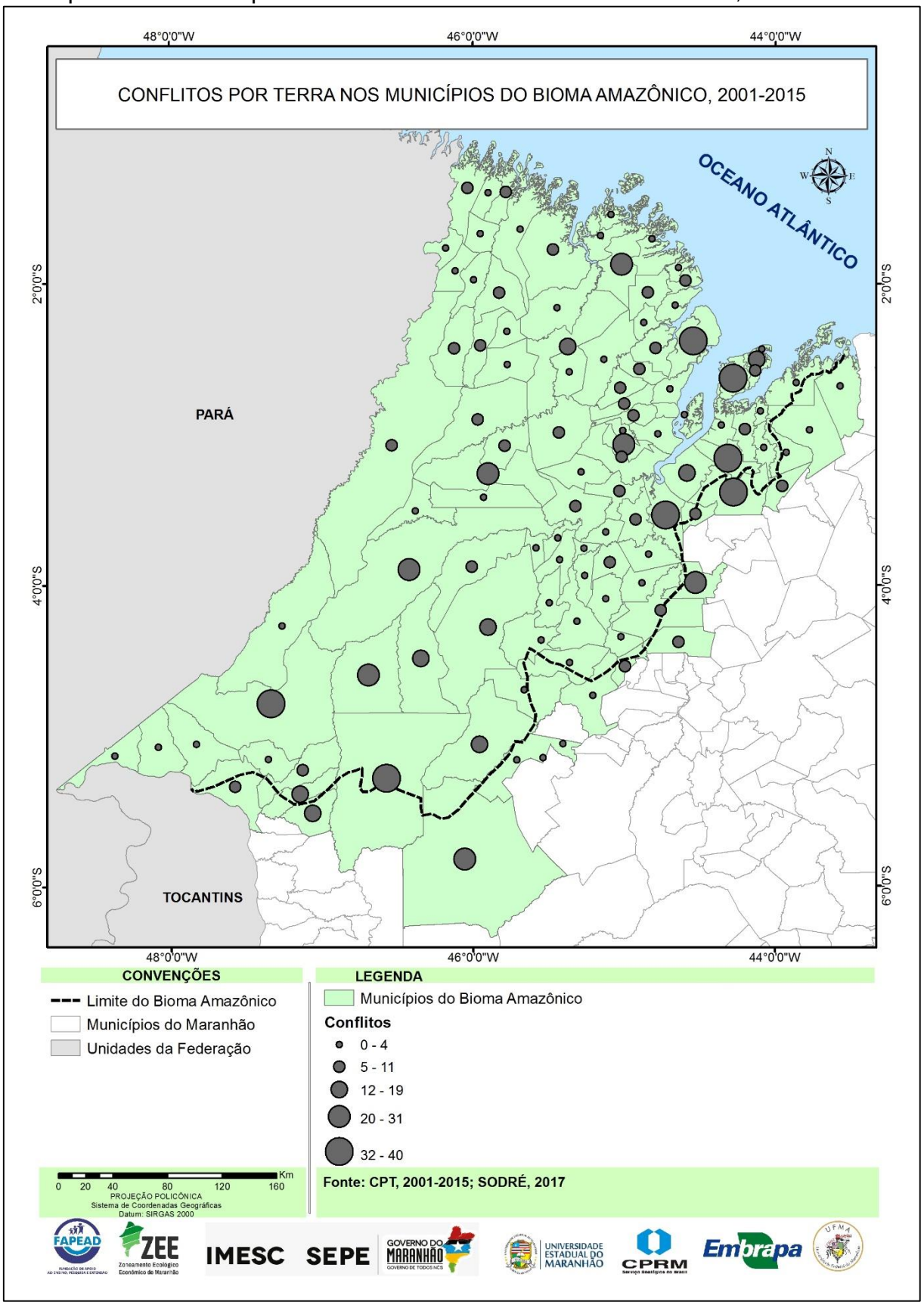
i) Concentração de terras e renda.

j) Uso e ocupação por empreendimentos que alteram o ciclo hidrológico e podem alterar a quantidade e qualidade da água.

l) Exploração madeireira em Terras Indígenas e em Unidades de Conservação, a exemplo da REBIO do Gurupi.

m) Garimpos *versus* comunidades tradicionais (quilombolas e ribeirinhos).

Mapa 10 - Conflitos por Terra no Bioma Amazônico do Maranhão, 2001 a 2015



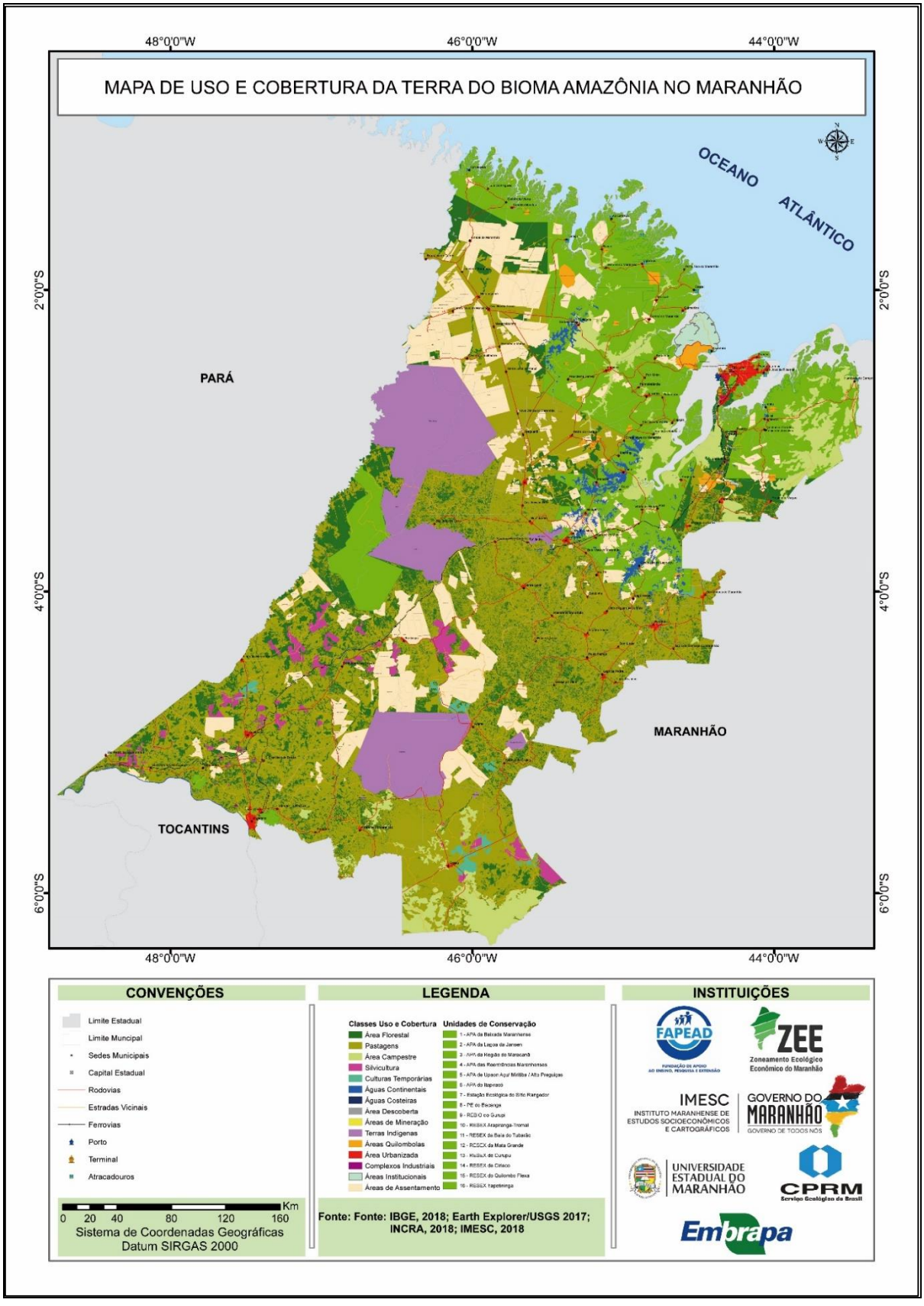
3.8 Classificação do Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico do Maranhão

A partir da inserção dos *shapes* levantados, ajustados e inseridos no mosaico de imagens de satélite, obtiveram-se 16 classes, indicadas no Mapa de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico do Maranhão, o qual abrange: 1) Águas Continentais, 2) Águas Costeiras, 3) Área Campestre, 4) Área de Assentamento, 5) Área Descoberta, 6) Área Florestal, 7) Área Urbanizada, 8) Área de Mineração, 9) Área Institucional, 10) Área Quilombola, 11) Complexos Industriais, 12) Culturas Temporárias, 13) Pastagens, 14) Silvicultura, 15) Terra Indígena e 16) Unidade de Conservação (Mapa 11).

Considerando a área total desse bioma, equivalente a 140.013,3121km², tem-se que a classe com maior participação (Tabela 2) é a das “pastagens” com 36,42% (Figura 6), enquanto, a menor é a de “áreas de mineração” (0,01%), revelando de um lado, o avanço da ocupação, mediante a supressão da cobertura vegetal e, de outro, que apesar do potencial, tem pouca efetivação de áreas de extração (Figura 07). Chama atenção também, o fato das “Culturas Temporárias” responderem por 0,42%, enquanto que a “Silvicultura” alcançou os 1,37% (Figura 08).

Mesmo com expressivo número de projetos de “assentamento” (Figura 09), essa classe corresponde a 12,05% do total do bioma em tela, assim como, o crescente processo de urbanização, materializado por duas regiões metropolitanas, revela que as 108 cidades ocupam apenas 0,67% do citado total.

Mapa 11 - Classes de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Amazônico do Maranhão



Fonte: Registros da pesquisa (2019)

Tabela 2 - Classes de uso e cobertura vegetal do Bioma Amazônico Maranhense em porcentagem

Classes de Uso	% no Bioma Amazônia
Águas Continentais	0,96
Águas Costeiras	0,00
Área Campestre	6,84
Área Descoberta	0,08
Área Florestal	11,90
Área Urbanizada	0,67
Áreas de Assentamento	12,05
Áreas de Mineração	0,01
Áreas Institucionais	0,44
Áreas Quilombolas	0,60
Complexos Industriais	0,02
Culturas Temporárias	0,42
Pastagens	36,42
Silvicultura	1,37
Terra Indígena	8,89
Unidades de Conservação	19,32
Total	**100**

Fonte: Registro da pesquisa (2019)

Figura 6 - Área de Pastagem em Miranda do Norte, MA



Fonte: Registro da pesquisa (2019)

Figura 7 - Área de extração de seixo em Centro Novo, MA



Fonte: Registro da pesquisa (2019)

Quando se somam as classes Terra Indígena, Unidade de Conservação, Área Florestal e Áreas Quilombolas verifica-se que elas ocupam 40,71% desse bioma porém, isso não significa ausência de conflitos, uma vez que, identificou-se o avanço da ocupação, na direção de campos (Figura 10) e introdução de novos usos, que são, exponencialmente, indutores, a exemplo de empreendimentos voltados para aquicultura (Figura 11) e para a fabricação de papel e celulose (Figura 12).

Figura 8 - Área de silvicultura (eucalipto) em Buriticupu, MA



Fonte: Registros da pesquisa (2018)

Figura 9 - Projeto de Assentamento 3 de Maio, Zé Doca, MA



Fonte: Registros da pesquisa (2019)

Figura 10 - Avanço da ocupação nos campos de São Bento, MA



Fonte: Registros da pesquisa (2019)

Em se tratando da aquicultura, destaca-se a Fazenda Santa Maria (Figura 11), que possui 256 ha, dos quais 200ha são de lâmina d'água, 50 tanques que possuem uma área média de 0,5ha e 16 açudes. A produção é de espécies como: Piau, Curimatã, Tilapia, Pacu Manteiga e Panga, além da criação de alevinos para revenda, cuja produção anual foi estimada pelo proprietário (Marcílio Alencar) de, aproximadamente, 500 toneladas.

Figura 11 - Empreendimento de Aquicultura em Igarapé do Meio, MA



Fonte: Registro da pesquisa (2018)

Figura 12 - Empreendimento da Suzano Papel e Celulose, em Imperatriz, MA



Fonte: Registro da pesquisa (2018)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As classes de Uso e Cobertura do Bioma Amazônico do Maranhão estão encontrando a correspondência com a realidade empírica dos municípios percorridos, em etapas de campo, e conforme a revisão bibliográfica averiguada. Todavia, os dados revelam, de um lado, o avanço da ocupação na direção de ambientes e usos resguardados pela legislação vigente, a exemplo de Terras Indígenas, Unidades de

Conservação, Área Florestal, Comunidades Quilombolas e Campos, evidenciando conflitos e sobreposições de uso. Por outro lado, a indução de usos econômicos tem revalorizado áreas selecionadas para tal, porém, também revelado conflitos, via supressão da vegetação e/ou apropriação de terras. O que pode ser agravado pela não observância das diretrizes contidas no MacroZEE/MA, que foi realizado na escala de 1:1.000.000, bem como, pela desatualização e ou inexistência de instrumentos de política territorial, nomeadamente, de plano diretor e lei municipal de uso e ocupação do solo.

Nesse caso, o detalhamento obtido pelo ZEE, a partir do Bioma Amazônico Maranhense será útil a outras políticas públicas que almejam à reversão das mazelas sociais e ambientais. Para tanto, a prioridade deve ser a efetivação de instrumentos de ordenamento territorial.

REFERÊNCIAS

ADÁMEK, M. et al. **Forest fires within a temperate landscape: a decadal and millennial perspective from a sandstone region in Central Europe**. *Forest Ecology and Management* 2015. 2015. p. 81-90.

ARMENTERAS-PASCUAL, D. et al. **Characterising fire spatial pattern interactions with climate and vegetation in Colombia.** Agricultural and Forest Meteorology. 2011. 279-289.

BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.

BARLOW J, et al. **The critical importance of considering fire in REDD+ programs. *Biological Conservation* 2012**. 2012. p.1-8.

BRASIL. Fundação Cultural Palmares. **Quadro Geral de Comunidades Remanescentes de Quilombos (CRQs), 2018.** Disponível: www.fundacaoculturalpalmares.gov.br. Acesso: 10 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério do Turismo (Mtur). **Plano de Regionalização do Turismo**. Disponível em: http://www.turismo.gov.br/turismo/programas_acoes/regionalizacao_turismo/ Acesso em: 10 de julho de 2018.

BRASIL **Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007.** Regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6017.htm. Acesso em: 02 de agosto de 2018.

BURNETT, Frederico L.; LOPES, José A. V.; DIAS, Luiz J. B. (Orgs.). **Território, política e economia do Maranhão:** quatro séculos de ocupação territorial produtiva sob um novo e desafiador processo de desenvolvimento. São Luís: EDUEMA, 2017.

CALDAS, Eduardo de Lima. **Consórcio Intermunicipal de Produção e Abastecimento – CINPRA.** Disponível em: http://polis.org.br/publicacoes/consorcio-intermunicipal-de-producao-e-abastecimento-cinpra/ Acesso em: 01 de agosto de 2018.

COCA, Estevan Leopoldo de Freitas. Territorialidades camponesas nos tipos de assentamentos rurais do Território Cantuquiriguaçu, Estado de Paraná, Brasil. **GeoGraphos.** [En línea]. Alicante: Grupo Interdisciplinario de Estudios Críticos y de América Latina (GIECRYAL) de La Universidad de Alicante, 16 de marzo de 2013, vol. 4, nº 48, p. 383-410. [ISSN: 2173-1276] [DL: A 371-2013] [DOI: 10.14198/GEOGRA2013.4.48].

CHUVIECO, E. A. et al. **Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system Technologies.** *Ecological Modelling* 221. 2010. p.46-58.

FEITOSA, A. C. **Relevo do estado do maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica.** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia. 2006.

FERRAZ, S.; VETORAZZI, C. **Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia de paisagem**. *Revista Árvore*, 27, 4p. Viçosa. 2003.

FEMACI- Federação Maranhense dos Consórcios Intermunicipais. Apresentação **Sobre conselhos e consórcios na saúde.** I Seminário de Acolhimento dos Gestores Municipais de Saúde. 2017. Disponível em: http://cosemsma.org.br/wp-content/uploads/2017/02/apresentacao-ACOLHIMENTO-COSEMS-MA-CONTROLE-SOCIAL-03-02-2017.pptx. Acesso em: 30 de julho de 2018.

FERREIRA, Antonio J. de A. **Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense.** São Paulo, 2008. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-11082009-141934/

FERREIRA, A. J. de A; SANTOS, Luís C. A. **Formação socioambiental do estado do Maranhão.** In: Formação socioambiental da Amazônia. Belém: NAEA, 2015, v. 1, p. 249-317.

FERREIRA, Antonio J. de A. **A reestruturação urbana maranhense**: dinâmica e perspectivas. São Luís: Edufma, 2017.

FERREIRA, Maria da G. R. **A dinâmica de expansão da agricultura moderna e suas repercussões sobre a pequena produção agrícola**: as novas formas de organização do espaço na região de Balsas-MA. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. **Dados sobre terras indígenas**. Disponível em: http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas. Acesso em: 01 de junho de 2018.

FUNAI. **Awá Guajá - informações.** Disponível em: http://www.funai.gov.br/index.php/component/content/article?id=1453:awa-guaja-2. Acesso em: 06 de junho de 2018.

FUNAI. **Terras Indígenas**: O que é?. Disponível em: http://www.funai.gov.br/index.php/2014-02-07-13-24-32. Acesso em: 10 de junho de 2018.

FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES. **Comunidades certificadas**. Disponível em: http://www.palmares.gov.br/comunidades-remanescentes-de-quilombos-crqs. Acesso em: 01 de junho de 2018.

GANTEAUME A.; JAPPIOT M. **What causes large fires in Southern France.** ***Forest Ecology and Management*** **2013**. 2013. 76-85.

GOVERNO DE RONDÔNIA. **Autografo de Lei nº678/2017.** Ratifica o Protocolo de Intenções do Consórcio Interestadual de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal, firmado entre os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Rondônia, 14 de junho de 2017. Disponível em: http://www.rondonia.ro.gov.br. Acesso em: 01 de agosto de 2018.

HOLANDA, F. de. **Dinâmica da economia maranhense nos últimos 25 anos**. São Luís: IMESC, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censos 1991, 2000 e 2010**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=o-que-e. Acesso em: 01 de junho de 2018.
IBGE. **Cidades**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em: 25 de maio de 2018.

INCRA. Instituto de Colonização e Reforma Agrária. **Incra nos Estados - Informações gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária.** Disponível em: http://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php. Acesso em: 08 de junho de 2018.

INCRA. **Criação e modalidades de assentamento**s. Disponível em: http://www.incra.gov.br/assentamentosmodalidades. Acesso em: 10 de junho de 2018.

INCRA. **Quilombolas**. Disponível em: http://www.incra.gov.br/quilombola. Acesso em: 21 de maio de 2018.

INCRA. **Assentamentos**. Disponível em: http://www.incra.gov.br/reforma-agraria/rela-o-de-benefici-rios-rb-da-reforma-agr-ria. Acesso em: 21 de maio de 2018.

INCRA. **Acervo Fundiário**. Disponível em: http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php. Acesso em: 02 de junho de 2018.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IPHAN. Disponível em www.iphan.gov.br

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 5ª Ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R.; MONTEIRO, R. C. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP, 2002.

LEAL, Suely Maria Ribeiro. Territórios e escalas de cooperação e gestão consorciada: o caso francês e seus aportes à experiência brasileira. **Cadernos Metrópole**, n. 20, 2008.

LINN, R. R, et al. **Using periodic line fires to gain a new perspective on multi-dimensional aspects of forward fire spread**. *Agricultural and Forest Meteorology.* 157. p.60-76. 2012.

MARANHÃO. Secretaria de Estado de Planejamento e Orçamento. ***Relatório do Diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão.*** São Luís: SEPLAN/ Campinas, SP: Embrapa, 2013.

MARANHÃO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis–SEMA. **Plano de Manejo da APA de Upaon-Açu/ Miritiba/ Alto Preguiças.** São Luís: SEMA/TRAMITTY, 2014.

MARANHÃO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis–SEMA. **Diagnóstico do Plano de Manejo da APA da Baixada Maranhense.** São Luís: SEMA/TRAMITTY, 2014a.

MARANHÃO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis–SEMA. **Diagnóstico Plano de Manejo da APA das Reentrâncias Maranhenses.** São Luís: SEMA/TRAMITTY, 2014b.

MARANHÃO. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Situação ambiental da ilha do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2011.

MEIRELES, Mário M. ***História do Maranhão*.** 3. ed. São Paulo: Siciliano, 2001.

OLIVEIRA, M. do C. F. de. Risco de ocorrência de queimada e de incêndio e as medidas de prevenções, em Belém – PA, ano de 2015**. Revista Brasileira de Geografia Física,** V. 09 N. 04. 2016. p.1030-1042.

PAZ S, et al. **Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel).** *Forest Ecology and Management* 2011. N° 262. 2011.

PIRES, Selma Sousa. O Consórcio Intermunicipal de Produção e Abastecimento–CINPRA. **Anais da VIII Jornada Internacional de Políticas Públicas - VIII JOINPP.**

São Luís, 2017. Disponível em: http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/pdfs/eixo8/o-consorcio-intermunicipal-de-producao-e-abastecimento-%E2%80%93-cinpra-genese-estrutura-e-dinamica.pdf. Acesso em: 05 de agosto de 2018.

RIBEIRO JÚNIOR, José A. dos. **O planejamento burocrático-burguês em questão:** análise das estratégias de desenvolvimento do Maranhão. In: RODRIGUES, Sávio J. D.; SANTOS, Luiz E. N. dos; COSTA, Carlos R. R. da. (Orgs.). Temas de Geografia do Maranhão: territórios e desenvolvimento regional. Lugar, educação e cultura. São Luís: Edufma, 2017, p. 17-40.

RODRIGUES, Sávio J. D.; SANTOS, Luiz E. N. dos; COSTA, Carlos R. R. da. (Orgs.). **Temas de Geografia do Maranhão:** territórios e desenvolvimento regional. Lugar, educação e cultura. São Luís: Edufma, 2017

SÁ, A; et al. Comparação e validação da modelagem espacial de riscos de incêndios considerando diferentes métodos de predição. **Bull. Geod. Sci**, Articles Section, Curitiba, v. 23, n°4. 2017.p.556 – 577.

SODRÉ, Ronaldo Barros. **O Maranhão Agrário**: dinâmicas e conflitos territoriais. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Dinâmica e Natureza do Espaço-PPGEO/ UEMA, 2017.

SOUSA, Jaílson de M. **A cidade na região e a região na cidade**: a dinâmica socioeconômica de Imperatriz e suas implicações na região Tocantina. Imperatriz, MA: Ética, 2009.

SOUSA, Jhonatan de M. Alguns desafios ao planejamento e desenvolvimento do Maranhão, Brasil: contexto histórico, obstáculos e estratégias de superação. In: IPEA. **Planejamento e políticas públicas**, Brasília, DF: IPEA, 2011, p. 185-230.

SOUZA, A. P. et al. **Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense.** Scientia Plena 8, 059904. 2012. p. 1 – 14.

TAKAGI, T.; SUGENO, M. **Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control**. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 15, n. 1, 1985. p. 116-132.

XII ARRANJOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PRESENTES NO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

Frederico Lago Burnett (Coordenador)
Aldrey Malheiros
Carla Andrea de Melo Dias Almeida
Clara Raissa Pereira de Souza
Jacilmara Santos Melo
Juscinaldo Góes Almeida
Leonardo Silva Sousa
Luciene Ramos Boeira Teixeira
Samara Gomes de Souza
Samara Silvestre
Maria Rodrigues Garcia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 529
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 530
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 531
3.1 Unidades de Conservação 531
3.2 Terras Indígenas 539
3.3 Quilombolas 545
3.4 Assentamentos Rurais 553
3.5 Distritos Industriais 559
3.6 Portos e Retroportos 562
3.7 Área de Segurança Nacional 566
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 571
4.1 Cartografia 571
4.2 Jurídico 571
4.3 Planos, Programas e Projetos 572
4.3.1 Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas e Assentamentos 572
4.3.2 Centro de Lançamento de Alcântara, Portos Retroportos, Distritos Industriais 572
4.3.3 Instituições Públicas e Organizações da Sociedade Civil 573
REFERÊNCIAS 573

1 INTRODUÇÃO

Em conformidade com o Termo de Referência para Elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão, para o Bioma Amazônia – ZEE Bioma Amazônico do Maranhão (MARANHÃO, 2017) e com o Plano de Trabalho do Eixo Jurídico Institucional para elaboração do referido ZEE, este documento apresenta o **Sumário Executivo do Diagnóstico das Áreas Institucionais** constituídas nos limites da área em estudo (Figura 1, p.10), estando aqui incluídas:

Unidades de Conservação, num total de 16 (dezesseis), sendo 2 (dois) parques estaduais, 1 (uma) reserva biológica, 6 (seis) áreas de proteção ambiental e 7 (sete) reservas extrativistas, incluídas, as criadas pelo Ministério do Meio Ambiente, no dia 5 de abril de 2018;

Terras Indígenas, num total de 15 (quinze) Terras Indígenas (TIs) inseridas, parcial ou totalmente, nos limites territoriais do Bioma Amazônico, sendo elas: Alto Turiaçu, Arariboia, Awa, Bacurizinho, Cana Brava, Caru, Governador, Geralda Toco Preto, Krikati, Lagoa Comprida, Morro Branco, Porquinhos e Porquinhos dos Canela-Apânjekra, Rio Pindaré e Urucu/Juruá;

Comunidades Quilombolas, somando 523 (quinhentos e vinte e três) comunidades certificadas pela Fundação Palmares e 48 (quarenta e oito) tituladas – 46 (quarenta e seis) pelo Instituto de Terras do Maranhão (ITERMA) e 2 (duas) pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Das demais 475 (quatrocentas e setenta e cinco) comunidades, 328 (trezentos e vinte oito) foram identificadas com processos abertos, dos quais somente 16 (dezesseis) apresentam tramitação;

Assentamentos instituídos na área em estudo englobam 93 (noventa e três) municípios do Bioma, totalizando 617 (seiscentos e dezessete) assentamentos, distribuídos nas modalidades: Projeto de Assentamento Federal - PA (434), Projeto de Assentamento Extrativista - PAE (07), Projeto de Assentamento Municipal - PAM (01), Projeto de Assentamento Quilombola - PAQ (02), Projeto de Assentamento Estadual - PE (144), Projeto de Assentamento Casulo – PCA (20), Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS (06) e Reservas Extrativistas – RESEX (03).

Distritos Industriais, num total de 109 (cento e nove) municípios inseridos no Bioma, 9 (nove) deles possuem Distritos Industriais.

Áreas Portuárias, incluídos os 17 (dezessete) municípios que contam com Portos, sendo 1 (um) classificado como organizado, 3 (três) de uso privado e 17 (dezessete) de uso público, totalizando 21 (vinte e um) portos no bioma.

Área de Segurança Nacional, em toda a área do Bioma Amazônico Maranhense foi constatada a existência de 1 única Área de Segurança Nacional, no município de Alcântara.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Estruturado por capítulos em torno das citadas institucionalidades, o presente documento aborda cada uma delas a partir dos subgrupos do Eixo Jurídico-Institucional, a saber: a identificação e avaliação dos dados cartográficos oficiais; o estado das disposições jurídicas – regulamentadas ou não; a situação de planos, programas e projetos previstos, em implementação ou efetivados nos limites das áreas protegidas; concluindo com a identificação das organizações da sociedade civil e das instituições públicas, com atuação nas referidas áreas.

Para a elaboração do documento, a metodologia adotada contemplou busca de fontes secundárias ou indiretas – documentos oficiais sobre as delimitações espaciais de cada uma das institucionalidades, disposições jurídicas vigentes, políticas públicas elaboradas, estruturas públicas e órgãos da sociedade civil, bem como, estudos técnico-científicos sobre tais temas. Toda a documentação analisada e sistematizada, presente no corpo deste documento, forma as bases que determinaram os procedimentos para a pesquisa primária ou direta, efetivada através de trabalhos de campo, em que, questões relacionadas com as áreas institucionais, foram verificadas *in loco*.

Componente relevante para o processo de elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico do Bioma Amazônico no Maranhão, o presente Diagnóstico do Eixo Jurídico Institucional contribui como subsídio para as etapas de Consultas e Audiências Públicas, oferecendo aos participantes da sociedade civil e do poder público, elementos indispensáveis para a definição de políticas, capazes de contribuir para o desenvolvimento inclusivo e sustentável do Maranhão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Unidades de Conservação

No estado do Maranhão, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2019a), existem 43 Unidades de Conservação, apresentando distintas classificações. Destas, 15 estão inseridas no Bioma Amazônico (Figura 2, p. 11), sendo: 6 classificadas como Áreas de Proteção Ambiental - APA (Baixada Maranhense, Reentrâncias Maranhenses, Região do Maracanã, Itapiraçó, Upaon Açu/Miritiba/Alto Preguiças e Lagoa da Jansen); 2 como Parques Estaduais (Bacanga e Sítio do Rangedor); 6 como Reservas Extrativistas - RESEX (Cururupu, Quilombo do Frechal, Baía do Tubarão, Itapetininga, Ciriaco e Arapiranga – Tromaí); e 1 como Reserva Biológica - REBIO (Gurupi).

Com relação à gestão das Unidades de Conservação inseridas no Bioma Amazônico menciona-se que, sob jurisdição federal, especificamente, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), estão a REBIO, do Gurupi (Proteção Integral) e as 6 RESEX's. Os Parques Estaduais, juntamente com as APA's estão sob tutela estadual, mais precisamente, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA).

A análise dos memoriais descritivos das Unidades de Conservação do Bioma Amazônico, no estado do Maranhão, demonstrou que existem fragilidades, no que tange ao detalhamento cartográfico, dos limites territoriais desta categoria de área institucional. Ainda, considerando a grande extensão da maioria das UC's, a ausência de detalhamento do memorial descritivo potencializa a ocorrência de erros cartográficos. Nos diplomas legais analisados, em sua redação, são descritos poucos vértices de controle geográfico.

Destaca-se que, embora existam instrumentos legais, de gestão das Unidades de Conservação, no Maranhão e, consequentemente, no Bioma Amazônico, observa-se que tais aportes jurídicos se apresentam insuficientes, no que toca à efetividade de suas ações. Desse modo, constata-se que das Unidades de Conservação inseridas no Bioma Amazônico, a grande maioria não dispõe de Plano de Manejo, documento que estabelece as normas, restrições para uso, ações a serem desenvolvidas e manejo dos recursos naturais da UC e seu entorno, buscando minimizar os impactos negativos, garantia da manutenção dos processos ecológicos

e prevenção dos sistemas naturais.

Assim, a ausência de aparatos legais, visando disciplinar os usos dos recursos naturais nas UC's e, quando da existência, a plena efetividade de suas ações, faz com que essas áreas sejam relegadas ao abandono, em relação à fiscalização e aplicação de políticas públicas. Em função disso, as Unidades de Conservação no Maranhão, e em especial, no Bioma Amazônico, têm experimentado diversas pressões, tanto no seu interior como no entorno, a exemplo do crescimento urbano desordenado, desmatamento acelerado, implantação, sem o devido planejamento, de grandes projetos industriais e agropecuários.

Iniciando tal mapeamento, pela análise das Unidades de Conservação, a partir de 1965 é instituído o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4771/65), cujo conteúdo preconizava a necessidade de instituição de áreas ambientais a serem protegidas. O referido código determinava com isso, a criação, pelo Poder Público, de Parques Nacionais, Estaduais e Municipais, Reservas Biológicas e Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais, consoante disposições do artigo 5º, revogado, posteriormente, pela Lei 9.985/2000.

A partir da Constituição Federal de 1988 se reforça a já instituída Política Nacional do Meio Ambiente[6] impondo ao Poder Público, conforme disposto no artigo 225, § 1º, inciso III, da Carta de 1988 a necessidade de instituição em "[...] todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos". (BRASIL, 1988).

As Unidades de Conservação podem ser criadas pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, posto que a própria Constituição de 1988, em seu artigo 23, dispõe que a competência material é comum entre todos os entes. A Lei 9.985/2000 categoriza as unidades de conservação em dois grandes grupos, utilizando como critério a intensidade de proteção nesses espaços. Em vista disso, esses grupos são conhecidos como Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

Parcialmente regulamentadas pelo Decreto nº 4.340/2002, esses dois grupos - Unidades de Preservação Integral e Unidades de Uso Sustentável são divididos em doze categorias. Nas unidades de proteção integral pode-se encontrar

[6] Nos termos do artigo 9º da Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), é instrumento da Política do Meio Ambiente "[...] VI- a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas" (BRASIL, 1981).

as Estações Ecológicas-ESEC, as Reservas Biológicas-REBIO, os Parques Nacionais-PARNA, Monumento Natural-MONAT e os Refúgios de Vida Silvestre-RVS.

Atualmente, as Unidades de Conservação encontradas no Bioma Amazônico, no estado do Maranhão, podem ser assim sintetizados:

Quadro 1 - Unidades de Conservação encontradas no Bioma Amazônico, no Estado do Maranhão

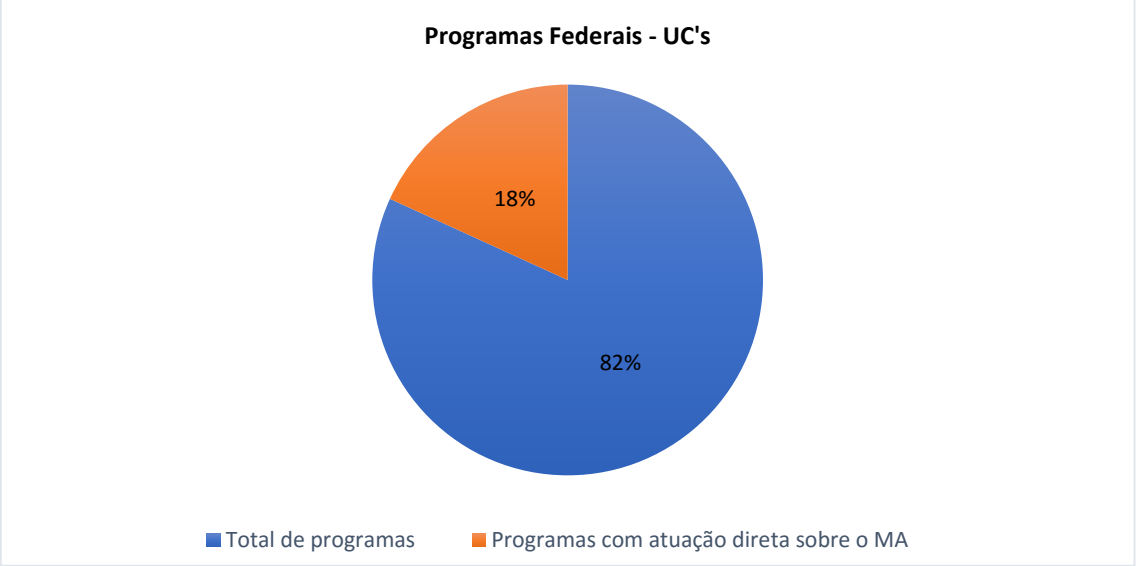
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	INSTÂNCIA RESPONSÁVEL	DECRETO ESTADUAL E/OU PORTARIA	PROCESSO DE DESAPROPRIAÇÃO DE TERRAS?	ÓRGÃO GESTOR	CATEGORIA	PROCESSO DE CRIAÇÃO
Parque Estadual do Bacanga	Estadual	Decreto nº 7.545, de 07 de março de 1980	Sim	SEMA	PES	Governo
Reversa Biológica do Gurupi	Federal	Decreto nº 95.614, de 12 de janeiro de 1988	Sim	ICMBio	REBIO	Governo
Parque Estadual do Sítio Rangedor	Estadual	Decreto nº 21.797, de 15 de dezembro de 2005	Sim	SEMA	PES	Governo
Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense	Estadual	Decreto nº 11.900, de 11 de junho de 1991	Não	SEMA	APA	Governo
Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã	Estadual	Decreto nº 12.103, de 01 de outubro de 1991	Não	SEMA	APA	Governo
Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses	Estadual	Decreto nº 11.901, de 11 de junho de 1991	Não	SEMA	APA	Governo
Área de Proteção Ambiental do Itapiracó	Estadual	Decreto nº 15.618, de 23 de junho de 1997	Não	SEMA	APA	Governo
Área de Proteção Ambiental da Lagoa da Jansen	Estadual	Decreto nº 4.878, de 23 de junho de 1988	Não	SEMA	APA	Governo
Área de Proteção De Upaon-Açu-	Estadual	Decreto nº 12.428, de 05	Não	SEMA	APA	Governo

Miritiba - Alto Preguiças		de junho de 1992				
Reserva Extrativista de Cururupu	Federal	Decreto s/nº de 02 de junho de 2004	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Mata Grande	Federal	Decreto nº 532, de 20 de maio de 1992	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Quilombo Frechal	Federal	Decreto nº 134, de 20 de maio de 2005	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Ciriáco	Federal	Decreto nº 543, de 20 de maio de 1992, revogado pelo Decreto s/n de 17 de junho de 2010	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Baia do Tubarão	Federal	Decreto nº 9.34, de 5 de abril de 2018	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Arapiranga Tromaí	Federal	Decreto nº 9.39, de 5 de abril de 2019	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade
Reserva Extrativista Itapetininga	Federal	Decreto nº 9.33, de 5 de abril de 2020	Sim	ICMBio	RESEX	Comunidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

A consulta ao Plano Plurianual (2016-2019) e aos portais da transparência permitiu identificar os programas federais e suas respectivas ações, com atuação direta ou transversal sobre as UC's. Ao todo, são 9 programas, com 49 ações voltadas para o fortalecimento do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, ampliação de UC's, melhoria da qualidade ambiental, gestão de recursos hídricos, manutenção de riscos e desastres naturais, dentro outros.

Gráfico 1 - Programas federais destinados às UC's e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Através da análise da sua atuação, sobre o Maranhão, é possível perceber que foram priorizadas as aplicações de recursos, em ações de desenvolvimento regional e territorial, bem como, de recursos hídricos. Na esfera estadual, existe apenas um programa destinado à gestão do meio ambiente e a unidades de conservação, com 13 ações específicas. A maior parte dos recursos estaduais é designada ao Fundo Estadual de Unidades de Conservação, à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais e ao Fundo Especial do Meio Ambiente.

No reconhecimento das instituições públicas e organizações da sociedade civil que têm atuação, direta ou indireta, verificou-se a existência de mais de 150 entidades. Na esfera de ação do governo federal foram identificados 6 Ministérios, dos quais, cita-se o Ministério do Meio Ambiente, que é o responsável pela gestão da política ambiental e que atua em conjunto com duas instituições complementares: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Além desse órgão de atuação específica, existem outros que agem de modo transversal, atendendo também a outras áreas institucionais, a citar o Ministério do Desenvolvimento Agrário – atualmente identificado como, Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pesca (MAPA). Na esfera estadual foram mapeados 6 órgãos, dos quais destaca-se a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), órgão responsável pela gestão da política ambiental, bem como, pela criação e regulamentação das Unidades de Conservação Estaduais. Na gestão local, há Secretaria Municipal de

Meio Ambiente (SEMA/MA) em 91% dos municípios (do total de 61), no entanto, ainda que exista tal órgão, a gestão das UC's federais e estaduais não são suas atribuições, cuja atuação se restringe às áreas locais.

As parcerias entre diferentes instituições foram identificadas, em nível local e estadual, através da realização do licenciamento ambiental, assim como, no desenvolvimento de programas e projetos, o qual habilitou 32 municípios do Bioma Amazônico Maranhense, no acompanhamento de atividades privadas sobre o meio ambiente. A articulação das instituições públicas com a sociedade civil ocorre através dos conselhos de composição paritária, com membros do poder público e da sociedade civil, com representantes dos segmentos de defesa ambiental, da população local, de instituições de ensino e do segmento empresarial. Dentre os Conselhos identificados existem 6 Conselhos Gestores das UC's e 6 Estaduais que tratam do tema ambiental, possuindo 33 instituições públicas. Dentre as mais recorrentes nos conselhos, estão: a SEMA/MA, UEMA, UFMA, ICMBio e ITERMA, já no segmento empresarial são 19 entidades, e das OSCs e ONGs, são 83, que atuam em mais de um conselho, organizações tais como o Movimento Interestadual de Mulheres Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB), a Associação Agroecológica Tijupá ou o Grupo de Trabalho Novas Fronteiras para Cooperação no Estado do Maranhão.

Como potencialidades na gestão das UC's Federais e Estaduais se aponta a constituição de conselhos estaduais, que envolve a participação social através de organizações sociais locais e não-governamentais, junto a representantes de instituições públicas. Tal configuração indica um centro de discussão que atenta para diferentes perspectivas e níveis de atuação, cujos interesses devam convergir para um desenvolvimento sustentável, ampliando a aderência de diferentes atores na resolução de impasses comuns e específicos a serem tratados. Dentre as fragilidades da configuração da gestão ambiental deve-se discutir esta necessidade de consolidar a participação de atores locais, para além das unidades de conservação, seja entre conselhos e conferências para divulgação dos avanços e lacunas, seja nos espaços de atuação municipal, onde a integração da comunidade comprova a importância da implementação de políticas públicas, socioambientais de preservação e valorização do ambiente natural, e ainda na elaboração de planos de manejo de unidades de conservação.

Figura 1 - Mapa das Áreas Institucionais do Bioma Amazônico, na escala de 1:250.000

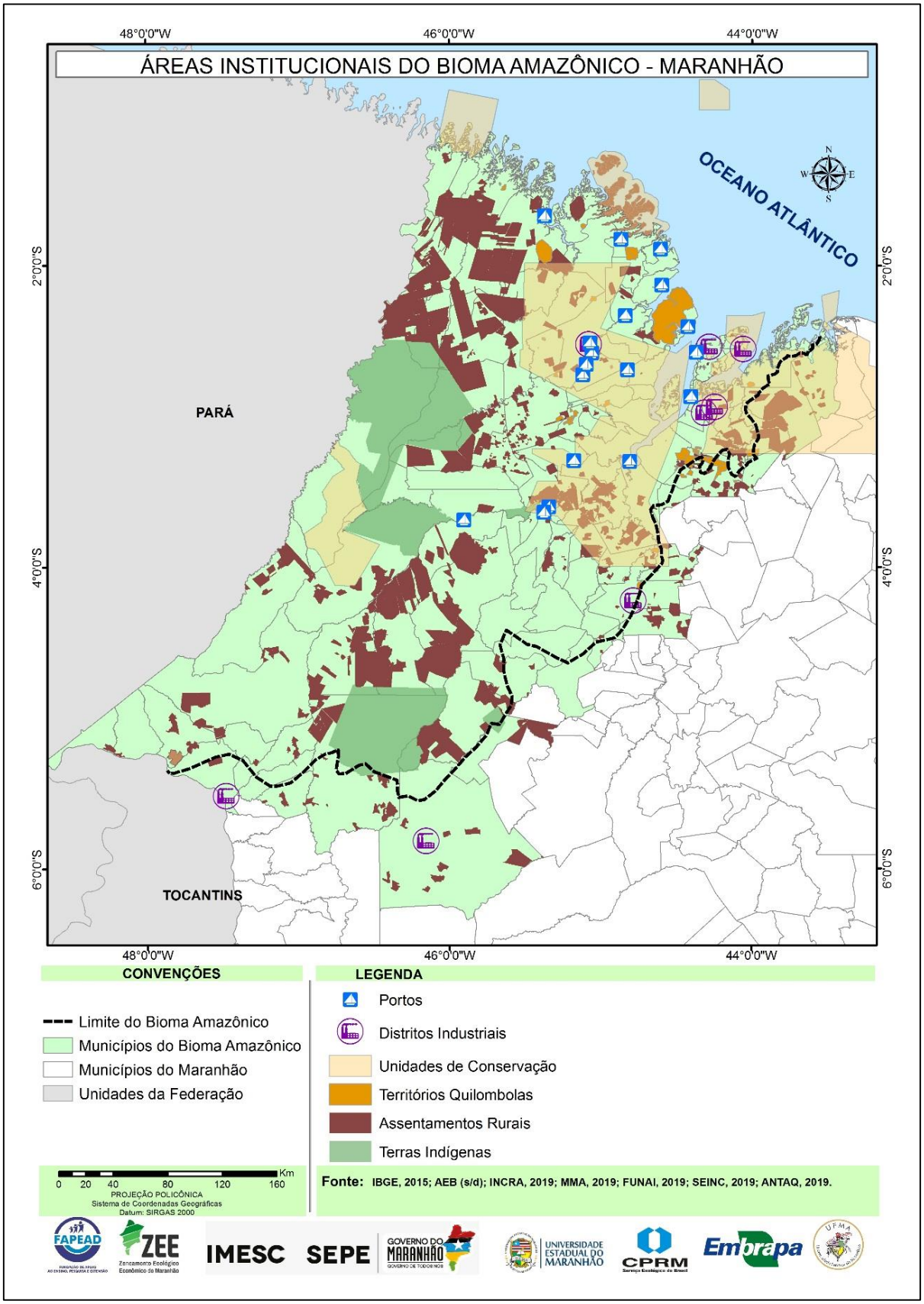
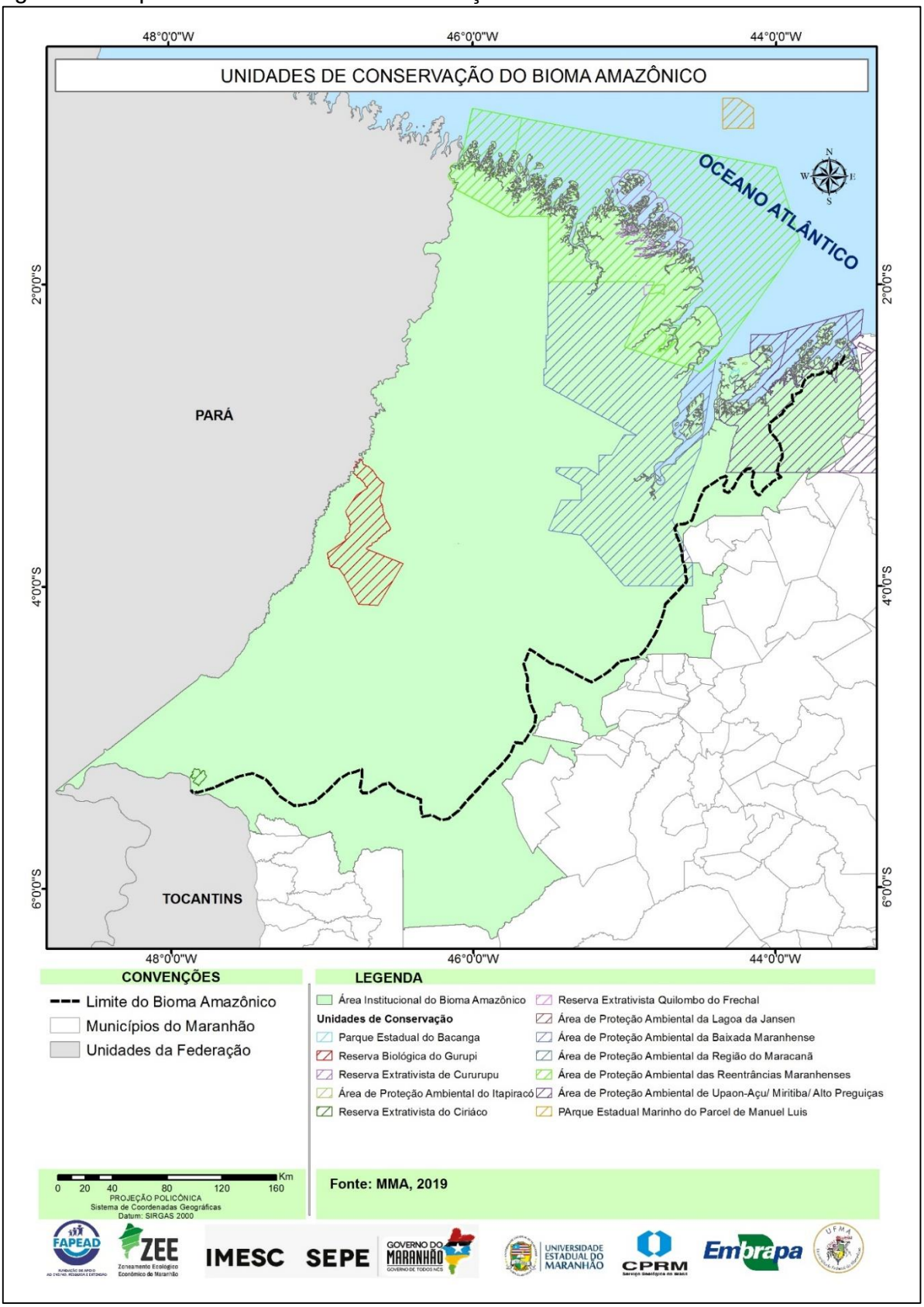


Figura 2 - Mapa das Unidades de Conservação do Bioma Amazônico – Maranhão



3.2 Terras Indígenas

No estado do Maranhão, de acordo com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI, 2019), existem, atualmente, 23 Terras Indígenas (TI's). No Bioma Amazônico existem sete Terras Indígenas (Figura 3, p. 13), com seus limites territoriais inseridos, parcial ou totalmente, a saber: Alto Turiaçu, Awá, Araribóia, Caru, Geralda Toco Preto, Rio Pindaré e Taquaritiua (Gamela). A exceção da TI Taquaritiua, que se encontra em fase de estudo, as demais estão categorizadas como *Regularizadas*. Além disso, todas as TI's inseridas no Bioma Amazônico enquadram-se no grupo das *Tradicionalmente Ocupadas.*

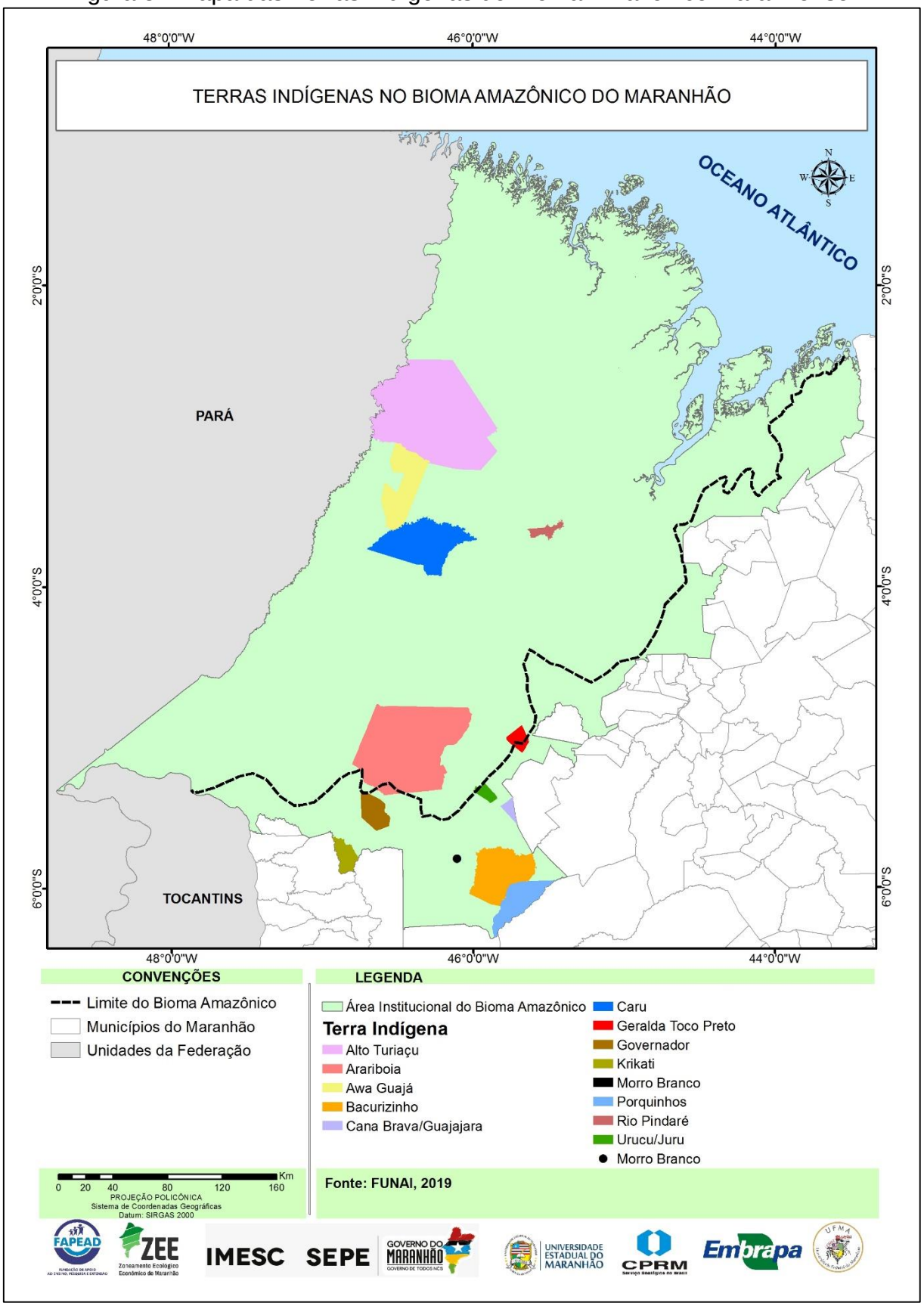
Todavia, mesmo tendo o direito sobre as terras que tradicionalmente ocupam, garantido constitucionalmente (BRASIL, 1988), observa-se que as populações indígenas no Maranhão, e, por conseguinte, do Bioma Amazônico, têm enfrentado diversas pressões induzidas por forças externas, sobretudo, através da expansão de atividades econômicas capitalistas sobre seus territórios. Nesse contexto, atividades como extração madeireira ilegal, pecuária, exploração mineral, atividades agrícolas e incêndios florestais criminosos têm impactado, negativamente, no modo de vida de vários grupos indígenas, na totalidade das Terras Indígenas nesse bioma. Além dessas questões, destacam-se os impactos socioambientais de grandes projetos de desenvolvimento sobre as TI's, como o Projeto Grande Carajás (PGC) e a rodovia federal BR-135.

Em relação à questão indígena no Brasil, tem-se a Lei 5.371/ 1967 que criou a FUNAI, que tendo por diretriz o estabelecimento da política indigenista, afirma sutilmente o objetivo de "civilização" desses povos, definindo-o como processo de "aculturação" ou mesmo "evolução socioeconômica" (BRASIL, 1967b). Em todo o caso, a dogmática jurídica brasileira confere ao indígena estatuto jurídico diferenciado, conforme disposição do Inciso I, do artigo 3º, da Lei 001/1973 (Estatuto do Índio), determinando como índio ou silvícola "[...] todo indivíduo de origem e ascendência pré-colombiana que se identifica como pertencente a um grupo étnico cujas características culturais o distinguem da sociedade nacional" (BRASIL, 1973).

O referido Estatuto do Índio garante ao indígena o direito de posse permanente das terras em que habita independente de demarcação, sendo-lhe assegurada a assistência, em razão do contexto histórico sobre a antiguidade de sua ocupação.

Anos mais tarde, com o advento da Constituição Federal de 1988 e o Decreto 5051/04, que ratifica a Convenção 169, da Organização Internacional do Trabalho no Brasil, é que os povos indígenas tiveram garantida a posse exclusiva de seus territórios e o respeito às suas organizações sociais, aos costumes, às línguas, às crenças e às tradições, consolidando o Estado Democrático e Pluriétnico de Direito.

Figura 3 - Mapa das Terras Indígenas do Bioma Amazônico Maranhense



A competência para demarcar as terras indígenas, protegê-las e fazer respeitar todos os seus bens pertence à União, conforme determinação constitucional. Cabe à FUNAI garantir aos povos indígenas a posse plena e a gestão de suas terras, por meio de ações de regularização, monitoramento e fiscalização das terras indígenas, bem como, proteger os povos indígenas isolados e de recente contato. Para tanto, a instituição conduz os estudos necessários à identificação e delimitação de terras indígenas, com base no artigo 231 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, Lei 6.001/73, Decreto 1.775/96, Portaria MJ 14/96 e Portaria MJ 2498/2011, além de articular junto aos órgãos ambientais e de segurança pública a proteção das terras indígenas.

No Estado do Maranhão existem, atualmente, 7 etnias indígenas espalhadas por 31 dos municípios maranhenses, representando quase 15% do total de cidades do Estado. Dentro do Bioma Amazônico são encontradas as áreas indígenas a seguir:

Quadro 2 - Terras Indígenas no Bioma Amazônia

TERRA INDÍGENA / ETNIA	MUNICÍPIOS	ÁREA (Hectares)	FASE DO PROCEDIMENTO	MODALIDADE
Alto Turiaçu/ Ka´apor	Centro Novo do Maranhão, Maranhãozinho, Centro do Guilherme, Zé Doca, Santa Luzia do Paruá, Araguanã	530.524,7417	Regularizada	Tradicionalmente ocupada
Arariboia/ Guajá	Arame, Buriticupu, Amarante do Maranhão, Bom Jesus das Selvas, Santa Luzia, Grajaú	413.288,0472	Regularizada	Tradicionalmente ocupada
Awa/ Guajá	Governador Newton Bello, Centro Novo do Maranhão, Zé Doca, São João do Carú	116.582,9182	Regularizada	Tradicionalmente ocupada
Caru/ Tenetehara	Bom Jardim	172.667,3777	Regularizada	Tradicionalmente ocupada
Geralda - Toco Preto/ Timbira	Arame, Itaipava do Grajaú	18.506,2081	Regularizada	Tradicionalmente ocupada

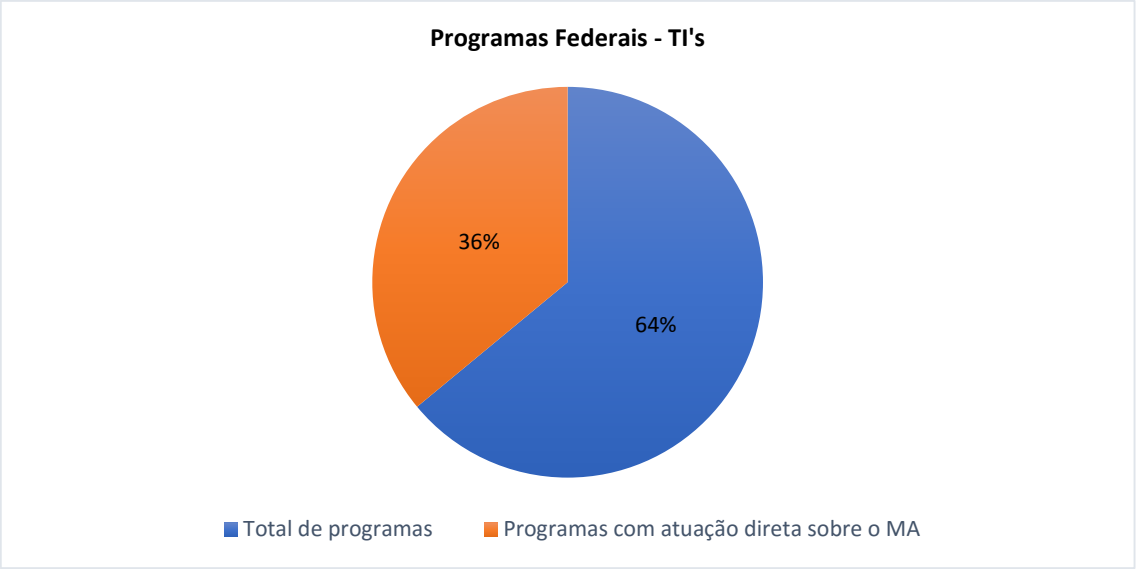
Morro Branco/ Tenetehara	Grajaú	48,9804	Regularizada	Tradicionalmente ocupada
Rio Pindaré/ Tenetehara	Bom Jardim, Monção	15.002,9142	Regularizada	Tradicionalmente ocupada

Fonte: Fundação Nacional do Índio (FUNAI, 2018)

O que merece destaque, em questão de garantias de direitos no Maranhão são os planos voltados para a educação, nomeadamente, a formação continuada para os professores índios e a criação do Curso de Licenciatura do Magistério Indígena, na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), que funciona sob a coordenação da professora Marivânia Leonor Souza Furtado, do Departamento de Ciências Sociais da UEMA, objetivando formar e habilitar professores indígenas em Licenciatura Intercultural para atender às comunidades nas escolas de Ensino Fundamental e Médio.

Na esfera federal, a pesquisa identificou a existência de 16 programas com atuação direta ou transversal, sobre terras indígenas, com 24 ações específicas voltadas para a educação básica de indígenas, a extensão do atendimento do SUS a terras indígenas, a gestão ambiental e territorial de terras indígenas.

Gráfico 2 - Programas Federais destinados a TI's e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Apesar do Gráfico 2 demonstrar que, quantitativamente, 36% dos programas federais têm atuação sobre o Estado, uma análise mais detida percebe

que, não existem recursos destinados ao Maranhão, no que tange às principais demandas - posse plena das terras indígenas, gestão territorial e direitos sociais. Na esfera estadual, existem 4 programas com atuação direta ou transversal sobre terras indígenas, com 29 ações específicas, voltadas para a inclusão socioprodutiva, o desenvolvimento da agricultura familiar, assistência técnica (ATER), e desenvolvimento de tecnologias para a agricultura familiar. A maior parte dos recursos está designada a ações de inclusão socioprodutiva, com vista a reduzir o número de pessoas em situação de extrema pobreza.

Nos Territórios Indígenas, totalmente e parcialmente inseridos no Bioma Amazônia, atuam, em todos os níveis de gestão, aproximadamente, 113 organizações públicas e da sociedade civil. Em nível federal, 4 entidades se dedicam à temática socioterritorial das etnias nativas, que são: o Ministério da Justiça e da Segurança Pública, por meio da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), o Ministério da Saúde em parceria com o Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira e a Secretaria Nacional da Juventude; além de outras 3 entidades federais que englobam as demandas dessa população, bem como, das questões quilombolas, de assentamentos e de unidades de conservação - Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Educação e Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos (anteriormente designado como Ministério dos Direitos Humanos).

Em nível estadual foram mapeadas 4 Secretarias que possuem atuação nessa área institucional, com destaque para a Secretaria de Educação e a Secretaria de Estado dos Direitos Humanos e Participação Popular (SEDIHPOP), por meio da Assessoria Especial de Assuntos Indígenas. Com uma menor atuação no território, na esfera municipal, foram identificados órgãos para atuar no tema em 2 municipalidades (Amarante do Maranhão e Arame), no total de 17. Como competência exclusiva menciona-se o município de Arame, com a Secretaria de Assuntos Indígenas, que tem dentre as suas atribuições, desenvolver trabalhos voltados para os princípios de conscientização da sociedade não indígena, visando contribuir para a superação dos preconceitos ou discriminação existentes, bem como, buscar a conscientização dos povos indígenas sobre seus direitos e deveres, como o fortalecimento cultural, a proteção do meio ambiente e o crescimento econômico, discutindo alternativas e aprimorando propostas que tenham como finalidade a autonomia dos povos indígenas.

Nos municípios conta-se com a presença de organizações sociais civis, como associações com interesses voltados à população indígena, em 17 municipalidades, onde se totalizou 94 OSC locais e 11 agentes, a citar o Conselho Indigenista Missionário (CIMI), postos da FUNAI, Missões Protestantes e a Coordenação das Organizações e Articulações dos Povos Indígenas do Maranhão (COAPIMA). Na esfera estadual e local, a articulação das organizações da sociedade civil com o poder público ocorre através dos Conselhos de composição paritária, nas questões voltadas aos Direitos Humanos.

Diante dessas abordagens verificou-se, como potencialidade, a forte articulação desses povos na luta pelos seus direitos, através das diversas OSC, localizadas nas terras indígenas, ademais, a importância que possui no cenário nacional e internacional, por contar com apoio de instituições de defesa desses direitos, conservação dessa cultura e modos de vida. Contudo, as ações de agentes contrários à preservação socioambiental se alastram pelos Territórios Indígenas, sob a defesa de um desenvolvimento econômico, baseado no extrativismo madeireiro, na exploração animal de espécies ameaçadas de extinção, na degradação do solo para mineração, dentre tantas outras atividades econômicas que se sobrepõem ilegalmente ao meio natural, e que, enquanto fragilidade, necessita de políticas efetivas de coerção e punição dos responsáveis dessa devastação e garantia de que estes cumprirão as medidas apropriadas para reparação dos danos causados.

3.3 Quilombolas

De acordo com informações da Fundação Cultural Palmares (2019), no Maranhão, existem 787 Comunidades Remanescentes de Quilombos (CRQ’s), todas com certidões expedidas. Desse total, 610 CRQ’s estão em municípios do Bioma Amazônico (Figura 4, p. 22). Com relação à regularização fundiária, 44 são tituladas pelo Instituto de Colonização e Terras do Maranhão (ITERMA) e 2 apresentam titulação parcial, expedida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

As CRQ’s, certificadas pela Fundação Cultural Palmares, estão distribuídas por um total de 49 municípios desse bioma, com destaque para Alcântara, com 160 comunidades, Itapecuru-Mirim com 47, Serrano do Maranhão com 27, São Vicente Férrer com 26, Matinha com 23 e São Luís Gonzaga e Pinheiro com 20, cada.

No tocante às CRQ's tituladas pelo ITERMA (Figura 5, p. 23), estas estão distribuídas por 15 municípios no Bioma, com destaque para Viana com 13 comunidades, Matinha com 10, Pedro do Rosário e Anajatuba com 3, Bacabal, Santa Rita e Presidente Sarney com 2, e as demais situadas nos municípios de Cândido Mendes, Olinda Nova do Maranhão, Icatu, Mirinzal, Pinheiro, São Luiz Gonzaga e São Vicente Férrer. As 2 CRQ's que apresentam titulação parcial expedida pelo INCRA estão localizadas no município de Itapecuru-Mirim: Piqui/Santa Maria dos Pinheiros e Mata de São Benedito.

Observa-se também a morosidade com relação ao andamento dos processos, para emissão do título de posse da terra, junto aos órgãos de regularização fundiária, a exemplo do INCRA. Como já destacado, apenas duas CRQ's inseridas no Bioma Amazônia apresentam a titulação parcial de posse da área emitida pelo órgão, enquanto que as demais possuem apenas a Certidão de Autorreconhecimento, emitida pela Fundação Cultural Palmares.

Destaca-se que em vários contextos os territórios das CRQ's estão sendo sobrepostos por outras áreas institucionais, a saber: Assentamentos de Reforma Agrária, Unidades de Conservação e Áreas de Segurança Nacional, como o Centro de Lançamento de Alcântara. Tal situação denota a necessidade da revisão dos limites cartográficos dessas áreas.

Portanto, é imprescindível salvaguardar o direito ao território das CRQ's em todo o Estado e, em especial, no Bioma Amazônico, haja vista, que se constitui num elemento significativo para assegurar o modo de vida e as distintas formas de organização social, cultural, política e religiosa dessas comunidades, assim como, o livre acesso aos recursos naturais. É de suma importância a criação de políticas públicas direcionadas às CRQ's, sobretudo àquelas voltadas para a regularização dos seus territórios e, também, programas que possibilitem acesso à educação e à saúde de qualidade.

Seguindo para outra área institucional pesquisada, as comunidades quilombolas, as principais referências legais são iniciadas com o advento da Constituição Federal de 1988, através do artigo 68 do ADCT (Atos das Disposições Constitucionais Transitórias), bem como, dos artigos 215 e 216, que dispõem sobre a proteção das manifestações culturais, autorizando a estruturação de uma eficiente rede de proteção e tutela desses grupos.

Após a criação de tais diplomas legais, em 2003 nasce o decreto de número

4887, que regulamenta todo o procedimento de titulação da propriedade definitiva das terras ocupadas, por remanescentes das comunidades dos quilombos. Também vigora, no ordenamento jurídico brasileiro, a Convenção 169 da Organização Internacional do Trabalho, que garante, expressamente, em seu artigo 14 o direito à propriedade das terras, tradicionalmente ocupadas.

Todo o trâmite de regularização fundiária das áreas remanescentes de quilombos é executado pelo INCRA, que estabeleceu através da IN nº 57, que os processos de regularização fundiária só poderão ser iniciados, se a comunidade possuir a certificação emitida pela Fundação Cultural Palmares. Atualmente, são mais de 1.500 comunidades certificadas em todo o território nacional.

No Maranhão, as comunidades quilombolas representam um percentual significativo da população maranhense, pois, segundo cadastro junto à Fundação Cultural Palmares, são computadas 511 comunidades certificadas como remanescentes de quilombos. Esse número comprova, não apenas, a necessidade de garantir o acesso de toda essa população aos seus direitos fundamentais, em que o território possui lugar de destaque, mas também, garantir um processo de regularização fundiária transparente, visando ao bem-estar de todos os povos e o pleno desenvolvimento do estado maranhense.

Em nível estadual confirma-se a existência de um arcabouço de leis que garantem os direitos territoriais quilombolas, quais sejam: o art. 229 da Constituição do Estado do Maranhão, que reconhece e legaliza, na forma da lei, as terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos, a Lei Estadual nº 9.169, de 16 de abril de 2010, que trata da legitimação de terras das comunidades quilombolas e dá outras providências, e o Decreto Estadual nº 32.433, de 23 de novembro de 2016, que regulamenta a Lei 9169/2010.

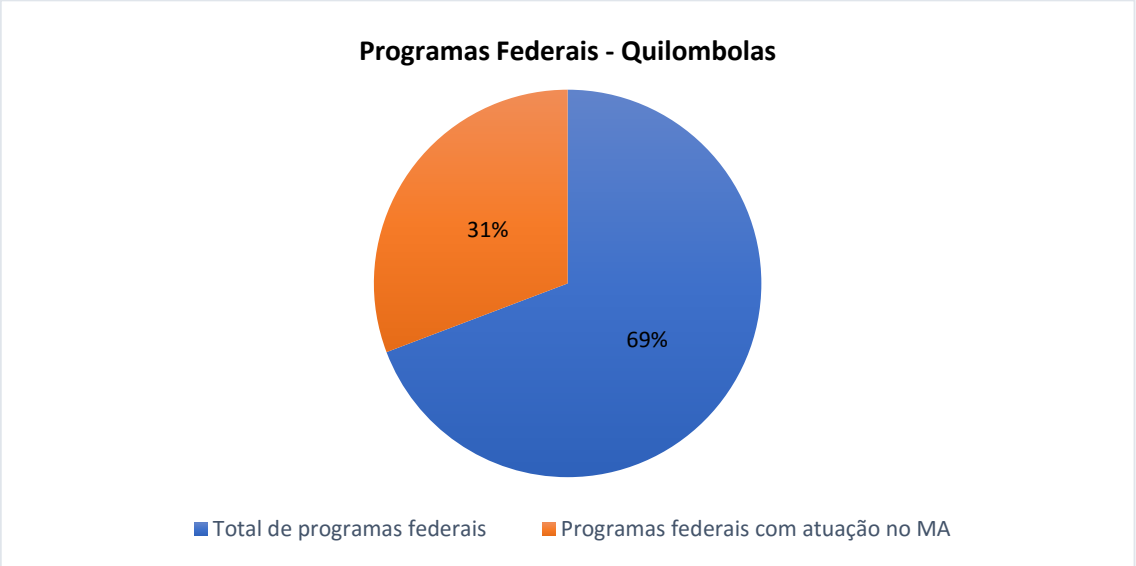
Em nível estadual, o Instituto de Colonização e Terras do Estado do Maranhão (ITERMA) é o órgão responsável pela delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas pelas comunidades quilombolas, sobre as quais tratam os dispositivos estaduais, anteriormente, citados.

Segundo dados coletados no site do ITERMA, do ano de 1999 até março de 2018 constam 51 comunidades tituladas pelo órgão, dentro do estado maranhense. Esse total corresponde a apenas 8,34% dentre as comunidades existentes no Estado, levando-se a refletir acerca da morosidade que representa mais uma das dificuldades impostas pela realidade jurídica, à efetivação desses novos direitos previstos pela

Constituição Federal de 1988.

A consulta ao PPA e ao portal da transparência identificou a existência de 9 programas com atuação direta ou transversal em comunidades quilombolas, com 17 ações específicas. As ações estão relacionadas à educação básica, inclusão social por programas de transferência de renda e regularização fundiária de comunidades quilombolas, dentre outros (para ver a lista completa de ações, consultar apêndice no relatório final). Desses programas, 4 possuem atuação direta no Maranhão.

Gráfico 3 - Programas Federais destinados a Comunidades Quilombolas e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Tal como nas terras indígenas, através de uma análise mais detida, percebe-se que não existem recursos destinados ao Maranhão, no que tange às principais demandas (regularização fundiária das comunidades quilombolas). Nenhum recurso para este fim foi disponibilizado ao Maranhão, durante a janela de tempo analisada (2015 a 2019). Na esfera estadual, existem 4 programas com atuação direta ou transversal sobre terras indígenas, com 29 ações específicas, voltadas para a inclusão socioprodutiva, o desenvolvimento da agricultura familiar, assistência técnica (ATER), e desenvolvimento de tecnologias para a agricultura familiar. A maior parte dos recursos está designada a ações de inclusão socioprodutiva, com vista à redução do número de pessoas, em situação de extrema pobreza.

No mapeamento das instituições públicas e organizações da sociedade civil atuantes no tema sobre as comunidades quilombolas verificou-se que, em nível federal, estadual e municipal existem em torno de 40 entidades, de grande expressão na temática. Dentre essas instituições, em nível federal, menciona-se o Ministério do Desenvolvimento Agrário – redesignado ao Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pesca (MAPA) – e a entidade a ele vinculado, como o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e o Ministério da Cultura – redesignado como Secretaria Especial de Cultura, vinculada ao Ministério da Cidadania –, com a Fundação Cultural Palmares. De modo transversal ao tema, destaca-se o Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos e o Ministério da Educação, respectivamente, referente às áreas institucionais de Terras Indígenas e Unidades de Conservação.

Na gestão estadual, os principais órgãos responsáveis pela formulação de políticas públicas ou que atuam na gestão do tema tem-se o Instituto de Colonização e Terras do Maranhão (ITERMA), responsável pela delimitação, demarcação e titulação da propriedade dos territórios ocupados por comunidades quilombolas, localizadas em terras devolutas estaduais, e a Secretaria de Igualdade Racial, responsável pela implementação da política de igualdade racial e ações afirmativas. Essa secretaria desenvolve suas atividades de modo articulado com as instituições locais, em especial, a secretaria municipal que tem dentre as suas atribuições tratar da política de igualdade racial. Nas municipalidades essa secretaria se faz presente em apenas 5 cidades de um total de 89, dando indicações da pouca relevância dada ao tema a partir de ações, que são diminutas, direcionadas pela gestão local para atender a essa parcela da população.

A articulação estabelecida entre instituições públicas e organizações da sociedade civil ocorre, principalmente, por meio de um Conselho Estadual que trata do tema da Igualdade Racial. Além disso, existem importantes articulações entre as Secretarias Municipais de Igualdade Racial com outras organizações locais, em especial, quando o referido órgão possui, no seu quadro de funcionários, representantes de comunidades quilombolas. Apesar da existência do órgão, este possui limitações na definição de ações, devido à escassez de recursos, para a realização de atividades.

Nesses municípios existem organizações da sociedade civil, identificadas com base nos dados do IPEA, com a presença de 5.864 OSC, distribuídas em 48

municípios, as quais envolvem associações, união de moradores, fundações e organizações religiosas. Algumas municipalidades contam com uma organização local que desempenha o papel de articuladora, na luta pelos direitos, o reconhecimento do seu território e a valorização de suas culturas, dentre estes citam-se a União das Associações das Comunidades Remanescentes de Quilombos do Município de Anajatuba (UNIQUITUBA), a União das Comunidades Negras Rurais Quilombolas de Itapecuru-Mirim (UNIQUITA), Casa de Apoio às Comunidades Quilombolas de Icatu, Movimento dos Atingidos pela Base Espacial de Alcântara (MABE) e Movimento Quilombola do Bequimão (MOQBEQ). Além dessas, foram mapeadas mais 11 organizações que atuam nessa temática e que se articulam na defesa dos seus direitos, juntamente com outras organizações, em nível estadual e nacional como o Movimento Quilombola do Maranhão (MOQUIBOM), Associação das Comunidades Negras Rurais Quilombolas do Maranhão (ACONERUQ), Coordenação Nacional de Articulação das Comunidades Negras Rurais Quilombolas (CONAQ/MA), Centro de Cultura Negra do Maranhão (CCN), entre outros.

A presença organizada da sociedade civil através dos grupos supracitados se destaca como potencialidade na consolidação de meios eficazes de elaboração de diretrizes, a partir das demandas pautadas em causas identitárias, direitos básicos e de regularização da demarcação e posse de terras. Em contrapartida, exigem uma ação acelerada das instituições públicas, para resolução dessas requisições e que veem na máquina pública, um grande entrave e morosidade no fluxo de respostas satisfatórias aos direitos salvaguardados às populações quilombolas.

Figura 4 - Mapa das Comunidades Remanescentes de Quilombos Certificadas no Bioma Amazônia

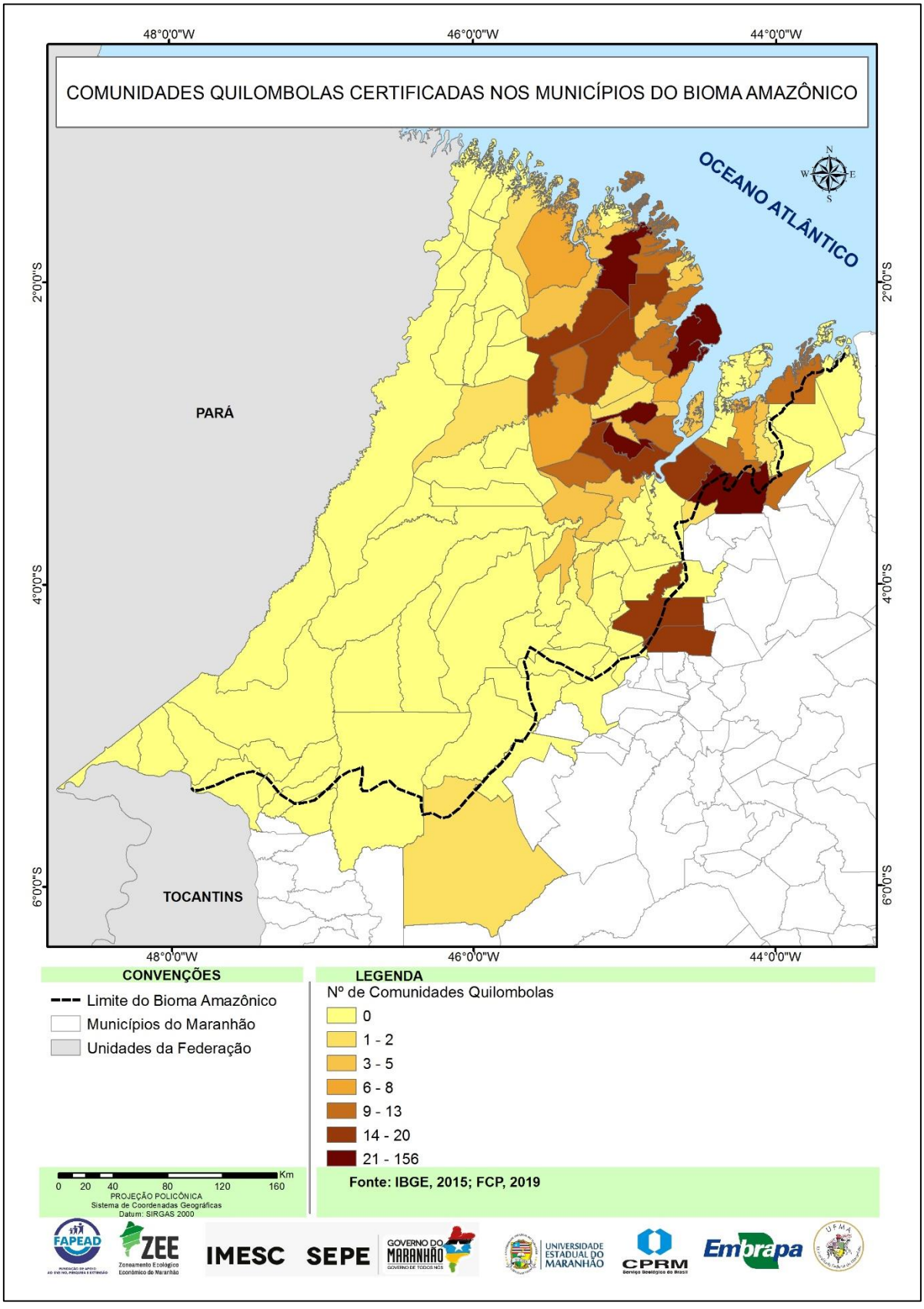
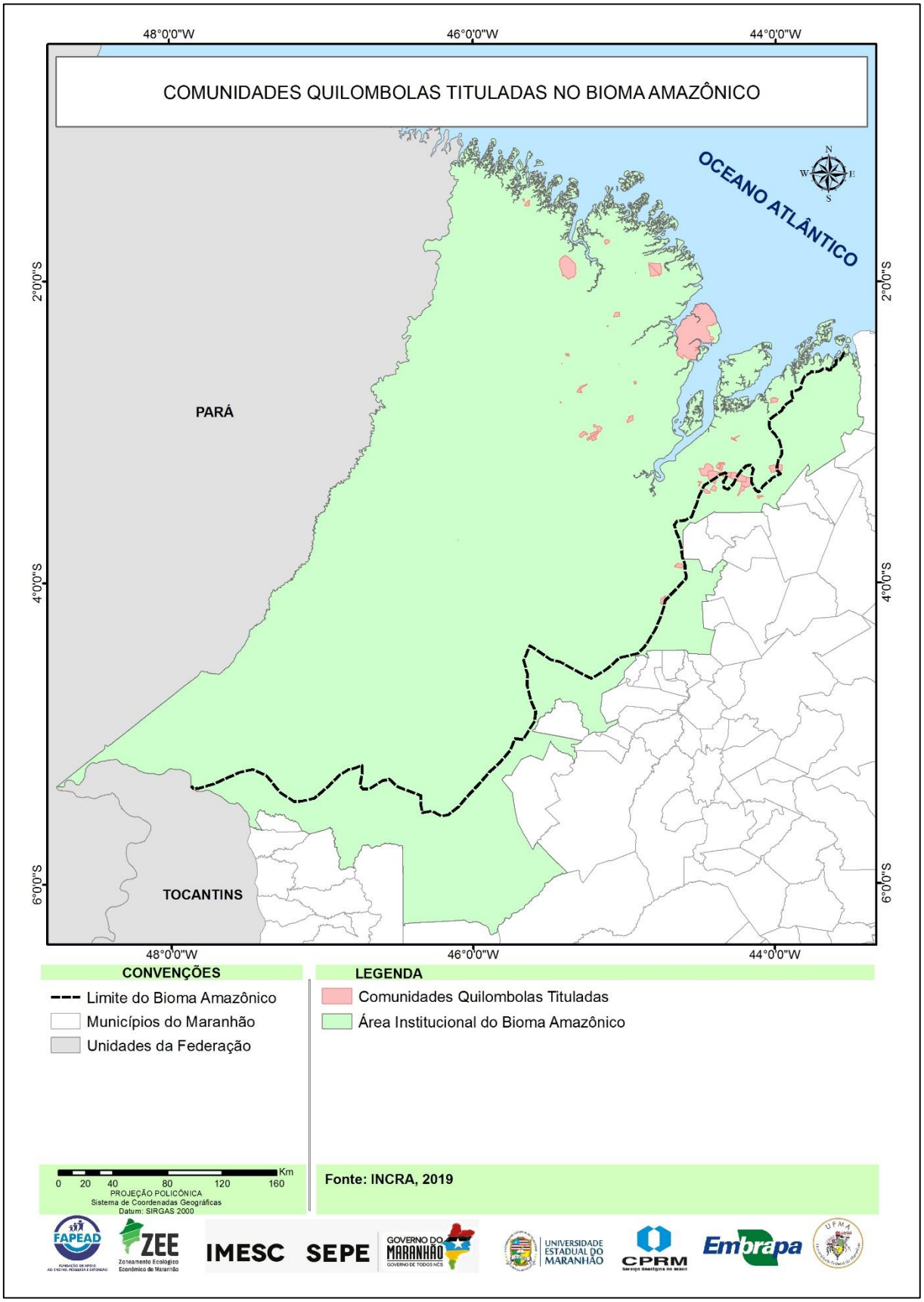


Figura 5 - Mapa das Comunidades Remanescentes de Quilombos Tituladas no Bioma Amazônia



3.4 Assentamentos Rurais

No estado do Maranhão, de acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2019), foram criados 1.028 projetos de Assentamentos Rurais, beneficiando 132.301 famílias, num total de 4.741.258,65 hectares. O referido órgão de regularização fundiária divide os projetos em dois grupos: os projetos criados pelo INCRA divididos como - Projeto de Assentamento Federal (PA), Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE), Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS), Projeto de Assentamento Florestal (PDS), Projeto de Assentamento Casulo (PCA) e Projeto Descentralizado de Assentamento Sustentável (PDAS), e o segundo grupo, correspondente às áreas reconhecidas pela INCRA, enquanto modalidade de Assentamentos Rurais, sendo elas - Projeto de Assentamento Estadual (PE), Projeto de Assentamento Municipal (PAM), Reservas Extrativistas (RESEX), Território Remanescentes Quilombola (TRQ), Reconhecimento de Assentamento de Fundo de Pasto (PFP), Reassentamento de Barragem (PRB), Floresta Nacional (FLONA) e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS).

No Bioma Amazônico Maranhense, conforme dados fornecidos pelo INCRA (2019), foram criados 615 Projetos de Assentamento, distribuídos por 92 municípios (Figura 6), apresentando as seguintes modalidades: 42 Projetos de Assentamento Federal (PA), 144 Projetos de Assentamento Estadual (PE), 20 Projetos de Assentamento Casulo (PCA), 7 Projetos de Assentamento Agroextrativista (PAE), 6 Projetos de Desenvolvimento Sustentável (PDS), 3 Reservas Extrativistas (RESEX), 2 Projetos de Assentamento Quilombola (PAQ) e 1 Projeto de Assentamento Municipal (PAM).

Nesse bioma, os municípios que concentram a maioria dos Assentamentos Rurais do tipo PA são: Zé Doca, Pedro do Rosário, Bom Jesus das Selvas, Santa Luzia, Amarante do Maranhão, Araguanã e Centro Novo do Maranhão. Com relação aos PE, a maior representação encontra-se nos municípios de Humberto de Campos, Arari e Morros. Os projetos do tipo Casulo estão distribuídos por 18 municípios, com destaque para Zé Doca e Icatu. Já os PAE estão distribuídos por 5 municípios com destaque para Monção com 3 projetos. Os PDS também possuem representatividade em 5 municípios do bioma, com destaque para Arame, Pedro do Rosário, Açailândia e Viana. Por fim, os projetos do tipo RESEX são 3, estando localizados nos municípios

de Cidelândia, Mirinzal e Cururupu. Por sua vez, os assentamentos do tipo PAQ, 2 no total, localizam-se nos municípios de Itapecuru-Mirim e Turiaçu. Na modalidade do tipo PAM existe um Projeto de Assentamento, que está localizado em São Luís.

Para a análise da dinâmica dos assentamentos rurais, no Estado do Maranhão, no que diz respeito à construção de leis e normas jurídicas, temos o INCRA, como órgão responsável por criar os assentamentos rurais. Após dois Planos Nacionais de Reforma Agrária, 9.256 projetos de assentamentos foram criados por esse órgão no Brasil, desde a implantação do 1º PNRA até o final de 2017, totalizando uma área correspondente a 88.314.857 hectares no país. Desses assentamentos, 1.028 estão localizados dentro do território Maranhense (INCRA, 2016). Vale ressaltar que o Instituto de Colonização e Terras do Maranhão – ITERMA, também possui competência, em nível estadual, para realizar projetos de assentamento. Até à data de 2015, segundo dados disponibilizados no site do órgão, foram realizados 288 projetos, abrangendo um total de 40.828 famílias e 162 imóveis.

O INCRA ainda faz a diferenciação dos assentamentos, que podem ser divididos em dois grandes grupos. No primeiro, os criados por meio de obtenção de terras pelo INCRA, na forma tradicional, denominados de Projetos de Assentamento (PAs), que incluem os ambientalmente diferenciados. No outro, aqueles implantados por instituições governamentais e reconhecidos pelo INCRA, para acesso às políticas públicas do PNRA. Vale lembrar que todos os procedimentos técnicos administrativos da criação e reconhecimento estão amparados pela Norma de Execução DT nº 69 de 12 de março de 2008.

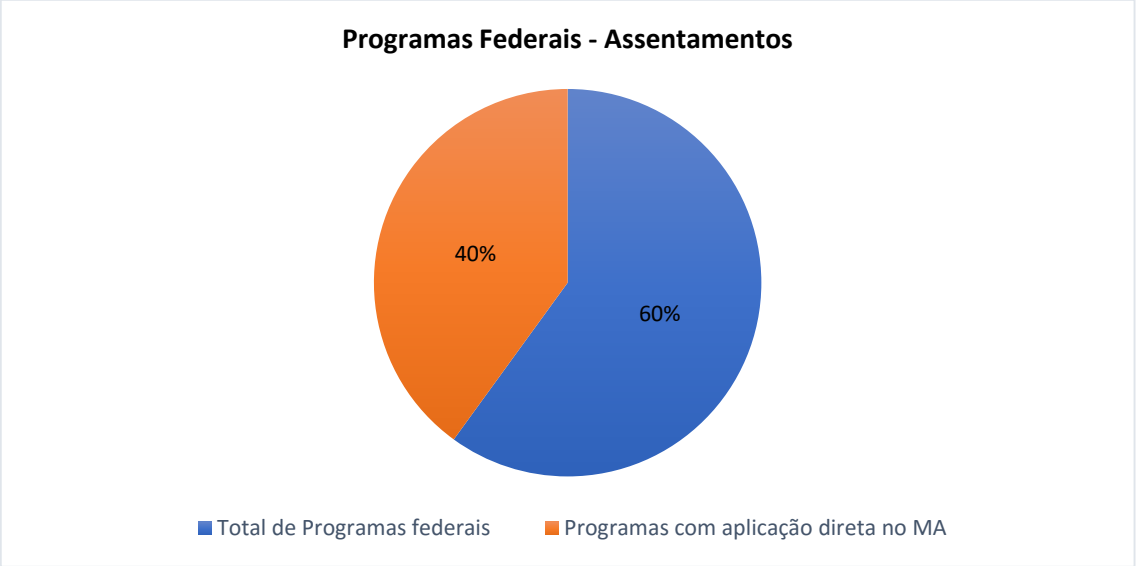
Um ponto importante no mapeamento das áreas de assentamento no Bioma Amazônico Maranhense é o fato de que a maioria dessas áreas - antes de realizado o processo de regularização fundiária - já tinham sido apropriadas por pequenos agricultores, em sua minoria, vivenciando situações conflituosas com os possíveis proprietários de terras. Isso ajudou no processo de transformação dessas regiões em assentamentos, haja vista que tais áreas, ao serem desapropriadas, foram logo em seguida redistribuídas para famílias, que já se encontravam nas comunidades.

Todo o processo de desapropriação, seguido pela regularização e construção desses assentamentos, foi vivenciado pelos pequenos agricultores, através de intensas lutas por direito à terra, e quando em uma área do Estado a conquista era bem sucedida, motivava outros camponeses, de regiões diferentes a

travarem a mesma luta, por isso, o processo de criação dos assentamentos não se deu de forma homogênea, em todo território maranhense e muito menos em uma mesma época.

A consulta aos programas federais com atuação direta ou transversal sobre assentamentos identificou a existência de 3 programas, com 18 ações voltadas para a Reforma Agrária, Segurança Alimentar e Nutricional e Desenvolvimento Regional e Territorial. Desses 3 programas, apenas 2 possuem aplicação de recursos destinada ao Maranhão. Na esfera estadual, identificou-se a existência de 4 programas, com 24 ações voltadas para o Desenvolvimento da Agricultura Familiar, Regularização Fundiária, Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), e Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias para a Agricultura Familiar.

Gráfico 4 - Programas Federais destinados a Assentamentos e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Na identificação das instituições atuantes nos 617 assentamentos, distribuídos em 93 municípios, as ações das instituições públicas ocorrem de modo semelhante às comunidades quilombolas, através da transversalidade de ação dos órgãos. Nesse levantamento foram identificados, em todos os níveis de ação, entre instituições públicas e organizações da sociedade civil, em torno de 41 entidades. Foram mapeados 6 órgãos federais com atuação na área, dos quais, de modo específico ao tema, menciona-se o Ministério do Desenvolvimento Agrário – recentemente realocado para o Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pesca

(MAPA) –, que tem atuação descentralizada, por meio do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), contando com unidades localizadas no Bioma Amazônico. Ademais, destaca-se o Ministério do Meio Ambiente, com a Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável, que tem atuado na proposição de políticas, normas e estratégias que visem ao desenvolvimento sustentável.

Com o incentivo à produção agrícola e ao desenvolvimento rural, no cenário do Governo Estadual foram identificados 6 órgãos, dos quais citam-se a Secretaria de Agricultura Familiar e o Instituto de Colonização e Terras no Maranhão, que atuam nas comunidades quilombolas. Ademais, e de modo específico, citam-se as agências de pesquisa e capacitação dos produtores rurais, sejam assentados ou não, a Agência de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (AGERP-MA) e Agência de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED-MA).

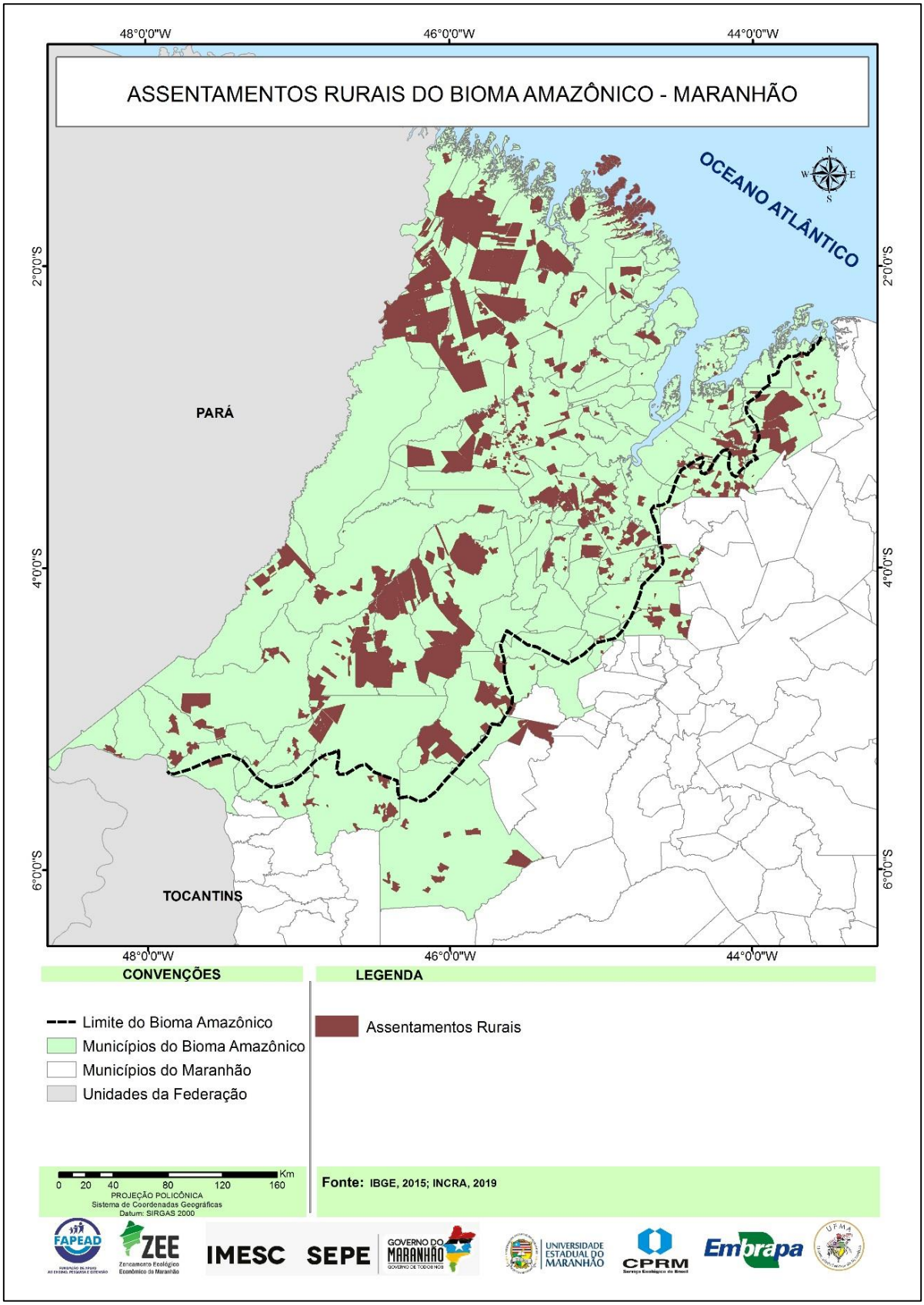
No âmbito Municipal, as questões voltadas para o tema são tratadas pela Secretaria Municipal de Agricultura que atua na implementação de programas federais, estaduais e municipais para o desenvolvimento das atividades agrícolas, destinados não somente à subsistência dessa população, mas também, à comercialização da produção, seja em nível local ou regional. Este órgão com status de secretaria está presente em todos os municípios, indicado como principal condutor, na promoção do desenvolvimento econômico local. Nos parâmetros legais para a gestão do órgão identifica-se a existência do Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável, um instrumento de gestão para controle de intervenções no espaço e a promoção de um desenvolvimento rural sustentável.

Nos assentamentos, na identificação das Organizações da Sociedade Civil (OSC), dentre as áreas investigadas e que apresentam maior número de organizações, no total de 93 municípios pesquisados, existem 14.885 OSC, de acordo com dados do IPEA (2019). Dos quais, Imperatriz e São Luís apresentam os maiores quantitativos de OSC. Ainda que este quantitativo se faça presente nas áreas dos assentamentos, apenas 4,14% estão concentradas nas áreas de direitos sociais básicos, trabalho e religião. Ademais, existem outras em nível estadual que realizam a articulação dessa população na busca pelos seus direitos, a citar: o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, as Associações em áreas de Assentamentos do Maranhão e a Associação Agroecológica Tijupá. Nesse cenário, há também o papel desempenhado pelos Sindicatos dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais (STTR)

e a Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras do Estado do Maranhão (FETAEMA).

Contudo, existem ainda comunidades que procuram se organizar nos espaços de assentamento, que passam por situações de disputa territorial, quando há o anúncio de implantação de grandes empreendimentos. Ao todo são 22 grupos, entre comunidades, povoados, projetos de assentamentos e assentamento, em 8 municípios, ameaçados de despejo por três grandes empresas (CPT, 2017). Tais espaços passam a ser ocupados, muitas vezes, por conflitos violentos, desapropriações mal acordadas e devastação do meio natural e social. Desta maneira, se faz necessário reforçar o papel das instituições públicas, na definição de diretrizes para proteção dos atores mais vulneráveis, de modo a validar a premissa de que todos os cidadãos possuem os mesmos direitos perante a lei.

Figura 6 - Mapa dos Assentamentos Rurais no Bioma Amazônico – Maranhão



3.5 Distritos Industriais

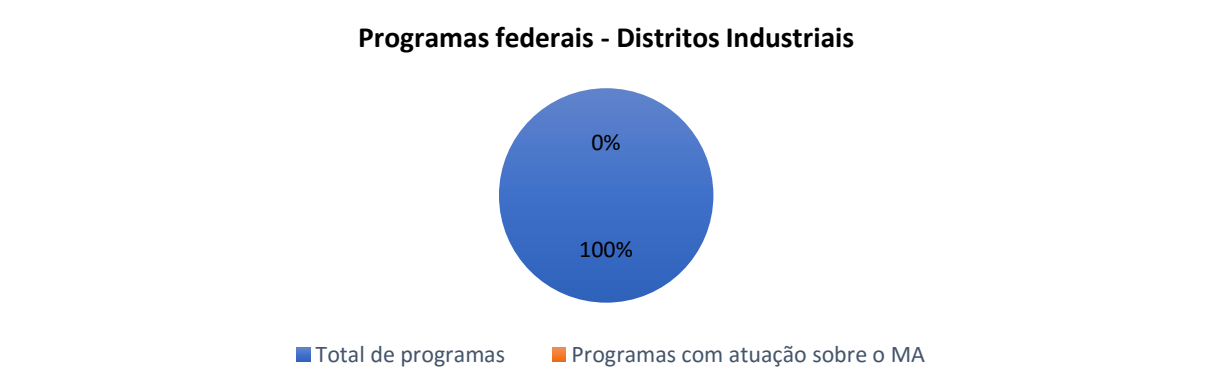
De acordo com a Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Energia do Maranhão, dos 109 municípios inseridos no Bioma Amazônico Maranhense, apenas 9 possuem Distritos Industriais, representando 8,3% do total de municípios do Bioma (Figura 7). Os Distritos estão localizados nos seguintes municípios: Bacabeira, Bacabal, Grajaú, Imperatriz, Pinheiro, Rosário, São José de Ribamar e São Luís. Destaca-se que Imperatriz possui duas áreas industriais: o Distrito Industrial de Imperatriz e o Parque Empresarial Imperatriz.

Em termos quantitativos, os Distritos Industriais somam uma superfície de aproximadamente 19.276 hectares, nesse bioma, destacando-se que o DI do município de São Luís representa 97,8% deste total, configurando-se como a principal área industrial do Bioma.

Os municípios possuem autonomia, na forma da lei, para a criação desses distritos cuja regulamentação é feita por meio de lei municipal. O trabalho de criação de um distrito industrial é realizado em duas etapas: primeiramente, a área que sediará o Distrito Industrial deverá ser identificada e depois é elaborado o seu projeto.

A consulta aos programas federais com atuação direta ou transversal sobre distritos industriais identificou que há apenas 1 programa federal voltado para essa área institucional, com 5 ações específicas que visam a competitividade, a qualidade e a produtividade da indústria brasileira. Ao longo do horizonte temporal analisado (2015 – 2019), não foi encontrada destinação de recursos ao Maranhão.

Gráfico 5 – Programas Federais para Distritos Industriais e sua atuação no Maranhão



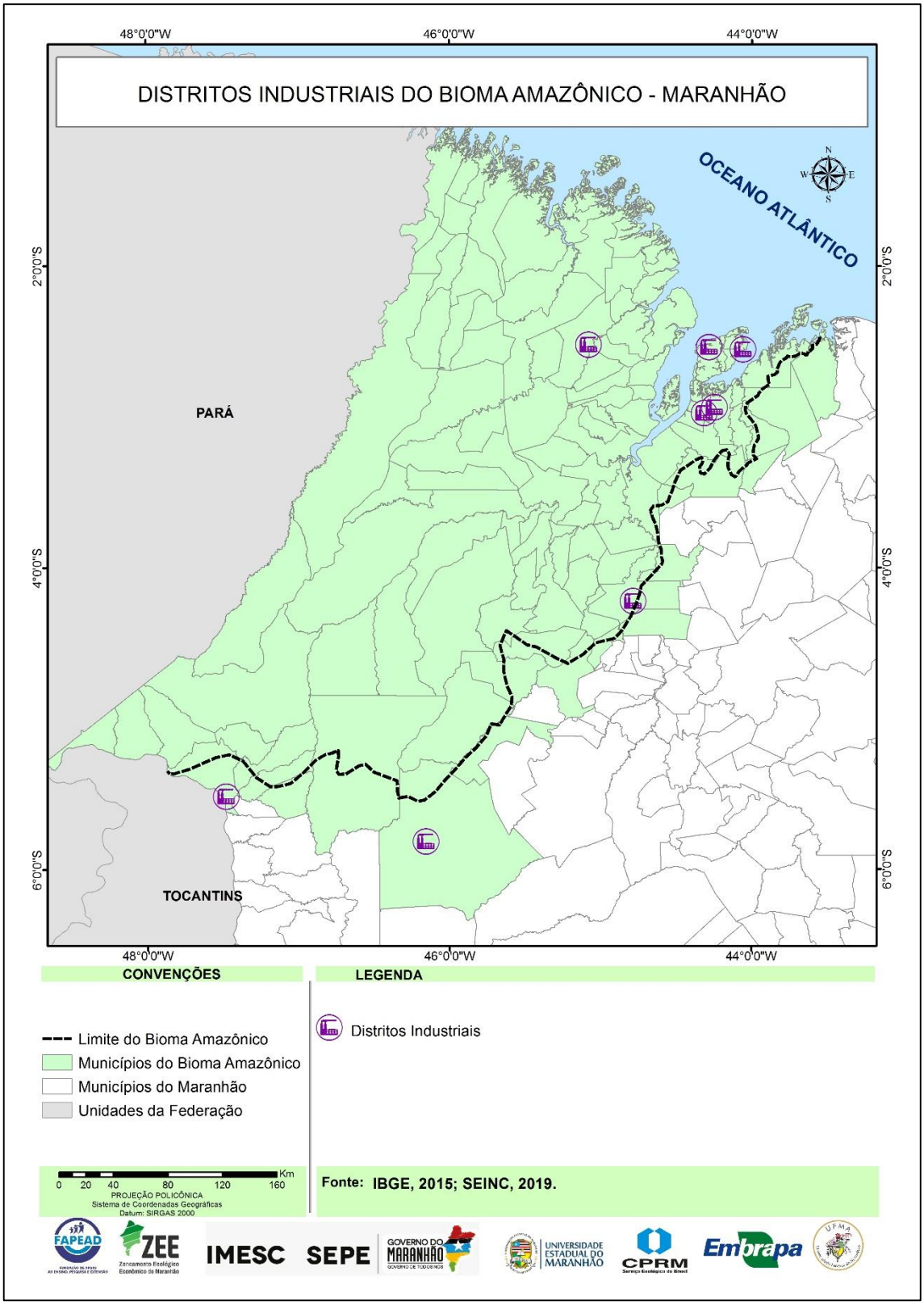
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Como na situação dos distritos industriais, a gestão portuária do Estado fica toda a cargo da esfera estadual. Foi encontrado apenas 1 programa, denominado

Maranhão Empreendedor, com 8 ações específicas voltadas para compras governamentais, atração, incentivo e manutenção de negócios, serviços técnicos metrológicos, empreendedorismo, incremento da competitividade de infraestrutura industrial e investimentos estratégicos.

Os Distritos Industriais, no âmbito das instituições públicas e organizações da sociedade civil, ainda que seja área de grande potencial econômico em determinadas localidades, no Bioma Amazônico Maranhense, possui uma pequena expressão. Na identificação das instituições públicas em nível federal foram mapeados dois Ministérios que têm atribuições para atuar no tema: o Ministério de Indústria, Comércio Exterior e Serviços e o Ministério da Integração Nacional – recentemente inserido ao Ministério do Desenvolvimento Regional. Além desses, existe a Confederação Nacional da Indústria, órgão responsável por defender os interesses da indústria nacional, que atua na articulação com os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário. Ademais, é o órgão responsável pelo gerenciamento do Serviço Social da Indústria (SESI), o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Instituto Euvaldo Lodi (IEL), que tem atuação no território.Com ação específica sobre o território estadual, apenas a Secretaria de Estado, Indústria, Comércio e Energia (SEINC) tem atuado através de 14 Distritos Industriais, dos quais 8 estão localizados em municípios do Bioma Amazônico. No espaço local, essa atuação ocorre de maneira mais restrita, pois nos Distritos Industriais, enquanto política estadual, a regulamentação de atividades é proveniente dessa esfera de governo. No entanto, alguns municípios dispõem de órgão para tratar desse tema, sendo identificados em 4 municípios, do total de 8, cujas competências estão associadas a outras áreas de atuação, articuladas ou não à temática em pauta. Na esfera das organizações da sociedade civil foram identificadas instituições cuja atuação está voltada, principalmente, às questões sindicais, contando com 11 organizações em evidência, a Central Sindical e Popular (CSP – Conlutas), com representantes no Maranhão, além dos sindicatos e movimentos, indicando uma fragilidade no processo, devido à ausência de instituições públicas que deveriam se articular e dialogar com essas representações. Tal fragilidade se observa, em especial, na esfera local, visto que não foi identificada uma atuação específica no tema, além dos sindicatos de classes trabalhadoras, no âmbito do serviço público municipal e da educação.

Figura 7 - Mapa dos Distritos Industriais do Bioma Amazônico do Maranhão



3.6 Portos e Retroportos

No Bioma Amazônico do Maranhão, conforme informações disponibilizadas pela ANTAQ (2018) há pelo menos 21 portos, distribuídos em 17 municípios, apresentando a seguinte classificação: um Porto Organizado (Itaqui), 3 Terminais de Uso Privativo (Ponta da Madeira, Alumar e Mearim) e os demais definidos como Portos Públicos (Figura 8, p. 36).

Dos portos existentes no Bioma, destaca-se o do Itaqui, constituindo-se um dos principais portos brasileiros. As obras de construção do Porto do Itaqui foram iniciadas no ano de 1960, sob a gestão do Departamento Nacional de Portos, Rios e Canais (DNPRC). A partir do ano de 2001, mediante convênio assinado entre o Ministério dos Transportes e o Governo Estadual, o Porto do Itaqui passou a ser administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), criada pela Lei Estadual nº 7.225, de 31 de agosto de 1998, alterada pelo Art. 66 da Lei Estadual nº 7.356, de 29 de dezembro de 1998 (MARANHÃO, 2016).

Outro porto de grande relevância inserido nesse bioma é o Terminal de Uso Privativo (TUP), na Ponta da Madeira, pertencente à empresa Vale S/A, localizado na Baía de São Marcos, Ilha do Maranhão. O TUP Ponta da Madeira movimenta, principalmente, minério de ferro, manganês, concentrado de cobre, ferro gusa e soja. Está inserido no Sistema Norte da Vale, composto pelas minas da Serra dos Carajás, no estado do Pará, por uma usina de beneficiamento de minério de ferro, pela Estrada de Ferro Carajás (EFC) e pelas instalações portuárias (VALE, 2019).

Voltando-nos para a questão dos portos do bioma em estudo, tomou-se como ponto de partida a Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, assim como de seu regulamento, o Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013, momento em que o governo federal instituiu, no ano de 2013, o novo marco regulatório do Setor Portuário Nacional.

A Lei 12.815/2013 contém medidas que visam incentivar o plano de modernização da infraestrutura e da gestão portuária e, também, garantir a expansão dos investimentos privados no setor, reduzir custos, aumentar a eficiência, além de retomar a capacidade de planejamento portuária, através da reorganização institucional do setor e da integração logística entre modais.

Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (autarquia responsável por regular, supervisionar e fiscalizar todas as atividades de prestação de serviços de transportes aquaviários e de exploração da infraestrutura

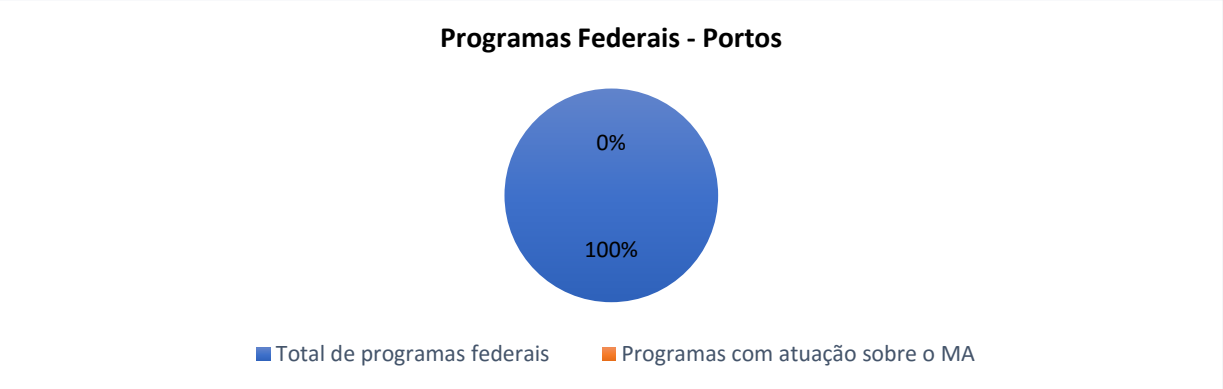
portuária e aquaviária), existem 21 portos, em 17 municípios do Bioma Amazônico Maranhense, sendo 17 portos públicos, 3 de uso privativo e somente um porto organizado, qual seja, o Porto do Itaqui (localizado em São Luís).

Devido às suas particularidades, o Porto do Itaqui merece posição de destaque neste estudo. Insere-se no Complexo Portuário de São Luís, juntamente com os Terminais de Ponta da Madeira, da Vale, o Terminal da Alumar e os Terminais de Ferro da Ponta da Espera e do Cujupe, para travessia da Baía de São Marcos.

Umas das diferenças mais evidentes do Porto de Itaqui, em relação aos demais portos brasileiros, diz respeito à sua proximidade com os grandes centros do mercado mundial, dentre os quais é possível destacar: “Rotterdam (HOL): 4.143 milhas náuticas, São Francisco (EUA): 5.767 milhas náuticas, Tóquio (JAP): 12.524 milhas náuticas e Canal do Panamá (PAN): 2.483 milhas náuticas”. A Emap tem incentivado a atração de grandes projetos, em recursos humanos e infraestrutura e tem apresentado resultados satisfatórios de movimentação nos últimos anos, com a chegada de novas cargas e do aumento da importação de produtos ligados ao setor agrícola, como é caso da celulose e fertilizantes, respectivamente.

A análise do PPA e dos dados existentes, no Portal da Transparência, identificou a existência de 2 programas federais, com 13 ações, voltadas para o transporte aquaviário e para a implantação de corredores hidroviários e novas instalações portuárias, de pequeno porte. Contudo, dentro do horizonte analisado (2015 – 2019), nenhum dos programas federais teve aplicação direta sobre o Maranhão.

Gráfico 6 - Programas Federais para Portos e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Portal da Transparência (2019)

Assim, percebe-se que a gestão portuária fica a cargo do governo estadual. Foi identificado apenas um programa estadual para este fim, com duas ações

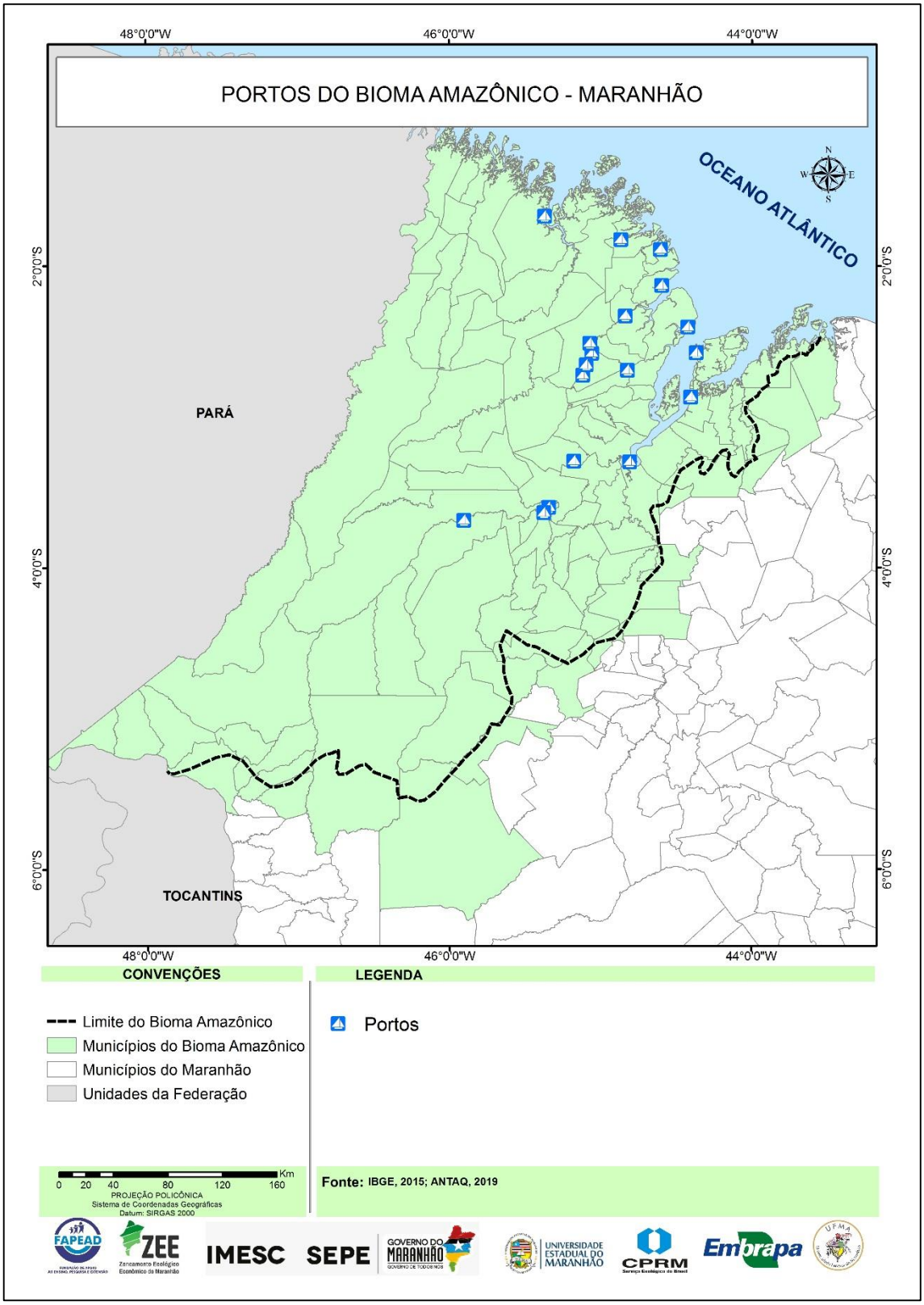
específicas, voltadas para o aparelhamento portuário e a ampliação e modernização do porto.

Na área dos Portos e Retroportos, no âmbito das instituições públicas e organizações da sociedade civil, foram identificadas 4 instituições federais com atribuições nessas áreas, a citar: o Ministério do Transporte, Portos e Aviação – redesignado ao Ministério da Infraestrutura –, o Ministério da Defesa Nacional – pela Marinha do Brasil –, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Na esfera estadual a regulamentação da atuação dessas áreas é realizada por apenas dois órgãos: a Empresa Maranhense de Administração Portuária – EMAP, que tem sua atuação direcionada apenas para a gestão do Porto do Itaqui e a Capitania dos Portos do Maranhão, vinculada à Marinha do Brasil, na regulamentação da atividade e fiscalização de embarcações. Nos municípios, a atuação das instituições públicas ocorre de maneira mais restrita, sendo que 50% municípios, do total de 8, possuem um órgão/setor com atuação voltada para desenvolvimento de atividades, regulamentação ou ações nessa área. Dentre os órgãos identificados que podem atuar nesse tema tem-se a Secretaria Municipal de Pesca em 37,5% dos municípios e um caso específico, uma secretaria que tem, dentre as suas atribuições, a gestão portuária.

Diante dessas informações, verificou-se a fragilidade na gestão e regulamentação de ações, a serem efetivadas nesses temas no espaço municipal, pois a inexistência de órgãos, para atuação direta, indica a pouca importância dada a este potencial de desenvolvimento econômico e local, pois não há controle sobre a produção local, bem como, fiscalização sobre as atividades desenvolvidas e cadastro dos pescadores que atuam na região.

Além disso, referente às organizações da sociedade civil, há fragilidades devido à presença de poucas organizações para atuar no tema, tanto na esfera estadual, como em nível local. No entanto, no cenário nacional, com o intuito de lutar pela defesa dos direitos humanos, em situação de risco e ameaças de ataque e/ou criminalização, o Comitê Brasileiro de Defensores e Defensoras de Direitos Humanos (CBDDH), no Maranhão, atua em articulação com 48 organizações da sociedade civil, do nível local ao internacional, referente à nova área portuária, em processo de implantação, na zona rural de São Luís, que desencadeou conflitos com comunidades tradicionais locais.

Figura 8 - Mapa dos Portos do Bioma Amazônico do Maranhão



3.7 Área de Segurança Nacional

No Bioma Amazônico Maranhense existe apenas uma área institucional classificada como Área de Segurança Nacional que é o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), localizado no município de Alcântara, escolhido em meados da década de 70, justamente pela sua posição estratégica (Figura 9, p. 41).

Segundo a Força Área Brasileira “O governo federal, em 1991, declarou de utilidade pública, para fins de desapropriação, cerca de **620km²** da porção setentrional do município de Alcântara, necessária à implantação das áreas operacionais e de apoio logístico, assim como, para efetuar o remanejamento local das famílias habitantes na região a ser desocupada. Embora as atividades que são desenvolvidas no Centro de Lançamento de Alcântara – CLA, não impliquem em riscos de proporções elevadas, a segurança é um aspecto prioritário. Por isso, o projeto do centro definiu que, nos **236km²** considerada área de segurança não deve existir moradias. Tornou-se, então, necessária a transferência de famílias residentes naquela faixa de terra, começando pelo cadastramento da população existente e a regularização de propriedades” (FAB, 2018, **grifo nosso**).

Segundo os dados disponibilizados no site, **620km²** do município estão desapropriados para a implantação do CLA, sendo que apenas um terço dessa área será efetivamente, de aplicação operacional. O restante destinar-se-á aos reassentamentos e a áreas de preservação ambiental (FAB, 2018, **grifo nosso**). Em termos percentuais, a área destinada ao CLA representa 42,5% do território do município de Alcântara. No entanto, considerando as informações da Força Área Brasileira, a poligonal considerada como de segurança abrange 16,2% da superfície administrativa de Alcântara (236km^2).

Em relação às Áreas de Segurança Nacional no Brasil, sabe-se que o próprio conceito de segurança nacional diz respeito a garantir, em todo e qualquer lugar, todo tempo e em meio a quaisquer circunstâncias, o território íntegro, a proteção da população e a preservação dos interesses nacionais contra todo tipo de ameaça e agressão externa.

Diante disso, desde a década de 40, há uma preocupação jurídica e histórica em construir leis que regulamentem uma política nacional de defesa, tendo como marco, para tal, a Constituição Brasileira de 1967, bem como, o Decreto-Lei 314, que versava sobre a Lei de Segurança Nacional. Muitas mudanças legislativas ocorreram

desde então, mas a que mereceu destaque, sem dúvida, foi a promulgação da Constituição de 1988, que trouxe as demandas militares mais importantes relacionadas à missão das Forças Armadas, envolvendo a defesa interna e externa.

O Centro de Lançamento de Alcântara foi proposto pela Aeronáutica, objetivando atender às perspectivas da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), relacionada ao desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites.

O fato é que ao construir o projeto espacial para o município, os militares responsáveis por essa operação, que integravam a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), viam Alcântara somente de uma perspectiva estratégica, como um espaço vazio a ser ocupado e com potencial técnico para a construção desse projeto espacial. Tal concepção comprova o total desconhecimento desses militares em relação à formação histórica de Alcântara. Desconsiderando que o local era formado por famílias que exerciam, há séculos, a sua territorialidade, e não um espaço vazio e desabitado, completamente livre para instalação de um centro de lançamento.

Diante desse impasse, diversos Entes estatais decidiram condicionar a regularização fundiária, de todo o território de Alcântara à exclusão de 12.000 hectares de terra na zona norte, que fica próxima ao litoral. O principal argumento para tanto foi que a região litorânea de Alcântara era área de relevante interesse aeroespacial e, consequentemente, de interesse do Estado.

Com isso, toda a regularização fundiária que ocorreu (e ocorre) no município sempre esteve amarrada a uma lógica de imposição, orientada pelos mais diversos interesses econômicos e políticos. Todas as justificativas apresentadas pelos apoiadores da instalação e desenvolvimento do CLA funcionaram como “instrumento para transformação dessa ampla área ocupada historicamente pelos quilombolas em uma zona de sacrifício” (SOUZA FILHO, 2013, P.19).

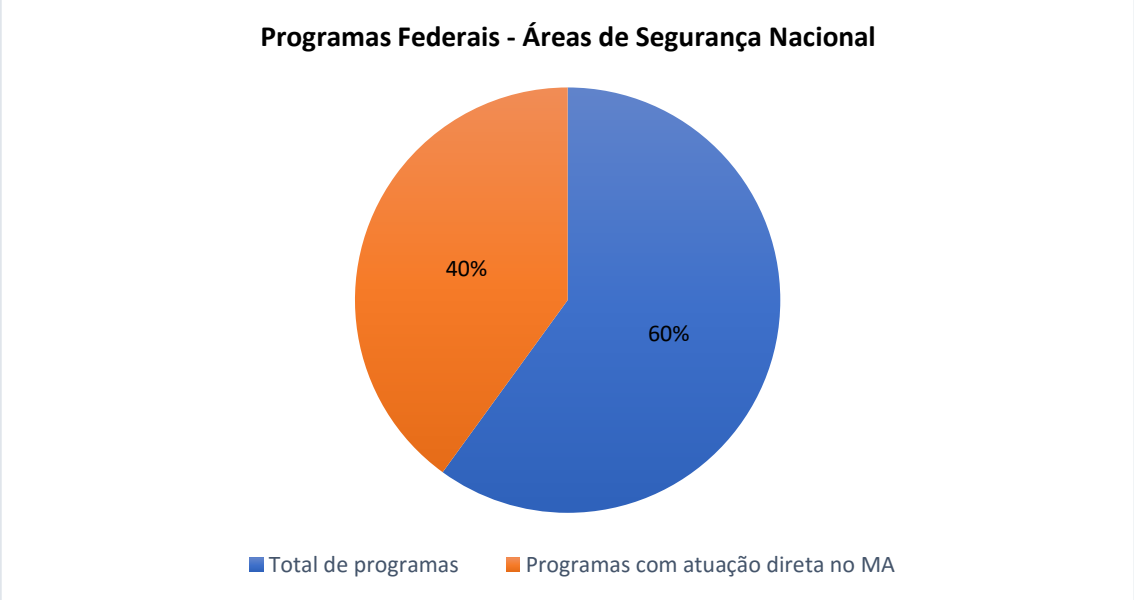
Com essa lógica dos militares e do Estado deu-se legitimidade a um processo de usurpação do território, de centenas de famílias, sob a justificativa de ser um mal necessário, já que existia, teoricamente, um objetivo maior, a comercialização no mercado aeroespacial.

Quase 40 anos decorreram e até agora tudo que se tem observado são os esforços dos militares, neodesenvolvimentistas e planejadores do CLA, em continuar seu projeto de expansão. Isso inclusive pode ser demonstrado, pelos acordos estabelecidos, pelo atual governo federal com os Estados Unidos, em relação à retomada dos projetos aeroespaciais em Alcântara. Desse modo, o Estado, utilizando

os órgãos como o Ministério da Aeronáutica, Defesa e o Gabinete de Segurança Institucional (GSI), procura formas para promover a desocupação de outras áreas nas quais residem - e resistem - as famílias camponesas não remanejadas até então. Existem aqui interesses completamente distintos e antagônicos, em que de um lado estão aqueles simpatizantes e defensores do comércio aeroespacial, e do outro, se encontram as comunidades remanescentes de quilombos.

Na esfera federal, a pesquisa identificou a existência de 3 programas com 17 ações voltadas para a Política Espacial, a Ciência e Tecnologia e Defesa Nacional. É importante destacar que não foram encontradas ações para lidar com as consequências da implantação do Centro de Lançamento de Alcântara, sobre os territórios tradicionais do município em questão. Existem 2 programas com atuação direta no Maranhão, com foco na Política Espacial e na Defesa Nacional. Não há programas estaduais direcionados, especificamente, para o Centro de Lançamento de Alcântara.

Gráfico 7 - Programas Federais para áreas de segurança nacional e sua atuação no Maranhão



Fonte: Elaborado pelos autores (base: Portal da Transparência, 2019)

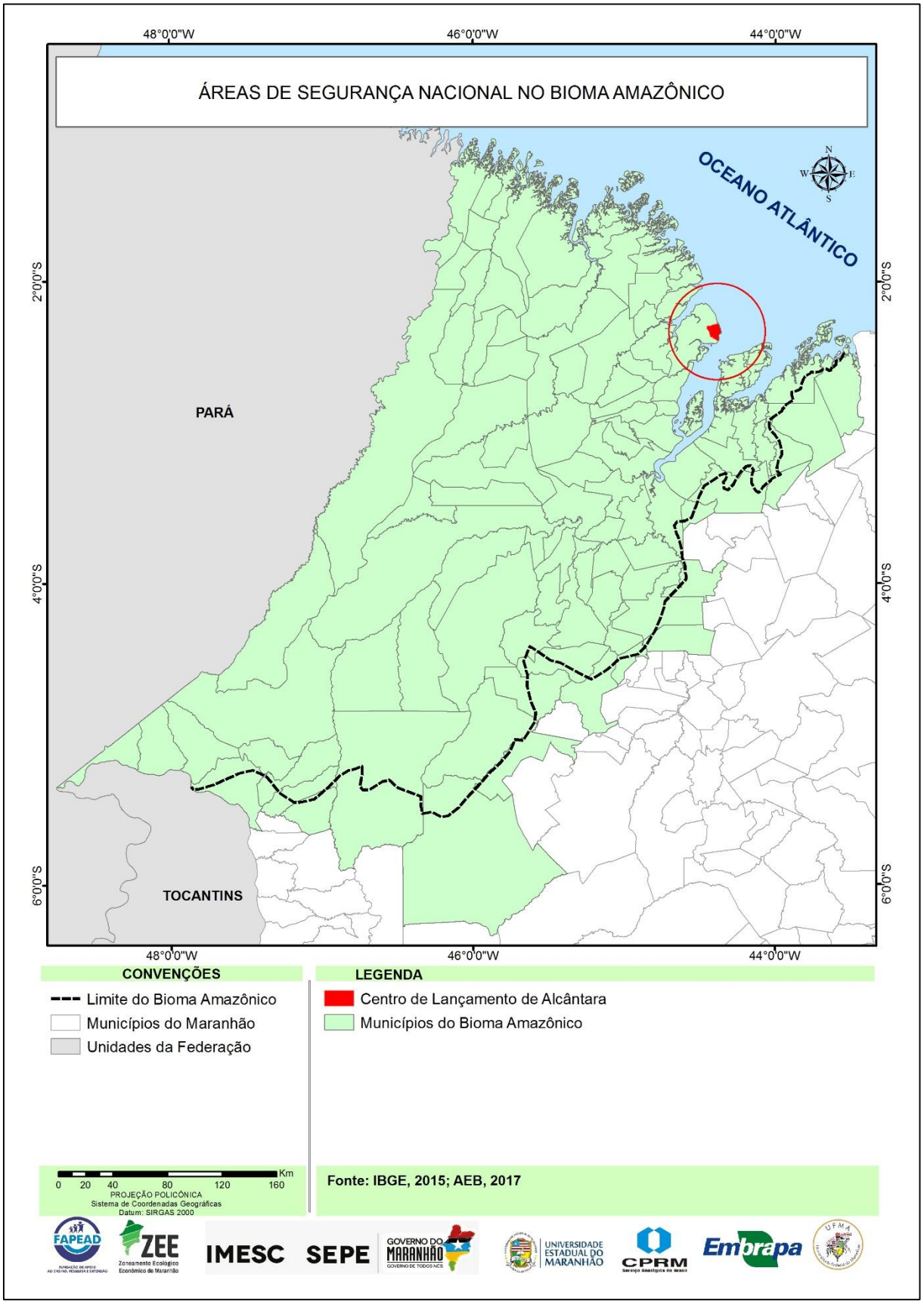
Na Área de Segurança Nacional, que abrange o Centro de Lançamento de Alcântara, das instituições públicas e organizações da sociedade civil, foram identificados como principais interventores, na gestão do território, três órgãos federais, cuja atuação está voltada para diferentes áreas, a citar: Defesa Nacional,

Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e Relações Exteriores. No âmbito de ação direta destaca-se o Ministério da Defesa Nacional, que possui uma unidade descentralizada da Aeronáutica localizada no município. Como fragilidade, se destaca a não atuação dos poderes estadual e municipal, na gestão da área de segurança nacional, pelo fato de a demarcação desse espaço definir que sua influência é de ação exclusiva da Força Nacional que, apesar das restrições em nível local, busca consolidar relações internacionais, dadas as condições geográficas estratégicas para o comércio aeroespacial. A atuação de instituições estaduais e municipais ocorre externamente e independente da presença de Área de Segurança Nacional, na oferta de elementos de infraestrutura de serviços públicos para a população que reside em comunidades próximas, marcados por inúmeros conflitos e segregação.

Nessa região, existem diversas formas de articulação da sociedade civil para reivindicar seus direitos e a sua manutenção na ocupação desse espaço. Além das Associações por povoados, o município conta com a ampla articulação do Movimento dos Atingidos pela Base Espacial de Alcântara (MABE), que tem atuado junto à população local, no enfrentamento das pressões inerentes aos interesses da expansão da área da Base e à consequente expulsão das famílias do território. O fator adicional aos conflitos se dá no caráter etnoterritorial, com a presença marcante de comunidades de remanescentes quilombolas, que têm a questão identitária relegada a meras implicações de regularização, na demarcação e posse de terras, e que representam também aspectos primordiais, na caracterização das áreas institucionais quilombolas. Além dessa articulação mais local, existem, aproximadamente, 6 organizações que atuam em apoio ao tema, sendo as principais: o Centro de Justiça Global, a Sociedade Maranhense de Direitos Humanos (SMDH), o Centro de Cultura Negra do Maranhão (CCN), o Movimento Quilombola do Maranhão (MOQUIBOM) e a Associação das Comunidades Negras Rurais Quilombolas do Maranhão (ACONERUQ), que mantêm uma rede mais articulada, na busca por direitos e a manutenção da tradição desses povos, além da comunidade acadêmica, que realiza pesquisas antropológicas com base nas ciências sociais.

Portanto, cabe refletir sobre o papel das instituições públicas voltadas à gestão de Áreas de Segurança Nacional, como aspecto adicional à articulação dos interesses locais, que têm sido excluídos das políticas para o desenvolvimento social, tecnológico e econômico, entendidas como questões aplicáveis e impulsionadas pela presença do Centro de Lançamento de Alcântara.

Figura 9 - Mapa das Áreas de Segurança Nacional do Bioma Amazônico do Maranhão



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação jurídica e institucional das áreas, legalmente constituídas no Bioma Amazônico do Maranhão, indica a necessidade geral do fortalecimento de políticas públicas voltadas para a proteção e fortalecimento das diferentes realidades analisadas. Apresentam-se, sinteticamente, proposições de ações institucionais para cada uma das áreas analisadas no estudo sobre esse bioma.

4.1 Cartografia

Implementar política de demarcação cartográfica das áreas institucionais do bioma através do levantamento detalhado dos limites e marcos para melhor organização desse espaço, por meio da delimitação precisa de tais áreas.

Promover política de capacitação de gestores estaduais, municipais e de comunidades, para o uso de geotecnologias, a fim de promover a formação continuada dos servidores públicos e de lideranças comunitárias e a produção de análises espaciais das áreas institucionais em nível local.

Efetivar política de divulgação das bases geoespaciais das áreas institucionais desse bioma, objetivando a criação e implementação de plataforma, para armazenamento de todas as bases cartográficas do Bioma.

Possibilitar acesso e análise da plataforma das bases cartográficas do bioma, por diversos níveis de usuários e disponibilização de dados geográficos e ferramentas de navegação, geração de análises, compartilhamento e geração de mapas a partir de demanda.

Concretizar política de efetivação das áreas protegidas, para garantir a implementação dos instrumentos de gestão das Unidades de Conservação, ampliando a efetividade desta modalidade de área institucional.

4.2 Jurídico

Fortalecer a política federal – apoiada pelo estado e municípios - de regularização fundiária para terras quilombolas e assentados, posto que tais ações mostram-se onerosas, ineficientes e distantes dos reais interesses dos sujeitos detentores desses direitos.

Descentralizar a ação da FUNAI através de unidades regionais mais compatíveis com a realidade e interesses das diversas etnias indígenas.

Construir política de conscientização em relação aos direitos das populações indígenas.

4.3 Planos, Programas e Projetos

4.3.1 Terras Indígenas, Comunidades Quilombolas e Assentamentos

Valorizar a capacidade produtiva agrícola, objetivando a comercialização de artesanato e culinária em restaurantes populares e feiras regionais.

Fomentar e intensificar cadeias produtivas locais com financiamento de máquinas e sementes, para diversificação de plantio e fortalecimento da comercialização.

Qualificar a mobilidade das comunidades, possibilitando o acesso a serviços e favorecendo o escoamento de produção.

Expandir serviços públicos de educação e saúde.

Disponibilizar canal de ouvidoria para acesso da comunidade a dirigentes e representantes legais, de forma mais célere, possibilitando o acompanhamento de demandas.

4.3.2 Centro de Lançamento de Alcântara, Portos Retroportos, Distritos Industriais

Ampliar a geração de postos de trabalho, oportunizando parcerias, treinamento e capacitação nas áreas de formação, aproveitando a capacidade intelectual dos moradores do entorno.

Manter banco de imagens via satélite, para acompanhamento das ocupações das áreas ao longo dos anos, monitorando suas transformações, com vista à melhoria da qualidade de vida, via ações de responsabilidade social e ambiental nas comunidades.

4.3.3 Instituições Públicas e Organizações da Sociedade Civil

Fortalecer as Organizações da Sociedade Civil através da formação técnica organizada de grupos locais, dentro de uma perspectiva de desenvolvimento sustentável.

Implementar política estadual de educação integral da população quilombola, através de cursos técnicos de níveis médio e básico de ensino, ausentes ou com mau funcionamento em muitas comunidades.

Desenvolver o potencial de associações e cooperativas, para ações de empreendimento coletivo, em parceria com governos municipais e entidades como SEBRAE e SENAI.

Capacitar lideranças comunitárias para atuação em conselhos municipais e outras formas de participação no âmbito institucional.

Valorizar a participação popular nas políticas públicas setoriais e ações de planejamento estratégico dos governos locais.

Promover ações/atividades de capacitação de gestores e técnicos locais, tendo em vista o planejamento de políticas púbicas e atendimento de demandas.

Disponibilizar espaços institucionais para mediação de conflitos de forma itinerante, acelerando processos de certificação e titulação de terras.

Instituir atendimentos periódicos e manter canais de comunicação para informação do andamento das demandas.

REFERÊNCIAS

AEB. Agência Espacial Brasileira. **Centro de Lançamento de Lançamento de Alcântara**. Brasília, [s.d.]

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Portos.** Disponível em: http://web.antaq.gov.br/Portal/PNIH.asp. Acesso em: 22.06.2019.

ARRUDA, Marcos; CALDEIRA, Cesar. **Como Surgiram as Constituições Brasileiras**. Rio de Janeiro: FASE (Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional). Projeto Educação Popular para a Constituinte, 1986. Sociedade Federativa Brasileira.

BECATINI, G. O distrito marshalliano. In: BENKO, G. e LIPIETZ, A. As regiões ganhadoras. Distritos e redes: **Os novos paradigmas da geografia econômica**. Oeiras: Celta, 1994.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988, 292 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/consulta-por-uc. Acesso em: 10.06.2019a.

BRASIL. **Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. PPA 2016-2019: Relatório Anual de Avaliação (Sumário Executivo).** 2016. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/assuntos/planeja/planoplurianual/170719_ppa_sumario-executivo.pdf. Acesso em 24 mar. 2018.

BRASIL. Portal da Transparência. **Programas e Ações**. Disponível em: http://www.portaldatransparencia.gov.br/programaseacoes/busca/lista?termo=&letraInicial=&pagina=1&tamanhoPagina=10. Acesso em 27 jun. 2019

BRASIL. Lei no 601, de 18 de setembro de 1850. **Dispõe sobre as terras devolutas do Império**. Rio de Janeiro, 1850. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_ 03/leis/lim/lim601.htm. Acesso em: 2 jun. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1967**. Brasília, DF, 1967a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil03/constituicao/constituicao67.htm. Acesso em: 18 jun. 2019.

BRASIL. **Lei nº 5.371, de 5 de dezembro de 1967**. Autoriza a instituição da "Fundação Nacional do Índio" e dá outras providências. Brasília, DF, 1967b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/1950-1969/l5371.htm. Acesso em: 18 jun. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973**. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, DF, 1973. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/l6001.htm. Acesso em: 17 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto n. 1.775, de 8 de janeiro de 1996**. Dispõe sobre o procedimento administrativo de demarcação das terras indígenas e dá outras providências. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1775.htm>. Acesso em: 2 jun. 2019.

BRASIL. **Decreto Nº 5.051, de 19 de abril de 2004**. Promulga a Convenção no 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Brasília, DF, 2004. Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm. Acesso em: 18 jun. 2019.

BRASIL. **Portaria MJ nº 2.498 de 31/10/2011**. Dispõe que a Fundação Nacional do Índio - FUNAI determinará a intimação dos entes federados cujos territórios se localizam nas áreas em estudo para identificação e delimitação de terras indígenas, por via postal com aviso de recebimento, no prazo de 5 (cinco) dias contados da data da publicação da designação do grupo técnico especializado, nos termos do art. 2º do Decreto nº 1.775, de 1996. Brasília, DF, 2011. Disponível em:http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-2498-2011_235262.html. Acesso em: 18 jun. 2019.

BRASIL. **Parecer N. 001/2017/GAB/CGU/AGU. Processo: 00400.002203/2016-01**. Interessado: Casa Civil da Presidência da República. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.agu.gov.br/page/atos/detalhe/idato/1552758. Acesso em: 2 maio 2019.

CARVALHO, Leonardo Aquino. **Introdução ao Estudo das Relações Internacionais**. São Paulo: IOB Thomson, 2007

COELHO, Leonardo Oliveira da Silva. **Terras de Sustança**: resistência quilombola e estratégias de reapropriação de território em Alcântara. São Luís: EDUFMA. 2017. 244 p.

COMISSÃO PASTORAL DA TERRA (CPT). **Conflitos do campo: Brasil 2017.** Disponível em: https://cptnacional.org.br/component/jdownloads/send/41-conflitos-no-campo-brasil-publicacao/14110-conflitos-no-campo-brasil-2017-web?Itemid=0. Acesso em: maio de 2018.

OIT / Organização Internacional do Trabalho. **Convenção n° 169 sobre povos indígenas e tribais e Resolução referente à ação da OIT**. Brasília: OIT, 2011 1 v. ISBN: 978-92-2-824257-7 (print); 978-92-2-824258-4 (web pdf).

CPT. Comissão Pastoral da Terra. **Caderno Conflitos no Campo 2018.** Disponível em: https://www.cptnacional.org.br/. Acesso em: 17.06.2019.

FAB. **Força Área Brasileira**. Disponível em: http://www2.fab.mil.br/cla/. Acesso em: 09 de agosto de 2018.

FCP. Fundação Cultural Palmares. **Certidões expedidas às Comunidades Remanescentes de Quilombos.** Disponível em: http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551. Acessado em: 20.06.2019.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. **Terras Indígenas.** Disponível em: http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas. Acesso em: 08.06.2019.

FUNDAÇÃO CULTURAL PALMARES. **Quadro Geral das CRQs**. Disponível em: http://www.palmares.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/4-quadro-geral-das-crqs-ate-25-10-2013.pdf. Acesso em 1 de junho de 2019

FURTADO, Marivania Leonor Souza. **Aquilombamento contemporâneo no Maranhão**: estratégias de luta por direitos territoriais quilombolas. Trabalho apresentado na 29ª Reunião Brasileira de Antropologia, Natal/RN, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Informações gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária.** Disponível em: http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php. Acesso em: 22.06.2019.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA. **Quilombolas.** Disponível em: http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php. Acessado em: 23.06.2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Mapas das Organizações da Sociedade Civil.** Disponível em: https://www.mapaosc.ipea.gov.br/resultado-consulta.html. Acesso em: março de 2019.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. Secretaria Adjunta de Planejamento e Orçamento. **Projeto de Lei do Plano Plurianual 2016-2019 do Governo do Estado do Maranhão** - São Luís 2015. Disponível em: http://www.seplan.ma.gov.br/plano-plurianual-ppa/>. Acesso em 24 mar. 2018

MARANHÃO. Portal da Transparência. **Despesas por Programa do Governo.** Disponível em: http://www.transparencia.ma.gov.br/app/despesas/por-programa#lista. Acesso em 27 jun. 2019

OLIVEIRA, Eliézer Rizzo de. **De Geisel a Collor**: forças armadas, transição e democracia. Campinas: Papirus, 1994.

SECRETARIA DE ESTADO DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E ENERGIA DO MARANHÃO-SEINC. **Distritos Industriais.** Disponível em: http://www.seinc.ma.gov.br/distritos-industriais/. Acessado em: 20.06.2019.

SOUZA FILHO, Benedito. **Os novos capitães do mato:** conflitos e disputa territorial em Alcântara. São Luis: EDUFMA, 2013.