



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA

CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN

DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA

CURSO DE GEOGRAFIA

THAYRLAN SILVA SOUZA

GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO - MA

São Luís - MA

2021

THAYRLAN SILVA SOUZA

GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO – MA

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, em cumprimento das exigências para obtenção do grau de licenciatura em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

São Luís - MA

2021

Souza, Thayrlan Silva.

Geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Preto-MA. /
Thayrlan Silva Souza. – São Luís, 2021.

83 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia, Universidade
Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

1. Geodiversidade. 2. Rio Preto. 3. Uso e ocupação. 4.
Pertubações . I. Título.

THAYRLAN SILVA SOUZA

GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO – MA

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, em cumprimento das exigências para obtenção do grau de licenciatura em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

Aprovada em: 05 / 04 / 2021

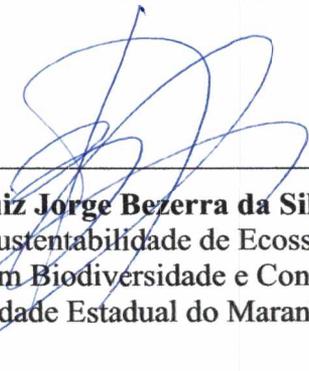
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Araujo dos Santos (Orientador)
Doutor em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dra. Quésia Duarte da Silva
Doutora em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas
Doutorando em Biodiversidade e Conservação
Universidade Estadual do Maranhão

Dedico este trabalho a minha mãe Fernanda Silva Gomes, por todas as dificuldades que enfrentou para que seus filhos pudessem estudar, pelas demonstrações de força e coragem que sempre serviram de exemplo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos concedidas.

À minha família, em especial a minha mãe, Fernanda Silva Gomes, meu padrasto João Nunes Gomes, e minha namorada, Giselle Chrystina do Vale Martins, que são a minha base e incentivo para seguir firme a cada dia.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos, pelo apoio, auxílio e acolhimento durante a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), por investir nos discentes e incentivar a pesquisa na Instituição.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Grupo de pesquisa, Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP), Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, que serviram de apoio no desenvolvimento do trabalho.

Ao colega Idevan Gusmão Soares, pelo apoio e auxílio durante a realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas do Curso de Geografia da UEMA, a saber: Emerson Jorge Guedes Pinto, Gabriel Marlem Santos Silva e Diego Pereira de Abreu Pinheiro.

Agradeço a todos os colegas do grupo de pesquisa GEOMAP, colegas de turma e ao corpo docente do Curso de Geografia da UEMA.

Muito obrigado a todos!

*“Muitos grandes atos acontecem nas
pequenas batalhas da vida”.*

(Vitor Hugo)

RESUMO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Preto, localizada na região Leste do Estado do Maranhão, conta com uma área de aproximadamente 5235,63 km², abrangendo 14 municípios maranhenses. Este trabalho tem como objetivo diagnosticar a Geodiversidade e correlacionar com o uso e ocupação da bacia do rio Preto-MA e por objetivos específicos: caracterizar os parâmetros físicos da bacia; realizar o uso e ocupação atual; e correlacionar os aspectos físicos com o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do rio Preto. Para atingir os procedimentos metodológicos, realizou-se uma revisão bibliográfica e a de aplicação de técnicas de Geoprocessamento para a elaboração de mapas temáticos na plataforma do Sistema de Informação Geográfica, ArcGIS 10.2.2 e QGIS 2.18.6, de modo que tais cartas auxiliaram na caracterização geológica, geomorfológica e pedológica da área em estudos. Também foi realizada a caracterização do clima, rede de drenagem e cobertura vegetal da bacia. Os procedimentos metodológicos permitiram chegar aos seguintes resultados da geodiversidade da BHRP: constituída pelas unidades litoestratigráficas: Formação Codó, Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras, Depósitos Eólicos Continentais Antigos e Depósitos Aluvionares; geomorfológicas, com a presença das feições: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros Sub-Litorâneos ou Tabuleiros de Chapadinha; pedológicas, com a presença das classes de solos: Latossolos Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Vermelho-Concrecionários, Plintossolos Pétricos e Plintossolos Argilúvicos. A declividade se caracteriza por áreas correspondentes às classes: plana, suave ondulada, ondulada, moderadamente ondulada e forte ondulada; quanto ao uso e cobertura da terra, verificou-se que os principais usos são o cultivo de soja e eucalipto e quanto à cobertura predominância de áreas florestadas. Posteriormente, foi realizada uma análise das perturbações ambientais decorrentes na BHRP, onde se utilizaram como indicadores: queimadas; cultivo de soja; cultivo de eucalipto; produção de carvão; extração de minérios; descarte irregular de lixo; uso e ocupação da terra indevidos em APPs; e a pastagem como atividades impactantes a serem analisadas.

Palavras-chave: Geodiversidade; Bacia Hidrográfica; Uso e Ocupação; Perturbações.

RESUMEN

El área de estudio comprende la cuenca del río Preto, situada en la región oriental del Estado de Maranhão, con un área de aproximadamente 5235,63 km², que abarca 14 municipios de Maranhão. Este trabajo pretende diagnosticar la Geodiversidad y correlacionarla con el uso y ocupación de la cuenca del río Preto-MA y por objetivos específicos: caracterizar los parámetros físicos de la cuenca; realizar el uso y ocupación actual y correlacionar los aspectos físicos con el uso y ocupación actual de la cuenca del río Preto. Para lograr los procedimientos metodológicos se realizó una revisión bibliográfica y la aplicación de técnicas de geoprocésamiento para la elaboración de mapas temáticos en la plataforma del Sistema de Información Geográfica, ArcGIS 10.2.2 y QGIS 2.18.6, de manera que dichos mapas ayudaron a la caracterización geológica, geomorfológica y pedológica del área de estudio. También se llevó a cabo la caracterización del clima, la red de drenaje y la cubierta vegetal de la cuenca. Los procedimientos metodológicos permitieron obtener los siguientes resultados de la geodiversidad del BHRP: constituida por unidades litoestratigráficas: Formación Codó, Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras, Depósitos Eólicos Continentales Antiguos y Depósitos Aluviales; geomorfológica, con la presencia de los rasgos Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru y Tabuleiros Sub-Litoral o Tabuleiros de Chapadinha; pedológicos, con la presencia de las clases de suelo: Latosoles Amarillos, Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Rojos-Concrecionales, Plintossolos Pétricos y Plintossolos Argilúvicos. La declividad se caracteriza por áreas correspondientes a las clases: plana, lisa ondulada, ondulada, moderadamente ondulada y fuertemente ondulada; en cuanto al uso y cobertura del suelo, se verificó que los principales usos son el cultivo de soja y eucaliptos y en cuanto a la cobertura predominan las áreas boscosas. Posteriormente, se realizó un análisis de las alteraciones ambientales que surgen en el BHRP, donde se utilizaron como indicadores: la quema; el cultivo de soja; el cultivo de eucaliptos; la producción de carbón; la extracción de minerales; el vertido irregular de residuos; el uso y la ocupación inadecuada de la tierra en APPs; y el pastoreo como actividades de impacto a analizar.

Palabras clave: Geodiversidad; Cuenca hidrográfica; Uso y ocupación; Perturbaciones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Preto - MA	18
Figura 2 – Mapa de unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Preto - MA.....	35
Figura 3 – Mapa de Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Preto.....	37
Figura 4 – Mapa de Declividade da bacia hidrográfica do rio Preto – MA.....	39
Figura 5 – Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Preto – MA.....	43
Figura 6 – Comparativo entre a Normal Climatológica de precipitação estabelecida entre os anos de 1981 – 2010 e a precipitação observada durante o ano de 2020.....	44
Figura 7 – Comparativo entre a Normal Climatológica de temperatura máxima estabelecida entre os anos de 1981 – 2010 e a temperatura máxima observada durante o ano de 2020.....	45
Figura 8 – Comparativo entre a Normal Climatológica de temperatura mínima estabelecida entre os anos de 1981 – 2010 e a temperatura mínima observada durante o ano de 2020.....	46
Figura 9 – Drenagem dentrítica.....	47
Figura 10 – Rio Preto.....	47
Figura 11 – Mapa de drenagem (Hierarquia fluvial) da bacia hidrográfica do rio Preto – MA.....	48
Figura 12 – Plantio de batata doce no município de Urbano Santos.....	50
Figura 13 – Cultivo de soja.....	52
Figura 14 – Eucalipto no município de Urbano Santos	54
Figura 15 – Formações pioneiras, vegetação com influência marinha (Restinga) identificada no município de Belágua.....	55
Figura 16 – Campo Cerrado (A) e Campo Cerrado queimado (B) no município de Chapadinha.....	56
Figura 17 – Mapa de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.....	57

Figura 18 – Queimada em povoado no município de Urbano Santos.....	60
Figura 19 – Mapa de densidade de queimadas na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.....	61
Figura 20 – Mapa de áreas de interesse mineral na Bacia Hidrográfica no rio Preto – MA.....	67
Figura 21 – Mapa de descarte irregular de lixo na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.....	69
Figura 22 – Piscicultura no município de Urbano Santos.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrições das atividades impactantes.....	29
Quadro 2 – Classificação e características dos solos presentes na BHRP.....	42

LISTA DE SIGLAS

BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Preto
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
UFs	Unidades Federativas
ZEE/MA	Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão.
AGEITEC	Agência Embrapa de Informação e Tecnologia
BDQUEIMADAS	Banco de Dados de Queimadas
QGIS	Quantum Gis
MDE	Modelo Digital de Elevação
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral	19
2.2 Específicos	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 Geodiversidade: reflexões epistemológicas	19
3.2 A bacia hidrográfica como análise da geodiversidade	20
3.3 Análise da paisagem e geodiversidade	22
4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	24
4.1 Procedimentos Cartográficos	25
4.1.1 Mapa de Localização	25
4.1.2 Mapas de Geologia, Geomorfologia e Solos	25
4.1.3 Mapa de Drenagem	26
4.1.4 Mapa de Declividade	26
4.1.5 Mapa de uso e cobertura da terra	27
4.1.6 Mapa de densidade de queimadas	27
4.1.7 Mapa de áreas de interesse mineral	28
4.1.8 Mapa de descarte irregular de lixo	28
4.2 Metodologia para avaliação das perturbações ambientais na BHRP	29
4.3 Trabalho de campo	32
5 RESULTADO E DISCUSSÕES	33
5.1 Caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Preto	33
5.1.1 Geologia	33
5.1.2 Geomorfologia	37

5.1.3 Declividade	39
5.1.4 Solos	41
5.1.5 Clima.....	45
5.1.6 Rede de Drenagem.....	47
5.2 Análise do uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do rio Preto	50
6 AVALIAÇÃO DAS PERTURBAÇÕES AMBIENTAIS NA BHRP	59
6.1 Impacto das queimadas.....	60
6.2 Impacto do cultivo de soja e a utilização de agrotóxicos	63
6.3 Impactos da produção de carvão vegetal	65
6.4 Impactos da extração de minério	66
6.5 Impactos do descarte irregular de lixo	69
6.6 Impactos do uso e ocupação da terra indevido em APPs.....	71
6.7 Impactos da pastagem	72
6.8 Impactos da piscicultura	72
7 CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

A geodiversidade em geral pode ser definida como a diversidade, ou seja, a variedade de processos ou elementos de cunho abiótico presentes na natureza. Em base, a geodiversidade não recebe tanta atenção do meio científico quanto a biodiversidade, por exemplo, porém entende-se que é de extrema importância o conhecimento desses processos e elementos atuantes no mesmo.

Nesse sentido, entende-se a necessidade de se analisar a geodiversidade de determinada área a fim de melhor compreender seu contexto abiótico, seja ele geológico, geomorfológico, pedológico, climático, hidrológico, entre outros, com o intuito de auxiliar no conhecimento sobre determinada área. Assim, o trabalho apresentado a seguir diz respeito a uma análise de fatores característicos da bacia hidrográfica do rio Preto, situada no Nordeste do Estado do Maranhão, com o objetivo de diagnosticar a geodiversidade e correlacionar com o uso e ocupação da bacia do rio Preto-MA.

Entender a dinâmica da geodiversidade, ou seja, a geologia, geomorfologia, solos e demais atributos ambientais de determinada área de estudos, sempre foi o auge para a geografia física, onde se teve um intenso investimento objetivando identificar tal área, analisar a região em que a mesma está inserida, além de buscar entender os elementos que compõem esse espaço, compreendendo a geodinâmica que sempre está à procura de um equilíbrio (LIMA et al., 2017).

A escolha da área da bacia hidrográfica do rio Preto se justifica devido à tentativa de amenizar essa falta de estudos existentes, principalmente no âmbito da geodiversidade, uma linha de pesquisa recente em relação às Geociências estudadas no Brasil. As identificações geoambientais que serão determinadas no presente estudo mostrar-se-ão de grande importância não somente para abranger o conceito de geodiversidade em geral, mas também na elaboração de políticas públicas acerca de fatores que a envolvem, sendo esses: possíveis potencialidades de recursos naturais presentes na área; atividades agrícolas que ameaçam, tanto a geodiversidade como a biodiversidade; as vulnerabilidades sociais e ambientais; entre outros fatores.

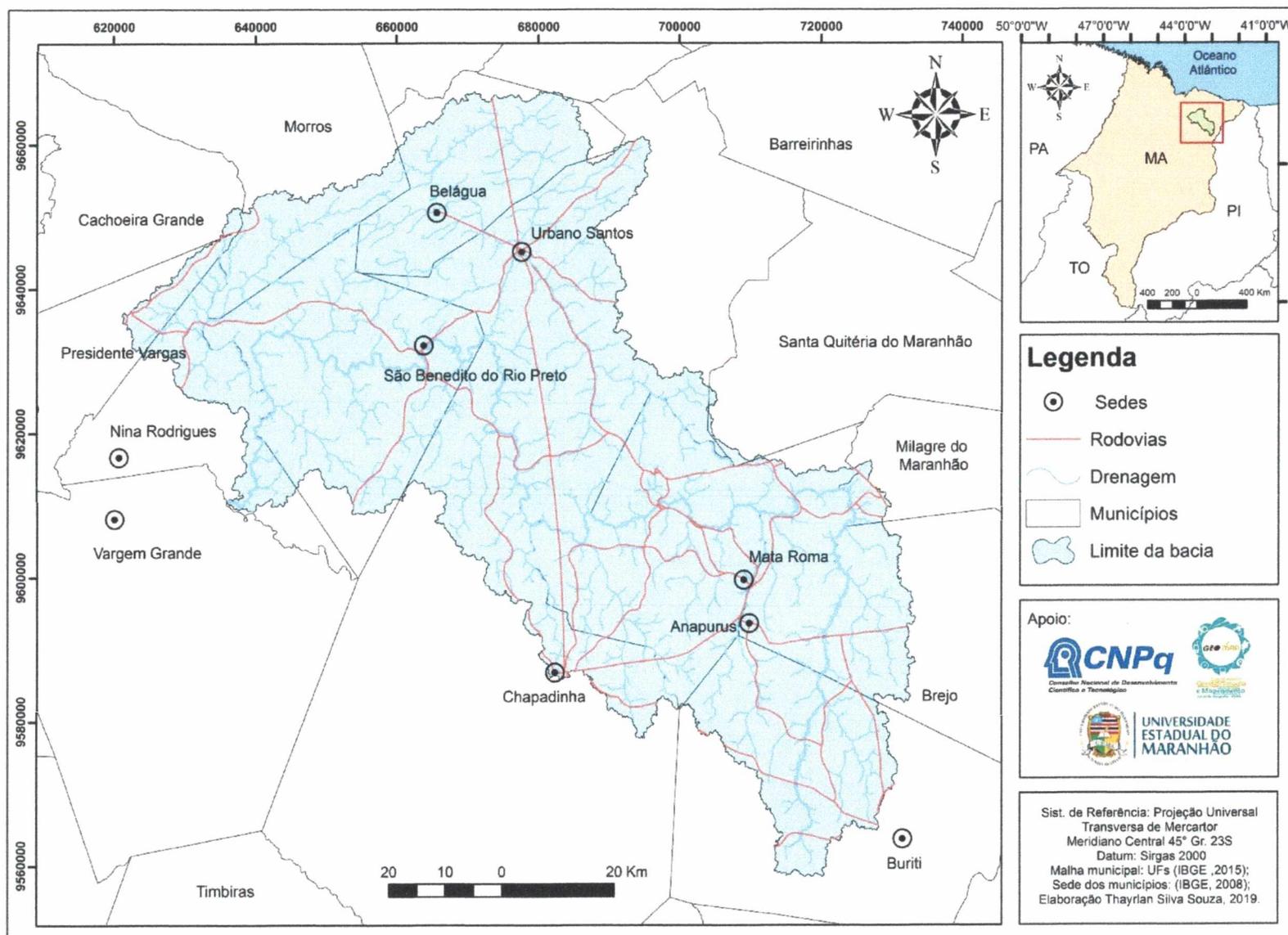
A bacia hidrográfica do rio Preto-MA está situada em 14 municípios maranhenses. Desses, 10 pertencem à Mesorregião Leste Maranhense: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Buriti, Brejo, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do rio Preto, Milagres do Maranhão, Santa Quitéria do Maranhão — com exceção desse último, os demais pertencem à Microrregião de Chapadinha (Figura 1).

Os parâmetros de uso e ocupação da bacia também serão abordados de modo a focalizar em suas correlações com os aspectos ambientais da mesma. Ressalta-se que o uso da terra é entendido, segundo Bossard; Feranec; Otahel (2000, p. 15), como a “função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica.” É importante frisar, ainda, que um grave problema concernente ao uso da terra está relacionado ao seu uso inapropriado, pois esta inadequação pode intensificar vários problemas ambientais, dentre eles: os processos de erosão, fragmentação de habitat, devastação da cobertura vegetal nativa e secundária, dentre outros.

Dessa forma, surgem as perturbações geoambientais que causam impactos ambientais significativos nesta região. Neste trabalho, serão discutidos os impactos das queimadas (perda da biodiversidade, desequilíbrio ambiental), impactos do cultivo de soja e utilização de agrotóxicos (supressão da cobertura vegetal, presença de substâncias tóxicas), impactos do cultivo de eucalipto (supressão da vegetação, desertificação), impactos da produção de carvão vegetal (desmatamento, emissão de gases para a atmosfera), impactos da extração de minérios (poluição atmosférica e danos aos recursos hídricos), impactos do descarte irregular de lixo (contaminação do solo e poluição dos corpos d’água), impactos do uso e ocupação indevidos em APPs (desmatamento da mata ciliar), impactos da pastagem (desmatamento para a revegetação através de queimadas) e impactos da piscicultura.

O presente trabalho encontra-se estruturado nos seguintes itens: introdução; objetivos; fundamentação teórica — subdividida em geodiversidade: reflexões epistemológicas, a bacia hidrográfica como análise da geodiversidade e análise da paisagem e geodiversidade; procedimentos metodológicos; resultados e discussões: caracterização geoambiental; análise do uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Rio Preto; avaliação das perturbações ambientais; e considerações finais.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Preto – MA.



2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Analisar a Geodiversidade e correlacionar com o uso e ocupação da bacia do rio Preto-MA.

2.2 Específicos

- Caracterizar os parâmetros físicos da bacia hidrográfica do rio Preto;
- Realizar o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do rio Preto;
- Correlacionar os aspectos físicos com o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do rio Preto.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Geodiversidade: reflexões epistemológicas

Como muitas das áreas da geografia física, a geodiversidade possui muitas definições, que foram apresentadas por diversos autores com o passar dos anos. Pode-se dizer que esse termo vem da necessidade de se ter uma expressão que englobasse os componentes abióticos do meio natural, contrapondo-se a biodiversidade que engloba o meio biótico.

Embora os conceitos de geodiversidade sejam menos conhecidos do grande público que os de biodiversidade, esta é dependente daquela, conforme afirmam Silva et al. (2008a, p. 12):

A biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e o clima, contribuem para a formação dos solos, disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra. Em síntese, pode-se considerar que o conceito de geodiversidade abrange a porção abiótica do geossistema (o qual é constituído pelo tripé que envolve a análise integrada de fatores abióticos, bióticos e antrópicos).

Muitos autores da área entram em acordo em relação à definição da geodiversidade, tratando-a em geral como a diversidade natural de rochas, minerais, fósseis, acidentes geográficos, sedimentos e solos, juntamente com os processos naturais que os formam.

Segundo Brilha (2005), a geodiversidade é resultado de uma multiplicidade de fatores e das relações complexas existentes entre eles. Já outros autores levam em consideração fatores bióticos e antrópicos na definição do mesmo termo.

Segundo Nieto (2001), a geodiversidade pode ser conceituada como o número e variedade de estruturas, formas e processos geológicos que constituem o substrato de uma região, sobre as quais está inserida a atividade biótica, incluindo a antrópica.

No contexto brasileiro, há uma simultaneidade em relação ao pensamento internacional, com foco direcionado para o planejamento territorial, porém os estudos voltados para a geoconservação não são tão considerados (SILVA et al., 2008a).

Para Veiga (2006), a geodiversidade expressa as particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais. Nesse mesmo contexto, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) define geodiversidade como:

O estudo da natureza abiótica constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (SILVA, 2008, p. 264).

Autores como Xavier da Silva e Carvalho Filho (2001) apresentam definições diferentes da maioria dos autores nacionais e internacionais, definindo geodiversidade a partir da variabilidade das características ambientais de uma determinada área geográfica.

3.2 A bacia hidrográfica como análise da geodiversidade

Segundo Tucci (1993), citado por Duarte *et al.* (2007), a bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela é uma área de captação natural da água da precipitação que faz os escoamentos convergirem para um único ponto de saída, seu exutório. Compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. Esse mesmo autor trata a bacia como um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo seu exutório, levando em consideração: as perdas intermediárias, os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente.

A análise da Geodiversidade de um determinado ambiente deve levar em consideração que o mesmo apresente características abióticas variadas em sua paisagem, ou seja, diferentes tipos de rochas, minerais, solos, entre outros.

Em si, a bacia hidrográfica pode ser considerada um ambiente onde essa variedade abiótica se encontra em grande quantidade, seja no contexto geológico, geomorfológico, hídrico e climático. Nesse sentido, esses aspectos influenciarão em consequentes diagnósticos positivos ou negativos sobre a bacia, seja relacionado à própria degradação geoambiental, ou à má gestão dos recursos proporcionados pela mesma.

Quanto à caracterização geológica, Guimarães (2012, p.19) afirma que:

As características geológicas da bacia condicionam o tipo de solo presente e consequentemente a distribuição e o movimento da água na bacia. O regime de escoamento da bacia, em igualdade de outros fatores, é tanto mais constante quanto maior for a permeabilidade dos seus solos e formações geológicas (porque é favorecido o armazenamento nos aquíferos) e, pelo contrário, mais irregular, quando a permeabilidade é baixa. As características dos solos que mais condicionam o movimento da água na bacia são as suas capacidades de infiltração e de retenção.

Nesse sentido, entende que a análise da geologia e suas atribuições podem chegar a conclusões a respeito dos processos que ocorrem fora do contexto da mesma mediante a ação de agentes geológicos.

Já o contexto geomorfológico possui uma grande importância para se realizar essa caracterização da variabilidade abiótica. O relevo terrestre, um objeto de estudo assim como a geologia para se chegar a um diagnóstico da geodiversidade de uma determinada área, também engloba não somente fatores relacionados ao mesmo, mas também toda uma cadeia de acontecimentos que influencia em diversas outras áreas da Geografia Física.

Para Jatobá e Lins (1998), *apud* Moura e Sousa (2014, p.69),

O relevo terrestre é um importante componente do quadro natural e seus aspectos físicos particulares, condicionam a distribuição dos solos, da vegetação e até mesmo algumas características climáticas locais. O relevo participa na determinação das possibilidades de aproveitamento dos recursos hídricos, das jazidas minerais e do espaço para os diversos usos do solo pela humanidade.

Em consonância com essa concepção, Guimarães (2012, p.13) expõe:

O relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre fatores meteorológicos e hidrológicos. Por um lado, o relevo influencia a precipitação, temperatura e evapotranspiração, que são dependentes da altitude. Por outro lado, o relevo influencia a velocidade do escoamento superficial que é dependente do declive da bacia.

Desta forma, entende-se que a geologia e a geomorfologia incorporam um importante papel para a geodiversidade, conforme salientam Moura e Sousa (2014, p.69):

Analisar a litologia e a geomorfologia numa bacia hidrográfica tem importante justificativa, pois estes aspectos influenciam diretamente no tipo de uso e ocupação da mesma, bem como determina os tipos de manejo que devem ser realizados na bacia, para que o uso esteja sempre alinhado com a conservação dos recursos naturais ali existentes.

O clima, como um dos componentes analíticos da geodiversidade, também está extremamente ligado à bacia hidrográfica, onde essa ligação, segundo Brilha (2005), corresponde à paisagem natural. Segundo o mesmo autor, “a presença de água no estado líquido é um fator determinante na alteração das rochas à superfície terrestre.” (BRILHA, 2005, p.25). Assim, o ambiente de uma bacia hidrográfica vem a ser um “palco” para a ação desses agentes.

A análise hidrológica, de cobertura vegetal, clima, entre muitos outros aspectos, fomenta a ideia do quão extenso pode ser um estudo da geodiversidade. A bacia hidrográfica e seus processos correlacionam-se uns com os outros, gerando processos terciários, como, por exemplo, o forte condicionamento da infiltração e escoamento na bacia, que estão associados à cobertura vegetal e uso do solo da mesma.

A consideração do cobertor vegetal da bacia e do uso do solo, fatores que condicionam fortemente o escoamento e a infiltração, tem também grande importância na análise do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. Assim, por exemplo, a presença de florestas favorece a infiltração e reduz a velocidade do escoamento superficial, enquanto que, pelo contrário, um solo coberto com culturas anuais apresenta menor infiltração de água no solo e maior velocidade do escoamento (GUITMARÃES, 2012, p.19).

3.3 Análise da paisagem e geodiversidade

A paisagem, quando se fala no campo de análise geográfica, relaciona diversos aspectos que devem ser considerados para se proceder uma relação com a mesma ciência. Corrêa (1995) afirma que o conceito de Paisagem consiste em uma das categorias de análise mais relevantes no âmbito da ciência geográfica (em conjunto com os termos Espaço, Região, Território e Lugar). Tornando sua análise tão importante quanto a de ambas.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013, p. 40) colocam que a análise paisagística “permite conhecer e explicar a paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais como sistemas manejáveis e administráveis”.

Já de acordo com Gorayeb e Pereira (2014, p.12), “a paisagem, com sua estrutura e processos funcionais, pode ser sentida, observada e analisada sob diferentes ângulos, envolvendo aspectos perceptivos, sensoriais e cognitivos”. Assim, a paisagem é tudo aquilo que está ao nosso redor, podendo, deste modo, estar diretamente relacionada com uma localidade ou região.

A geodiversidade, tendo o meio abiótico como objeto, é uma peça fundamental e de grande importância para a paisagem. A paisagem, sendo uma das classes onde mais serão usadas a observação e descrição por parte do geógrafo, necessita da geodiversidade para uma melhor compreensão e precisão de seu objeto de estudos.

Julyard (1965), seguindo essa linha de raciocínio, coloca que a paisagem é um dos conceitos mais significativos da Geografia, pois diz respeito à interação dos aspectos físicos, biológicos e humanos de uma estabelecida área.

Algumas ciências, em específico a geologia, mostrou ter um grande interesse quando se fala no estudo da paisagem. Nesse sentido, a mesma realiza uma análise segmentada da paisagem geográfica que desembocaria no estudo da paisagem do meio físico ou, segundo alguns autores, da paisagem geomorfológica, aproximando geólogos, geomorfólogos, pedólogos e “geógrafos físicos” em um interesse único de análise integrada do meio físico (DANTAS *et al.*, 2015).

No contexto brasileiro, a análise da paisagem é procedida a partir de metodologias apresentadas por órgãos, para se obter um melhor resultado.

Segundo Dantas *et al.* (2015 p.9-10), o Serviço Geológico do Brasil afirma que se deve analisar as diversas variáveis do meio abiótico que constituem a paisagem do meio físico para se proceder um estudo de geodiversidade, sendo essa análise procedida de acordo com um conjunto de parâmetros, conforme proposto pelo SGB.

A respeito da análise Geológica:

A Geologia deve ser analisada de acordo com: a gênese das rochas; a similaridade das unidades litológicas; a composição mineralógica das rochas (grau de vulnerabilidade ao intemperismo físico, químico e biológico); a caracterização das formações superficiais; e o condicionamento estrutural das rochas (fraturas; dobras e falhas).

Sobre a Geomorfologia, o mesmo afirma que:

A Geomorfologia, por sua vez, deve ser analisada de acordo com: a gênese das formas do relevo; o grau de dissecação do relevo; a amplitude de relevo; a geometria das vertentes e topos; a declividade; e a vulnerabilidade frente aos processos erosivos deposicionais (DANTAS *et al.*, 2008 *apud* DANTAS *et al.*, 2015 p.9).

A respeito da análise da Pedologia:

A Pedologia deve ser analisada de acordo com: a gênese dos solos e processos pedogenéticos (classes de solos); química dos solos (fertilidade); física dos 10 solos (profundidade, textura, densidade, condições de drenagem, erodibilidade); morfologia dos solos (estrutura e arranjo das partículas) e aptidão ou capacidade de uso das terras.

E, por fim, mas não menos importante, a análise da Hidrologia e a Climatologia, as quais devem ser analisadas de acordo com: a dinâmica atmosférica regional (classificação climática); a distribuição espacial da pluviosidade e temperatura; o balanço hídrico; a infiltração e o escoamento da água no solo; a água subterrânea.

Outro parâmetro de grande importância da relação da paisagem com a geodiversidade é a geoconservação, onde ainda se tem pouca visibilidade dos órgãos governamentais. A atividade de exploração de recursos naturais tem cada dia mais chamado a atenção deste tipo de conservação. Nesse contexto, Brilha (2005) afirma que, quando não são implementadas estratégias minimizadoras dos impactos que afetam de modo negativo a paisagem natural da região onde estão implantadas essas atividades de exploração, se tem uma ameaça eminente à geodiversidade.

4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A utilização de métodos para uma melhor compreensão do que está sendo estudado é essência para o desenvolvimento de uma pesquisa. Nesse sentido, usar desses métodos compreenderá um processo de observações, análises, pesquisas empíricas (trabalho de campo) e resultados que contribuirão para um melhor entendimento da área estudada.

A aplicação de metodologias que sejam compatíveis com a área de estudos, ou seja, as bacias hidrográficas, é de extrema importância, usando de técnicas para um melhor resultado.

Soares (2018, p.37) expõe que a orientação metodológica não é o fim de quaisquer que sejam os trabalhos científicos. Ela deve ser passível de um encadeamento de técnicas adequadas para que sejam alcançados resultados coerentes e coesos com as necessidades da pesquisa e do conjunto ambiental pesquisado.

Sendo assim, no processo de execução do projeto, realizou-se um minucioso trabalho de gabinete utilizando-se de livros, artigos científicos, monografias, relatórios, manuais técnicos e teses, com o intuito de se ter uma melhor fundamentação teórica sobre o objeto estudado. “A revisão de literatura resultará do processo de levantamento e análise do que já foi publicado sobre o tema e o problema de pesquisa escolhidos. Permitirá um mapeamento

de quem já escreveu e o que já foi escrito sobre o tema e/ou problema da pesquisa” (SILVA; MENEZES, 2001, p.37).

No processo de desenvolvimento dos mapas referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Preto, utilizaram-se como ferramenta os softwares ArcGIS 10.2.2 (Licença: EFL999703439) e QGIS 2.18.6 para a produção da base cartográfica do presente trabalho, sendo descrito esse procedimento a seguir; e o SPRING 5.5.2, sendo este último utilizado para vetorização da área de estudo.

Vale ressaltar que para a execução do presente trabalho, utilizou-se de uma escala multivariada, levando em consideração o fato de que para cada tema da Geodiversidade, se faz necessário uma escala específica que melhor apresente o que se quer evidenciar.

4.1 Procedimentos Cartográficos

4.1.1 Mapa de Localização

No processo de desenvolvimento do mapa de localização, foram utilizados arquivos *shapefiles* compatíveis com o software ArcGIS 10.2.2, sendo usado o das UFs (unidades federativas), dos municípios maranhenses, do contorno da bacia, da drenagem e das cidades ponto, encontrando-se ambos nos bancos de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4.1.2 Mapas de Geologia, Geomorfologia e Solos

Em geral, após a obtenção dos vetores de geologia, solos e geomorfologia por meio de *download* nos sites do ZEE-MA/CPRM, realizou-se a importação dos mesmos para o ambiente de trabalho do ArcGIS para efetuar os procedimentos de reprojeção e recorte dos planos de informação para o limite da área de pesquisa, para este último procedimento, utilizou-se a ferramenta *Clip*, por conseguinte, procedeu-se a etapa de produção dos mapas temáticos.

No mapeamento dos aspectos geoambientais, utilizou-se o relevo sombreado, folhas nº 03S45_RS e 03S43RS, como plano de fundo nos mapas temáticos de geologia, geomorfologia e solos, objetivando-se ilustrar a fisionomia e textura do relevo da área-objeto. Esses dados estão disponíveis no site do TOPODATA/INPE no endereço eletrônico: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>.

❖ Mapa de Geologia: Na produção do mapa de formação Geológica, além dos *shapefiles* “universais” (UFs, municípios maranhenses, contorno da bacia etc.), utilizou-se

também o arquivo contendo a divisão das unidades litoestratigráficas da BHRP, são elas: Formação Codó, Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras, Depósitos Eólicos Continentais Antigos e Depósitos Aluvionares. Esses dados vetoriais de geologia utilizados da CPRM estão em uma escala de 1:000.000 e encontram-se disponíveis para *download* no site: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>.

❖ Mapa de Geomorfologia: Na confecção do mapa de Geomorfologia, além dos arquivos “universais” (UFs, municípios maranhenses, contorno da bacia etc.), também foi utilizado o vetor de geomorfologia da área de estudo, no qual continha a divisão das unidades geomorfológicas: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros Sub-Litorâneos ou Tabuleiros de Chapadinha. Essa base de dados do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA), do tipo *shapefiles*, está disponível no site: <<http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados>> em uma escala de 1:1000.000.

❖ Mapa de Solos: Na elaboração do mapa de solos, além dos arquivos *shapefiles* “universais” (UFs, municípios maranhenses, contorno da bacia etc.), utilizou-se também o arquivo contendo a divisão das classes de solos: Latossolos Amarelos (LA), Neossolos Quartzarênicos (RQ), Argissolos Vermelho-Concrecionários (PVC), Plintossolos Pétricos (FF) e Plintossolos Argilúvicos (FT). Essa base de dados do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA), do tipo *shapefiles*, está disponível no site: <<http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados>> em uma escala de 1:1000.000.

Vale ressaltar que, por questões de clareza na interpretação visual das cores que representam as unidades geológicas, não se adotaram as cores preceituadas pela CPRM (2012). A mesma situação se aplica aos mapas de unidades geomorfológicas e classes de solo, pois as cores correspondentes às unidades e classes também dificultam a distinção visual.

4.1.3 Mapa de Drenagem

Na produção do mapa de drenagem (hierarquia fluvial), utilizou-se um arquivo *shapefiles* da BHRP disponibilizado pelo orientador do projeto, no qual continha atributos que classificavam hierarquicamente a rede de drenagem da bacia. Tal arquivo foi trabalhado no ambiente do ArcGIS 10.2.2, juntamente com os *shapefiles* dos municípios maranhenses e do limite da bacia.

4.1.4 Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi desenvolvido através do modelo digital de elevação (MDE). No mapa, foram identificadas duas classes de relevo, a metodologia utilizada para a mensuração das classes de declividade foi adaptada de Lepsch et al (1991). Foi definido como relevo Plano (<2%), Suavemente Ondulado (2% - 5%), Ondulado (5 - 10%), Moderadamente Ondulado (10 - 15%), Forte Ondulado (>35%).

4.1.5 Mapa de uso e cobertura da terra

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra, recorreu-se ao método de edição vetorial das classes de uso. Esse procedimento foi realizado com o emprego do SPRING *software* desenvolvido pelo INPE. Para esse processamento, realizou-se, primeiramente, a importação das imagens recortadas e reprojatadas para o ambiente de trabalho do SPRING, logo depois se utilizaram das ferramentas *criar linha/ criar linha fechada*, para criar os desenhos dos polígonos de acordo com cada classe identificada na imagem orbital, em seguida, usaram-se das ferramentas *ajustar e poligonizar*, para que o programa ajustasse e reconhecesse os polígonos desenhados, posteriormente, classificaram-se os polígonos de acordo com as classes temáticas já criadas no *modelo de dados*, utilizando a ferramenta *classes*, na qual se tinham como classes de uso e cobertura as seguintes opções: área urbana, área de eucalipto, área de soja, cobertura vegetal, solo exposto e formação pioneira.

Em seguida, após a realização deste procedimento em todas as classes observadas na bacia, salvou-se o arquivo vetorizado em formato *shapefiles* e importou-se o mesmo para a área de trabalho do ArcGIS. Nesta etapa, inseriram-se os outros arquivos *shapefiles* “universais” (UFs, municípios maranhenses, contorno da bacia etc.).

É importante ressaltar que as classes utilizadas no processo de mapeamento do uso e cobertura da terra na BHRP (área soja, área de eucalipto, área urbanizada, cobertura vegetal, paleodunas, corpo d’água e solo exposto), assim como as cores representativas das classes, estão baseadas na classificação adotada pelo Projeto Terra Class Cerrado (2013), entretanto, foram realizadas adaptações para o presente trabalho.

4.1.6 Mapa de densidade de queimadas

Para o mapeamento da densidade de queimadas, foram adquiridos no banco de dados do INPE (BDQUEIMADAS), em formato *shapefile*, os focos de queimadas, disponível para download no site: estas informações são disponibilizadas diariamente para o domínio público. O *download* dos focos de calor se deu referente ao bioma Cerrado pertencente ao

Maranhão, onde se utilizou um intervalo de tempo de um ano, especificamente do ano de 2020, das 00:00h a 23:59h do primeiro dia do ano, até 00:00h a 23:59h do último dia. Tais dados de focos de calor foram obtidos a partir de todos os satélites disponíveis no momento da exportação, dentre eles: AQUA, TERRA MANHÃ, TERRA TARDE, AQUA MANHÃ, GOES-13, GOES-16; NOAA-15 NOITE, NOAA-15 MANHÃ, NOAA-18 TARDE, NOAA-18 MANHÃ, MSG-3; METOP-B, METOP-C, NOAA-19 TARDE, NOAA-19 MANHÃ, NOAA-20, NPP-375.

Obtidos os dados vetoriais, procedeu-se a importação dos mesmos para o ambiente de trabalho do QGIS para a realização da reprojeção e recorte dos vetores para o limite da bacia. Esses focos processados na etapa anterior foram a base para a geração do mapa de densidade de focos de queimadas, a partir da função Mapa de Calor.

4.1.7 Mapa de áreas de interesse mineral

No desenvolvimento do Mapa de áreas de interesse mineral, foram utilizados arquivos *shapefiles* compatíveis com o software QGIS 2.18.6, sendo usado o das UFs (unidades federativas), dos municípios maranhenses, do contorno da bacia, e o da área com alta potencialidade mineral, obtidas junto ao CPRM. Para preenchimento das demais áreas, foi utilizado o relevo sombreado, folhas nº 03S45_RS e 03S435RS, como plano de fundo. Esses dados estão disponíveis no site do TOPODATA/INPE no endereço eletrônico: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>.

4.1.8 Mapa de descarte irregular de lixo

Para a produção do mapa de descarte irregular de lixo também se utilizou o software QGIS 2.18.6, no qual se juntaram dados tabulados no Excel sobre descarte irregular de lixo por domicílio (domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade, domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade, domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro, domicílios particulares permanentes com lixo em rio, lago ou mar, e domicílios particulares permanentes com outros destinos do lixo), a tabela de atributos do limite da bacia por municípios, onde apenas se categorizou em baixo, médio e alto.

Sendo esse tipo de esgotamento sanitário do banheiro ou sanitário do domicílio particular permanente classificado, segundo IBGE (2011, p.23), como:

- **Rede geral de esgoto ou pluvial** - quando a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada;
- **Fossa séptica** - quando a canalização do banheiro ou sanitário estava ligada a uma fossa séptica, ou seja, a matéria era esgotada para uma fossa próxima, onde passava por um processo de tratamento ou decantação, sendo, ou não, a parte líquida conduzida em seguida para um desaguadouro geral da área, região ou município;
- **Fossa rudimentar** - quando o banheiro ou sanitário estava ligado a uma fossa rústica (fossa negra, poço, buraco, etc.);
- **Vala** - quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a uma vala a céu aberto;
- **Rio, lago ou mar** - quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a rio, lago ou mar; ou
- **Outro** - quando o esgotamento dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, não se enquadrasse em quaisquer dos tipos descritos anteriormente.

4.2 Metodologia para avaliação das perturbações ambientais na BHRP

Para a criação do índice de perturbações ambientais na Bacia Hidrográfica do rio Preto, recorreu-se à metodologia proposta por Silva e Morais (2016), que fora desenvolvida a partir dos princípios do *Karst Disturbance Index (KDI)*, de Van Beynen e Townsend (2005), que mede os fatores de perturbação ambientais no carste, considerando o grau de interferência antrópica. Para isso, adaptou-se tal metodologia para analisar as perturbações ambientais da BHRP, de modo que se determinaram atividades impactantes (queimadas, cultura de soja, cultura de eucalipto, produção de carvão, extração de minerais, construção de moradias, descarte de lixo, uso e ocupação da terra indevido em APPs, pastagem e piscicultura), como indicadores, no qual atribuiu-se a cada um uma nota de 0 a 3, baseando-se na extensão da gravidade do impacto, obtida na análise. A nota 0 significa que não há perturbações antrópicas, enquanto a nota 1 é concedida quando se têm alterações leves, a nota 2 é atribuída às alterações graves, e a nota 3 a casos de perturbações irremediáveis. O quadro 1 descreve tais atividades.

Quadro 1 – Descrições das atividades impactantes.

AÇÕES	DESCRIÇÕES
Queimadas	As queimadas podem gerar riscos ambientais graves devido ao tamanho da área que elas podem alcançar. Na

	tentativa de minimizar os impactos, as queimadas legalmente só podem ser realizadas, caso sejam autorizadas pelos órgãos ambientais competentes. (IMESC, 2019, p.4).
Cultivo de soja	A soja é uma das culturas que melhor se adapta ao sistema plantio direto, sendo a principal cultura para compor os sistemas de rotação lavoura- -pastagem, não só devido a aspectos econômicos, mas, também, por ser eficiente fixadora de nitrogênio atmosférico (KLUTHCOUSKI & STONE, 2003).
Cultivo de Eucalipto	O eucalipto é utilizado como matéria-prima para produção de celulose. O reflorestamento de eucalipto causa desertificação, degradando principalmente as áreas de cerrado, causando extinção de espécies. Outros impactos ambientais causados são: a retirada de água do solo, tornando o balanço hídrico deficitário; o empobrecimento de nutrientes no solo, bem como seu ressecamento. (VIANA, 2004).
Produção de carvão vegetal	Para a produção de carvão vegetal, e conseqüentemente geração de energia, a biomassa, residual ou não, passa pelo processo de carbonização. Comumente, quase a totalidade dos gases produzidos durante esse processo são diretamente lançados na atmosfera (ENCARNAÇÃO, 2001 <i>apud</i> CEMIM, 2010, p.2).
Extração de minério	A principal forma de extração mineral no Brasil ocorre por meio das minas a céu aberto. Sua instalação inicia com o desmatamento da região a ser lavrada e a retirada de todo o solo fértil. Como esse solo normalmente possui baixo teor de minério, ele é contraditoriamente chamado de “estéril” pelas mineradoras. Esse estéril é, então, acumulado em grandes pilhas. Na maior parte dos projetos de grande escala, em seguida, inicia-se o processo de extração; que envolve cortes em blocos de dimensão padronizada e confere à mina a aparência de um poço dotado de enormes plataformas em degraus (MILANEZ, 2017, p.94).
Construção de moradias	Outro fator que acaba provocando áreas degradadas é a disposição dos resíduos gerados durante a execução das obras. Estes resíduos, se dispostos de maneira inadequada devido à falta de efetividade ou à inexistência de políticas públicas que orientem e disciplinem a sua destinação no meio urbano (ROTH; GARCÍAS, 2009, p.119)
Descarte de lixo	O consumo cotidiano de produtos industrializados é responsável pela contínua produção de lixo. A produção de lixo nas cidades é de tal intensidade que não é possível conceber uma cidade sem considerar a problemática gerada pelos resíduos sólidos, desde a etapa da geração até a disposição final. Nas cidades

	brasileiras, geralmente esses resíduos são destinados a céu aberto (IBGE, 2006 <i>apud</i> MUCELIN; BELLINI, 2008, p.113).
Uso e ocupação da terra indevido em APPs	O desenvolvimento urbano propõe apropriações do espaço geográfico, assim como apropriação dos recursos naturais. Nesse sentido, as APPs passam a ser ocupadas de forma desordenada, causando inúmeros problemas ambientais urbanos como inundações, proliferação de doenças veiculadas a água, despejo de efluentes sanitários nos corpos hídricos, deslizamentos de terra, enchentes, alagamentos, dentre outros. (SILVA; SANTOS; GALDINO; 2016).
Pastagem	O sobrepastoreio pode ser reduzido através das taxas de lotação e remoção de obstáculos à mobilidade comum das pastagens da propriedade. E a degradação do solo pode ser limitada e revertida por métodos de conservação de solo e SSPs, tendo uma melhor gestão dos sistemas de pastejo (SOUZA, 2010; WÜST; TAGLIANI; CONCATO, 2015, p.4).
Pisicultura	A atividade de piscicultura tem potencial impactante negativo, podendo comprometer a qualidade da água e afetar a biodiversidade local, devido à liberação de nutrientes (nitrogênio e fósforo) provenientes da ração e dejetos dos peixes, associado ao uso de antibióticos e hormônios. Por isso a gestão de recursos pesqueiros se faz importante, uma vez que atualmente não vem assegurando o crescimento econômico da atividade simultaneamente à sustentabilidade do uso dos recursos (SOBRAL <i>et al.</i> , 2009 <i>apud</i> CARDOSO <i>et al.</i> , 2016, p.646).

Elaboração: Souza (2021).

Com os valores atribuídos para cada indicador, os mesmos foram somados e divididos pelo número total de indicadores, e depois divididos por 3, que é a nota máxima que cada indicador pode alcançar, sendo o resultado interpretado a partir da Tabela 1, onde quanto mais próximo de 1, maior será o grau de impacto.

Quando o indicador for considerado importante, mas com dados insuficientes para avaliá-lo em uma das quatro notas, atribui-se a variável LD “*Lack of Data*”, ou seja, falta de dados. O nível de confiabilidade será obtido a partir da soma das variáveis LDs, onde, para se calcular tal coeficiente, divide-se o número de LDs pelo número total de indicadores. Assim, quanto maior o valor, menor o coeficiente de confiabilidade. Valores com LD menores que 0,1 caracterizam alta confiança do índice, enquanto valores maiores que 0,4 sugerem

insuficiência de dados.

Tabela 1 - Classificação de perturbações ambientais.

Pontuação	Grau de Distúrbio
0.8 – 1	Altamente Perturbada
0.6 – 0.79	Moderadamente Perturbada
0.4 – 0.59	Perturbada
0.2 – 0.39	Baixo Impacto
0 – 0.19	Intacta

Fonte: Souza (2021) adaptado de Van Beynen e Townsend (2005).

4.3 Trabalho de campo

O trabalho de campo, em sua síntese, tem como objetivo demonstrar, checar e analisar parâmetros reais de áreas mapeadas, onde determinada escala permite um diagnóstico mais preciso do objeto de estudo.

Segundo Compiani e Carneiro (1993), *apud* Pereira e Souza (2007, p.3) o trabalho de campo desempenha na prática

Ilustrativa, cujo objetivo é ilustrar os vários conceitos vistos nas salas de aula; motivadora, onde o objetivo é motivar o aluno a estudar determinado tema; treinadora, que visa a orientar a execução de uma habilidade técnica; e geradora de problemas, que visa orientar o aluno para resolver ou propor um problema.

Nesta etapa da pesquisa, utilizou-se da observação direta dos elementos presentes no espaço, de modo que se realizou um minucioso reconhecimento da área de estudo, visando em seguida realizar uma análise da geodiversidade, relacionando-a em especial com a geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia, fazendo uma averiguação das informações já selecionadas nos materiais bibliográficos e cartográficos referentes à bacia hidrográfica do rio Preto-MA.

Nesta etapa de reconhecimento da área de estudo, usou-se de recursos icnográficos (fotográficos), registrando pontos de interesse para a pesquisa, além de conversas com moradores da área com o intuito de melhor compreender o uso do referido espaço.

Conforme Callai et al. (1988), *apud* Domingos e Dutra (2018, p.45) expõem:

Vale lembrar aqui que durante o tempo em que se desenvolve todo o processo do trabalho de campo (planejamento, execução, análises e relatórios), o professor deve ter a preocupação constante de situar a atividade que está sendo desenvolvida dentro do contexto dos objetivos pelos quais estão sendo desenvolvidas as tarefas. Isto é necessário para se evitar o “fazer pelo fazer” apenas.

No processo de execução do trabalho de campo, eram previstas três visitas à área de estudo, respectivamente nos anos de 2018, 2019 e 2020. De início, análises na área foram

realizadas entre os dias 14, 15 e 16 de setembro de 2018, nos municípios de São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Chapadinha e Belágua, onde se objetivou a ratificação principalmente de parâmetros relacionados às classes de uso da terra na BHRP.

No ano de 2019, por conta de determinados impedimentos, não se conseguiu efetuar a segunda parte da visita à área de estudo, onde se tinha como objetivo obter dados acerca de novos indicadores, como a pecuária extensiva, a intensiva e o pastoreio, por exemplo.

No ano de 2020, diante do cenário ocasionado pela pandemia provocada pelo vírus *Sars-Cov2/Novo corona vírus*, o âmbito desta pesquisa teve que tomar novos parâmetros a fim de se adaptar a tal realidade. O isolamento social, método mais eficiente contra o contágio do vírus, no caso de uma pesquisa de cunho científico como a presente, determinou o não cumprimento de algumas das atividades propostas para aquele ano, como a atualização das imagens.

É correto frisar que o não cumprimento de determinadas atividades no ano de 2020 não veio a comprometer o grau de confiabilidade do presente trabalho.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Preto

5.1.1 Geologia

O contexto geológico da bacia hidrográfica do rio Preto-MA consiste em cinco unidades litoestratigráficas: Formação Codó, Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras, Depósitos Eólicos Continentais Antigos e Depósitos Aluvionares (Tabela 2).

Tabela 2 - Unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Unidades litoestratigráficas	Sigla	Área em (km²)	Área em (%)
Depósitos Aluvionares	Q2a	252,27	4,82
Depósitos Eólicos Continentais Antigos	N34e	1.944,86	37,15
Formação Codó	K1c	12,05	0,23
Grupo Barreiras	N12b	1.381,93	26,39
Grupo Itapecuru	K12it	1.644,53	31,41
Total		5.235,64	100,00%

Fonte: CPRM (2012). Organização: Soares (2018).

A primeira, a Formação Codó, presente predominantemente no município de Nina Rodrigues, é a unidade que ocupa a menor área da BHRP, cerca de 0,23% ao oeste da mesma; é constituída, dominantemente, por folhelhos negros, argilitos calcíferos, pelitos, calcário e arenito com gipso de ambiente lagunar (LOPES; TEIXEIRA, 2013, p.25). Possui idade variando de 125 a 99 Ma (Período Cretáceo Inferior).

Já o Grupo Itapecuru, que corresponde a 31,41% da bacia, situado no meio oeste e sudoeste da mesma, é um conjunto de formações composto por variados tipos de rochas, como arenitos, argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em vários ambientes (fluvial, deltaico e lagunar). Possui idade variando de 90 a 93 Ma (Cretáceo Superior) (LOPES; TEIXEIRA, 2013, p.25). O mesmo se integra espacialmente nos municípios de: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Urbano Santos, Belágua, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues, Presidente Vargas e São Benedito do Rio Preto; tendo este último a maior parcela em quilômetros dos municípios no limite da bacia.

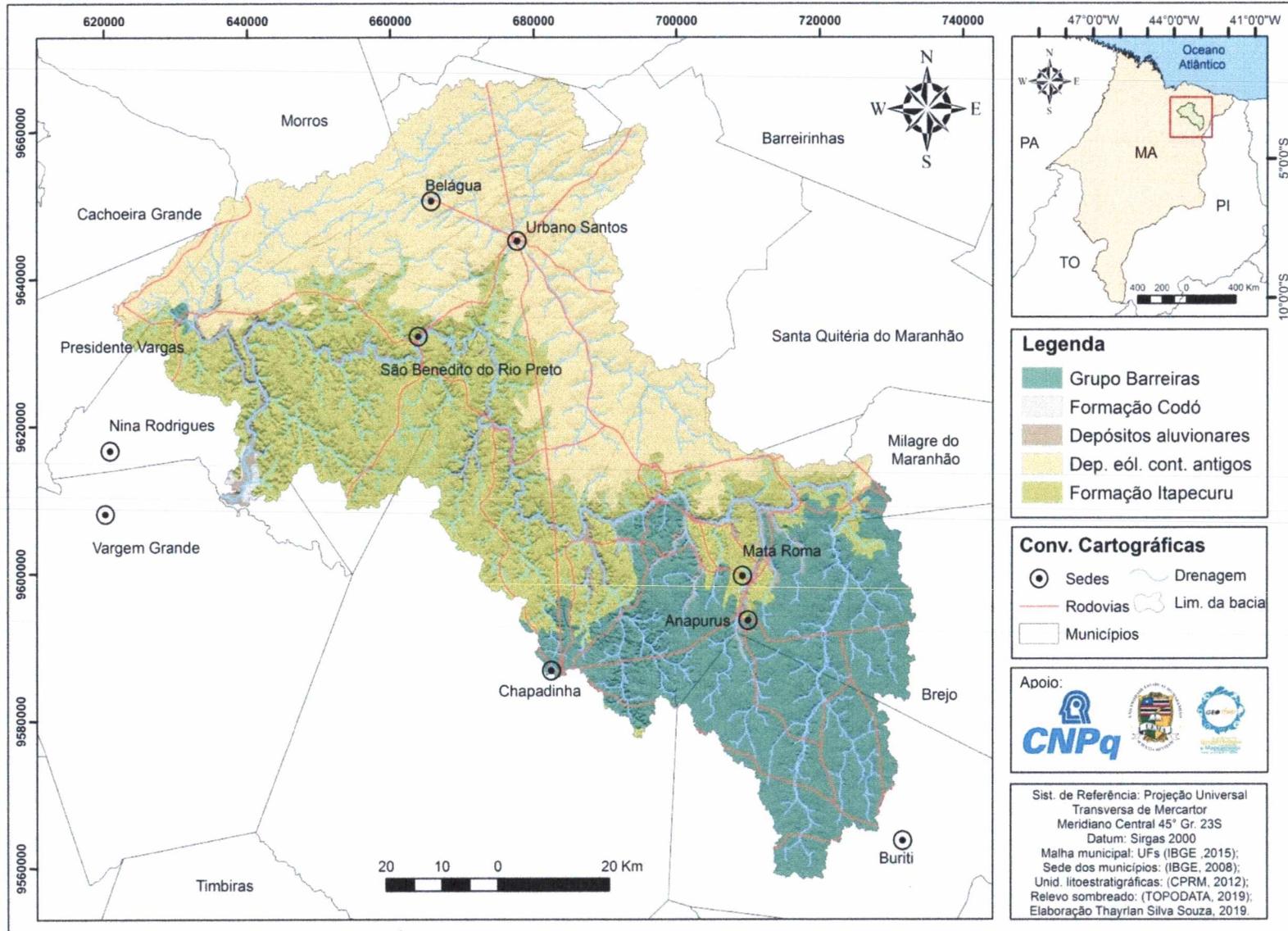
Os Depósitos Aluvionares são constituídos por areias e argilas que estão sendo transportadas e depositadas pelos rios e igarapés desde os últimos 10 mil anos (LOPES; TEIXEIRA, 2013, p.27). Na BHRP, esta unidade litoestratigráfica corresponde a 4,82% da área total, estando especializada nos municípios de Vargem Grande, Nina Rodrigues, Morros, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Chapadinha, Mata Roma, Anapurus, Buriti, Milagres do Maranhão e Brejo.

O Grupo Barreiras, correspondente a 26,39% da área de estudo, localizado predominantemente no sudeste da bacia. Morfologicamente, compreende uma superfície plana a suavemente ondulada, com pequeno caimento topográfico na direção da linha de costa. Mostra-se fracamente entalhada pela drenagem superficial, que isola as feições tabuliformes com pequenas amplitudes altimétricas entre os fundos dos vales e os interflúvios (LIMA; BRANDÃO, 2010, p.22). Em relação à escala de tempo geológica, compreende a era Mesozoica e possui idade variando de 90 a 93 Ma (Cretáceo Superior) (LOPES; TEIXEIRA, 2013, *apud* SOARES, 2018, p.65). Sua abrangência corresponde aos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues e Buriti.

E, por último, tem-se a unidade Depósitos Eólicos Continentais Antigos, caracterizada por compor campos de dunas fixas constituídos por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas e maduras. A formação desses Depósitos data desde o Pleistoceno Médio, há cerca de 120 mil anos até os dias de hoje (LOPES; TEIXEIRA, 2013, *apud* SOARES, 2018, p.65). Abrange os municípios de Belágua, Morros, Cachoeira

Grande, Presidente Vargas, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Anapurus, Santa Quitéria do Maranhão e Milagres do Maranhão.

Figura 2 - Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



5.1.2 Geomorfologia

As características geomorfológicas da BHRP consistem em três principais feições: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros Sub-Litorâneos ou Tabuleiros de Chapadinha (Tabela 3).

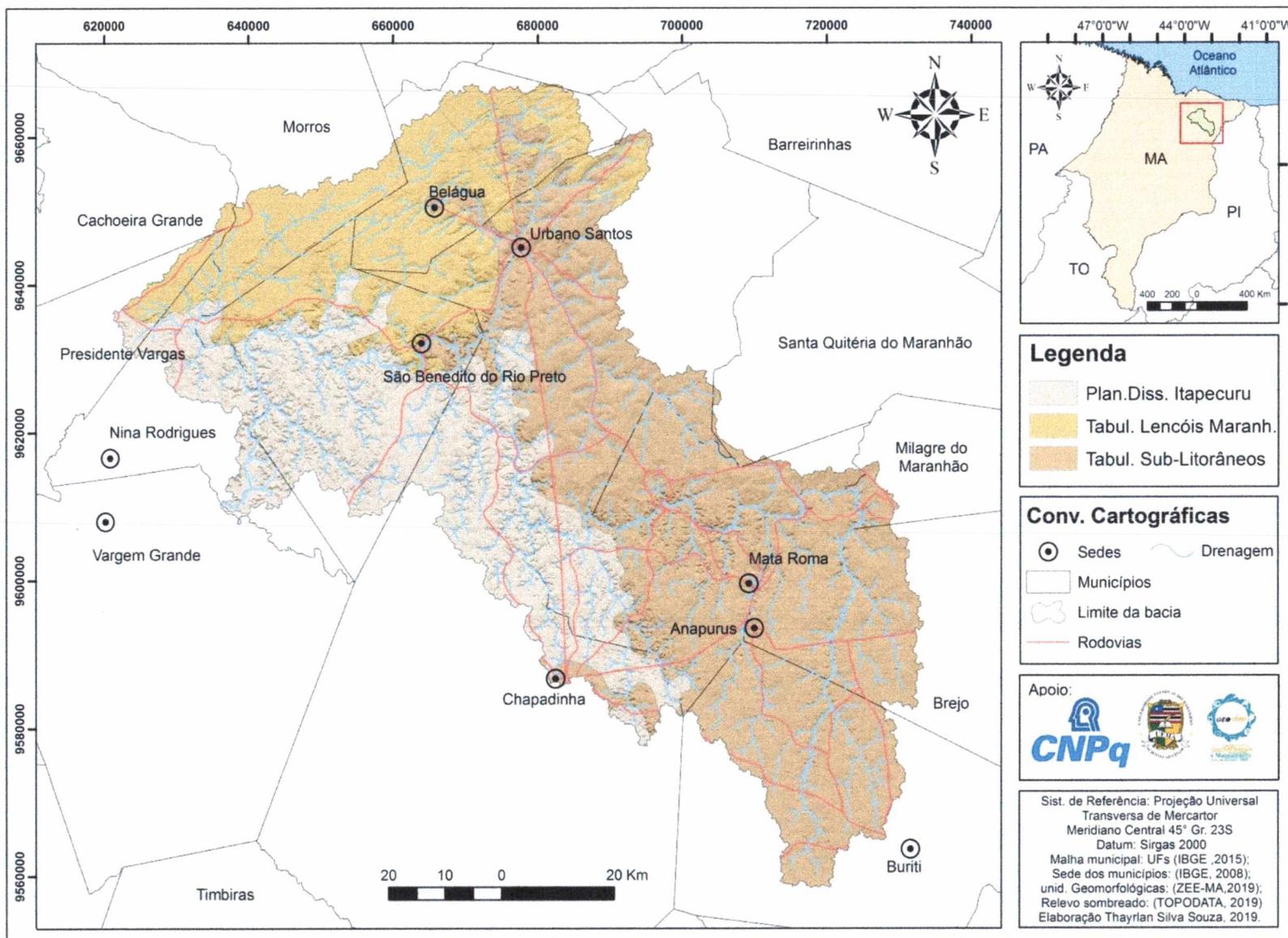
A unidade geomorfológica Lençóis Maranhenses se identifica nos municípios de Belágua, Presidente Vargas, Cachoeira Grande, Morros, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues e Urbano Santos a noroeste da bacia, representando 21,8% da mesma. Já a Planalto Dissecado do Itapecuru, que corresponde a 28,02% da bacia, localiza-se a sudoeste da mesma, com predominância nos municípios de Chapadinha, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues, Presidente Vargas e Morros. A unidade Tabuleiros Sub-Litorâneos / Chapadinha possui a maior extensão das três feições, com 50,41% da área, localizada a sudeste da bacia, sendo identificada nos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo e Santa Quitéria do Maranhão.

Tabela 3 - Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Unidades geomorfológicas	Área em (km²)	Área em (%)
Planalto Dissecado do Itapecuru	1.466,89	28,02
Lençóis Maranhenses	1.129,68	21,58
Tabuleiros de Chapadinha	2.639,06	50,41
Total	5.235,63	100,00

Fonte: ZEE-MA (2018). Organização: Soares (2018).

Figura 3 - Mapa de Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



5.1.3 Declividade

Em relação à Declividade da BHRP, tem-se a composição de cinco classes identificadas na bacia (Tabela 4), são elas: as áreas com a declividade classificada como plana, ou seja, inferior a 2%, bastante presente na área da bacia, com destaque para a região sudeste da mesma, onde se pratica em larga proporção o cultivo de monoculturas como soja e eucalipto, e também algumas áreas de práticas camponesas, porém em menor proporção. As áreas com a declividade classificada como Suave Ondulado, ou, de 2 a 5%, envolvem uma grande parte da bacia, correspondendo às principais unidades geomorfológicas, com seções de supressão vegetal em virtude do cultivo da soja e eucalipto na região, mas também é encontrada acentuada cobertura vegetal. Já em relação à declividade classificada como sendo Ondulada, ou seja, de 5 a 10%, também se identifica em uma considerável parte da bacia, tendo sua predominância mais a centro-oeste da mesma.

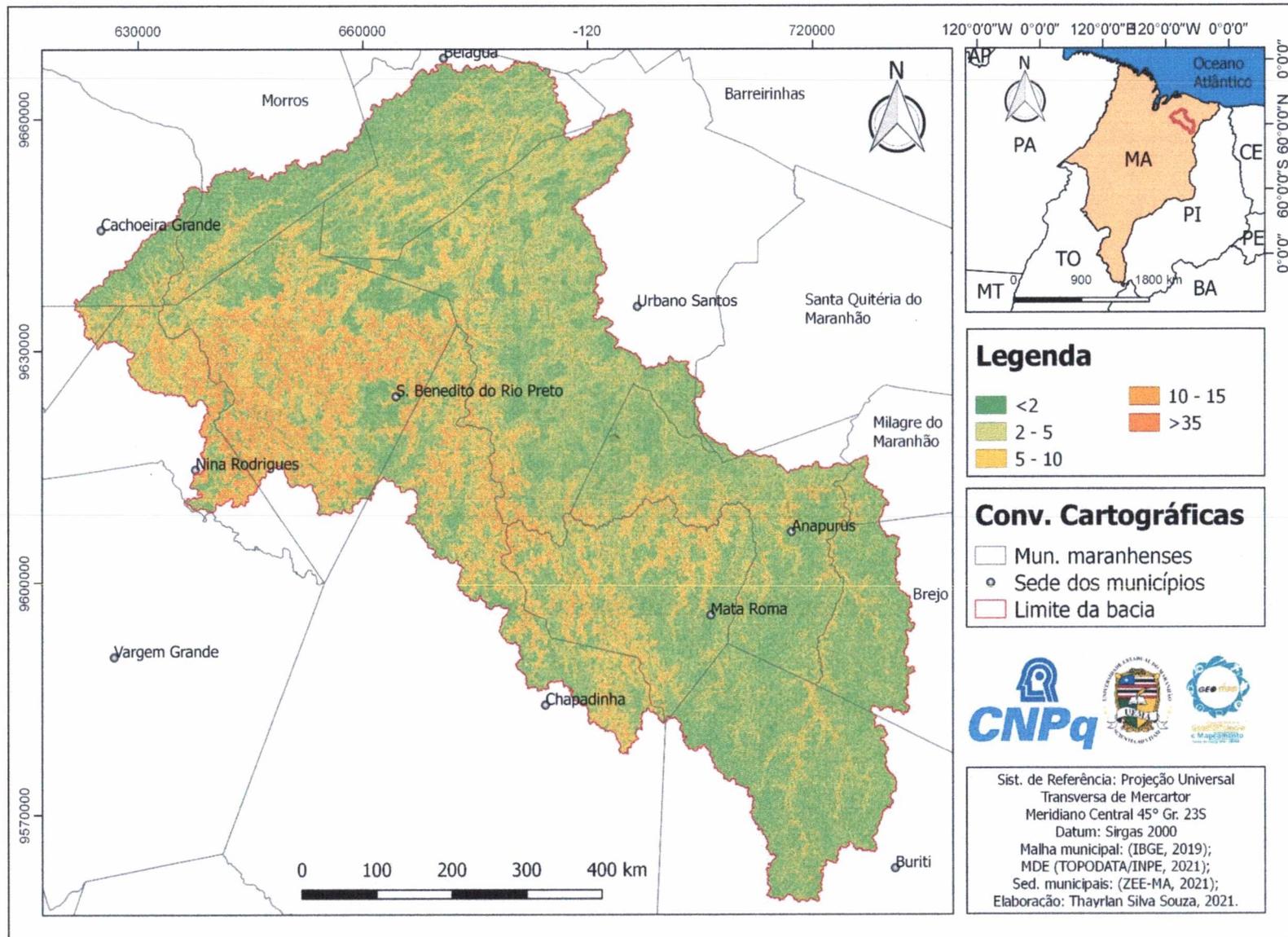
Quanto à declividade classificada como moderadamente ondulado, de 10 a 15%, juntamente com a ondulada, são encontradas manchas em toda a bacia, são áreas escarpadas, encostas e meia encosta e dissecadas. Nelas, identifica-se a presença de cobertura vegetal tipo Floresta Estacional Semidecidual e Vegetação Secundária com presença de babaçu são as predominantes. Nessas classes, desenvolvem-se atividades agrícolas de subsistência e cultivo de soja e eucalipto. A declividade superior a >15% ocorre com maior frequência nos municípios de Chapadinha e São Benedito do Rio Preto, boa parte apresenta-se com cobertura vegetal, com predominância Floresta Estacional Semidecidual, Vegetação Secundária com presença de babaçu e Savana Arbórea.

Tabela 4 - Declividade e formas de relevo da bacia hidrográfica do rio Preto.

Classe em (%)	Formas de Relevo
<2	Plano
2 – 5	Suave Ondulado
5 – 10	Ondulado
10 – 15	Moderadamente Ondulado
>35	Forte Ondulado

Fonte: Soares (2018) adaptado Lepsch *et al.* (1991).

Figura 4 - Mapa de Declividade da Bacia hidrográfica do rio Preto – MA.



5.1.4 Solos

Em se tratando da pedologia da BHRP, a mesma se caracteriza pela presença de cinco classes de solos: Latossolos Amarelos (LA), Neossolos Quartzarênicos (RQ), Argissolos Vermelho-Concrecionários (Pvc), Plintossolos Pétricos (FF) e Plintossolos Argilúvicos (FT) (Tabela 5).

Tabela 5 - Classes de solos da bacia hidrográfica do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Classes de solos	Sigla	Área em (km ²)	Área em (%)
Argissolos Vermelho-Concrecionários	Pvc	1.672,05	31,94
Latossolos Amarelos	LA	2.755,69	52,63
Neossolos Quartzarênicos	RQ	364,02	6,95
Plintossolos Argilúvicos	FT	440,49	8,41
Plintossolos Pétricos	FF	3,38	0,06
Total		5.235,63	100,00

Fonte: ZEE-MA (2018). Organização: Soares (2018).

Em ordem crescente, temos os Plintossolos Pétricos (FF), correspondentes a 0,06 do total de área da BHRP, podendo, em relação ao contorno da bacia, ser identificados predominantemente no município de Nina Rodrigues. Podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS, como Litoplínticos ou Concrecionários.

Os Neossolos Quartzarênicos (RQ), que correspondem a 6,95% da área da bacia, abrangem os municípios de Anapurus, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do rio Preto, Morros, Cachoeira Grande e Presidente Vargas.

Esta classe de solo ocorre em relevo plano ou suave ondulado, apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelado uniforme abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro. Considerando-se o relevo de ocorrência, o processo erosivo não é alto, porém, deve-se precaver com a erosão devido à textura ser essencialmente arenosa. Por serem profundos, não existe limitação física para o desenvolvimento radicular em profundidade, mas a presença de caráter álico ou do caráter distrófico limita o desenvolvimento radicular em profundidade, agravado devido a reduzida quantidade de água disponível (textura essencialmente arenosa). Os teores de matéria orgânica, fósforo e micronutrientes são muito baixos. A lixiviação de nitrato é intensa devido à textura essencialmente arenosa (AGEITEC, 2019).

Os Neossolos Quartzarênicos podem ser classificados em dois grandes grupos no terceiro nível categórico do SiBCS, Hidromórficos e Órticos (Tabela 4).

Os Plintossolos Argilúvicos (FT) são plintossolos com horizonte ou camada de acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial. Apresentam drenagem variável, podendo ocorrer excesso de água temporário até excesso prolongado de água durante o ano (AGEITEC, 2019). São identificados espacialmente nos municípios de Anapurus, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Morros, Cachoeira Grande e Presidente Vargas. Podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS como Alíticos, Alumínicos, Distróficos ou Eutróficos (Tabela 4).

Já os Argissolos Vermelho-Concrecionários (Pvc) têm entre o horizonte A e o horizonte plíntico subjacente, um horizonte B sem plintita e contendo concreções de ferro de permeio com o material terroso de cores vivas (Vermelhas, Amarelo Avermelhadas e Vermelho-Amareladas) (EMBRAPA, 2013). Corresponde a 31,94% da área total da bacia, abrangendo os municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Presidente Vargas e Nina Rodrigues.

Por último, correspondendo a 52,63% da área total da BHRP, têm-se os Latossolos Amarelos (LA), presentes nos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Santa Quitéria do Maranhão, Cachoeira Grande, Presidente Vargas e Nina Rodrigues.

São Solos desenvolvidos de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica relacionados à Formação Alter-do-Chão, podendo também ocorrer fora destes ambientes quando atenderem aos requisitos de cor definidos pelo SiBCS (AGEITEC, 2019).

A cor amarelada é uniforme em profundidade, o mesmo ocorrendo com o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa. Outro aspecto de campo refere-se à elevada coesão dos agregados estruturais (solos coesos) (AGEITEC, 2019).

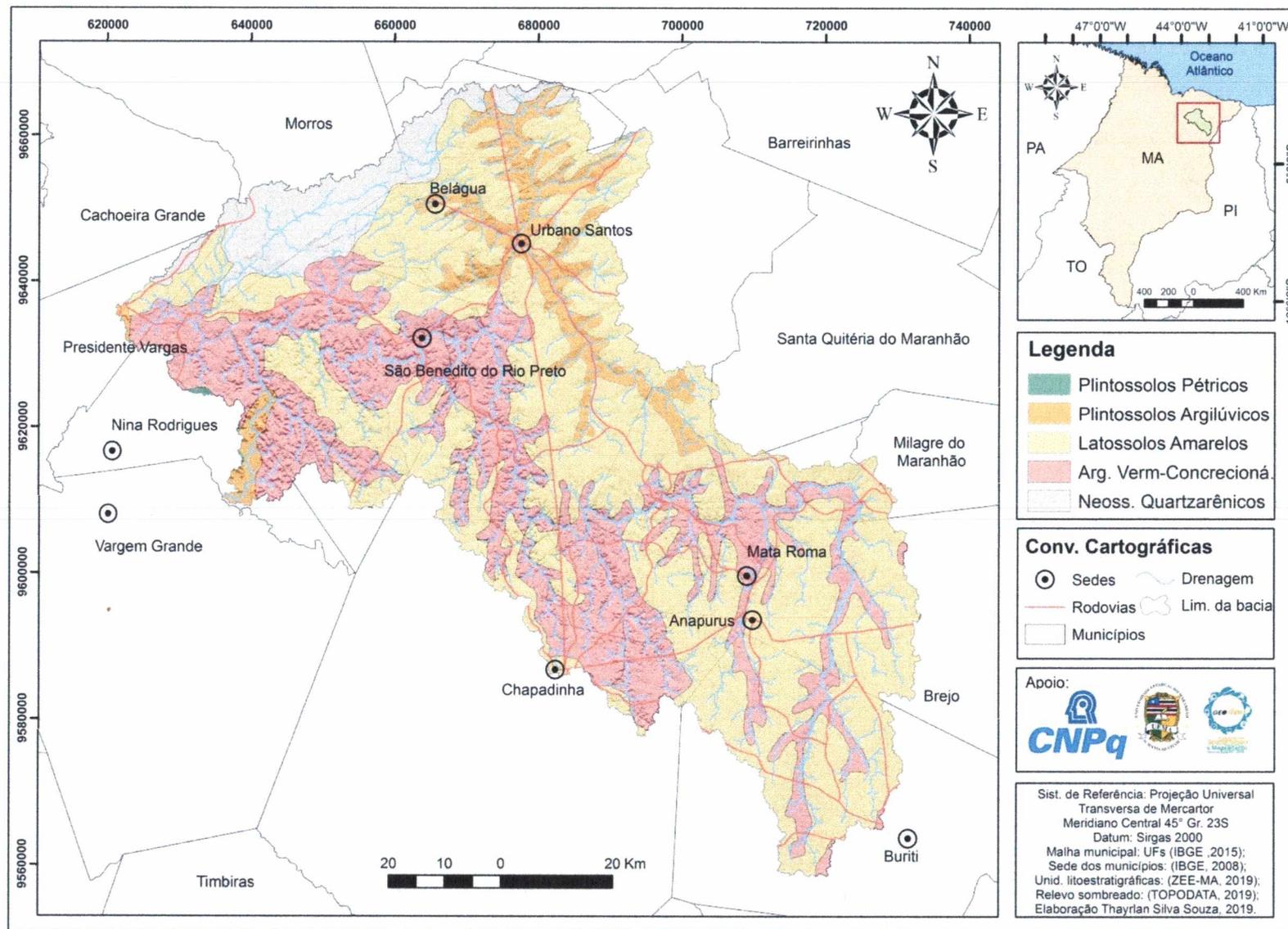
Quadro 2 – Classificação e características dos solos presentes na BHRP.

Terceiro nível	Características
Plintossolos Pétricos	
Litoplínticos	Presença de camada endurecida, contínua, de plintita consolidada constituindo sério obstáculo à penetração de raízes e aos trabalhos de preparo do solo.
Concrecionários	Presença de camada de concreções de óxido de ferro (plintita endurecida e consolidada) constituindo sério obstáculo à penetração de raízes e aos trabalhos de preparo do solo.
Neossolos Quartzarênicos	

Hidromórficos	Forte restrição à drenagem.
Órticos	Não apresentam restrição ao uso e manejo.
Plintossolos Argilúvicos	
Alíticos	Solos de baixa fertilidade; Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila igual ou maior do que 20 cmolc/kg de argila.
Alumínicos	Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila menor do que 20 cmolc/kg de argila.
Distróficos	Solos de baixa fertilidade
Eutróficos	Solos de baixa fertilidade.
Latosolos Amarelos	
Acriférricos	Altos teores de ferro; baixos teores de nutrientes nos solos indicando a necessidade de adubação e correção da acidez para o uso agrícola.
Ácricos	Pobreza nutricional, sendo necessário adubação e correção da acidez para o uso agrícola.
Alumínicos	Teores muito elevados de alumínio no solo afetando significativamente o desenvolvimento de raízes; atividade de argila menor do que 20 cmolc/kg de argila.
Distroférricos	Solos de baixa fertilidade e altos teores de ferro.
Distroférricos	Solos de baixa fertilidade e altos teores de ferro.
Distrocoesos	Solos de baixa fertilidade e adensados.
Distróficos	Solos de baixa fertilidade.
Eutróficos	Solos de alta fertilidade.

Fonte: AGEITEC. Acesso em: 02/02/2019. Organização: Souza (2019).

Figura 5- Mapa de Solos da bacia Hidrográfica do rio Preto – MA



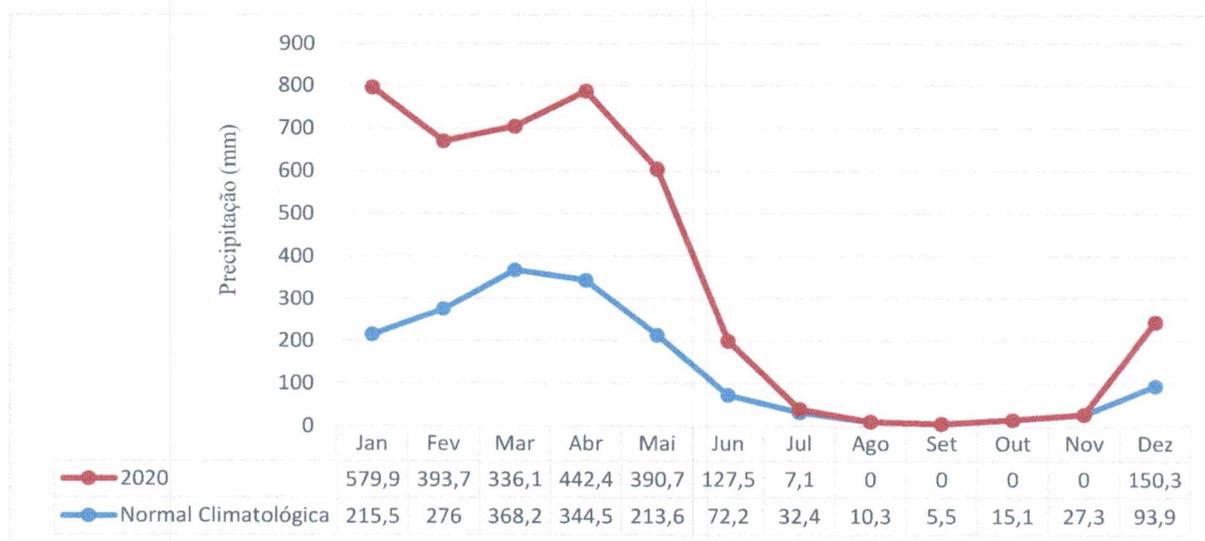
5.1.5 Clima

O clima é definido a partir do conjunto de fenômenos meteorológicos que descrevem, de modo geral, o meio atmosférico de uma determinada região em um tempo estabelecido de 30 anos (Ayoade; 2001, p.2). Visto isso, as características climáticas apresentadas são para a Microrregião de Chapadinha/MA, especificamente para a área da BHRP.

A área em questão possui o clima tropical semiúmido, apresentando entre 5 – 6 meses de período chuvoso e 5 – 6 meses de estiagem, esses períodos são estabelecidos de acordo com a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Dessa forma, os gráficos comparativos entre as normais climatológicas de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima estabelecida entre 1981 – 2010, e as médias mensais de 2020 para as respectivas variáveis, expõem o ritmo de atuação dos sistemas atmosféricos. Os dados foram coletados a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na estação convencional de Chapadinha (82382).

Verifica-se, na Figura 6, que o período chuvoso ocorre normalmente de janeiro a junho, com pico de chuvas durante o mês de março. A normal climatológica apresenta os meses de agosto a outubro como o período de estiagem, nota-se que, em 2020, além dos meses citados anteriormente, em novembro, também apresentou estiagem devido à não ocorrência de chuvas.

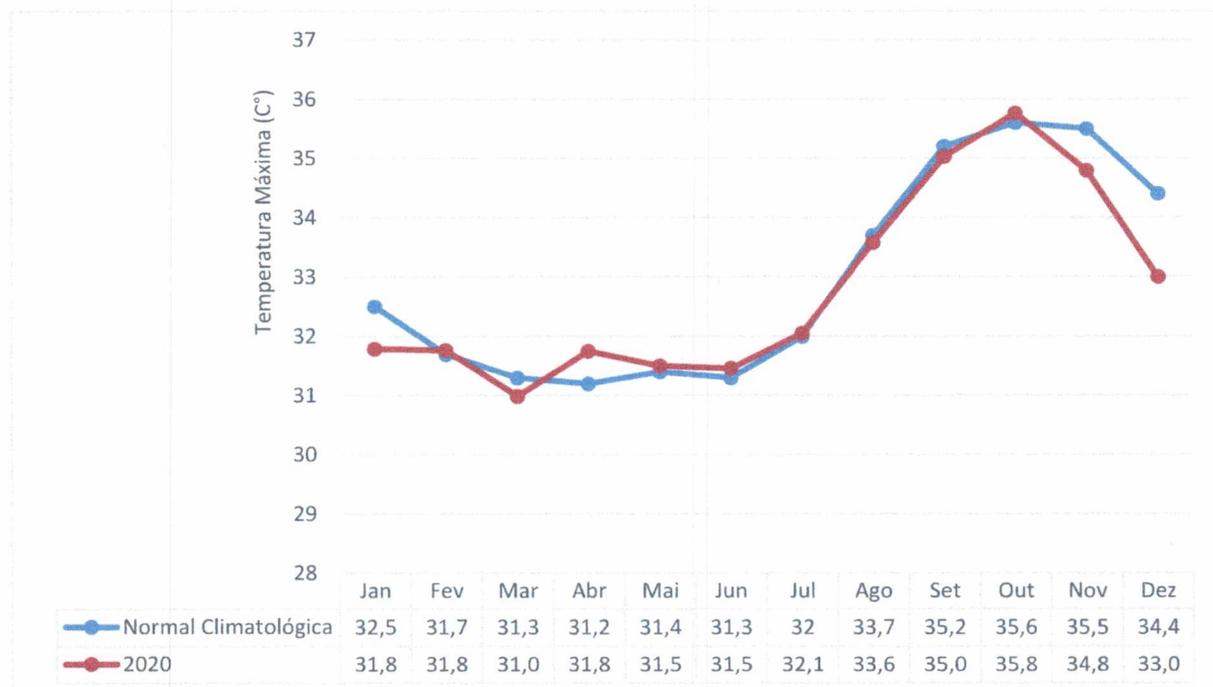
Figura 6 - Comparativo entre a normal climatológica de precipitação estabelecida entre 1981 – 2010 e a precipitação observada durante o ano de 2020.



Fonte: INMET (2021); Elaborado por: Souza, 2021.

Considerando a mesma estação, a Figura 7 mostra a evolução da temperatura máxima (C°), observa-se que no mesmo ritmo em que as chuvas diminuem durante os meses de agosto a outubro, a temperatura máxima tende a aumentar, chegando a registrar médias superiores a 35°C. Ao comparar as médias históricas com a média anual para esta variável, entende-se que a temperatura máxima média anual é 33°C.

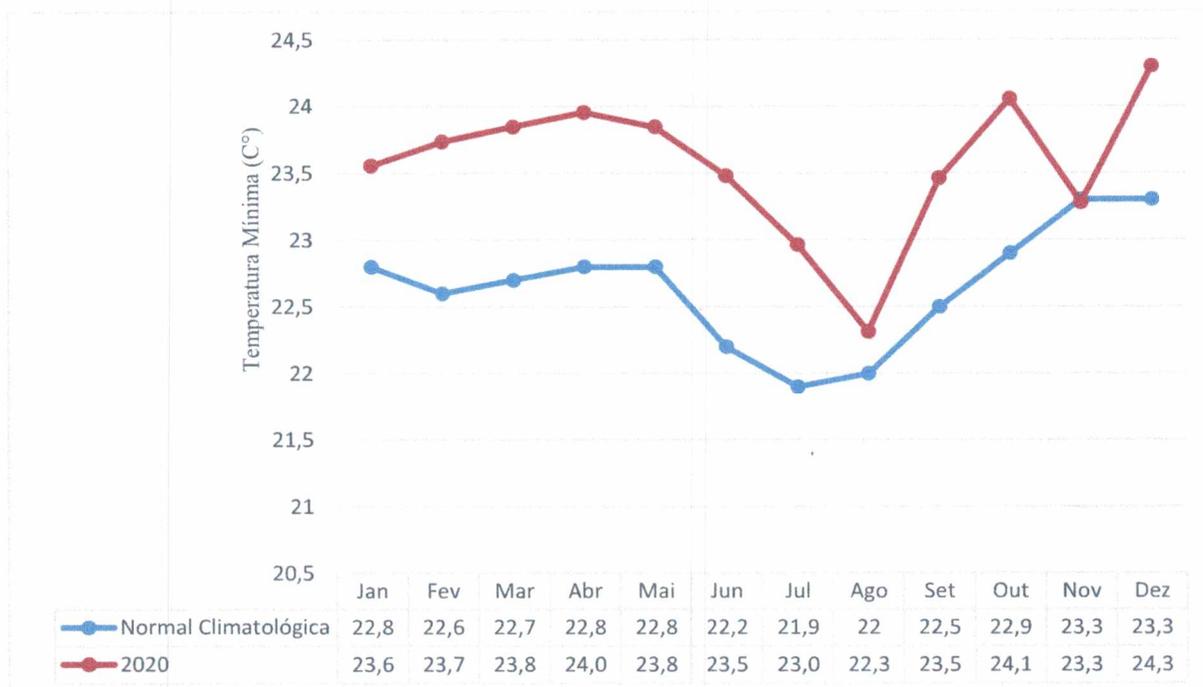
Figura 7 - Comparativo entre a normal climatológica de temperatura máxima estabelecida entre 1981 – 2010 e a temperatura máxima observada durante o ano de 2020.



Fonte: INMET (2021); Elaborado por: Souza, 2021.

De acordo com a estação 82382, a série histórica para temperatura mínima (C°) apresenta a média acima de 23°C durante a maioria dos meses, com exceção de agosto. Entretanto, a Figura 8 expõe que, em 2020, houve variações de até 1°C em relação à normal climatológica. Tal ocorrência pode ser justificada por fatores ambientais, como a interação dos ciclos biológicos que ocorrem dentro de um ecossistema com o clima, bem como o desenvolvimento de culturas vegetais próximos à área da BHRP.

Figura 8 - Comparativo entre a normal climatológica de temperatura mínima estabelecida entre 1981 – 2010 e a temperatura mínima observada durante o ano de 2020.



Fonte: INMET (2021); Elaborado por: Souza, 2021.

5.1.6 Rede de Drenagem

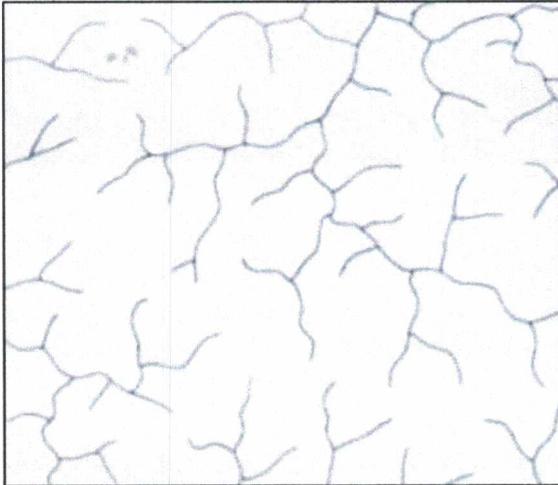
A rede de drenagem, ou drenagem propriamente dita, seria o que se pode considerar um dos elementos principais de uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, Deffontaines & Chorowicz (1991) definem rede de drenagem como um conjunto de superfícies topográficas subaéreas, as quais são contíguas com pendentes ladeiras acima, em todos os lados, à exceção da direção do fluxo da água. Esse conjunto de superfícies pode ser coberto com água, temporariamente ou de forma perene. Já Christofolletti (1974), simplificando, conceitua a rede de drenagem como canais de escoamento inter-relacionados que formam uma bacia.

A BHRP tem um perímetro de 785.97 km e apresenta a disposição da sua rede de drenagem na forma dendrítica (Figura 9), com ramificações irregulares de cursos de água em todas as direções.

Essa referida forma dendrítica, na qual se caracterizou a BHRP, lembra uma castanheira ou um carvalho com suas copas de aspecto arborescente, em vista das ramificações irregulares de suas drenagens em todas as direções, não indicando, em princípio, qualquer controle geológico-estrutural ou mesmo estratigráficos do conjunto litológico. Deve

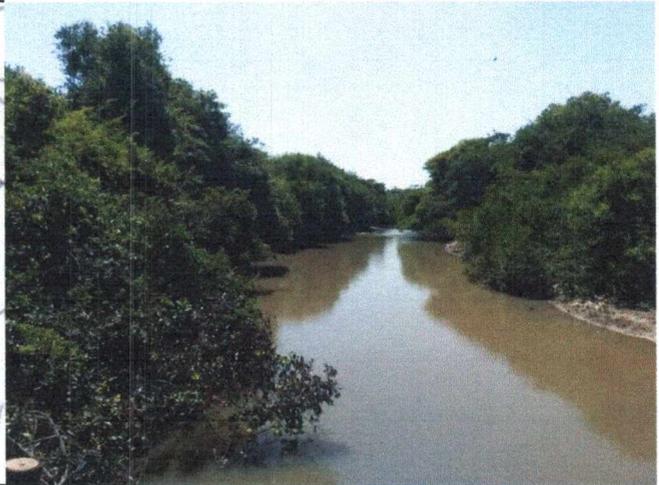
representar terrenos sedimentares ou ígneos, plutônicos ou vulcânicos, homogêneos. Pode retratar, também, regiões que sofreram intensa granitização devido a processos anatéticos e diatexíticos (LIMA, 2006).

Figura 9 - Drenagem dentrítica.



Fonte: Christoletti, 1980.

Figura 10 - Rio Preto.

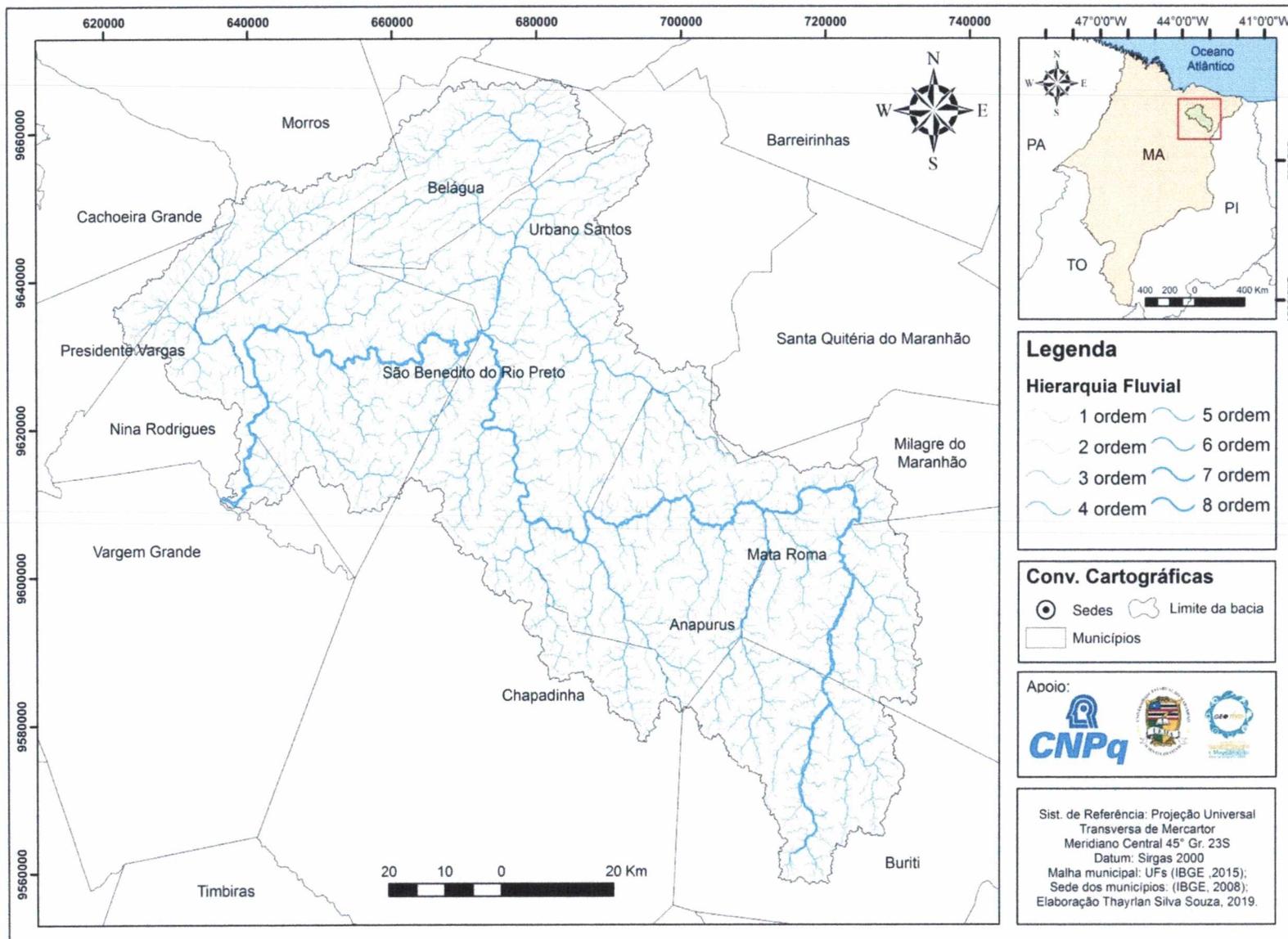


Fonte: Santos, 2018.

Em relação à hierarquia fluvial da BHRP, a mesma está classificada de acordo Horton (1945), modificada por Strahler (1964). A ordem dos cursos de água reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. A ordem do rio principal mostra a extensão de ramificação da bacia. Conforme o Método de Strahler, os canais primários (nascentes) são designados de 1ª ordem. A junção de dois canais primários forma um de 2ª ordem, e assim sucessivamente. A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste. Para a realidade da área pesquisada, a escala permitiu estabelecer uma hierarquia de 8º ordem (Figura 10).

Entende-se também que uma análise detalhada das características de uma bacia hidrográfica não consiste apenas em parâmetros físicos, mas também em uma análise humana de suas utilidades. Portanto, na bacia hidrográfica do Rio Preto, essas utilidades se constituem basicamente de práticas de lazer, da pesca de modo campesinato, além de algumas outras utilizações.

Figura 11 - Mapa de Drenagem (Hierarquia fluvial) da Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



5.2 Análise do uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do rio Preto

Desde o início da civilização humana, entende-se que houve um considerável processo de modificação da terra por parte do homem, que, com a necessidade de se desenvolver, foi utilizando de práticas que resultaram em uma grande diversidade no uso e ocupação da terra. A identificação dos tipos de vegetação, das práticas agrícolas, da vulnerabilidade ambiental vem a ser alguns dos fatores relacionados à importância do estudo do uso e ocupação.

O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. (ROSA, 2007, p. 163).

Para se analisar o uso da terra na BHRP, deve-se, primeiramente, levar em consideração o fato de que na referida área há um processo de diferenciação de uso consideravelmente relevante, no qual, de um lado, têm-se as práticas do campesinato baseado na agricultura de subsistência e, do outro, o meio empresarial voltado para o cultivo de monoculturas (soja, eucalipto).

É uma região onde há uma intensa predominância da agricultura camponesa, no qual se tem como principais práticas o cultivo de arroz, milho, feijão e mandioca. O extrativismo também é uma prática bastante presente naquela região, onde se tem como principais itens de extração o babaçu, a carnaúba, o pequi e o bacuri.

O camponês está integralmente associado a pequenas famílias, estando seu cultivo (Figura 12), criação de animais, atrelados ao consumo próprio do camponês e pequenos comércios. Assim, para Botelho; Almeida; Ferreira (2012, p. 87).

Baseada na produção de alimentos se caracteriza pela apropriação e manejo de diferentes recursos naturais, sobretudo de dois distintos ambientes – as áreas chamadas regionalmente de baixo conforme, Paula Andrade (2008) as áreas de baixo são áreas bastante úmidas próximas a rios e riachos e aquelas de chapadas, classificadas como áreas constituídas de terrenos planos, com presença de árvores de porte baixo, esparsas e de uma espécie de capim denominado agreste. Estes terrenos são apropriados para a caça, coleta de fruto e plantas medicinais, assim como para a criação de animais. Articulando a apropriação e o manejo desses dois tipos de ambiente, as famílias desenvolvem diferentes atividades econômicas importantes para a manutenção de seu grupo familiar, atividades como: a agricultura voltada tanto para o consumo da sua família, como para a comercialização.

Figura 12 – Plantio de batata doce no município de Urbano Santos.

Fonte: Santos, 2018.

A partir da pesquisa de campo, atrelada a pesquisas anteriores e conhecimentos já adquiridos, realizou-se um mapeamento quanto ao uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Preto (Figura 1). Nesse sentido, identificaram-se classes que caracterizam a BHRP em diversos aspectos (Tabela 6).

Tabela 6 - Classes de uso e cobertura da terra na BHRP.

Classes	Área (Km²)	Área (%)
Área Urbana	42,56	0,81
Área de Soja	779,71	14,89
Solo Exposto	298,89	5,71
Área de Eucalipto	51,98	0,99
Corpo d'água	34,17	0,65
Paleodunas - Form. Pioneira/Restinga	281,9	5,38
Cobertura vegetal	3746,42	71,56
Total	5235,63	100,00

Organização: Souza (2019).

Em relação às áreas urbanizadas, tem-se um percentual muito baixo no que diz respeito a conglomerados urbanos na região, tendo a BHRP um alto índice de domicílios localizados na zona rural (Tabela 7). A área urbanizada, em comparação com as outras classes (soja, cobertura vegetal, solo exposto etc.), possui uma proporção muito menor, onde o município de Chapadinha possui a maior população urbana, enquanto que o município de Anapurus corresponde à maior população rural.

Tabela 7 - Domicílios da BHRP.

Municípios	Urbana	Rural
Anapurus	7 015	18 276
Buriti	8 399	18 614
Belágua	3 263	3 261
Brejo	12 340	21 019
Cachoeira Grande	3 792	4 654
Chapadinha	52 882	20 468
Mata Roma	7 132	8 018
Milagres do Maranhão	1 760	6 358
Morros	6 720	11 063
Nina Rodrigues	4 439	8 025
Presidente Vargas	4 581	6 136
Santa Quitéria do Maranhão	14 141	15 050
São Benedito do Rio Preto	11 049	6 750
Urbano Santos	17 374	7 199

Fonte: CENSO, 2010. Organização: Souza (2019).

As áreas urbanizadas correspondem principalmente às sedes dos municípios, onde normalmente se concentram o polo de gestão, unidades de ensino, serviços de saúde (que no caso do município de Belágua se mostrou ausente nas regiões rurais), e principalmente um maior fluxo do comércio, onde muitos dos produtos adquiridos nos centros são para redistribuição nas áreas rurais mais remotas.

As monoculturas, em geral, estão associadas a grandes produções agrícolas, que abrangem grandes territórios, levando em consideração que muitos desses produtos cultivados são de muitas utilidades, ou seja, matérias-primas, principalmente no ramo alimentício. A produção de soja é um bom exemplo desse processo, de modo que sua produção está inteiramente atrelada à economia brasileira. Na bacia hidrográfica do rio Preto, esse tipo de produção de soja é bastante comum, em vista de que vem a ser a base da economia local, presente predominantemente nas regiões do Centro-Sudoeste da bacia (Figura 13).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e

rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000 *apud* FREITAS, 2011, P.2).

Figura 13 – Cultivo de soja.



Fonte: Santos, 2018.

Inicialmente, a área em questão foi escolhida por estar situada no bioma Cerrado e possuir boas condições de relevo para uso de maquinário agrícola. A produção de soja está distribuída pela microrregião Chapadinha da seguinte forma: Anapurus, com 4.379 ha; Brejo, com 7.920 ha; Buriti, com 7.383 ha, e Mata Roma, com 2.670 ha. Esses municípios são os responsáveis por 91% da área plantada na microrregião e correspondem a 74% do Leste Maranhense.

A localização privilegiada da microrregião em relação com a proximidade do Porto do Itaqui chama a atenção do Estado para proporcionar incentivos fiscais para investidores do agronegócio e multinacionais. Grande parte da produção será voltada para exportação ao continente asiático.

O plantio da soja ocorre de acordo com o período chuvoso do Maranhão, este que ocorre entre os meses de janeiro a junho, visto que quanto maior for o índice pluviométrico maior será a colheita, pois a soja necessita de água em grandes quantidades. Em virtude das

chuvas, o setor não utiliza sistema de irrigação, utilizando apenas a água proveniente das mesmas.

A moderna sojicultura que se estabeleceu na microrregião maranhense de Chapadinha é, também, igualmente dependente de insumos químicos, dentre os quais estão os agrotóxicos, os fertilizantes e o calcário, este último usado na correção da acidez do solo (calagem). Os vários tipos de adubos (normalmente na forma mineral contendo os elementos cálcio, fósforo, potássio e nitrogênio) são adicionados ao solo, de forma a torna-lo apto à cultura desejada (PRESOTI, 2008, p.19).

O mesmo se dá na produção de eucalipto, que cada dia mais vem estendendo sua área de cultivo na BHRP, estando atualmente “espalhado” pela área da bacia (Figura 14). Esta expansão se dá muito por conta da inserção de empresas que utilizam do eucalipto como matéria prima, por exemplo, a GERDAU usa o eucalipto na produção do carvão vegetal para alimentar as guseiras e a Suzano Papel e Celulose utiliza o eucalipto para produção de celulose, essa matéria prima é usada na fabricação de guardanapos, papel higiênico, papéis para imprimir e escrever, entre outros itens (PROTACIO, 2016).

A partir da década de 1980, instalaram-se no Leste Maranhense, empresas nacionais e estrangeiras voltadas à produção de carvão vegetal e à plantação de eucalipto. A produção de carvão vegetal proveniente da queima de algumas espécies de madeiras nativas destinava-se, dentre outras atividades, a alimentar guseiras da siderúrgica Maranhão Gusa S/A-MARGUSA. Já o plantio de eucalipto, em áreas de municípios maranhenses do Leste Maranhense, visava a produção de celulose, tendo o Grupo Industrial João Santos de Pernambuco e a Suzano Celulose de São Paulo como principais empresas (GASPAR; REGO; ANDRADE, 2008, *apud* SOARES, 2018, p.79).

O eucalipto foi introduzido no Brasil com intuito ambiental e econômico ao mesmo tempo, uma vez que a madeira é utilizada para o reflorestamento e também como matéria-prima para o setor empresarial. Dentre os pontos positivos para o cultivo de eucalipto, podem ser apontados: rápido crescimento; fácil adaptação ao clima da região e facilidade para a correção dos solos quando necessário; atende à demanda da necessidade de madeira e contribui para a preservação de floresta; geração de empregos, dentre outros (PROTACIO, 2016). O alto potencial de rendimento também chama a atenção dos produtores, visto que 1 hectare de plantação de eucalipto produz a mesma quantidade de madeira que uma área com 30 hectares de floresta nativa produziria.

Em contrapartida, o desenvolvimento econômico proveniente da silvicultura concentra a renda e a terra na mão dos grandes empresários do agronegócio, que constituem a minoria da população local. Conseqüentemente, a maioria da população composta por pequenos agricultores e trabalhadores rurais sai em desvantagem ao ser exposta às más condições de

trabalho e salários abaixo do normal, além de forçar o êxodo entre as áreas, pois as grandes plantações fazem muitos agricultores saírem do seu local de origem (PROTACIO, 2016).

Vale ressaltar que o Estado investe em modernização do cultivo de eucalipto com a produção voltada para exportação por ser o modelo mais lucrativo, no qual o consumo próprio (importação) fica em segundo plano.

Figura 14 – Eucalipto no município de Urbano Santos.



Fonte: Santos, 2018.

Quanto ao solo exposto, entende-se que se tem uma abrangência maior na região central da bacia, que, com o intuito de amenizar o problema de degradação do solo, é plantado o sorgo para proteger o mesmo para futuros cultivos.

No que diz respeito ao corpo d'água na BHRP, observa-se que, em algumas partes, está tornando-se escasso decorrente das atividades do agronegócio e dos processos de urbanização, que afetam os recursos hídricos da bacia hidrográfica. Assim, Tucci (1997) *apud* Targa *et al.*, (2012, p.122) afirma que:

Os principais impactos provocados pela urbanização nas redes de drenagem são o aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração, redução do escoamento subterrâneo, rebaixamento do lençol freático, aumento da produção de material sólido proveniente de limpeza de ruas e da armazenagem inadequada do lixo pela população resultando na deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

As paleodunas geralmente são encontradas abaixo das dunas recentes (dunas móveis), são formadas por quartzo em forma de areias e são observadas em contato direto com a formação de barreiras. O processo de ocupação humana e retirada da vegetação proporciona a alteração da paisagem, uma vez que as áreas sem cobertura vegetal sofrem um intenso processo de ação eólica, facilitando a migração das dunas e soterrando as paleodunas, resultando na exposição da formação de barreiras (CARNEIRO, 2011).

Em relação à cobertura vegetal, optou-se pela caracterização mais apurada das áreas de formações pioneiras, vegetação com influência marinha (Restinga), fazendo uma análise mais generalizada das demais categorias de cobertura vegetal.

Quanto às áreas de formações pioneiras, vegetação com influência marinha (Restinga), predominante na região noroeste da BHRP, abrangendo os municípios de Belágua (Figura 15), Cachoeira Grande, Morros, Presidente Vargas e Nina Rodrigues, identifica-se uma vegetação com uma intensa associação a processos marítimos. “As comunidades vegetais que recebem influência direta das águas do mar apresentam gêneros característicos das praias: *Remirea* e *Salicornia*” (IBGE, 1992, p.31).

Figura 15 – Formações pioneiras, vegetação com influência marinha (Restinga) identificada no município de Belágua.



Fonte: Santos, 2018.

Identifica-se um solo consideravelmente arenoso com um alto teor de porosidade e infiltração, atrelados a formações de dunas características de áreas litorâneas, resultados de uma grande quantidade de sedimentos que são transportados por movimentação eólica.

Nas dunas propriamente ditas, a comunidade vegetal apresenta-se dominada por nanofanerófitos e o *Schinus terebinthifolius* e a *Lythrea brasiliensis* imprimem à mesma um caráter lenhoso. Destacam-se também os gêneros: *Erythroxylum*, *Myrcia*, *Eugenia* e outros de menor importância associativa (IBGE, 1992, p.31).

A BHRP se caracteriza pelas diferentes fisionomias do Cerrado, onde algumas delas puderam ser identificadas no trabalho de campo, por exemplo: Cerradões, Cerrado *sensu stricto*, Campo Limpo, Campo Cerrado (Figura 16).

O estudo da vegetação predominante em uma determinada área corrobora para a identificação de seu estado de conservação ambiental, levando muitos desses estudos a apresentarem um meio de solução para possíveis problemas que venham a aparecer. Nesse contexto, Nascimento (2006) acredita que a vegetação tem reflexos e responde pelas condições ambientais vigentes, denuncia o estado de conservação ambiental, mostrando variações de áreas mais degradadas a mais conservada.

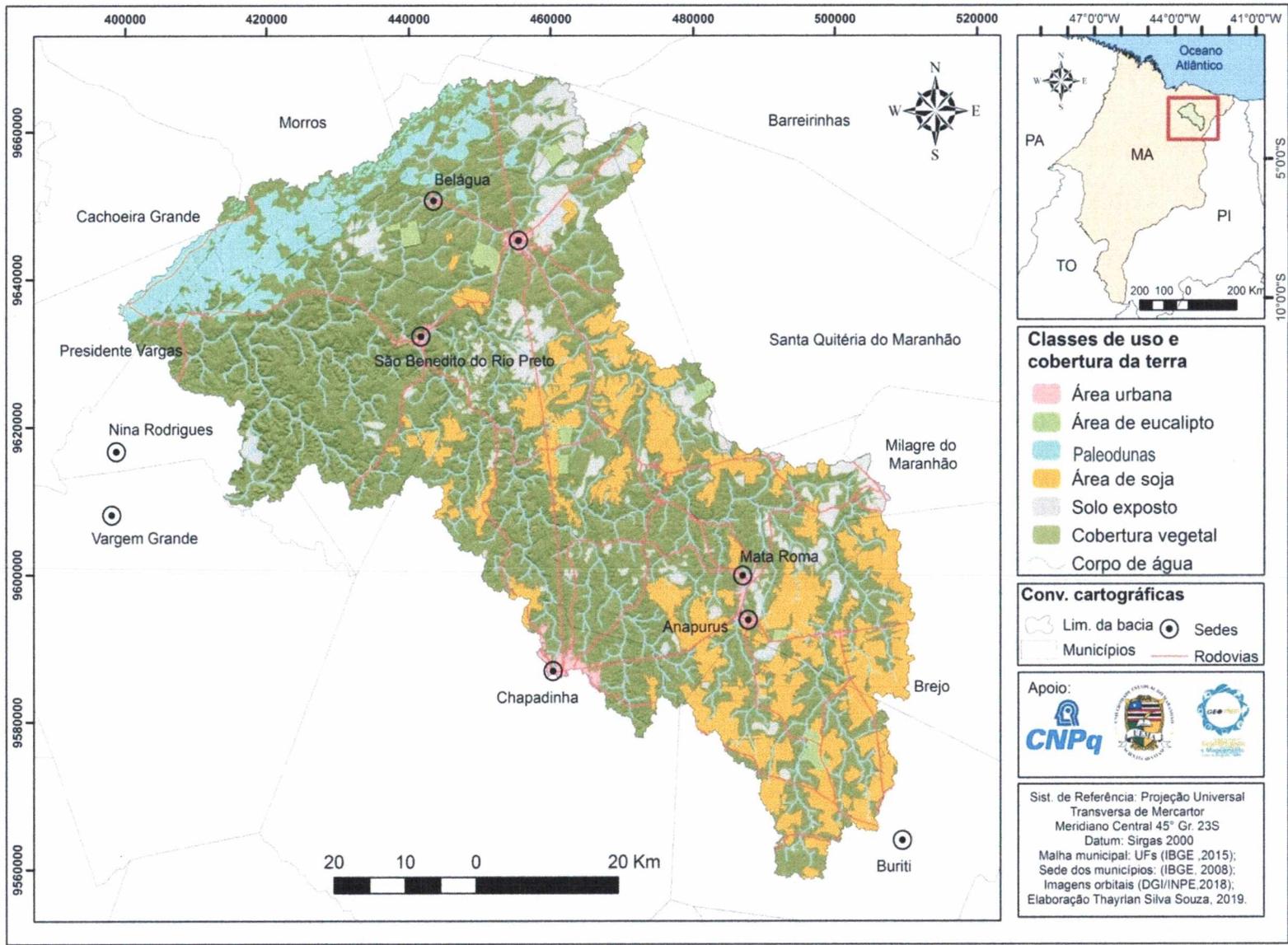
Figura 16 – Campo Cerrado (A) e Campo Cerrado queimado (B) no município de Chapadinha.



Fonte: Souza, 2018.

Segundo Soares (2018), fazendo uma relação das décadas de 2000, 2010 e o ano de 2017, constata-se que houve uma redução da cobertura vegetal em 2017 (3991,68 km²), onde essa redução está relacionada à expansão das monoculturas de soja e eucalipto. O alto teor de queimadas decorrentes ou não de procedimentos agrícolas locais também está diretamente ligado a essa redução da cobertura vegetal.

Figura 17 - Mapa de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



6 Avaliação das perturbações ambientais na BHRP

A Bacia Hidrográfica do rio Preto, em sua caracterização geomorfológica, geológica, vegetacional, climáticas e pedológicas, corresponde a uma correlação direta da paisagem com o uso e ocupação. Assim, faz-se necessário analisar os impactos dos diferentes tipos de usos no contexto geoambiental, a fim de apresentar como determinada ação irá impactar o meio físico.

A modificação nos padrões de uso e ocupação da terra tem despertado interesse, dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo de mudança das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos dessas mudanças, que causam preocupações desde o nível local até o global (RODRIGUES; VIEGAS; FEITOSA, 2010, p.3).

Os impactos, em geral, são causados pela ação humana, direta e indiretamente, correspondendo a atividades que alterem o meio físico, sendo assim necessário se estabelecer determinados parâmetros de análise. Assim, segundo o artigo 1º da resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986, é considerado impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Em si, o termo perturbação implica nos distúrbios sofridos por determinado ecossistema a partir da prática de atividades impactantes. O Índice de Perturbação Ambiental (IPA) consiste na adaptação do *Karst Disturbance Index (KDI)*, método com base teórica atrelado a um modelo holístico e de abordagem sistêmica (VAN BEYNEN e TOWNSEND, 2005 *apud* SILVA e MORAIS, 2016). De modo geral, tal método consiste na quantificação do grau de perturbação antrópica provocada em ambientes cársticos, onde, na Bacia Hidrográfica do Rio Preto, foi adaptado para diagnosticar as perturbações de modo geral, utilizando como indicadores as atividades impactantes relacionadas com o uso e ocupação (Tabela 9).

É correto mencionar que a atribuição de notas para as atividades levou em consideração os meios afetados pela mesma e a escala de impacto, a fim de nivelar o grau de perturbação de cada atividade. Assim, um indicador extremamente impactante, mas que não possui proporções significativas na bacia, receberá uma nota correspondente a tal situação.

Tabela 8 – Avaliação dos indicadores nas áreas de estudo.

INDICADORES	Escala	Bacia Hidrográfica do Rio Preto
Queimadas	Mac/Mes/Mic	3
Cultivo de soja	Mac/Mes/Mic	3
Cultivo de eucalipto	Macro	2
Produção de carvão vegetal	Macro	2
Extração de minério	Meso	1
Construção de moradias	-	Lack of Data
Descarte de lixo	Macro	2
Uso e ocupação da terra indevido em APPs	Mac/Mes/Mic	3
Pastagem	Micro	1
Piscicultura	Micro	0
Valores totais indicadores	-	17
Número de indicadores	-	10
Índice de perturbações ambientais (IPA)	-	0,56
Valor de LDs	-	0,1

Fonte: Souza, 2021

6.1 Impacto das queimadas

As queimadas apresentam um dos maiores impactos que um determinado ambiente pode sofrer, levando em consideração que a mesma, independentemente da escala de abrangência, possui a capacidade de perturbar diversos parâmetros geoambientais diferentes ao mesmo tempo. Fatores naturais também determinam a ocorrência das queimadas, porém, atividades antrópicas relacionadas à agricultura, questões culturais, atividades criminosas, falta de conhecimento por parte da população, e outras, contribuem para essa correlação conturbada das queimadas para com o meio natural.

O manejo do fogo para limpeza e prevenção à proliferação de pragas são comuns no campesinato e até mesmo em grandes atividades agrícolas, no contexto de que tal prática,

apesar dos grandes impactos que pode causar ao meio físico, é considerada eficiente e barata. Uma das práticas comuns que utilizam fogo e rotineiramente causam focos de queimadas na bacia é a chamada “roça no toco”. Tal prática tem como objetivo principalmente a limpeza para o posterior cultivo na área, porém não são levadas em consideração as consequências desse costume.

Em relação às queimadas, optou-se pela nota 3, no que diz respeito à classificação de 0 a 3 proposta na metodologia. Tal nota foi atribuída levando em consideração os diversos fatores que impactam o meio geoambiental a partir das queimadas, ou seja: a degradação do solo, com a diminuição da biodiversidade e da retenção da umidade no solo; a erosão, causada pela compactação do solo; e a diminuição da qualidade do ar, causada principalmente pela emissão de gases tóxicos na atmosfera.

A identificação dentro do limite da BHRP de 4748 Focos de queimadas no período de um ano, correspondendo a 13 focos por dia, influenciou diretamente nessa classificação. A Figura 26 expõe a concentração de focos de queimadas da BHRP referente ao período anual: 01/01/2020 a 31/12/2020.

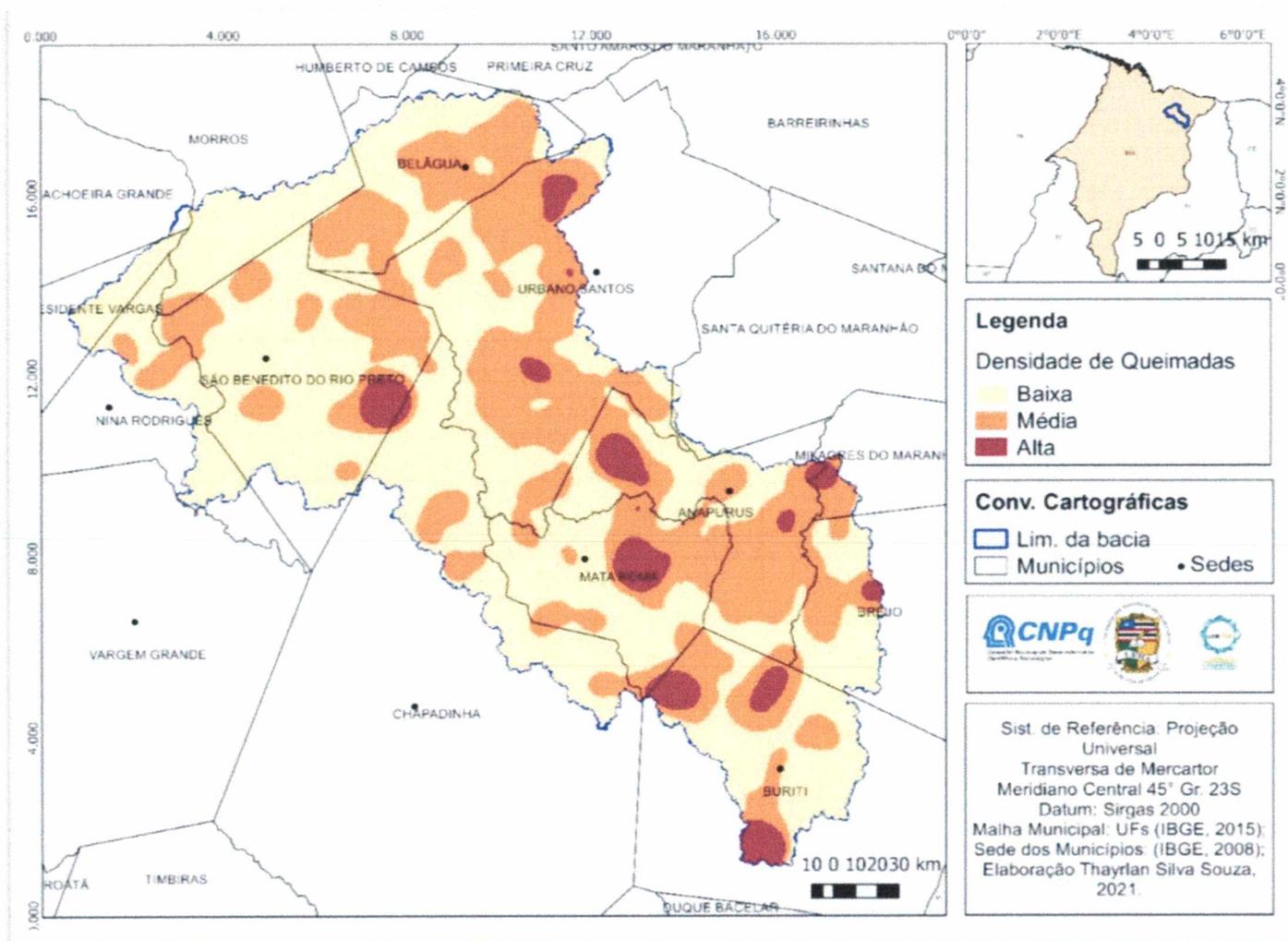
Observa-se que uma grande extensão da bacia corresponde a uma predominância de média e alta densidade de queimadas, concentrando-se mais ao leste da área de estudos. Os municípios de Anapurus, Mata Roma, Urbano Santos (Figura 18) e Buriti apresentam essa variância preocupante, resultando em grandes áreas com altos índices de queimadas.

Figura 18 – Queimada em povoado no município de Urbano Santos.



Fonte: Souza, 2018.

Figura 19 - Mapa de densidade de queimadas na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



6.2 Impacto do cultivo de soja e a utilização de agrotóxicos

A soja, como uma monocultura, faz parte diretamente da economia brasileira, tendo um papel importante na geração de empregos e no abastecimento das cidades maranhenses e de outros estados. As monoculturas de soja encontram-se presentes na bacia em larga escala, e no presente trabalho, optou-se por avaliá-la com a nota 3. Tal classificação se deu à agricultura de soja pelo fato de que, como em outros tipos de monoculturas, faz-se necessária a utilização de áreas com uma cobertura vegetal nativa, ocorrendo a supressão da mesma para compor a monocultura, impactando sobre a fauna e a flora. Nesse sentido, Andrade *et al* (2009, p.5592) explanam que:

A expansão de áreas com monoculturas traz problemas a qualquer ecossistema, na medida em que retira a cobertura vegetal original e a substitui total ou parcialmente, por imensas áreas com algumas ou mesmo com uma única cultura. Concomitantemente à descaracterização da paisagem natural, haverá a impactação sobre a fauna silvestre nativa, que perderá as condições do seu habitat natural.

Um dos parâmetros também analisados para se chegar a essa conclusão foi a qualidade da água, um dos componentes geoambientais mais afetados pela utilização de defensivos agrícolas, e no caso da BHRP, segundo Presoti (2008), a situação vem a ser mais preocupante ainda, por conta da utilização do inseticida organoclorado aldrin, proibido por lei desde setembro de 1985 em todo o território brasileiro.

A presença de resíduos de inseticidas OC's (aldrin, na concentração de $1,5 \mu\text{g L}^{-1}$), nas amostras de água analisadas, causa surpresa e grande preocupação. Os OC's foram descartados para uso fito e domissanitário desde a década de 70 nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa (BARCELÓ e HENNION, 1997). Os principais motivos de tal restrição envolveram sua toxicidade elevada para peixes e para grande parte da microbiota aquática, seu elevado potencial de bioacumulação nos organismos (com conseqüente contaminação em toda a cadeia alimentar), sua grande resistência à degradação microbiana e sua elevada persistência em todos os compartimentos ambientais (PRESOTI, 2008, p.73).

Sendo as áreas com plantio de soja o “epicentro” dos impactos, proporcionalmente as áreas mais impactadas serão aquelas com maior quantidade de hectares do cultivo, onde na BHRP se mostram presentes com maior intensidade nos municípios de Buriti, Brejo e Mata Roma, ao sul e sudeste, e mais ao centro no município de Urbano Santos.

6.3 Impacto do cultivo de eucalipto

O eucalipto, de modo geral, corresponde a uma monocultura de bastante utilidade no Brasil. A grande facilidade no cultivo e a gama de produtos que podem ser gerados a partir do mesmo, torna-o um dos principais agentes inseridos pelo meio antrópico ao meio ambiente.

As monoculturas por si só já são caracterizadas como intensas causadoras de impactos ambientais, principalmente no que diz respeito à supressão da vegetação. O eucalipto no Brasil já é inserido como uma alternativa para as consequências dos impactos nas florestas nativas. Nesse viés, Protacio (2016, p.20) coloca que:

À proporção que o homem foi desmatando as florestas nativas, o eucalipto foi se constituindo uma alternativa na substituição de madeiras de lei e, sobretudo, como combustível; lenha e carvão, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma das mais importantes, não apenas por sua produtividade, mas principalmente pela sua fácil adaptação a diferentes climas, e também, graças às inúmeras espécies, que consegue atender as necessidades dos mais diversos setores industriais se tornando altamente lucrativa a produção destas “florestas”.

Além da supressão da vegetação nativa, outros parâmetros ambientais que devem ser levados em consideração quando se fala do eucalipto podem ser: a desertificação, a instabilidade na fertilidade do solo, e principalmente o meio hídrico.

Jayal (1985) e Reynolds & Wood (1977), *apud* Oliveira *et al* (2002, p.4), listam alguns dos danos ambientais que podem ser causados por extensas monoculturas de eucalipto a ecossistemas vulneráveis, que podem levá-los à desertificação:

- ✓ Alta demanda de água, esgotando a umidade do solo, diminuindo a recarga, de modo que desestabiliza o ciclo hidrológico;
- ✓ Elevada demanda de nutrientes, criando um elevado déficit anual, descontrolando esse ciclo;
- ✓ Liberação de substâncias químicas alelopáticas que afetam o crescimento de plantas e de microrganismos do solo, reduzindo, entre outros efeitos, a fertilidade do solo e a diversidade de espécies tanto da flora e fauna local;
- ✓ Plantação na forma de monoculturas extensas, as quais são caracterizadas por apresentar baixa diversidade ecológica, podendo causar instabilidade ou vulnerabilidade a mudanças climáticas, assim como ao ataque de pragas e doenças.

Apesar dos fortes impactos causados pelo cultivo do eucalipto na Bacia Hidrográfica do rio Preto, tal monocultura não está situada na bacia em larga escala, com plantios identificados nos municípios de Belágua, Urbanos Santos, Santa Quitéria do Maranhão e Buriti. Por conta dessa baixa escala de impacto, tal prática recebeu a nota 2, levando em consideração todos esses parâmetros.

6.4 Impactos da produção de carvão vegetal

O carvão vegetal corresponde a uma das atividades mais antigas e de grande utilização na sociedade. A falta de técnicas mais sofisticadas para a produção faz com que o mesmo se torne um dos grandes “vilões” do ecossistema em geral, se levado em consideração o desmatamento das florestas nativas e os gases tóxicos gerados na produção. Por conta dos vários usos para o carvão vegetal, sua produção ocorre com cada vez mais intensidade, principalmente no que diz respeito aos municípios rurais do Maranhão.

Em relação ao seu uso, segundo Brito & Barrichello (1981), *apud* Cemin (2010, p.6), o carvão vegetal pode ser classificado em:

✓ Carvão para uso doméstico: geralmente de baixa resistência, deve ser facilmente inflamável e durante a queima produzir pouca fumaça. Sua composição química não é relevante e, comumente, é obtido entre 350 e 400°C.

✓ Carvão para uso na metalurgia: utilizado para abastecer os altos-fornos na indústria metalúrgica e na fundição de minérios. Além de alta densidade, deve apresentar boa resistência e baixa friabilidade. Deve ainda apresentar baixo teor de material volátil, de cinza e alto teor de carbono fixo (80%). É obtido a altas temperaturas, acima de 650°C, permanecendo nesta condição durante um longo período.

✓ Carvão para gasogênio: utilizado como força motriz, deve ser pouco friável e apresentar densidade aparente máxima de 0,3. Sua porcentagem de carbono fixo deve ser, em média, de 75%.

✓ Carvão para gasogênio: utilizado como força motriz, deve ser pouco friável e apresentar densidade aparente máxima de 0,3. Sua porcentagem de carbono fixo deve ser, em média, de 75%.

✓ Carvão ativado: como principal característica, deve ser leve e apresentar elevada porosidade. Pela sua alta capacidade de absorção pode ser utilizado na medicina, na purificação de solventes, entre outras atividades.

✓ Carvão para a indústria química: como um todo, deve apresentar elevada pureza e boa reatividade química, características diretamente ligadas à sua utilização.

Na Bacia Hidrográfica do rio Preto, a produção do carvão doméstico é algo comum, onde o mesmo é feito a partir de um método artesanal utilizando dos chamados fornos primitivos (fornos de terra), no caso da bacia, o forno caieira ou em trincheira. A lenha a ser carbonizada é posta em uma vala aberta no solo de 1 a 2m de largura e até 1m de profundidade, onde o seu tamanho irá depender da quantidade de carvão a ser produzido. Após isso, a lenha é coberta por uma primeira camada de folhas e capim e uma segunda camada de terra (10 a 25cm), deixando uma abertura para a ignição da carga e outra para a saída dos gases (PINHEIRO *et al.*, 2006, *apud* CEMIN, 2010).

Assim, optou-se por classificar o impacto da produção de carvão vegetal com a nota 2, levando em consideração que o mesmo, além da supressão à vegetação para obtenção da lenha, também acarreta em problemas relacionados à qualidade do ar, com a emissão de gases poluentes. Um exemplo disso são os gases monóxido de carbono (CO) e o dióxido de carbono (CO₂), poluentes que estão diretamente atrelados à carbonização do carvão vegetal, e agentes no processo de efeito estufa (PINHEIRO *et al.*, 2006, *apud* CEMIN, 2010).

6.5 Impactos da extração de minério

Desde o começo da sociedade brasileira, a extração mineral vem a ser umas das atividades que foram priorizadas na exploração da nova terra. Tal atividade rotineiramente é associada a impactos no meio ambiente, principalmente no que diz respeito à contaminação dos recursos hídricos.

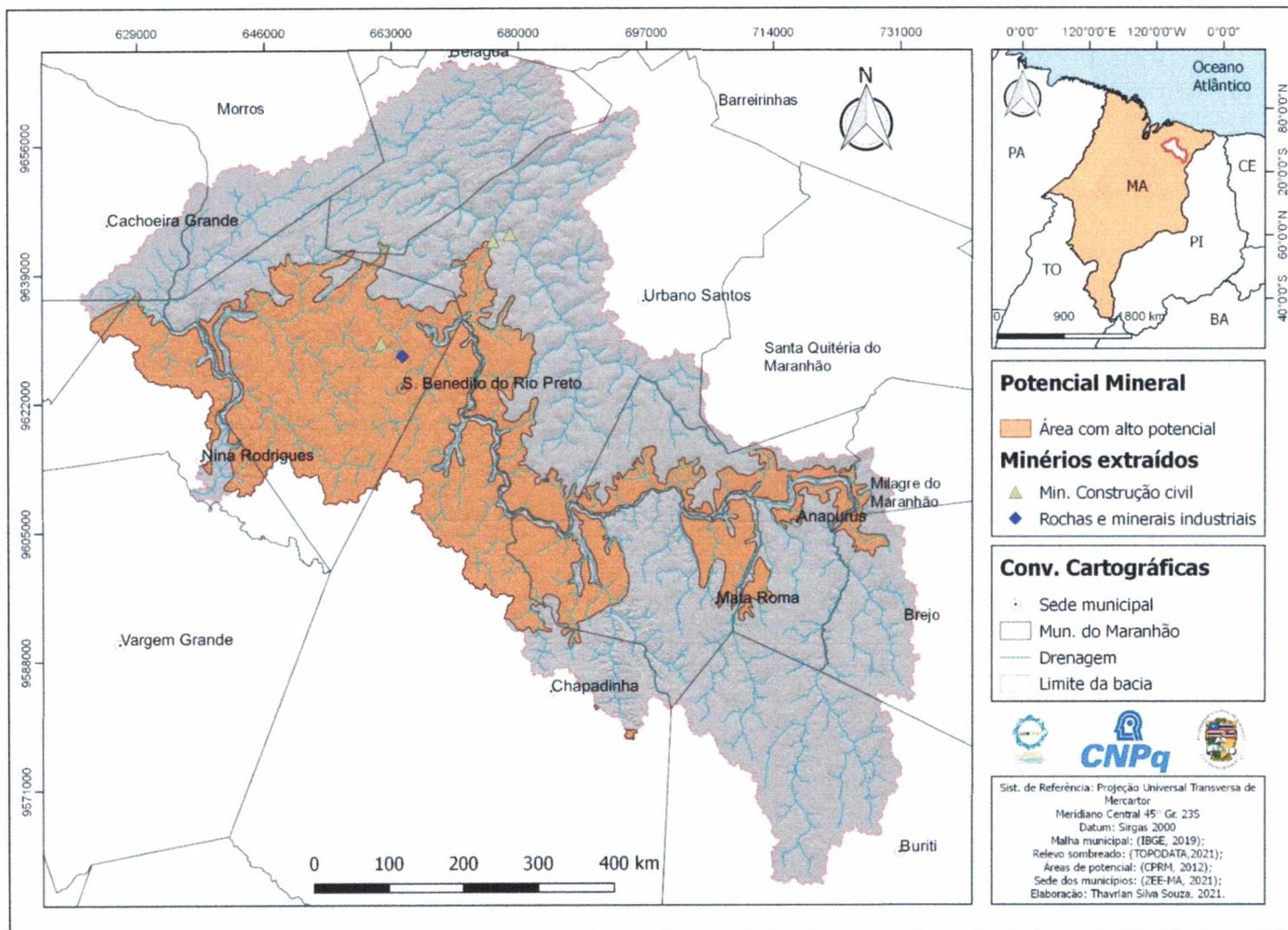
Os processos associados à mineração, evidentemente, causam danos consideráveis ao meio ambiente, eles modificam fortemente as áreas mineradas e circunvizinhas, afetadas muitas vezes pela poluição atmosférica, sonora, hídrica e visual. A proposição de mecanismos práticos que possibilitem a mitigação dos impactos negativos da mineração é necessária (LEITE *et al.*, 2017, p.7286)

Um importante trabalho referente à extração de minerais foi apresentado por Milanez (2017). O mesmo autor coloca que os impactos da mineração nos recursos hídricos ocorrem em três níveis, no qual o primeiro corresponde a um elevado consumo de água; o segundo, a problemas associados à extração mineral em si, levando ao rebaixamento do lençol freático e ao comprometimento da recarga dos aquíferos; por fim, o risco de contaminação dos corpos d'água.

Na Bacia Hidrográfica do rio Preto, não foram identificadas áreas de mineração intensiva com o uso de recursos hídricos, porém, no município de Chapadinha, pontos de extração de minério (areia e seixo) foram encontrados (Figura 20). Os minerais em questão são

bastante utilizados na construção civil e, no caso dos seixos, no desenvolvimento de paisagens antrópicas. A nota 1 foi atribuída referente a tal atividade, levando em consideração o fato de que a extração de minérios na bacia ocasiona perturbações na atmosfera, a partir das partículas que são jogadas na mesma durante a quebra do material.

Figura 20 - Mapa de áreas de interesse mineral na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



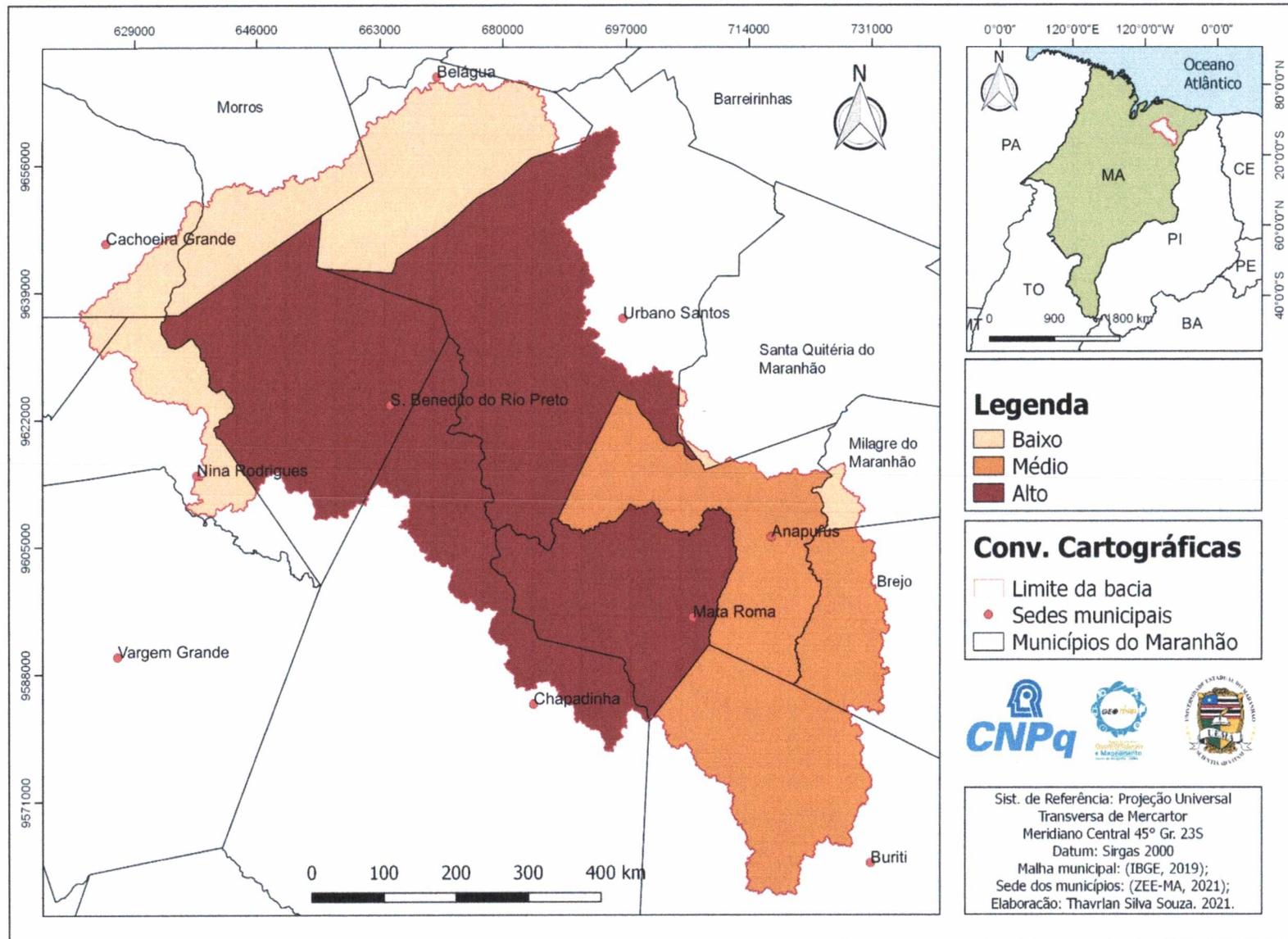
6.6 Impactos do descarte irregular de lixo

Outro fator negativo advindo da expansão do agronegócio e da urbanização são as quantidades de lixo que são geradas diariamente, e que são descartadas de forma indevida. Apesar de haver coleta seletiva e pontos apropriados para o descarte, em alguns bairros e ruas, o lixo é depositado em córregos, jogados em terrenos baldios, queimados e, principalmente, jogados nas ruas (JÚNIOR *et al.*, 2016).

Os resíduos do lixo geram o chorume, uma substância líquida que possui componentes tóxicos que causam impactos ambientais. Ao entrar em contato com a água e com o solo, ambos são contaminados, além de prejudicar a qualidade do ar devido à emissão de gases provenientes do chorume. Tudo isso, quando voltado para o ser humano, desencadeia uma série de problemas em relação à saúde pública, sendo prejudicial ao bem estar (SERAFIM *et al.*, 2003).

Os municípios de São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos e Chapadinha concentram os índices mais altos de descarte irregular de lixo por domicílio na bacia (Figura 21). Um dos problemas identificados relacionados a essa prática são os lixões a céu aberto no município de Chapadinha, os quais, além de atrair urubus e mosquitos proliferadores de doenças, também corroboram para a impactação atmosférica e do solo na BHRP, recebendo, assim, a nota 2, levando-se em consideração o grau de impactação de tal atividade.

Figura 21 - Mapa de descarte irregular de lixo na Bacia Hidrográfica do rio Preto – MA.



6.7 Impactos do uso e ocupação da terra indevido em APPs

A expansão urbana e a expansão do agronegócio ocorrem de forma desorganizada, por muitas vezes invadindo áreas que são desfavoráveis e inapropriadas para ocupação, causando impactos sociais e ambientais.

As Resoluções CONAMA nos 302 e 303 de 2002 (CONAMA, 2002) e nº 369 de 2006 (CONAMA, 2006) estabelecem os casos em que é necessária a criação de Áreas de Preservação Permanente (APP), geralmente quando há impactos negativos ao meio ambiente que precisam ser contidos. Tais resoluções também estabelecem os critérios para delimitação, de acordo com as características da área.

As APPs, que margeiam os canais de drenagem na bacia, estão representadas por uma faixa de terra equivalente a 100 metros para direita e esquerda para o rio principal, já para os canais de drenagem de 1ª e 2ª ordem, 30 metros, destacando que esta largura contempla as APPs de nascentes da bacia, e para os canais de 3ª a 7ª ordem, 50 metros para a direita e esquerda (SOARES, 2018).

As áreas de APPs que margeiam os canais de drenagem e corpos d'água são compostas por vegetação ciliar. Elas são muito importantes e influenciam na estrutura tanto das comunidades aquáticas como terrestres e afetam os processos funcionais do fluxo do canal (SANTOS, 2012). A ocupação irregular no entorno da BHRP significa uma ameaça de esgotamento hídrico, caracterizando um impacto para a população e para a base econômica do local, optando-se assim pela nota 3 em tal atributo.

Para uma bacia hidrográfica, a mata ciliar desempenha o papel de: sustentar o solo nas suas margens e evitar o processo de erosão, formação de corredores ecológicos, manutenção da biodiversidade, proteção de mananciais, ciclagem de nutrientes e na manutenção da qualidade da água (GONÇALVES *et al.*, 2005; MORAIS; SOARES; NASCIMENTO; 2017).

Dessa forma, as matas ciliares constituem zonas denominadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), pois são essenciais para a manutenção e permanência dos recursos hídricos, entretanto a legislação é contrariada ao ser possível identificar uso e ocupação desordenados. A degradação dessas áreas ocorre de inúmeras formas, como: descarte indevido de lixo, despejo de esgoto não tratado e construções de moradias (LACORTE e ALMEIDA, 2015).

6.8 Impactos da pastagem

As pastagens são ecossistemas agrícolas que podem também trazer efeitos negativos ao meio ambiente. Por exemplo, a expansão das pastagens plantadas sobre áreas de vegetação natural (para a BHRP, o Cerrado) resulta em perda de habitat e ameaça à diversidade biológica. Ademais, o manejo inadequado das pastagens naturais ou plantadas pode levar à sua degradação, resultando em queda na produção de forragem, erosão e perda de nutrientes do solo, logo ocorrerá o aumento na emissão de gases do efeito estufa (DIAS-FILHO, 2011).

Além disso, pastagens degradadas têm sua capacidade de produção de forragem e, conseqüentemente, produtos animais, como carnes ou laticínios, reduzida ou inviabilizada (DIAS-FILHO, 2011). Tais pontos negativos comprometem a população local, os produtos e perturbam o meio ambiente.

Os impactos diretos são relacionados ao consumo das pastagens e à imediata queda na taxa de absorção de CO₂, água e nutrientes pela planta, por causa da redução na área e na massa de folhas e raízes. Os impactos indiretos resultam das mudanças nas propriedades do solo, microclima, ciclagem de nutrientes e nas interações competitivas entre plantas (DIAS-FILHO; FERREIRA, 2013).

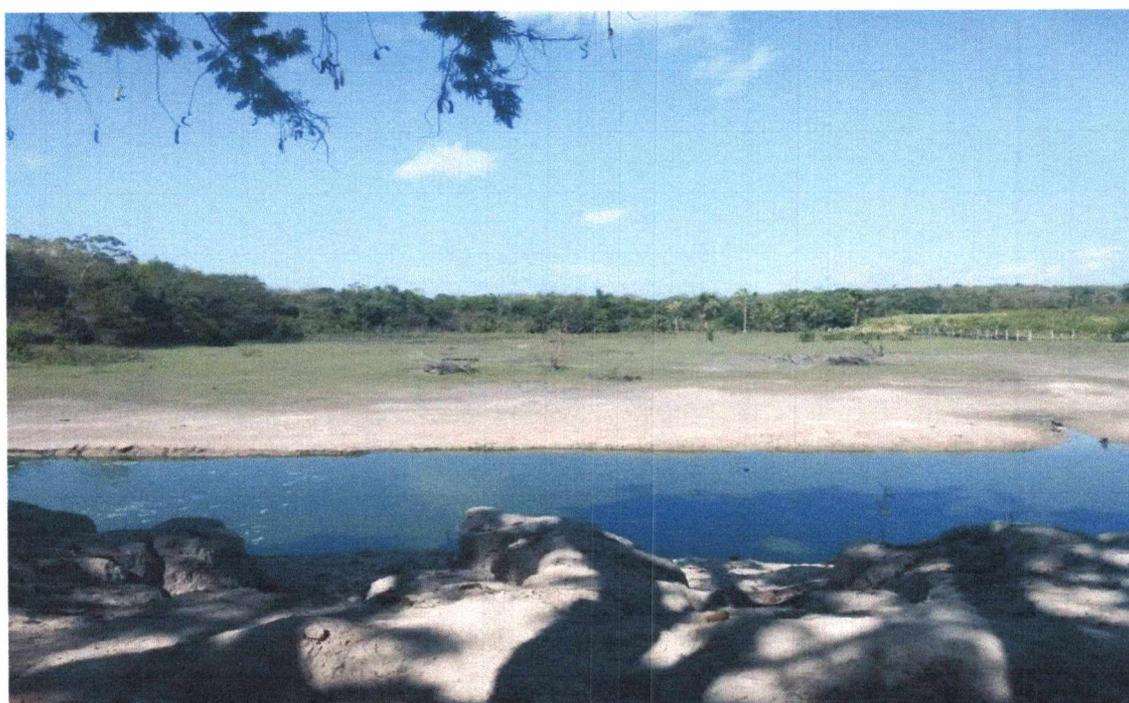
Na BHRP, em casos de recuperação de pastagens, muitos produtores desmatam ou iniciam queimadas a fim de iniciar uma revegetação a partir de plantas forrageiras. Ao realizar essas ações, os animais e as vegetações nativas são diretamente atingidos, ou seja, há a ameaça da biodiversidade da área. Nesse contexto, julgou-se a nota I como a mais adequada, porém, fazem-se necessários mais estudos sobre essa atividade na área, no intuito de apresentar um atributo com alto poder de impacto, mas que não recebe a atenção adequada.

6.9 Impactos da piscicultura

A piscicultura depende principalmente do ecossistema em que está inserida, devendo permanecer em equilíbrio para proporcionar a manutenção da prática. Desenvolver essa atividade sem provocar impactos ambientais é uma tarefa difícil, entretanto é possível reduzir os danos. De acordo com a piscicultura moderna, três pilares devem ser seguidos: produção lucrativa, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social, com o intuito de não reduzir a biodiversidade e nem na estrutura do ecossistema, possibilitando a preservação da prática (CASTELLANI; BARRELLA, 2018).

Assim, optou-se pela nota 0 à piscicultura, visto que a mesma é caracterizada como uma atividade econômica ambientalmente positiva, uma vez que os produtores precisarão manter um ambiente equilibrado e estável, pois os resultados dependerão da qualidade da água. Ela é considerada como uma alternativa que solucionaria os impactos causados pela produção bovina (GALDINO; VIEIRA; PELLEGRIN, 2006; AMORIM; TOSTA, 2020). Em pesquisa na BHRP, foram identificados açudes no município de Urbano Santos, como mostra a figura 22.

Figura 22 – Piscicultura no município de Urbano Santos.



Fonte: Souza, 2018.

7 CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Rio Preto-MA corresponde a 14 municípios localizados no nordeste do estado do Maranhão. Até o presente momento deste trabalho, entende-se, a partir da caracterização dos parâmetros físicos, que a BHRP possui uma grande variabilidade geológica; com a presença das unidades litoestratigráficas: Formação Codó, Grupo Itapecuru, Grupo Barreiras, Depósitos Eólicos Continentais Antigos e Depósitos Aluvionares; geomorfológicas, com a presença das feições: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros Sub-Litorâneos ou Tabuleiros de Chapadinha; pedológicas, com a presença das classes de solos: Latossolos Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Vermelho-Concrecionários, Plintossolos Pétricos e Plintossolos Argilúvicos.

A declividade se caracteriza por áreas correspondentes às classes: plana, suave ondulada, ondulada, moderadamente ondulada e forte ondulada. No que tange ao clima e à drenagem, o primeiro é caracterizado como subúmido enquanto a segunda é composta por um sistema de 8 ordens hierárquicas fluviais.

Em relação ao uso e cobertura da terra, a escala de mapeamento permitiu estabelecer as seguintes classes: área urbana, área de eucalipto, soja, solo exposto, Formação Pioneira e Restinga e Cobertura Vegetal. Verificou-se também que, nas últimas décadas, intensificou-se o avanço do agronegócio na bacia do rio Preto.

Sugere-se também que outras classes de uso e cobertura sejam adotadas para o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica rio Preto, podendo ser: vegetação secundária, pastagem, savana parque e savana arborizada.

A Bacia Hidrográfica do rio Preto, de modo geral, foi classificada como perturbada, segundo o Índice de Perturbações Ambientais (IPA). Tais perturbações foram evidentes principalmente no que diz respeito às queimadas, cultivo de soja, cultivo de eucalipto, e uso indevido de áreas de APPs. Assim, algumas considerações devem ser feitas:

O cultivo da soja, assim como o do eucalipto na BHRP, está inteiramente relacionado com o agronegócio que se instalou na região. Apesar de corresponder diretamente a uma área de produção de bens de consumo, a bacia não sustenta sua economia baseada nesse fator, de modo que práticas como o campesinato, a piscicultura, e outras atividades mais localizadas, ainda predominam em relação à população da região.

As queimadas, assim como o uso de agrotóxicos, o descarte irregular de lixo, e outros fatores degradantes diretos, ainda são extremamente predominantes na área de estudos, onde um influencia na abrangência do outro, como por exemplo o uso de agrotóxicos para as produções agrícolas.

Práticas culturais passadas de geração para geração, mas que impactam o meio ambiente, devem ser consideradas em futuras análises, a fim de alertar acerca do chamado analfabetismo cultural.

Nesse contexto, sugere-se que outros indicadores sejam levados em consideração na Bacia Hidrográfica do rio Preto, de modo que possam abranger mais parâmetros geoambientais perturbados. Como sugestões, tem-se a criação de animais, terrenos, densidade populacional, descarte de materiais de construção civil, entre muitos outros, no qual, apesar de serem indicadores interessantes de se trabalhar, não se possuía dados suficientes para incluí-los na análise.

REFERÊNCIAS

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2019). **Solos Tropicais: Latossolos Amarelos**. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r58asu5l.html#:~:text=Solos%20desenvolvidos%20de%20materiais%20argilosos,de%20cor%20definidos%20pelo%20SiBCS.>. Acesso em: 22/08/2019.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2019). **Solos Tropicais: Neossolo Quartzarênicos**. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqarta66.html>. Acesso em: 22/08/2019.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2019). **Solos Tropicais: Plintossolos Argilúvicos**. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mq1177o4j.html>. Acesso em: 22/08/2019.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2019). **Solos Tropicais: Plintossolos Pétricos**. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mqrdmmd4k.html>. Acesso em: 22/08/2019.

AMORIM, M. de J.; TOSTA, M. de C. R. A piscicultura como alternativa para diminuir os impactos ambientais da produção de carne bovina. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.4. 081-0101, 2020. Disponível em:

<https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/548/256>. Acesso em: 10/03/2021.

ANDRADE, J.B.DE; SILVA, F.B.; GUSMÃO, E. R. BRITO, D.R.B.; DOURADO, G.F.. Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25-30 de abril, 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, 5587-5594p. CD-ROM, On-Line. ISBN 978-85-17-00044-7.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BOSSARD, M.; FERANEC, J.; OTAHEL, J. (Org.). Corine land cover technical guide: addendum 2000. Copenhagen: European Environment Agency, 2000. (Technical report, n. 40). Project manager: Chris Steenmans; European Environment Agency. Disponível em:<<http://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>>. Acesso em: 24 set. 2017.

BOTELHO, A. C.; ALMEIDA, J. G.; FERREIRA, M. G. R.O avanço dos “eucaliptais”: análise dos impactos socioambientais em territórios camponeses no Leste Maranhense, **Revista Percurso**, Maringá, v.4, n.2, p. 79-94, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/view/17776/10213>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua vertente Geológica**. Coimbra: Editora Palimage, 2005, 190 p.

CARDOSO, A. S.; EL-DEIR, S. G.; CUNHA, M. C. C. (2016). **Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco**. Interações (Campo Grande), 17(4), 645-653.

CARNEIRO, M. C. S. M. (2011) – **Monitoramento das dunas utilizando o sistema de mapeamento a laser (lidar) aerotransportável: um estudo do campo de dunas o município de Rio Fogo, RN, Brasil**; Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6122>>. Acesso em: 28/02/2021.

CASTELLANI, Daniela; BARRELLA, Walter. Impacto da atividade de piscicultura na Bacia do Rio Ribeira de Iguape, SP - Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [SI], v. 32, n. 2, pág. 161-171, out. 2018. ISSN 1678-2305. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/726>>. Acesso em: 10/03/2021.

CEMIN, D. S. **Desenvolvimento de um Forno para Carbonização de Resíduos Agroflorestais em Pequena Escala**. 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: . Acesso em: 14 abr. 2016.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Ed. Universidade, 1974. 149p.

CORRÊA R.L. 1995. Espaço: um conceito-chave da Geografia In: Castro I.E. Gomes P.C. CORRÊA R.L. orgs. 1995. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, p. 15-47.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº. 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Brasília, 2006. p.94-101. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_15.00.37.7bd8d431d55dcfcfee40314c9c495266.pdf>. Acesso em: 05/04/2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.. Brasília, 2002. p.67-68. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 05/04/2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, 2002. p.67-68. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>>. Acesso em: 05/04/2021.

COSTA, L. M.; **A IMPRENSA E OS DESMATAMENTOS E QUEIMADAS NA AMAZÔNIA Análise discursiva da cobertura da imprensa sobre meio ambiente (1975-2002)**. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Santos – 29 de agosto a 2 de setembro de 2007.

FREITAS, M. C. M. A Cultura da Soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer**, Goiânia-GO, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

CPRM. Mapa geodiversidade do Brasil. Brasília, DF: CPRM, 2006. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. 1 CD-ROM.

CLAWSON, D.L. “Harvest Security and Intraspecific Diversity in Traditional Tropical Agriculture”. **Economic Botany**. V.39 (1985): 56-67.

DANTAS M.E. *et al.* Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didática**, v. 11, n. 1, p. 4-13, 2015.

DEFFONTAINES, B.; CHORWICZ, J. Principles of drainage basin analysis from multisource data: application to the structural analysis of the Zaire Basin. **Tectonophysics**, Amsterdam, v.194, p.237-263, 1991.

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. As pastagens e o meio ambiente. In: REIS, R.; BERNARDES, T. F. e SIQUEIRA, G. R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel-ME, 2013. p.26-49.

DIAS-FILHO, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4.ed. rev. atual. e ampl. Belém: Ed. do Autor, 2011. 215p.

DOMINGOS, Karine; DUTRA, Rodolfo. Vivência do estágio docente nos anos finais: As possibilidades metodológicas para a docência. Desafios e aplicações de saídas de campo. **Pesquisar: Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia**, Florianópolis, v. 5, n. 8, p.42-50, set. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/pesquisar/article/download/66683/40548#:~:text=Vale%20lembrar%20aqui%20que%20durante,quais%20est%C3%A3o%20sendo%20desenvolvidas%20as> . Acesso em: 20/04/2021.

DUARTE, C.C.; GALVÍNIO, J.D.; CORRÊA, A.C. de B.; ARAÚJO, M. do S.B. de. Análise fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá-PE. **Revista de Geografia**, v.24, p.51, 2007.

DUTRA JÚNIOR, N. P. S., & SOUZA, R. V. (2016). DIAGNÓSTICO E ESPACIALIZAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL APLICADO AO MANEJO DO LIXO DOMÉSTICO EM ITUIUTABA-MG. *Geoambiente On-Line*, (26). <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i26.39996>. Acesso em: 11/03/2021

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Relatório do diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão. Campinas, SP: EMBRAPA, 2013. 324p. (Embrapa Monitoramento por Satélite / Relatório Técnico, v.2).

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. M. **Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/811632>. Acesso em: 10/03/2021.

GONÇALVES, R. M. G. GIANNOTTI, E. GIANNOTTI, J. D. G. SILVA, A. Aplicação do modelo de revegetação em áreas degradadas, visando à restauração ecológica da microbacia

do córrego da fazenda Itaqui, no município de Santa Gertrudes, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.17, 2005, p. 73-95. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/inflorestal/infref/RIF17-1/RIF17-1_73-95.pdf. Acesso em: 10/03/2021.

GORAYEB, Adryane; PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro. **Análise integrada das paisagens de bacias hidrográficas na Amazônia Oriental**- Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. (Estudos da Pós-Graduação).

GUIMARÃES, R. C. (2012), “Capítulo 2 – Bacia Hidrográfica”, in Shaidian, S., Guimarães, C. R. e Rodrigues, C. M. (editores), *Hidrologia Agrícola*. ISBN: 978-989-97060-4-0. ECT, ICAAM, Universidade de Évora.

HORTON R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*, in Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011, 238p. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: 20/07/20.

IBGE - DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS E ESTUDOS AMBIENTAIS. 1992. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Série manuais técnicos em geociências, número 1*. Rio de Janeiro. 91p.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. *Relatório de Queimadas Maranhenses*. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC. v.3, n.1, jan./dez. – São Luís: IMESC, 2019. 14 p.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. 2º Edição. Recife. Editora Bagaço, 1998.

JULYARD, E. Região, tentativa de definição. *Boletim Paulista de Geografia do IBGE*, Rio de Janeiro, n. 186, 1965.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Manejo sustentável dos solos dos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. p. 61-104

LACORTE, I. M. ALMEIDA, M. R. R. Impactos ambientais em Áreas de Preservação Permanente de centros urbanos: o caso da Bacia do Córrego Liso em Uberlândia. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.22, 2015, p. 1464-1475. Disponível em :https://doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_175. Acesso em: 10/03/2021

LIMA, Enjolras de A. M; BRANDÃO, Ricardo de Lima. Contexto Geológico. In: PFALTZGRAFF, P. A. dos S. (Org.) **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. 260 p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16772/livro_geodiversidade_PI.pdf>. Acesso em: 16/01/2019.

LIMA, Mário Ivan Cardoso de. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. (3a Edição). Março/2006, Belém – Pará – Brasil.

LEITE, A. L. et al. Atividade mineradora e impactos ambientais em uma empresa cearense. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas. Anais [...]. p.7282-7286, 2017.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, abr-jun 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sdeb/v42n117/0103-1104-sdeb-42-117-0518.pdf>. Acesso em: 07/03/2021.

LOPES, E. C. S; TEIXEIRA, S. G. Contexto Geológico. In: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. 294p. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/14761/1/livro_geodiversidade_MA.pdf>. Acesso em: 16/01/2019.

MANOSSO , F. C; ONDICOL, R.. P. **Geodiversidade: Considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 35 - 1 / 2012 p.90-100.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)**, v. 16, p. 93-101, 2017.

MORAIS, I. L. SOARES, D. M. NASCIMENTO, A. R. T. As áreas úmidas no contexto do Código Florestal e a invasão biológica em veredas. In: SANTOS, F. R (Orgs.). **Contextualizando o Cerrado Goiano: entre questões socioeconômicas e socioespaciais e questões socioeducacionais e socioambientais**. Curitiba: Editora CRV, 2017, p. 59-86.

MOURA, Derick Martins Borges de; SOUSA, Flávio Alves de. Descrição geológica da bacia hidrográfica do córrego das vacas em Diorama – GO. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia- Campus- UFG, Jataí GO**, P.66-82, Jul-Dez 2014.

MUCELLIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (1): 111-124, jun. 2008. Disponível em: [scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1](https://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1). Acesso em: 07/03/2021

NASCIMENTO, Flávio R. do. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da Bacia do rio Acaraú – CE**. (Tese de Doutorado), UFF: Rio de Janeiro, 2006. 325p

NIETO, L. M. Patrimônio Geológico, Cultura y Turismo. Boletín del Instituto de Estudios Ginnenses, n. 182, p. 109-122, 2001.

OLIVEIRA, Fernando Roberto de; MENEGASSE, Leila Nunes; DUARTE, Uriel. Impacto Ambiental do Eucalipto na Recarga de água subterrânea em área de Cerrado, no médio Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, 2002.

PEREIRA, R. M.; SOUZA, J. C. de. Uma reflexão acerca da importância do trabalho de campo e sua aplicabilidade no ensino de Geografia. **Revista Mirante, Goiânia**, v. 01, n. 01, p. 1-15, set. 2007. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/215/o/uma_reflexao_acerca_da_importancia_do_trabalho_de_campo.pdf. Acesso em: 20/01/2021.

PRESOTI, A. E. P. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema aquático da Microrregião de Chapadinha, MA**. 2008. 117p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

Disponível em:

<<https://tede2.ufma.br/jspui/bitstream/tede/1203/1/ANTONIO%20EDUARDO%20PINHEIRO%20PRESOTI.pdf>>. Acesso em: 01/02/2021.

PROTACIO, A. P. B. **ENTRE A ENXADA E O PAPEL: impactos socioambientais de atividades de produção de eucaliptos nas comunidades de pequenos produtores no município de Urbano Santos**. 2016. 86p. Monografia (Graduação em História) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: < <https://www.historia.uema.br/wp-content/uploads/2016/11/2.-ana-paula-batista-provacio.pdf>>. Acesso em: 17/11/2020.

RABELO, Thiara Oliveira. **Geodiversidade em ambientes costeiros: discussões e aplicações no setor sudeste da Ilha do Maranhão, MA-Brasil / Thiara Oliveira Rabelo**. 2018. 177.: il.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das Paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; FEITOSA, A. C. **Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo, na comunidade Negra Jamary dos Pretos, Turiaçu - Maranhão**. Anais do I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a degradação ambiental. Desenvolvimento em Questão**, v. 13, p.111-128, 2009.

SANTOS, L. C. A. dos. **Gestão das águas da sub-bacia hidrográfica do Rio Cacaú – Maranhão**. 2012. 377p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2012.

SERAFIM, A. C. et al. **Chorume, Impactos Ambientais e Possibilidades de Tratamento**. In: III Fórum de Estudos Contábeis. Anais ... Rio Claro, SP. 2003. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Chorume-impactos-ambientais-e-possibilidades-de-tratamento.pdf>. Acesso em: 11/03/2021.

SILVA, C. R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro, CPRM. 2008.

SILVA, C.R.; RAMOS, M.A.B.; PEDREIRA, A.J.; DANTAS, M.E. **Começo de tudo**. In: SILVA, C.R. da (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008a. 264 p. il. p. 11-20.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Acesso em: fev. 2019.

SILVA, F. F.; MORAIS, F. Índice de perturbações ambientais em áreas cársticas do estado do Tocantins – primeira aplicação no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 9, n. 3, p. 766-777, 2016.

SILVA, R. F. Da; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v.26, n.47, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/download/10695/10148/0+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 06/03/2021

SOARES, Idevan Gusmão. **A dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Preto-MA**. 2018. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

STRAHLER A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, section 4 – II, in Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, New York.

TARGA, M. S. et al. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v.7, n.2, p. 120-142, 2012. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n2/v7n2a12.pdf>>. Acesso em: 25/01/2020.

VEIGA, T. **A geodiversidade do cerrado**. Pequi, Brasília, DF, 2006.

VIANA, M. B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. **Consultoria Legislativa**, Brasília, anexo III, abr – 2004. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1162/eucalipto_efeitos_boratto.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=Em%20s%C3%ADntese%2C%20os%20efeitos%20ambientais,empobrecimento%20de%20nutrientes%20no%20solo%2C>. Acesso em: 21/03/2021.

WÜST, C.; TAGLIANI, N.; CONCATO, A.C. A pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, VI., 2015, Porto Alegre, RS. **Anais [...]**. Baurú, SP: IBEAS, 2015. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/V-025.pdf>>. Acesso em: 22/06/2020.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L.M. Índice de geodiversidade da restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à geografia física. **Revista de Geografia**, Recife: DCG/UFPE, v. 1, p. 57-64, 2001.