



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CECEN
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

GISELLE CHRYSTINA DO VALE MARTINS

**GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ - MA:
Valores, classificações e ameaças**

**São Luís - MA
2023**

GISELLE CHRYSTINA DO VALE MARTINS

GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ - MA:
Valores, classificações e ameaças

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em 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
2023

Martins, Giselle Chrystina do Vale.

Geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Pindaré - MA: valores, classificações e ameaças / Giselle Chrystina do Vale Martins. – São Luís, 2023.
82 f

Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

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

1. Geodiversidade. 2. Bacia hidrográfica. 3. Rio Pindaré. 4. Geoprocessamento. I.Título.

CDU: 556.51(812.1)

GISELLE CHRYSTINA DO VALE MARTINS

GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ - MA:
Valores, classificações e ameaças

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em 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

Aprovado 21/07/2023

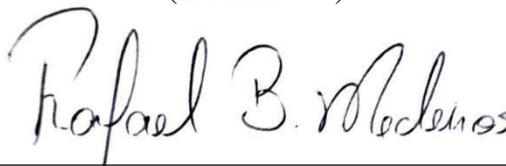
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE FERNANDO RODRIGUES BEZERRA
Data: 30/08/2023 11:22:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Fernando Rodrigues Bezerra
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
(Examinador)



Rafael Brugnolli Medeiros
Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
(Examinador)

Dedico este trabalho à minha mãe Elizangela, minha avó Luzia e meu avô/pai Antônio “Paciência”, por todo apoio e amor que me deram para que pudesse realizar os meus objetivos. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus.

À minha família, em especial a minha mãe, Elizangela do Vale Martins, minha avó Luzia do Vale Martins e ao meu avô Antonio Cícero Oliveira Martins “Paciência”, por todo apoio, amor e confiança que depositaram em mim e pela dedicação diária que tiveram comigo.

Ao meu namorado Thayrlan Silva Souza, por todas as palavras de incentivo, carinho e por estar ao meu lado em qualquer batalha, dividindo os momentos da vida.

Aos professores Luiz Carlos Araujo dos Santos e Rafael Brugnolli Medeiros, pelo apoio, auxílio e contribuição para o desenvolvimento deste e de outros trabalhos.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), pelo investimento na educação dos discentes e incentivo à pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP), professores membros e bolsistas que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

À Juliany Silva, secretária do Curso de Geografia da UEMA, pelo suporte dado desde o início até agora, tornando-se uma amiga.

Aos amigos da graduação, em especial, Arliane Raquel de Carvalho, Débora Frazão Ferreira, Ingrid Lorranny, Paulo Zidane Ferreira e Matheus Costa Araujo, pela parceria dentro e fora da sala de aula.

Ao corpo docente do curso de geografia da UEMA, pela dedicação em ensinar e compartilhar saberes.

Muito obrigada a todos!

“Corra atrás de seus sonhos. Pode ser uma longa jornada, mas o caminho está bem à sua frente”.

Grace

RESUMO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Pindaré - BHRP, localizada na mesorregião Oeste Maranhense, abrangendo 32 municípios do Maranhão. Este trabalho teve como objetivo compreender a geodiversidade local por meio dos aspectos geológicos, climáticos, geomorfológicos, pedológicos e antrópicos por meio da ótica geossistêmica, com o intuito de compreender como tais componentes se processam mutuamente na bacia hidrográfica. Para atingir os procedimentos metodológicos realizou-se uma revisão bibliográfica e a aplicação de técnicas de Geoprocessamento para a elaboração de mapas temáticos no software QGIS 3.10. Desse modo, modo foi possível realizar a caracterização geológica, de declividade e pedológica da área em estudos, além da caracterização do clima, valoração e índice de geodiversidade. Os procedimentos metodológicos permitiram chegar aos resultados da geodiversidade da BHRP, que se vincularam à aspectos geológicos diversos, que vão desde depósitos aluvionares e flúvio-lagunares (areia, silte e cascalho) onde predominam áreas de declive aplainado da baixada maranhense, em que há uma predominância dos plintossolos no baixo curso da BHRP. Dos lugares de geodiversidade *in situ*, definiu-se as Terras Indígenas, áreas com a presença de recursos minerais, áreas com ocorrência de fósseis, polos turísticos e áreas objetos de estudo do Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão; Na valoração a presença de valores cultural, econômico estético e científico e didático presentes; o índices de geodiversidade com alto nível nos municípios de Monção, Cajari, Pindaré Mirim e Bom Jardim; e as ameaças relacionadas a inserção da pastagem nos últimos anos, e a presença de áreas com ocorrências de inundações e enxurradas.

Palavras-chave: Geodiversidade; Bacia Hidrográfica; Rio Pindaré; Geoprocessamento.

RESUMEN

El área de estudio comprende la cuenca del río Pindaré - BHRP, ubicada en la mesorregión West Maranhense, que abarca 37 municipios de Maranhão. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la geodiversidad y evaluar la geodiversidad a través de aspectos geológicos, climáticos, geomorfológicos y pedológicos a través de la perspectiva geosistémica, con el objetivo de comprender cómo dichos componentes se procesan mutuamente en la cuenca hidrográfica. Para lograr los procedimientos metodológicos se realizó una revisión bibliográfica y la aplicación de técnicas de Geoprocesamiento para la elaboración de mapas temáticos en el software QGIS 3.10. De esta forma, fue posible realizar la caracterización geológica, de pendiente y edafológica del área de estudio, además de la caracterización del clima, valoración e índice de geodiversidad. Los procedimientos metodológicos permitieron arribar a los resultados de la geodiversidad del BHRP, los cuales estuvieron vinculados a diferentes aspectos geológicos, que van desde depósitos aluviales y fluvio-laguneros (arena, limo y grava) donde se encuentran áreas de taludes aplanados del llano maranhense predominan, en los que hay un predominio de plintosoles en el curso inferior del BHRP. A partir de los lugares de geodiversidad in situ, fueron definidas las Tierras Indígenas, áreas con presencia de recursos minerales, áreas con ocurrencia de fósiles, polos turísticos y áreas objeto de estudio de la Zonificación Ecológica y Económica de Maranhão; En la valoración, la presencia de valores culturales, económicos, estéticos y científicos y didácticos presentes; o Índices de geodiversidad de alto nivel en los municipios de Monção, Cajari, Pindaré Mirim y Bom Jardim; y las amenazas relacionadas con la inserción de pastos en los últimos años, y la presencia de áreas con ocurrencia de inundaciones y escurrimientos.

Palabras-clave: Geodiversidad; Cuenca hidrográfica; Rio Pindaré; Geoprocesamiento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Pindaré – MA	16
Figura 2 – Valores e subvalores da geodiversidade sensu Murray Gray.....	24
Figura 3 – Exemplificação do grid de amostragem e da composição dos valores de subíndices segundo o método de Pereira et al. (2013)	28
Figura 4 – União dos centróides de todos os subíndices de geodiversidade da BHRP.....	28
Figura 5 – Representação simplificada do método de análise quantitativa da geodiversidade proposto por Pereira et al. (2013)	29
Figura 6 – Área de trabalho do software SAGA 9.0.2 (processo de “Quebra Natural”).....	31
Figura 7 – Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	34
Figura 8 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA.....	37
Figura 9 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA	42
Figura 10 – Comparativo entre a normal climatológica de precipitação estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de precipitação estabelecida entre 1991 – 2020	43
Figura 11 – Comparativo entre a normal climatológica de temperatura máxima estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de temperatura máxima estabelecida entre 1991 – 2020	44
Figura 12 – Comparativo entre a normal climatológica de temperatura mínima estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de temperatura mínima estabelecida entre 1991 – 2020	44
Figura 13 – Mapa de Identidade com a terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA ...	50
Figura 14 – Antiga área de extração de argila para cerâmica.....	52
Figura 15 – Mapa de Concentração de Recursos Minerais da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA.....	54
Figura 16 – Mapa de Polos Turísticos da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA	58
Figura 17 – Zoneamento Ecológico e Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA	61
Figura 18 – Subíndices de geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA	65
Figura 19 – Mapa de Geodiversidade total da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA	67
Figura 20 – Mapa de Índice de Geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA.	69
Figura 21 – Formação florestal em Alto Alegre do Pindaré – MA	71
Figura 22 – Pastagem em Pindaré-Mirim – MA	72
Figura 23 – Domicílios na sede municipal de Pindaré-Mirim – MA	73

Figura 24 – Domicílios em área rural, assentamento em Bom Jesus das Selvas – MA	73
Figura 25 – Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA ...	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Gleissolos Tiomórficos Órticos	39
Quadro 2 – Inventário de valores da geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Pindaré segundo Gray (2004)	46
Quadro 3 – Patrimônios dos polos Lagos Campos Floridos e Serras Guajajara, Timbira e Kanela	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Pindaré e suas respectivas concentrações.....	32
Tabela 2 – Declividade e formas de relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	36
Tabela 3 – Terras Indígenas e povos na bacia hidrográfica do rio Pindaré	49
Tabela 4 – Simbologia correspondente as classes de aptidão agrícola das terras	56
Tabela 5 – Classificação da Geodiversidade (Quadrículas)	66
Tabela 6 – Classes de uso e cobertura da terra na BHRP	71

LISTA DE SIGLAS

AGEITEC	Agência Embrapa de Informações Tecnológicas
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
IGL	Índice Geológico
IMESC	Instituto Maranhense de estudos socioeconômicos e cartográficos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOF	Índice de Ocorrência de Fósseis
IPT	Índice de Polos Turísticos
IRM	Índice de Recursos Minerais
IS	Índice de Solos
IZEE	Índice de Zoneamento Ecológico Econômico
MA	Maranhão
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
SEPE	Secretaria de programas estratégicos
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TI	Terras Indígenas
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Geral	17
1.1.2 Específicos	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 MARCOS CONCEITUAIS DA GEODIVERSIDADE	17
2.2 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO ANÁLISE DA GEODIVERSIDADE	18
2.3 ANÁLISE DA PAISAGEM E GEODIVERSIDADE	20
2.4 VALORES E CLASSIFICAÇÕES DA GEODIVERSIDADE	22
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
3.1 MAPAS DE GEOLOGIA, E SOLOS	25
3.2 MAPA DE DECLIVIDADE	25
3.3 MAPAS VALORES DA GEODIVERSIDADE (TERRAS INDÍGENAS, RECURSOS MINEIRAIS E OCORRÊNCIA DE FÓSSEIS, POLOS TURÍSTICOS, ZONEAMENTO ECOLÓGICO E ECONÔMICO E SUSCETIBILIDADE A EVENTOS GEOLÓGICOS)	25
3.4 MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA	26
3.5 IDENTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DE OCORRÊNCIA DA GEODIVERSIDADE	26
3.6 ANÁLISE QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE	26
3.6.1 Índice Geológico (IGL)	29
3.6.2 Índice de Solos (IS)	30
3.6.3 Índice de Ocorrência de Fósseis (IOF)	30
3.6.4 Índice de Recursos Minerais (IRM)	30
3.6.5 Índice de Polos Turísticos (IPT)	30
3.6.6 Índice de Zoneamento Ecológico Econômico (IZEE)	30
3.6.7 Definição dos intervalos de geodiversidade	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1 CARACTERIZAÇÕES GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ	31
4.1.1 Geologia	32
4.1.2 Declividade	35
4.1.3 Solos	38
4.1.4 Clima	43

4.2 INVENTÁRIO DE LUGARES E ELEMENTOS DE OCORRÊNCIA DA GEODIVERSIDADE <i>IN SITU</i>	45
4.3 VALORAÇÃO DA GEODIVERSIDADE <i>IN SITU</i>	48
4.3.1 Valor Cultural	48
4.3.2 Valor Econômico	51
4.3.2.1 Materiais para construção civil.....	51
4.3.2.2 Metais não ferrosos e semimetais	51
4.3.2.3 Recursos energéticos.....	51
4.3.2.4 Minerais industriais.....	51
4.3.3 Valor Funcional	55
4.3.4 Valor Estético	56
4.3.4.1 Polos turísticos e atrativos geoturísticos	51
4.3.4.2 Polo Lagos e Campos Floridos	51
4.3.4.3 Polo Serras Guajajara, Timbira e Kanela.....	51
4.3.5 Valor Científico e Valor Didático	59
4.4 ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ – MA.....	62
4.4.1 Índice de Geologia (litológico).....	62
4.4.2 Índice de Solos	62
4.4.3 Índice paleontológico	62
4.4.4 Índice de Potencial Mineral.....	63
4.4.5 Índice de Polos Turísticos	63
4.4.6 Índice de ZEE	63
4.5 AMEAÇAS Á GEODIVERSIDADE.....	70
4.5.1 Uso e cobertura da terra.....	70
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

1 INTRODUÇÃO

Geodiversidade é o conceito específico para enfatizar a diversidade abiótica presente na natureza. De acordo com Gray (2004, p.8), geodiversidade é o estudo “de aspectos geológicos (minerais, rochas e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo e processos) e pedológicos, incluindo suas coleções, relações, propriedades, interpretações e sistemas”.

Para o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2006), a geodiversidade diz respeito à variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem à natureza abiótica (meio físico), tendo valores intrínsecos, como cultural, estético, econômico, científico, educativo e turístico. Nesse sentido, entende-se a necessidade de analisar tais aspectos, a seguinte pesquisa corresponde a um estudo de fatores característicos da bacia hidrográfica do rio Pindaré, com o objetivo de avaliar e apresentar o índice de geodiversidade presente na bacia.

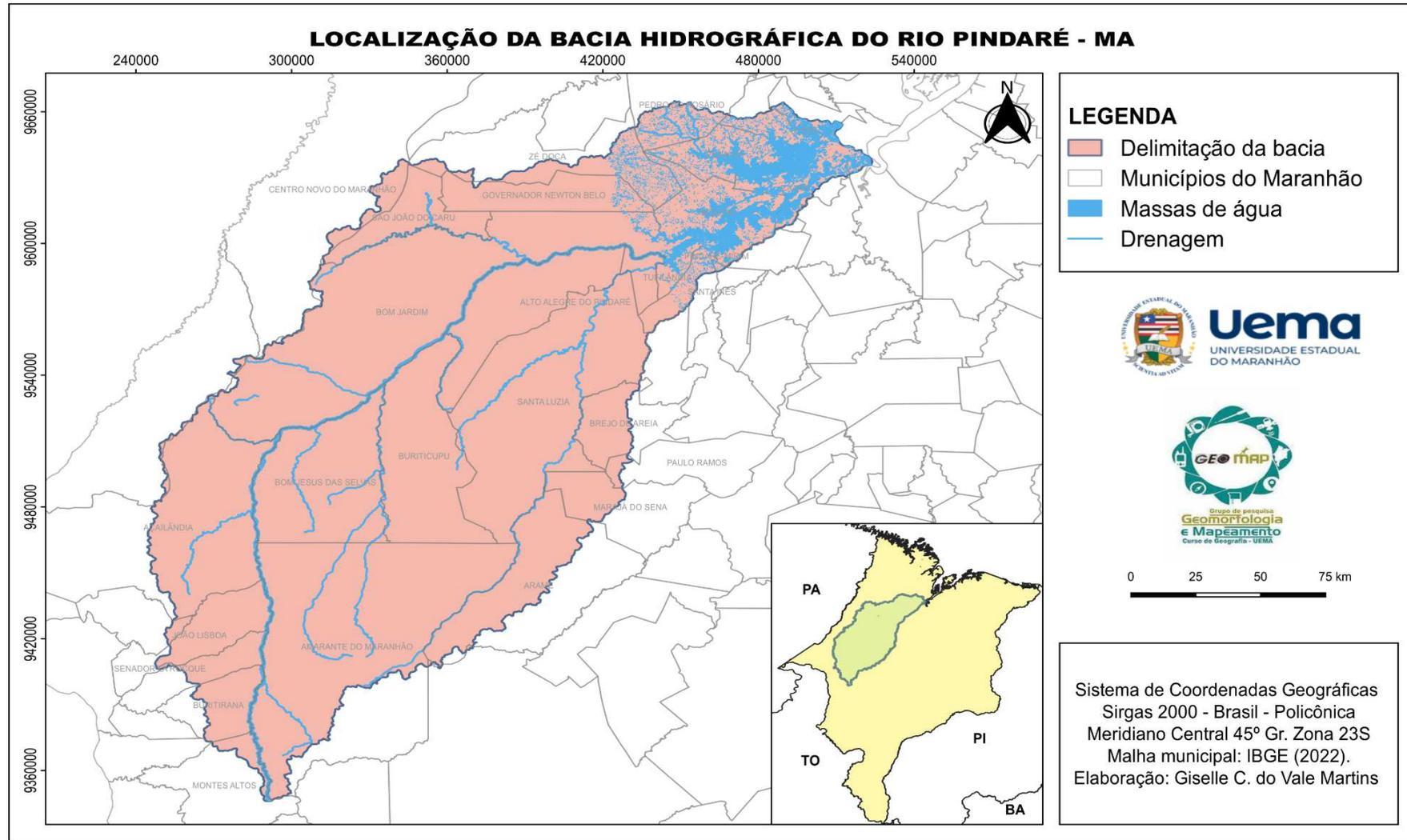
A bacia hidrográfica do rio Pindaré – MA, situada na região oeste do Maranhão, abrange 32 municípios, apresenta também uma diversidade e complexidade inerente à região amazônica. Por isso, o emprego das geotecnologias traz consigo a possibilidade de empregar métodos, ferramentas e tecnologias para coleta e tratamento de dados georreferenciados. Esses auxiliam tais pesquisas a possibilitarem o norteamento de ações para prever e corrigir possíveis degradações e pressões sobre os recursos naturais.

Intrinsecamente, o estudo de bacias hidrográficas apresenta relevância dentro da geografia física, pois estas além de serem um elemento fundamental para a manutenção do ciclo hidrológico, também estabelecem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pelas atividades antrópicas que podem desencadear riscos à qualidade e quantidade de água (FERNANDES & SILVA, 1994 *apud* DE ARAÚJO *et al.*, 2009).

A escolha da área da bacia hidrográfica do rio Pindaré – MA, deu-se em razão da falta de estudos no âmbito da geodiversidade e, conseqüentemente, apresenta informações sobre essa área que aponta uma grande diversidade e complexidade ligada à região amazônica.

Importante destacar que, várias áreas do conhecimento podem ser beneficiadas com o estudo da geodiversidade de bacias hidrográficas, uma vez que possibilitam o norteamento para a implementação de políticas públicas; elaboração do planejamento, gestão e ordenamento territorial; prevenção de desastres naturais e o auxílio a obras de engenharia (obras de infraestrutura).

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Pindaré – MA



Fonte: Martins, (2023).

MA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Compreender a geodiversidade da Bacia Hidrográfica do rio Pindaré, correlacionando os aspectos geológicos, climáticos, geomorfológicos e pedológicos por meio da ótica geossistêmica, de modo a compreender como tais componentes se processam mutuamente na bacia hidrográfica.

1.1.2 Específicos

- Estabelecer os parâmetros geoambientais da bacia hidrográfica do rio Pindaré (aspectos geológicos, relevo, solos e clima);
- Fazer o inventário de lugares e elementos de ocorrência de geodiversidade *in situ* na bacia;
- Valorar os lugares e elementos de ocorrência de geodiversidade *in situ*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MARCOS CONCEITUAIS DA GEODIVERSIDADE

A Geodiversidade é uma das áreas da Geografia Física que possui muitas definições sendo apresentadas por diversos pesquisadores ao longo dos anos. Diferentemente do conceito de “biodiversidade” que engloba o meio biótico, o termo “geodiversidade” é utilizado para caracterizar os elementos abióticos do meio natural.

Para Silva *et al.* (2008a), a construção desse conceito foi iniciada a partir de 1990 e foi consolidada ao final da década. Muitos autores seguem parâmetros similares ao definir a geodiversidade, considerando-a como a diversidade natural de rochas, minerais, fósseis, acidentes geográficos, sedimentos e solos, juntamente com os processos naturais que os formam. No Brasil, esse conceito é bastante direcionado ao planejamento territorial, porém os estudos voltados para geoconservação não são considerados com tanta relevância.

Eberhard (1997), expõe a geodiversidade é a “diversidade entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”, ou seja, cada paisagem natural está em constante interação por meio dos processos citados. 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 da

geodiversidade. Stanley (2001) utiliza uma definição mais ampla, estabelecendo uma interação entre a diversidade natural (geologia, relevo e solos) e a sociedade (seu povo e sua cultura).

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

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

O estudo da natureza abiótica (meio físico) 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 (CPRM, 2006).

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

2.2 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 convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório.

É composta 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 no qual a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo seu exutório, levando em consideração, como 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 degradação geoambiental ou à má gestão dos recursos proporcionados pela mesma.

Quanto à caracterização geológica, Guimarães (2012) 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. (GUIMARÃES, 2012, p.19).

Nesse sentido, entende-se que a análise da geologia e suas atribuições podem chegar a conclusões a respeito dos processos que ocorrem fora do contexto da mesma, mediante à 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 que serve, assim como a geologia, para diagnosticar a geodiversidade de uma determinada área, 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), citados por Moura e Sousa (2014), 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. (JATOBÁ; LINS, 1998. *Apud*: MOURA; SOUSA, 2014, p.69).

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

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

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. (MOURA; SOUSA, 2014, p.69).

O clima, como um dos componentes analíticos da geodiversidade, também está extremamente ligado à bacia hidrográfica, na qual essa ligação, segundo Brilha (2005, p.25), corresponde respectivamente 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”, sendo assim o ambiente de uma bacia hidrográfica um “palco” para a ação desses agentes.

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

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 (GUIMARÃES 2012, p.19).

2.3 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 essa ciência. Corrêa (1995) afirma que o conceito de Paisagem consiste numa 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 *et al.* (2013, p. 40) coloca 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), “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. Essa sendo uma das classes na qual mais serão usados da

observação e descrição por parte do geógrafo, o qual necessita da geodiversidade para uma melhor compreensão e precisão de seu objeto de estudos.

Julyard (1965), seguindo essa linha de raciocínio, afirma que a paisagem é um dos conceitos mais relevantes da Geografia, pois corresponde à interação dos aspectos físicos, biológicos e humanos de um determinado território.

Algumas ciências, em específico a geologia, mostraram ter um grande interesse quando se fala no estudo da paisagem. Nesse sentido a geologia 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” num 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), 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). (DANTAS, *et al.* 2015 p. 9-10).

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).

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, a Hidrologia e a Climatologia 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, na qual 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 na qual estão implantadas essas atividades de exploração, tem-se uma ameaça eminente à geodiversidade.

2.4 VALORES E CLASSIFICAÇÕES DA GEODIVERSIDADE

A geodiversidade, como parâmetro abiótico no meio natural, tem sua utilidade desde os primórdios da vida humana. Desde a utilização de rochas para a produção do fogo até o molde do ferro para a produção de ferramentas e armas, demonstra-se essa variedade de funções agregadas aos parâmetros da geodiversidade, tendo em vista que ela, assim como a biodiversidade contribuiu para a descoberta de agentes farmacológicos, a primeira influenciou diretamente no desenvolvimento da sociedade humana.

Reforçando este entendimento, Galopim de Carvalho (2007 *apud* SILVA, 2016) coloca que as atribuições feitas a geodiversidade pela mente humana, desde a Idade da Pedra quando o sílex era utilizado para caça, até a atualidade, foi responsável por mais de 3500 espécies minerais empregadas nas mais diversas utilidades na sociedade. “Disto, tem-se a relação da vida humana com a geodiversidade, uma vez que as condições físicas dos terrenos foram, e ainda são, fundamentais para o estabelecimento das cidades, unidade macro das sociedades modernas” (SILVA, 2016, p. 49).

A valoração da geodiversidade, de modo geral, vem a ser entendida a partir da quantificação dos parâmetros geoambientais, estéticos e culturais, identificados no meio abiótico, no qual, apesar dos processos de proteção dos pontos onde os mesmos estão sitiados em larga escala, deve-se considerar pontos específicos onde há a ocorrência dos mesmos, denominados lugares de geodiversidade.

Assim como as ações de proteção do meio ambiente são definidas a partir da atribuição de valores que classifiquem os lugares com maior necessidade de proteção, seja por serem

lugares com beleza natural ou por terem importância para os ecossistemas locais e mundiais, as áreas em que a geodiversidade se faz presente também possuem valores que devem ser atribuídos pelo agente pesquisador (SILVA, 2016).

Na geodiversidade, esses valores podem ser definidos a partir de Gray (2004), levando em consideração a dificuldade na quantificação numérica desses parâmetros, ele opta por uma classificação pré-definida de 6 valores 32 e subvalores (Figura 2), abrangendo elementos associados diretamente ou indiretamente às utilizações da geodiversidade.

A relação entre homem e natureza é um dos pressupostos na teoria e na prática mais difíceis de serem analisados e trabalhados. O valor cultural, diferentemente do valor intrínseco, corresponde e se revela nas mais variadas relações existentes entre o meio antrópico e o natural, onde diversos elementos da geodiversidade estarão intrelaçados com comunidades humanas, seja no processo de ocupação de determinada região, até os próprios recursos utilizados pelo homem para sobrevivência e desenvolvimento, na toponímia dos lugares, no folclore, na religiosidade e na identidade destas dessas comunidades (MOCHIUTTI; GUIMARÃES; MELO, 2011). Assim esse valor cultural pode corresponder desde a identidade que esses povos tem com a terra até a cultura desenvolvida pelos mesmos nesse meio, ou seja, sua religião, crenças e lendas.

Assim como elementos da cultura de massa, o contexto estético é um dos parâmetros que também está associado a interação entre o ser humano e a natureza. O clímax visual, rodeado do sentimento de alegria e júbilo (MOCHIUTTI; GUIMARÃES; MELO, 2011), é associado a um valor afetivo atribuído a paisagem, onde essa relação mostrará a importância e conseqüentemente o valor estético que mesma apresentará. Com isso, tem-se a geodiversidade associada ao geoturismo, principalmente a formações geológicas; além de paisagens naturais com intensa visitação anual.

Já o valor econômico corresponde ao parâmetro sobre a geodiversidade mais intenso. Desde o plástico de um brinquedo infantil até o ferro utilizado para a construção de navios de grande porte, o valor econômico é atribuído a geodiversidade. “Rochas, minerais, sedimentos, fósseis, água subterrânea, as formas de relevo, o solo, são todos elementos que, dependendo de sua aplicação e concentração, podem ter aproveitamento econômico” (MOCHIUTTI; GUIMARÃES; MELO, 2011, p. 658).

O valor funcional corresponde a boas condições do meio natural abiótico, em benefício do meio antrópico, onde “instalar-se-ia um verdadeiro caos no mundo sem a existência de solos férteis, água de boa qualidade, e ar limpo, embora para muitos estes benefícios já se encontrem

3.1 MAPAS DE GEOLOGIA, E SOLOS

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

O mapeamento dos aspectos geoambientais ficou a cargo da utilização do relevo sombreado como plano de fundo nos mapas temáticos de geologia, geomorfologia e solos, objetivando-se ilustrar a fisionomia e textura do relevo da área-objeto.

3.2 MAPA DE DECLIVIDADE

O mapa de declividade foi desenvolvido por intermédio do Modelo Digital de Terreno/SRTM, que foram trabalhados em ambiente SIG. No mapa foi utilizada a classificação descrita no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), no qual ela propõe cinco classes de relevo, sendo: Aplainado, Suave Ondulado, Ondulado, Fortemente Ondulado e Montanhoso.

3.3 MAPAS VALORES DA GEODIVERSIDADE (TERRAS INDÍGENAS, RECURSOS MINEIRAIS E OCORRÊNCIA DE FÓSSEIS, POLOS TURÍSTICOS, ZONEAMENTO ECOLÓGICO E ECONÔMICO E SUSCETIBILIDADE A EVENTOS GEOLÓGICOS)

No processo de operacionalização da cartografia relacionada aos valores da geodiversidade, utilizou-se dos dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Nesse processo, utilizou-se da ferramenta *Clip* para recortar os arquivos *shapefile* temáticos para cada mapa a partir da delimitação da BHRP, utilizando-se também de limites municipais e das unidades da federação, juntamente com a hidrografia classificada para os cursos principais.

Além disso, foi inserido o relevo sombreado em alguns desses, obtido no MDE/TOPODATA – INPE sendo ele submetido ao processo de reprojeção e realização do mosaico. Por fim, foram criados os mapas individuais de cada valor da geodiversidade da BHRP, utilizando assim um *layout* padrão.

3.4 MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA

O mapa de uso e cobertura da terra foi gerado a partir das imagens disponibilizadas pelo Mapbiomas, baixadas por meio da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) a fim de identificar as formas de uso da terra e cobertura para o estado do Maranhão. Foi escolhido o dado de 2020, em seguida foi utilizado o software Qgis 3.10 para operacionalização das imagens e a ferramenta *clip* para recortar o arquivo raster na delimitação da BHRP, objetivando uma visualização particular das dinâmicas que ocorrem na área de estudo. Utilizou-se também de limites municipais e das unidades da federação, juntamente com a hidrografia classificada para os cursos principais.

3.5 IDENTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DE OCORRÊNCIA DA GEODIVERSIDADE

A operacionalização do presente projeto parte dos pressupostos metodológicos propostos por Silva (2016), para a análise da geodiversidade. Inicialmente, buscou-se a revisão bibliográfica a partir de material publicado em livros, artigos, periódicos, trabalhos de conclusão de cursos de graduação, dissertações e teses. O processo de seleção dos locais *in situ* da pesquisa foram definidos a partir de feições geológicas, solos, potencial mineral, ocorrência de fósseis, polos turísticos e áreas coutros aspectos por meio de ferramentas de sensoriamento remoto.

Após a identificação de cada local de geodiversidade, foi realizado o procedimento de valoração da geodiversidade, seguindo os valores de Gray (2004 *apud* SILVA, 2016). Por fim, realizou-se um mapa de geodiversidade *in situ* identificados na bacia hidrográfica do rio Pindaré.

3.6 ANÁLISE QUANTITATIVA DA GEODIVERSIDADE

A metodologia para o cálculo de geodiversidade caminha de acordo com a metodologia proposta por Pereira *et al.* (2013). Segundo o autor, a metodologia para a análise da geodiversidade “baseia-se na definição de índices numéricos parciais calculados sobre diferentes mapas representativos do maior número de elementos da geodiversidade, assim, o “índice de Geodiversidade é obtido a partir da soma desses índices parciais, sendo o último resultante da soma das unidades e ocorrências em áreas definidas por uma grade” (PEREIRA

et al., 2013, p.544).

O presente trabalho caminha de acordo com tal metodologia, porém, com especificações e adaptações que levam em consideração tanto a área de estudos, no caso, a bacia hidrográfica do rio Pindaré, como também os objetivos que se almejam obter.

Os índices escolhidos para o cálculo foram a geologia, solos, ocorrência de fósseis, recursos minerais (potencial mineral), polos turísticos e áreas de estudo científico/didático, aqui representadas pelas delimitações propostas pelo Zoneamento Ecológico Econômico.

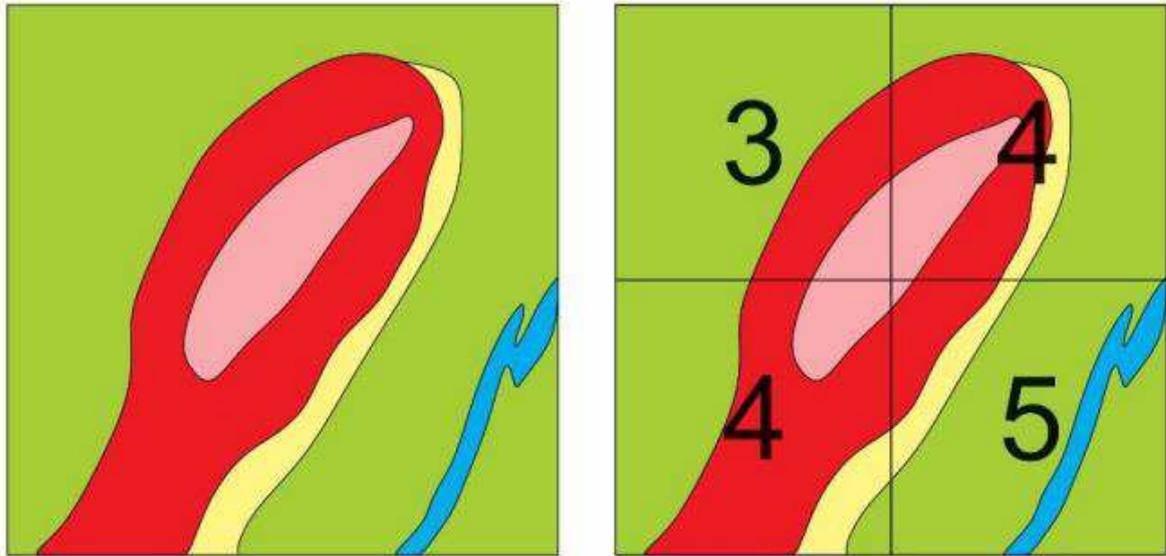
Assim, para operacionalizar o mapeamento do índice de geodiversidade, primeiramente, foi necessária a quantificação dos aglomerados de elementos de geodiversidade na bacia para cada subíndice proposto no cálculo, já que a geodiversidade é expressa pela diversidade desses parâmetros. Tal procedimento, em análise geral, torna-se desafiador pela dificuldade em extraír agregados dessas unidades, nas quais se faz necessário a delimitação das áreas com grande ocorrência na bacia.

Para essa delimitação, recorreu-se ao uso de grades (quadrículas) para cada mapa temático. “A sobreposição de uma grade em um mapa é considerada uma ferramenta básica para a avaliação da geodiversidade de qualquer território. A grade fornece quadrados nos quais as unidades e ocorrências podem ser contadas e a discriminação dos resultados alcançados” (PEREIRA *et al.*, 2013, p.544).

Com a geração da grade (*grid*) regular formada por polígonos sobre cada mapa temático utilizado como fonte cartográfica, a quantidade de elementos internamente a cada polígono representará o valor ou subíndice (Figura 3) (SILVA, 2018).

Assim, a grade definida para o presente trabalho foi de 20x20 km, em uma escala de (1:500.000), sendo essas definições atribuídas com o objetivo de melhor adaptação das bases cartográficas.

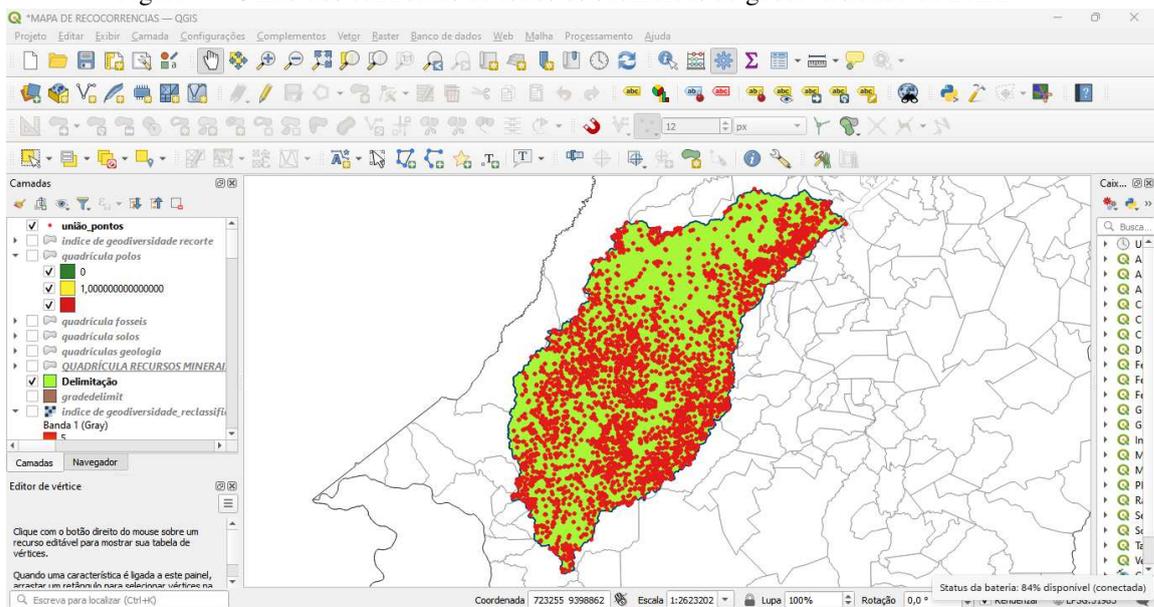
Figura 3 – Exemplificação do grid de amostragem e da composição dos valores de subíndices segundo o método de Pereira et al. (2013)



Fonte: Silva, (2018).

Após a criação de todos os subíndice a partir das etapas de união grade/mapa do índice, aquisição dos centróides para cada polígono dentro das quadrículas e contagem desses pontos em cada polígono das quadrículas; é feita a somatória para a geração do índice total de geodiversidade (Figura 38).

Figura 4 – União dos centróides de todos os subíndices de geodiversidade da BHRP



Fonte: Martins, (2023).

Obtida a geodiversidade total, esta apresentou-se no formato de origem da junção dos fatores. Para melhor visualização, realizou-se uma interpolação utilizando a densidade de

Kernel a partir da conversão dos polígonos em pontos centrais. A fórmula proposta, a densidade de Kernel, realizada no Qgis a partir da ferramenta Mapa de Calor, é dada pelo somatório dos eventos, nos quais quanto mais próximos forem os pontos, uma maior densidade será obtida, o que no método aqui operacionalizado corresponderá uma maior diversidade de elementos abióticos, sendo assim um índice de riqueza de geodiversidade proporcionalmente maior (SILVA, 2018).

Figura 5 – Representação simplificada do método de análise quantitativa da geodiversidade proposto por Pereira et al. (2013)



Fonte: Silva, (2018).

Para a definição dos subíndices foram estabelecidos quais aspectos seriam considerados no cálculo dos valores por meio da soma desses elementos. Os parâmetros dos índices são apresentados nos tópicos abaixo.

3.6.1 Índice Geológico (IGL)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada unidade litoestatigráfica presente na quadricula, sendo as unidades possíveis aquelas identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

3.6.2 Índice de Solos (IS)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada classes de solo presente na quadricula, sendo as classes possíveis aquelas identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

3.6.3 Índice de Ocorrência de Fósseis (IOF)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada ocorrência de fóssil presente na quadricula, sendo as ocorrências possíveis aquelas identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

3.6.4 Índice de Recursos Minerais (IRM)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada ponto de extração mineral presente na quadricula, sendo os tipos de extração possíveis aqueles identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

3.6.5 Índice de Polos Turísticos (IPT)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada polo turístico presente na quadricula, sendo polos possíveis aqueles identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

3.6.6 Índice de Zoneamento Ecológico Econômico (IZEE)

Foi atribuído 1 (um) ponto para cada área zoneada presente na quadricula, sendo as áreas possíveis aquelas identificadas na bacia hidrográfica do pindaré.

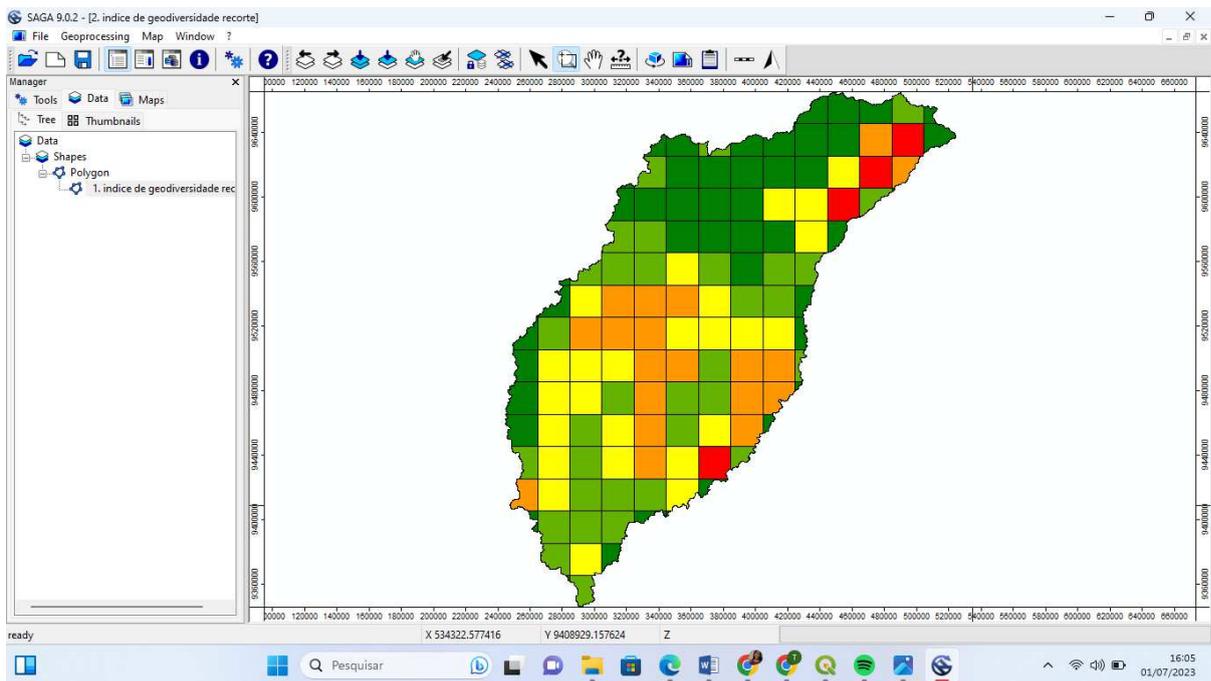
3.6.7 Definição dos intervalos de geodiversidade

Para o processo de representação cartográfica da geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Pindaré, fez-se necessário, como ferramenta para a determinação dos cinco intervalos, o método proposto por Jenks (1977) denominado “Quebra natural”. Sobre esse, Sallun *et al.* (2007 *apud* FILHO, 2019) explicam que tal método adapta os limites dos níveis correspondendo a distribuição dos dados, detecta pontos de quebra entre os classes, usando uma análise estatística que se baseia na variabilidade dos dados, que minimiza a soma da variância dentro

de cada um dos níveis.

O método foi utilizado para a determinação dos intervalos de quadrículas de geodiversidade e para a reclassificação da interpolação (mapa de calor), da geodiversidade da BHRP, atribuindo a mesma a síntese de resultados. A Quebra Natural de Jenks foi realizada separadamente no *software* SAGA 9.0.2 (Figura 4).

Figura 6 – Área de trabalho do software SAGA 9.0.2 (processo de “Quebra Natural”)
Fonte: Martins, (2023).



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item será analisado os resultados obtidos na pesquisa, o qual encontra-se organizado em cinco subitens: Caracterizações geoambiental da bacia hidrográfica do rio Pindaré; Inventário de lugares e elementos de ocorrência da geodiversidade *in situ*; Valoração da geodiversidade *in situ*; Índice de geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Pindaré – MA; Ameaças á geodiversidade.

4.1 CARACTERIZAÇÕES GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ

Neste subitem foi realizado a caraterização das seguintes tematicas referente a área de

estudo referente aos aspectos geoambientais: Geologia, Declividade, Solos e Clima.

4.1.1 Geologia

A área de pesquisa apresenta, enquanto unidades litoestratigráficas, as Coberturas Lateríticas Maturas, Depósitos Aluvionares, Depósitos de pântanos e mangues, Depósitos flúvio-lagunares, Formação Ipixuna e Formação Itapecuru.

Tabela 1 – Unidades litoestratigráficas da bacia hidrográfica do rio Pindaré e suas respectivas concentrações

Unidades litoestratigráficas	Sigla	Área em (km²)	Área em (%)
Água		619,429	
Coberturas Lateríticas Maturas	E13lm	10.029,5	25,22%
Depósitos Aluvionares	Q2a	1.477,42	3,71%
Depósitos de pântanos e mangues	Q2pm	7,63154	0,02%
Depósitos flúvio-lagunares	Qfl	671,355	1,69%
Formação Ipixuna	K2Eip	2.538,79	6,38%
Formação Itapecuru	K12it	25.047,6	62,98%
Total		40.391,72	100%

Fonte: CPRM, (2012). Organização: Martins, (2021).

Correspondendo aos municípios de Bom Jesus das Selvas, Buriticupu, Amarante do Maranhão e Santa Luzia, a Cobertura Laterítica Madura foi formada por volta de 26-24 Ma (LOPES; TEIXEIRA, 2013), pela alteração química de rochas preexistentes. Nela se acumularam depósitos de alumínio, fosfato, caulim, entre outros.

Já os Depósitos Aluvionares, predominantes nos municípios de Matinha, Penalva, Pedro do Rosário, Cajari, Monção, Alto Alegre do Pindaré e Bom Jardim, 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).

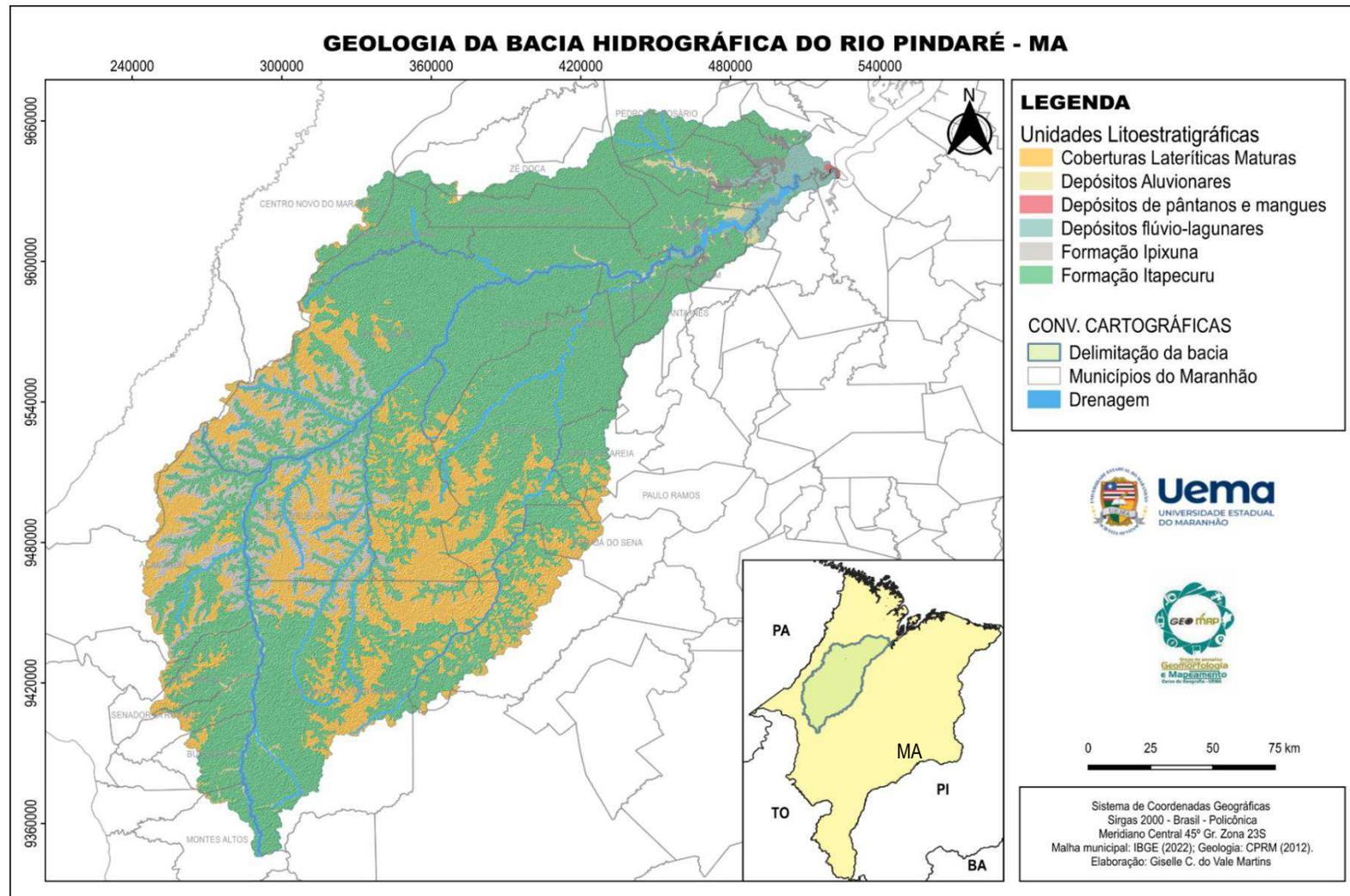
Durante a época holocênica houve a sedimentação dos Depósitos de Pântanos e Mangues, principalmente na costa ocidental maranhense, na qual se constitui a presença de inúmeros estuários, com uma série de ilhas, baías e canais. Na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré, mais precisamente no município de Viana, eles são constituídos, sendo caracterizados por sedimentos lamosos (argila e silte), de coloração cinza, não adensados, maciços e bioturbados (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

Quanto aos Depósitos Flúvio-lagunares, presentes nos municípios de Vitória do Mearim, Cajari, Monção, Arari e Viana, esses são caracterizados por argilas adensadas com areia fina disseminada, maciças e localmente bioturbadas.

A Formação Ipixuna, presente em Bom Jesus das Selvas, Açailândia, Bom Jardim, Amarante do Maranhão e Buriticupu, é constituída por conglomerados, arenitos e pelitos depositados em sistema de rios meandrantos. Possui idade variando de 70 a 23 Ma (Cretáceo Superior e Paleógeno) (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

Em relação ao Grupo Itapecuru, ele é um conjunto de formações constituído 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). Na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré está presente nos municípios de Pedro do Rosário, Matinha, Viana, Zé Doca, Governador Newton Belo, São João do Caru, Bom Jesus e Alto Alegre do Pindaré.

Figura 7 – Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré



Fonte: Martins, (2022).

4.1.2 Declividade

Em relação à Declividade da BHRP, a EMBRAPA (2006) apresenta a composição de cinco classes, que puderam ser identificadas na bacia (Tabela 1), são elas: Aplainado, Suave Ondulado, Ondulado, Fortemente Ondulado e Montanhoso.

Em correlação da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré com a EMBRAPA (2006), caracteriza-se que: O relevo classificado como Aplainado pode ser encontrado a nordeste da bacia, mais precisamente nos municípios de Viana, Penalva, Cajari, Monção, Vitória do Mearim e Igarapé do Meio. Se caracteriza pela superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%.

As áreas com a declividade classificada como Suave Ondulado se encontram com predominância na parte norte da bacia, nos municípios de Newton Belo, Zé Doca e Pedro do Rosário, com porções na parte central e nas proximidades dos divisores de água da mesma, nas cidades de Buriticupu, Açailândia, Itinga do Maranhão, entre outras.

Ao norte, nesta declividade, predominam os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos, Plintossolos Argilúvicos Distróficos e Plintossolos Argilúvicos Eutróficos. Possui superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50m e de 50 a 100m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis entre 3 a 8%.

Quanto ao relevo classificado como Ondulado, este abrange os municípios mais ao sul da bacia, tendo a cidade de Amarante do Maranhão boa parte de sua extensão composta por tal declividade. Possui uma superfície de topografia pouco movimentada, caracterizada por um conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis entre 8 a 20%.

Os relevos classificados como Forte Ondulado e Montanhoso situam-se na parte central da BHRP, principalmente nos municípios de Bom Jardim, Alto Alegre, Santa Luzia e Brejo de Areia. O primeiro, o Forte Ondulado, possui uma superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de 50 a 100m e de 100 a 200m de altitudes relativas, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%; também há a abrangência do mesmo na parte sudeste da bacia, estando presente nas margens dos cursos de água desta parte.

Já o relevo Montanhoso se caracteriza pela superfície de topografia vigorosa, com maior ocorrência de formas acidentadas, normalmente constituídas por morros, montanhas, maciços

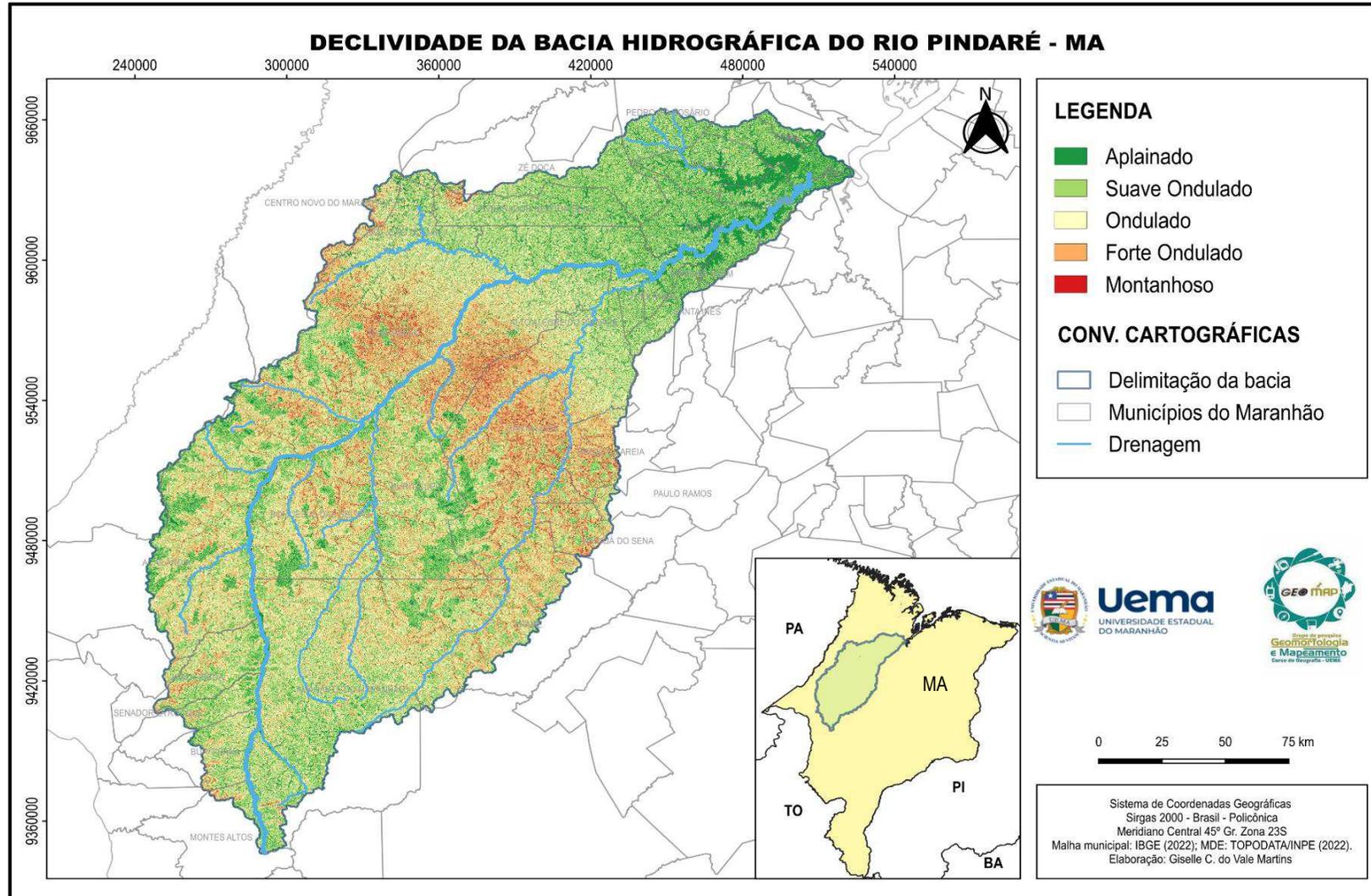
montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis entre 45 a 75%.

Tabela 2 – Declividade e formas de relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré

Classe de relevo	Declividade (%)
Aplainado	0 – 3
Suave Ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte Ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75

Fonte: Martins, (2022). Adaptado: EMBRAPA, (2006).

Figura 8 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins, (2022).

4.1.3 Solos

Em relação aos solos, identificou-se na Bacia Hidrográfica Rio do Pindaré diferentes tipos de Argissolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos e Plintossolos, caracterizando-se assim uma grande diversidade pedológica em tal área.

Segundo Ageitec (2022), os Argissolos, em si, são constituídos como solos com grande incidência de material mineral, apresentando horizonte B textural logo abaixo do A ou E, com a presença de argila de atividade baixa ou argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:

- a) Horizonte plúntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos;
- b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos.

No que diz respeito aos Argissolos na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré, tem-se a presença nos municípios de Pedro do Rosário, Zé Doca, Governador Newton Belo, Bom Jardim, Santa Luzia, Alto Alegre do Pindaré, São João do Caru, Centro Novo do Maranhão, Brejo de Areia, Paulo Ramos, Arame, Buriticupu, Bom Jesus das Selvas, Itinga do Maranhão, Açailândia, João Lisboa, Buritirana, Amarante do Maranhão, divididos entre Argissolos Amarelos Distróficos, solos esses com saturação por bases < 50%, onde corresponde na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA); e Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que assim como o primeiro, é caracterizado por possuir uma saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (SiBCS, 2018).

Outro solo bastante comum na BHRP é o Gleissolos, com o Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos, Gleissolos Háplicos Tb Distróficos, e Gleissolos Tiomórficos Órticos, presentes nos municípios de Penalva, Pedro do Rosário, Cajari, Monção, Tufilandia, Bom Jardim, Buriticupu, Alto Alegre do Pindaré, Bom Jesus das Selvas, Açailândia, Amarante do Maranhão, João Lisboa, Senador La Roque, Buritirana, Montes Altos, Igarapé do Meio, Viana e Matinha.

Tal tipo de solo é formado por material mineral com horizonte glei, originando-se nos primeiros 50 cm a partir da superfície dele ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm, desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos.

De início, os Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos se caracterizam como solos com argila de atividade alta e saturação por bases $\geq 50\%$, ambas na maior parte dos horizontes B e/ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo. Enquanto que os

Gleissolos Háplicos Tb Distróficos se apresentam como solos com argila de atividade baixa e saturação por bases < 50%, ambas na maior parte dos horizontes B e/ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA SOLOS, 2018).

Já os Gleissolos Melânicos Alíticos, são 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 (AGEITEC, 2022).

Em relação aos Gleissolos Tiomórficos Órticos, entende-se que:

Quadro 1 – Gleissolos Tiomórficos Órticos

Quarto nível	Características
Organossólicos	Altos teores de matéria orgânica, cores escurecidas, boa estrutura e altos teores de nutrientes.
Sódicos	O teor de sódio causa toxidez à maioria das plantas, afetando o seu crescimento, pois inibem a adsorção de cálcio e magnésio, elementos vitais ao seu desenvolvimento. Causa, também, a dispersão das argilas.
Sálicos solódicos	Presença de sais solúveis em água, em quantidade tóxica à maioria das culturas. Presença de sódio tolerada pela maioria das plantas.
Solódicos	Presença de sódio tolerada pela maioria das plantas.
Antropogênicos	Solos alterados por ação antrópica (operações de movimento de terra para fins agrícolas).
Típicos	Não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação.

Fonte: Ageitec, (2022). Organização: Martins, (2021).

Em relação aos Latossolos, tem-se a presença dos Latossolos Amarelos Distróficos, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA); os Latossolos Amarelos Distrocoesos, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) e com caráter coeso em um ou mais horizontes dentro de 150cm a partir da superfície do solo; e os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA SOLOS, 2018).

Quanto aos Luvisolos, solos constituídos por material mineral, presentes na BHRP com os Luvisolos Háplicos Órticos, são rasos, raramente ultrapassam 1 m de profundidade e apresentam usualmente mudança textural abrupta. São classificados em Planossólicos, quando há a presença de altos teores de argila dispersa que pode causar a formação temporária de um lençol de água suspenso; e típicos, quando não apresentam nenhuma característica restritiva no quarto nível de classificação (AGEITEC, 2022). Na Bacia do rio Pindaré, eles estão presentes nos municípios de Brejo de Areia e Santa Luzia.

Os Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de

horizonte B diagnóstico. Entres os presentes na BHRP, tem-se os Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, solos com argila de atividade alta e saturação por bases $\geq 50\%$, ambas na maior parte do horizonte ou camada C (inclusive CA) dentro de 150cm a partir da superfície do solo; e os Neossolos Litólicos Distróficos, caracterizados pela saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos horizontes dentro de 50 cm a partir da sua superfície (LEMOS, 1973).

Já os Neossolos Quartzarênicos Órticos tem como uma das características principais a não apresentação de restrição ao uso e manejo (AGEITEC, 2022). Na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré podem ser encontrados nos municípios de Arari, Cajari, Viana, Vitória do Mearim, Monção, Bela Vista do Maranhão, Santa Inês, Pindaré Mirim, Tufilandia, Bom Jardim, Amarante do Maranhão e Montes Altos.

Em se tratando dos Plintossolos, na BHRP, tem-se a presença dos Plintossolos Argilúvicos, Háplicos e Pétricos, sendo predominantes nos municípios de Matinha, Viana, Penalva, Pedro do Rosário, Vitória do Mearim, Zé Doca, Pindaré Mirim, Governador Newton Belo, Bom Jardim, Igarapé do Meio, Santa Inês, Santa Luzia, Alto Alegre do Pindaré, Vitória do Mearim, Bela Vista do Maranhão, Cajari, Altamira do Maranhão, Brejo de Areia, Centro Novo do Maranhão e São João do Caru.

Em se tratando da classe de solos Plintossolos Argilúvicos:

Possuem 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, têm como característica diagnóstica a presença do horizonte plíntico que é identificado principalmente por cores mosqueadas ou variegadas, compostas de tons desde vermelhos a acinzentados [...] têm manejo agrícola bastante delicado, que necessita de bom controle de sua dinâmica hídrica interna, já que pode ter como consequência o endurecimento da plintita (IBGE, 2007, p. 303).

Entre os identificados, tem-se os Plintossolos Argilúvicos Distróficos, caracterizado por solos de saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B e/ou C (inclusive BA ou CA), e os Plintossolos Argilúvicos Eutróficos, solos com saturação por bases $\geq 50\%$ na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B e/ou C (inclusive BA ou CA).

Quanto aos Plintossolos Háplicos, tem-se os Distróficos, solos com saturação por bases $< 50\%$ na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B e/ou C (inclusive BA ou CA) (Reunião..., 1995, p. 28, perfil 5-ES).

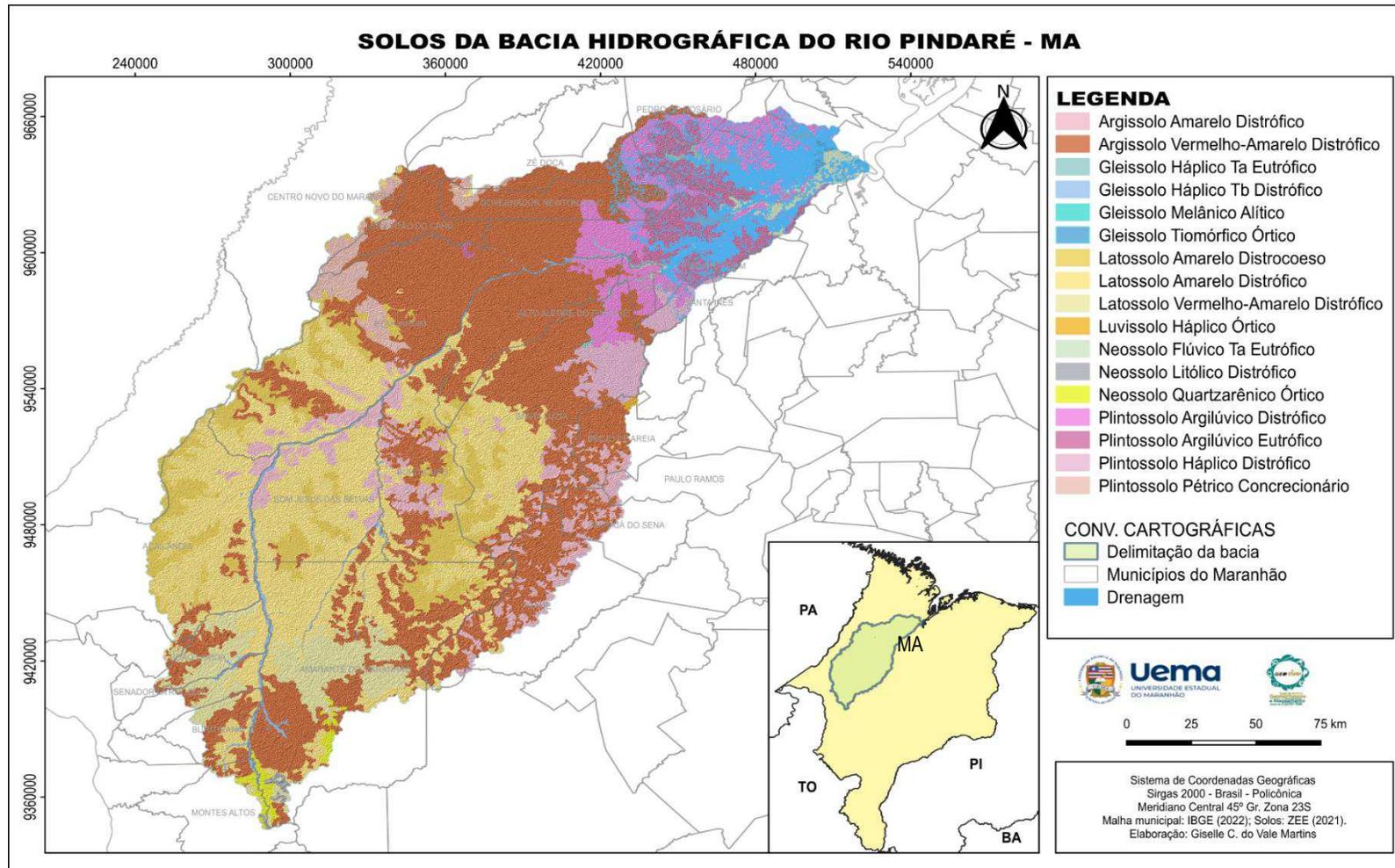
Em se tratando da classe de solos Plintossolos Pétricos:

Quando os solos apresentam petroplintita nódulos e concreções lateríticas, são denominados Plintossolos Pétricos. A petroplintita pode estar presente em

quantidades, formas e intensidades de cimentação variáveis; pode ocorrer desde a superfície, ou ter início em diversas profundidades abaixo dela. Em profundidade, a petroplintita precede o horizonte plíntico e a cimentação é tipicamente de intensidade decrescente em relação à gradação para o horizonte plíntico subjacente (OLIVEIRA, et al., 1992. *Apud*: EMBRAPA, 2013, p. 75).

Na BHRP há a presença dos Plintossolos Pétricos Concrecionários, solos com horizonte concrecionário em posição diagnóstica dentro de 200cm a partir da sua superfície.

Figura 9 – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins, (2022).

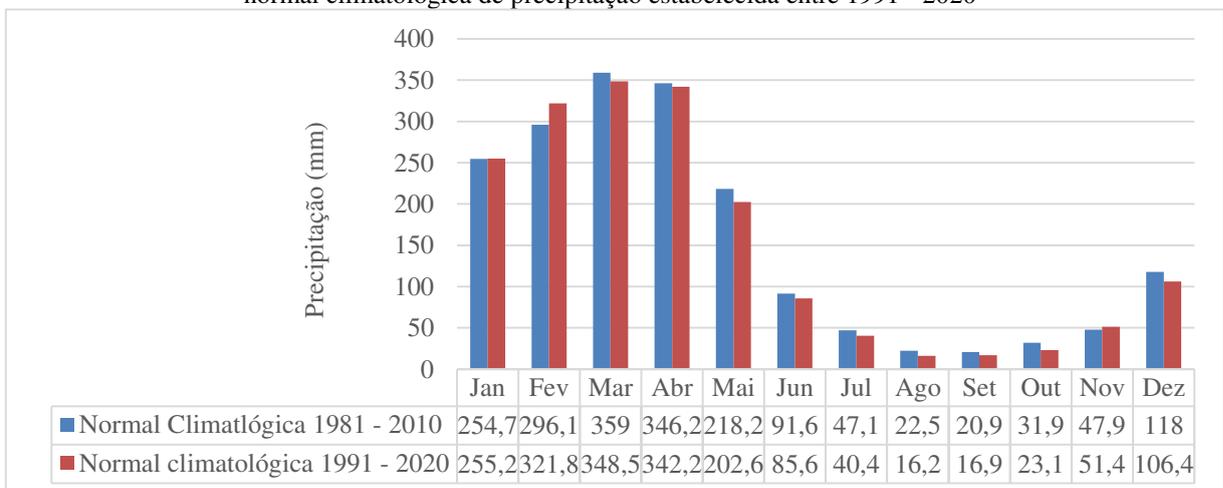
4.1.4 Clima

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). Visto isso, os dados climatológicos foram coletados por intermédio da estação meteorológica de Zé Doca, por conta da sua maior abrangência dentro da área da BHRP, em relação às outras estações do estado.

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 estabelecidas entre 1981-2010 e as normais climatológicas estabelecidas entre 1991 – 2020, para as variáveis de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima, 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 Zé Doca.

Verifica-se na Figura 10, a normal climatológica estabelecida entre 1981 – 2021 de precipitação acumulada (mm) e a normal climatológica estabelecida entre 1991 – 2020 para a mesma variável. Em geral, a normal de 1981 – 2010 apresenta valores superiores de precipitação acumulada em relação à 1991 – 2010, como os meses de agosto e outubro com diferença de 28%. Os meses de fevereiro e novembro, apresentaram valores superiores da normal de 1981 – 2010 para a de 1991 - 2020, com um aumento de 9% e 7%, respectivamente.

Figura 10 – Comparativo entre a normal climatológica de precipitação estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de precipitação estabelecida entre 1991 - 2020



Fonte: INMET, (2023). Elaborado por: Martins, (2023).

A Figura 11, apresenta os dados de temperatura máxima para as duas normais climatológicas. Observa-se que ao longo da maioria dos meses, as médias de temperatura máxima mantiveram-se muito próximas umas das outras, com registro de aumento de alguns decimos de graus celsius.

O mês de Outubro teve um aumento de 0,4°C na comparação da normal climatológica de 1981 -2010 com a normal climatológica de 1991 – 2020, passando de 34,6 °C para 35 °C, sendo esta média com a maior diferença. A normal climatológica de 1991 – 2020, demonstrou que os meses de Abril, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Novembro, apresentaram um aumento de 0,3 °C em relação a normal climatológica de 1981 – 2010.

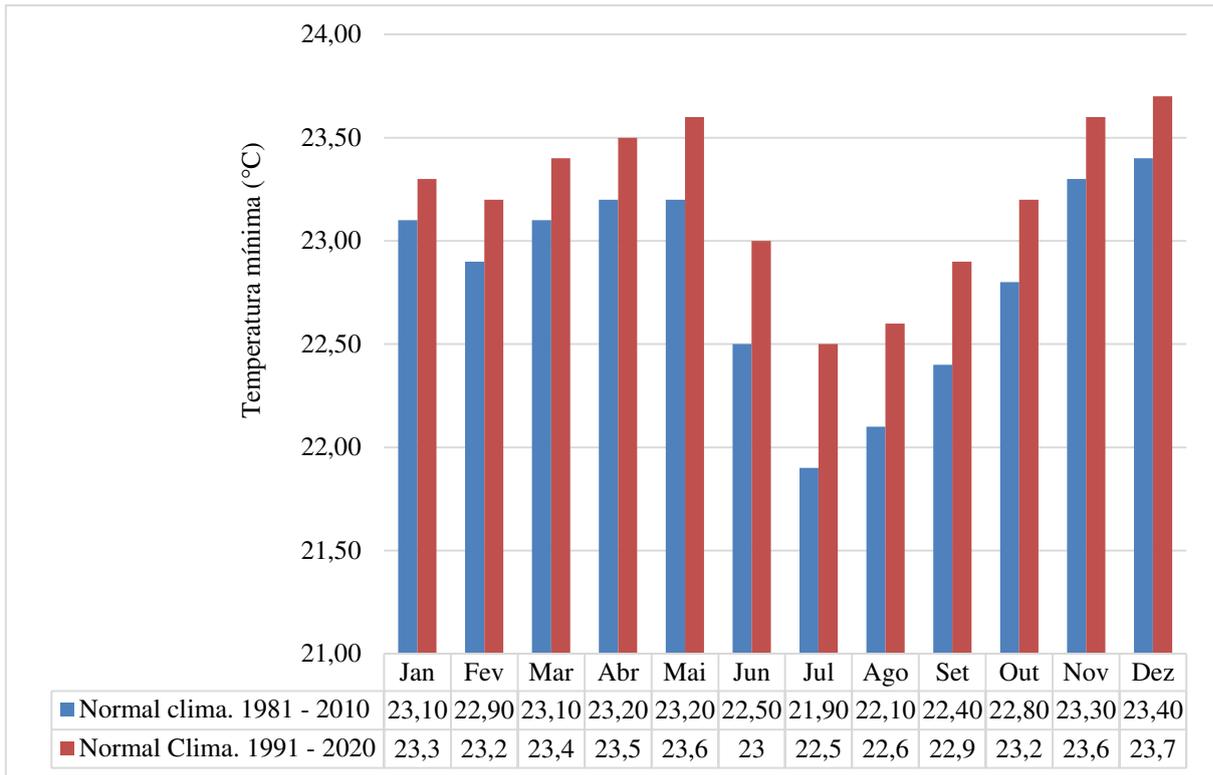
Figura 11 – Comparativo entre a normal climatológica de temperatura máxima estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de temperatura máxima estabelecida entre 1991 – 2020



Fonte: INMET, (2023). Elaborado por: Martins, (2023).

Quando se observa os dados de temperatura mínima, figura 12, o mês de Junho, apresenta a diferença de 0,5 °C em comparação com a normal climatológica de 1981 – 2010 e a normal climatológica de 1991 – 2020, passando de 22,5 °C para 23 °C. Julho, outro mês com variação significativa, identificou-se o aumento de 0,6 °C entre a normal climatológica de 1981 – 2010 para a normal climatológica de 1991 – 2020, na qual a média passou de 21,9 °C para 22,5 °C. Os demais meses apresentaram variações entre 0,3 °C e 0,4 °C.

Figura 12 – Comparativo entre a normal climatológica de temperatura mínima estabelecida entre 1981 – 2010 com a normal climatológica de temperatura mínima estabelecida entre 1991 – 2020



Fonte: INMET, (2023). Elaborado por: Martins, (2023).

4.2 INVENTÁRIO DE LUGARES E ELEMENTOS DE OCORRÊNCIA DA GEODIVERSIDADE *IN SITU*

No processo de inventariação dos lugares e elementos de geodiversidade deve-se levar em consideração que eles partem da mesma perspectiva da definição de geossítios a partir da geoconservação. Segundo Henriques *et al.* (2011 *apud* BORBA *et al.*, 2013), os procedimentos atribuídos aos geossítios correspondem a uma chamada “geoconservação básica”, sendo métodos básicos que irão fomentar uma determinada forma de proteção e valorização dos lugares de interesse geológico.

Nesse sentido, a definição dos lugares de geodiversidade parte da mesma constituição, nos quais esses, apesar de constituírem elementos que correspondem a geoconservação, serão distintos pela quantidade de parâmetros de geodiversidade encontrados. Assim os geossítios se apresentam como pontos específicos onde a geodiversidade aflora em diversos componentes; já os lugares de geodiversidade representarão ambientes onde há a presença da geodiversidade e seus valores, porém, muitas das vezes em menor escala.

Assim, a diversidade natural neste parâmetros corresponderá a dois componentes, a geodiversidade e a biodiversidade, na qual a primeira será subdividida em *in situ* e *ex situ*. O termo *in situ*, no geral abrange a idéia de que “está em seu lugar natural ou normal”, ou

simplesmente “no lugar”; onde no meio abiótico corresponderá aos lugares de geodiversidade, onde os parâmetros dela são observados *in loco* ou propriamente encontrados. Já o termo *ex situ* corresponde a idéia de “fora do lugar”, ou seja, elementos da geodiversidade que são utilizados para múltiplas atividades, sendo este termo inteiramente relacionado a atividades antrópicas.

Tendo como tarefa representar apenas a geodiversidade *in situ* da bacia hidrográfica do rio Pindaré, obteve-se os valores ocorrentes:

Com relação ao valor cultural, apresentam-se, na bacia do rio Pindaré, as Terras Indígenas e Povos como elementos de identidade com a terra associados à religiosidade, senso de lugar e folclore. As terras indígenas e seus respectivos povos foram indentificados como: Arariboia, com os povos Awa Guajá e Guajajara (Tenetehara); Awa, com o povo Awa Guajá; Caru, com o povo Guajajara (Tenetehara) e Awa Guajá; Governador, com os povos Guajajara (Tenetehara) e Gavião Pukobiê; Krikati, com povo de mesmo nome; e Rio Pindaré, com o povo Guajajara (Tenetehara).

Como valor estético, optou-se pela não definição de lugares específicos relacionados a paisagem, mas sim aos polos turísticos presentes na BHRP, correspondendo aos polos Campos Floridos e Serra Guajajara Timbira Canela.

Como valor econômico, obteve-se a análise acerca dos recursos naturais disponíveis na BHRP e sua presença nela, sendo identificados argila, alumínio, areia, cascalho, caulinita, caulim, turfa e laterita, tendo também a ocorrência de fósseis.

E, por último, o valor científico e didático, que levou em consideração as áreas analisadas pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão, além das atividades de cunho científico e didático realizadas na área.

Quadro 2 – Inventário de valores da geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Pindaré segundo Gray (2004)

Categorias de valor	Subdivisão dos valores	Exemplos de atribuições (Gray, 2004)	Exemplos na BHRP
Valor Intrínseco	1 — Valor intrínseco	- Natureza abiótica livre da valoração do homem	- Atribuído a toda geodiversidade da BHRP.
Valor Cultural	2 — Folclórico 3 — Arqueológico e histórico 4 — Espiritual 5 — Senso de local	- Petra (Jordânia); Stonehenge (Reino Unido); ferramentas e artefatos locais - Monte Uluru (Austrália); locais indígenas norte-americanos	- Identidade com a terra (Terras Indígenas; povos da BHRP).
Valor Estético	6 — Paisagens locais 7 — Geoturismo 8 — Atividades de lazer	- Vistas do mar; caminhadas em áreas rurais; edificações características - Grand Canyon (EUA); fiordes	

	<p>9 — Apreciação à distância</p> <p>10 — Atividades voluntárias</p> <p>11 — Inspiração artística</p>	<p>noruegueses; Montanhas Rochosas canadenses</p> <p>- À natureza em revistas e programas de TV; “Caminhando com os Dinossauros (BBC)”</p>	<p>- Polos Turísticos da BHRP (Campos Floridos e Serra Guajajara Timbira Canela)</p>
Valor Econômico	<p>12 — Energia</p> <p>13 — Minerais industriais</p> <p>14 — Minerais metálicos</p> <p>15 — Minerais para construção</p> <p>16 — Gemas</p> <p>17 — Fósseis</p> <p>18 — Solos</p>	<p>- Carvão e turfa; óleo e gás; urânio; geotermal; hidroelétrica; marés</p> <p>- Potássio; fluorita; caulinita; halita</p> <p>- Ferro; cobre; cromo; zinco; estanho; ouro; platina</p>	<p>- Argila</p> <p>- Alumínio</p> <p>- Areia</p> <p>- Cascalho</p> <p>- Caulinita</p> <p>- Caulim</p> <p>- Turfa</p> <p>- Laterita</p> <p>- Ocorrência de Fósseis</p>
Valor Funcional	<p>19 — Plataformas</p> <p>20 — Estocagem e reciclagem</p> <p>21 — Saúde</p> <p>22 — Sepultamento</p> <p>23 — Controle da poluição</p> <p>24 — Química da água</p> <p>25 — Funções do solo</p> <p>26 — Funções geossistêmicas</p> <p>27 — Funções ecossistêmicas</p>	<p>- Edificações e construção de infra-estruturas;</p> <p>- Carbono no solo e turfa; óleo e gás em armadilhas; ciclo hidrológico</p> <p>- Nutrientes e minerais; paisagens terapêuticas</p> <p>- Sepultamentos humanos; aterros sanitários; câmaras nucleares subterrâneas</p> <p>- Solos e rochas como filtros de água; espessura do solo</p> <p>- Água mineral; whisky</p> <p>- Agricultura; vinicultura; florestamento</p> <p>- Operação contínua de processos fluviais, costeiros, eólicos, etc.</p> <p>- Biodiversidade</p>	<p>- Aptidão agrícola</p>
Valor Científico e Valor Didático	<p>28 — Descoberta científica</p> <p>29 — História da Terra</p> <p>30 — História da pesquisa</p> <p>31 — Monitoramento do meio ambiente</p> <p>32 — Educação e</p>	<p>- Geoprocessos; geotecnologia; geoforenses;</p> <p>- Primeira identificação de discordâncias; atividade ígnea, etc.</p> <p>- Sondagens em capas de gelo; mudanças no nível do mar; monitoramento de poluição</p>	<p>- Realização de projetos de pesquisa de iniciação científica e mestrado da Universidade Estadual do Maranhão;</p> <p>- Relatórios técnicos realizados pelo ZEE – MA Amazônia.</p>

	treinamento	- Estudos de campo; treinamento profissional	
--	-------------	--	--

Fonte: Martins, (2023). Adaptado de: Mochiutti; Guimarães; Melo, (2011).

4.3 VALORAÇÃO DA GEODIVERSIDADE IN SITU

Neste subitem foi organizado e discutido as seguintes temáticas: valor cultural; Valor Econômico; Valor Funcional; Valor Estético; Valor Científico e Valor Didáticos, conforme observado na sequência.

4.3.1 Valor Cultural

Os índigenas Tenetehara compõem os remanescentes dos antigos e numerosos povos Tupi-Guarani que, que correspondiam à grande parte do território brasileiro (COELHO, 1987). Segundo Wagley e Galvão (1955 *apud* COELHO, 1987), as aldeias Tenetehara abrangem desde Barra do Corda, no Maranhão, até o noroeste do Pará, onde os que habitam nos rios Mearim, Grajau e Pindaré, no Maranhão, são denominados Guajajara, enquanto aqueles que migram do Pindaré para o Gurupi são chamados de Tembé, partilhando da mesma língua e tradições culturais, considerando-se um só povo, os Tenetehara.

Algumas características constituem o modo de vida dos Tenetehara, como o tamanhos variados de suas aldeias, com traçados de ruas desiguais, parecidas com povoados do interior do Maranhão. Um dos conjuntos mais importantes na estrutura social dos Tenetehara é a família extensa, constituída por um número de famílias simples, reunidas por laços de parentesco.

Cada aldeia Tenetehara possui um “capitão” (ou cacique), que é geralmente escolhido ou reconhecido pelo órgão de proteção oficial (COELHO, 1987). “Além disso, os Tenetehara mantêm quase inalteradas suas crenças tradicionais, apesar de catequese, que de certa forma impôs alguns conceitos cristãos, estes coexistem com as crenças mais antigas” (COELHO, 1987 p. 32).

Tal povo, na BHRP, corresponde às Terras Índigenas Araribóia, relacionando-se, em grande parte, à região sudeste da bacia hidrográfica do rio Pindaré, abrangendo os municípios de Amarante do Maranhão, Arame, Bom Jesus das Selvas, Buriticupu e Santa Luzia; as Terras Índigenas Caru, Governador e Rio Pindaré.

Outro povo que encontra-se presente na bacia hidrográfica do rio Pindaré são os Guajá. Autodenominados Awá, eles abrangem uma das últimas sociedades que sobrevivem, exclusivamente, da caça e coleta, tendo também sua língua da família, assim como os

Tenetehara (COELHO, 1987).

Como nômades, a cultura Guajá está adaptada a regiões com a presença dos cocais de babaçu, muito ocorrentes no Maranhão, onde se tem como complemento alimentar a caça e a coleta, a farinha obtida a partir do coco (COELHO, 1987).

Na bacia hidrográfica do rio Pindaré, os Guajá estão presentes, além da Terras Indígena Araribóia, também na Terra Indígena Awa, estando a última localizada a norte da bacia, abrangendo os municípios de Bom Jardim, São João do Caru, Centro Novo do Maranhão e Zé Doca.

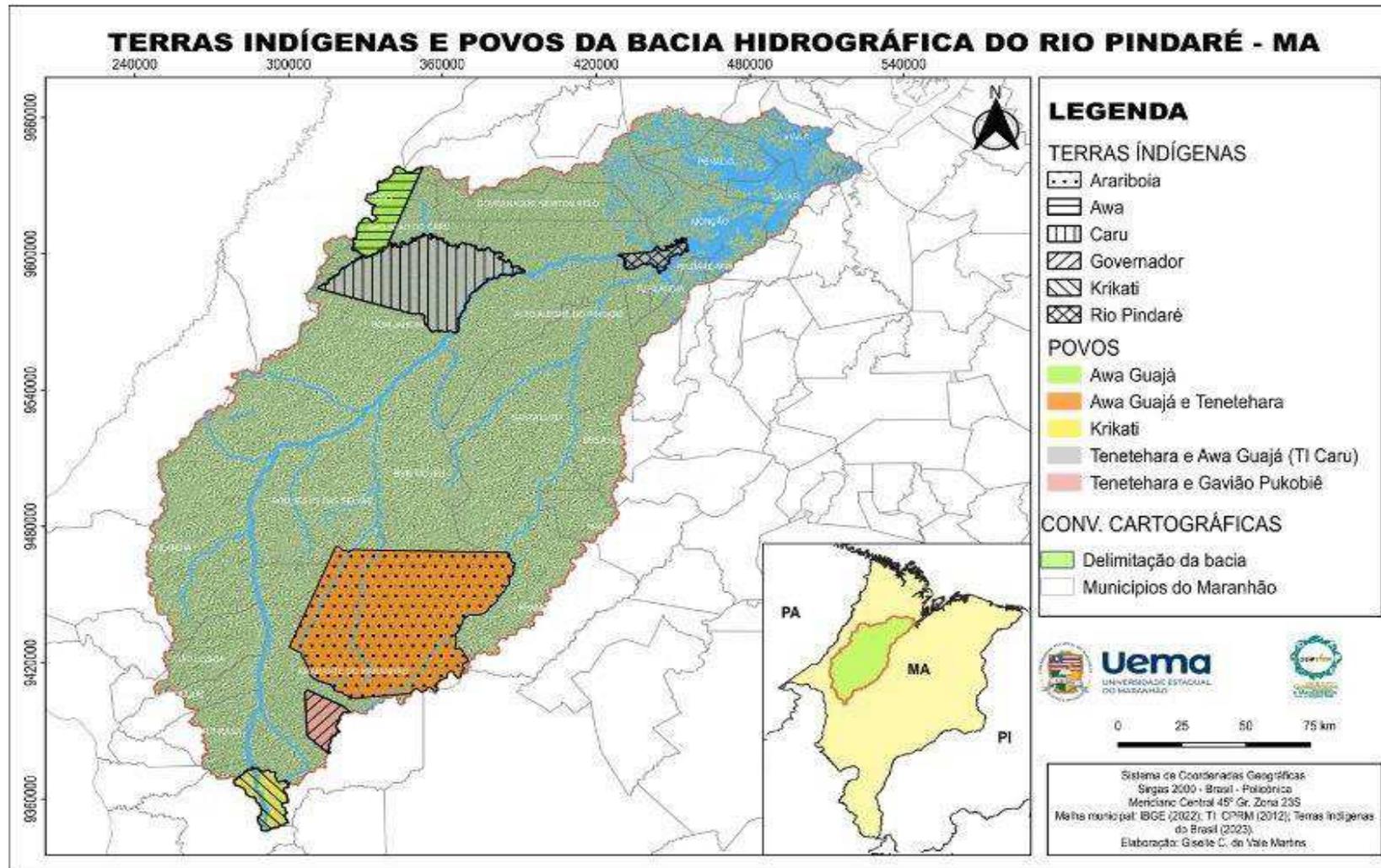
Além desses, tem-se os Krikati, cujo nome significa “aldeia grande” (COELHO, 1987), situados no município de Montes Altos, na bacia hidrográfica do rio Pindaré. Abrangem a Terra indígena Krikati, de família linguística Jê e de língua Timbira. “Os Krikati referem-se aos Pukobyê como Irongatiyê, que significa ‘o bando da floresta’, enquanto os Pukobyê referem-se aos Krikati como Pompegatiyê ou ‘povo da savana’”; conhecidos e denominados também como Gavião (COELHO, 1987). Estes, abrangem a Terra Indígena Governador, localizada no município de Amarante do Maranhão.

Tabela 3 – Terras Indígenas e povos na bacia hidrográfica do rio Pindaré

Terras Indígenas	Povos	População na TI
Arariboia	Awa Guajá e Guajajara (Tenetehara)	5317
Awa	Awa Guajá	42
Caru	Guajajara (Tenetehara) e Awa Guajá	400
Governador	Guajajara (Tenetehara), Gavião Pukobiê	655
Krikati	Krikati	1016
Rio Pindaré	Guajajara (Tenetehara)	1789

Fonte: Terras Indígenas no Brasil, (2023). CPRM, (2012). Organização: Martins, (2023).

Figura 13 – Mapa de Identidade com a terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins, (2022)

4.3.2 Valor Econômico

Para a geodiversidade, como diversidade abiótica do meio natural, tratar determinado componente como utilitário ou não, corresponde a um intenso processo de análise de seus benefícios para a sociedade, seja o mesmo de uso direto ou indiretamente antrópico.

Dentro desses diversos elementos de geodiversidade, muitos outros correspondem a tais atribuições, nos quais as mesmas irão desde minerais até múltiplos tipos de rochas, acarretando assim uma intensa valoração econômica desses materiais.

4.3.2.1 Materiais para construção civil

Como valor econômico, a geodiversidade dispõe de elementos que vem a compor a matéria prima para múltiplos tipos de construção na área da engenharia civil. Materias como área, cascalho, seixos, entre outros correspondem boa parte dessa matéria prima, na qual a sua extração, muitas das vezes, acarretará em problemas ambientais.

Segundo Barreto (2005 *apud* ROTH; GARCIAS, 2009), a construção civil corresponde a grandes impactos ambientais, partindo desde a fase de extração, passando pelo processo de realização dos serviços nos canteiros de obra até a destinação final dada aos resíduos gerados, sendo este um dos grandes modificadores da paisagem. No Maranhão, as coberturas lateríticas maduras e imaturas, bastante distribuídas, correspondem a grandes fontes de concreções ferruginosas, areia, cascalho, saibro e argila (KLEIN, 2013).

Segundo o mesmo autor, ao longo da Rodovia MA-306, mais precisamente em Centro Novo do Maranhão, seixo e areia são elementos de grande ocorrência. Além disso, as extensas coberturas arenosas oriundas da Formação Grajaú fornecem areia em grande quantidade, assim como leitos e paleoterraços dos rios Itapecuru, Mearim, Grajaú e Pindaré e a região dos lagos (KLEIN, 2013).

Na Bacia Hidrográfica do rio Pindaré, a ocorrência desses materiais se dá desde o município de açailândia, passando por Bom Jesus das Selvas, até Buriticupu, abrangendo elementos como a laterita; areia, cascalho e aglomerado de ambos; e argila, sendo a última a principal matéria prima para a cerâmica, sendo assim extraída em grande quantidade na área da bacia (Figura 2).

A argila como matéria prima para a cerâmica vermelha tem o Maranhão como um dos estados com a maior distribuição da mesma, estando concentrada na parte centro-norte do

estado, abrangendo as planícies de inundação dos rios Munim, Mearim e Itapecuru, concentrando grandes fontes de argila (KLEIN, 2013).

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha ou, como também conhecidas na literatura técnica, argilas comuns (common clays) abrangem uma grande variedade de substâncias minerais de natureza argilosa. Compreendem, basicamente, sedimentos pelíticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos, que queimam em cores avermelhadas, a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250o C*. Essas argilas possuem geralmente granulometria muito fina, característica que lhes conferem, com a matéria orgânica incorporada, diferente graus de plasticidade, quando adicionada de determinadas porcentagens de água; além da trabalhabilidade e resistência a verde, a seco e após o processo de queima, aspectos importantes para fabricação de uma grande variedade de produtos cerâmicos (CABRAL JUNIOR, 2009, p. 747).

Na bacia hidrográfica do Rio Pindaré encontram-se jazimentos relacionados “a pequenas lentes e camadas de argilito ou pelitos com laminação plano-paralela intercalados em arenitos do Grupo Itapecuru em Zé Doca” (COLARES; ARAÚJO, 1990 *apud* KLEIN, 2013 p. xx).

Também, conglomerados de argila (mais areia e cascalho), presentes na Formação Ipixuna e/ou Grupo Itapecuru em Açailândia e Verona (VILLAS BOAS; ARAUJO, 1999 *apud* KLEIN, 2013). No encontro dos municípios de Pindaré Mirim e Tufilândia, observa-se essa grande concentração de argila, estando associada também a cascalho e areia como elementos encontrados.

Figura 14 – Antiga área de extração de argila para cerâmica



Fonte: Dados produzidos pelo Geodiversidade do Estado do Maranhão - CPRM, (2012).

4.3.2.2 Metais não ferrosos e semimetais

Dentre os metais não ferrosos, o alumínio encontra-se presente na parte centro-sudoeste da bacia hidrográfica do Rio Pindaré, tendo grande predominância, juntamente com o Caulim, no município de Bom Jardim. Os depósitos possuem reservas estimadas em 182,2 Mt de bauxita metalúrgica e 4,0 Mt de bauxita refratária (DNPM, 2010 *apud* KLEIN, 2013).

Villas Boas e Araújo (1999) fomentam os indícios e ocorrências não exploradas existentes ao longo da Rodovia BR-010, entre Itinga do Maranhão e Açailândia (KLEIN, 2013), assim como Klein e Sousa (2012), na Rodovia MA-006, próximo à Vila Faísa, em Santa Luzia (KLEIN, 2013).

4.3.2.3 Recursos energéticos

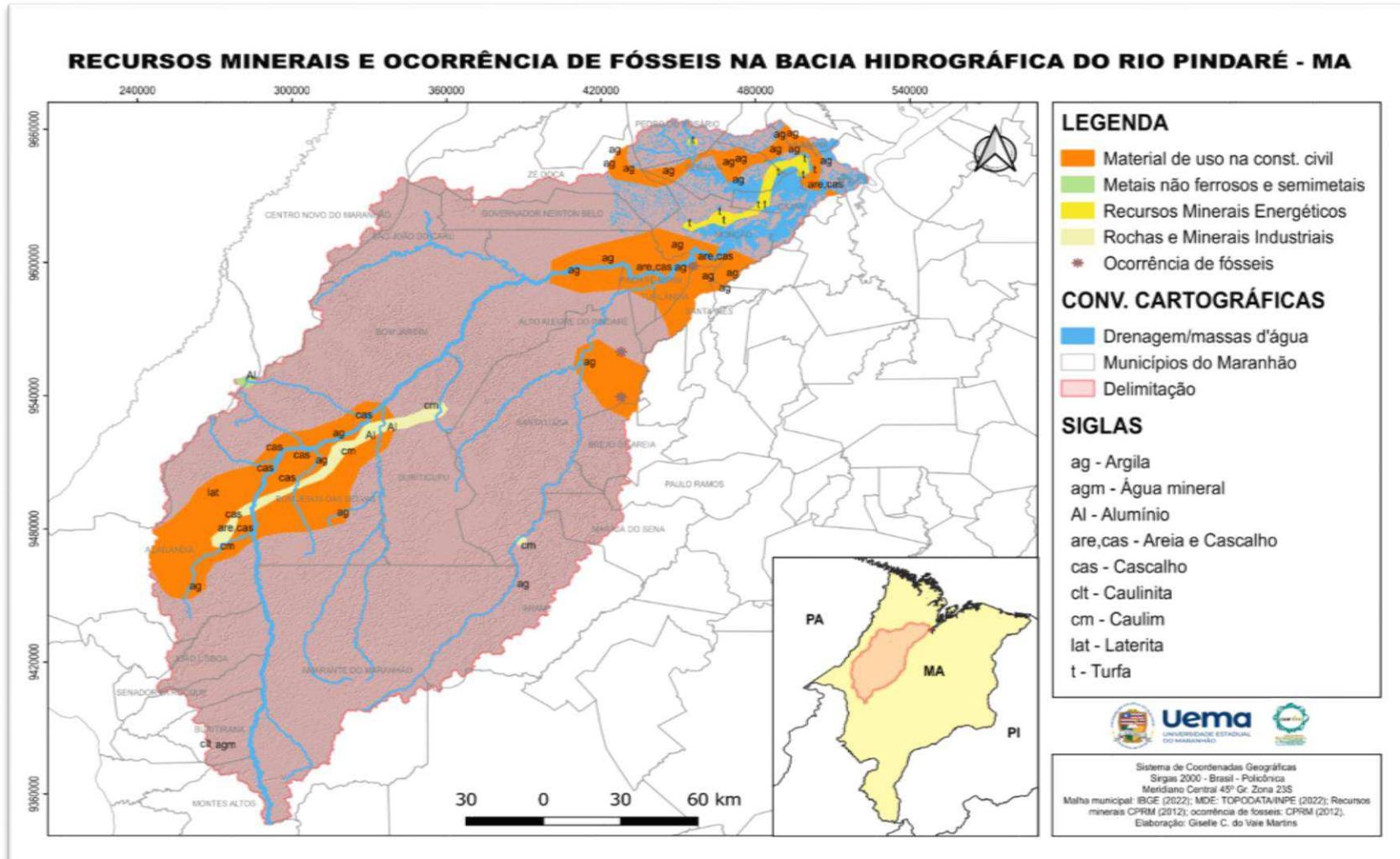
Segundo Klein (2013), as Turfeiras são comuns nas planícies de inundação de rios e lagos maranhenses e, secundariamente, na porção nordeste do estado. A bacia do Rio Pindaré, apesar de se localizar na parte oeste maranhense, tem a presença da turfa em grande parte de sua foz, estando associadas principalmente a formações de relevo aplainado.

A turfa é um dos recursos minerais de grande histórico de utilização, sendo países do Hemisfério Norte os principais consumidores, sendo utilizada como um insumo energético (atendendo indústrias e pequenas centrais termelétricas) ou agrícola (substratos à formação de mudas e melhorador de solos), tendo países de clima tropical, assim como o Brasil, caracterizados por um recente uso dela (FRANCH *et al.*, 2006).

4.3.2.4 Minerais industriais

Entre os minerais industriais encontrados na bacia do Pindaré está o Caulim, com predominância principalmente entre os municípios de Bom Jesus das Selvas e Buriticupu. Tem-se associações com o Grupo Itapecuru, na porção centro-norte do estado, entre a várzea do Rio Mearim e o Rio Munim; ao longo da Rodovia MA-006, nas proximidades de Arame e Buriticupu (COLARES *et al.*, 1990; KLEIN; SOUSA, 2012; LOVATO *et al.*, 1995) e ocorrências, associadas à Formação Ipixuna, ao longo da Rodovia BR222, nas proximidades do Rio Pindaré, entre Açailândia e Verona (VILLAS BOAS; ARAUJO, 1999).

Figura 15 – Mapa de Concentração de Recursos Minerais da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins, (2022)

Outro fator ligado ao valor econômico da geodiversidade da BHRP, é a presença de variações de argissolos. Os argissolos são os solos mais propícios para a prática de agricultura, os latossolos também são utilizados para tal, mas necessitam de medidas de correção devido a baixa fertilidade natural (MEIRA; NASCIMENTO, 2015). Na área da bacia, tem-se a presença dos Argissolos Amarelos Distrófico e os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos.

4.3.3 Valor Funcional

O valor funcional, assim como os demais valores, corresponde a parâmetros abióticos, ou seja, a geodiversidade. Porém, entende-se que tais elementos, para se tornarem funcionais, devem ser utilizados pelo meio antrópico, seja essa utilização de cunho extrativista, ou simplesmente que auxiliem em alguma atividade na sociedade humana.

Nesse viés, para o valor funcional da bacia hidrográfica do rio Pindaré, observou-se a aptidão agrícola como elemento de funcionalidade para o uso e cobertura da terra.

Na área da bacia, a soja é uma das monocultura que vem ganhando espaço nos últimos anos. Nesse sentido, nota-se a presença crescente da mesma em ambientes com aptidão agrícola de grande maioria variando entre regular e boa.

Das caracterizações de aptidão, obtidas a partir da Tabela 2, que se correlacionaram as lavouras de soja, tem-se as seguintes: a 1(a)bC, correspondente a terras do grupo 1, com classe de aptidão agrícola boa, no nível de manejo C, aptidão regular no nível de manejo B, e restrita no nível de manejo A. A caracterização da aptidão 2(ab)c, correspondente a terras do grupo 2, com classe de aptidão agrícola regular, no nível de manejo C, aptidão restrita nos nível de manejo B e A. E a caracterização da aptidão 2abc, com terras pertencentes ao grupo 2, com aptidão regular para a lavoura nos níveis A, B e C.

Nota-se também que tais caracterizações, adicionando também a 2ab(c), como as áreas com maiores propensões ao cultivo de lavouras na bacia, atualmente vem sendo ocupada por extensas áreas de pastagem e solo exposto, caracterizando assim um uso desenfreado das valores funcionais relacionados a aptidão agrícola.

Tabela 4 – Simbologia correspondente as classes de aptidão agrícola das terras

Classe de aptidão agrícola	Tipo de utilização					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	p	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: Ramalho; Beek, (1995).

4.3.4 Valor Estético

O valor estético, em parâmetros gerais, corresponde a elementos visualmente de grande interesse popular, indo desde paisagens paradisíacas até atrativos oriundos diretamente e exclusivamente de componentes abióticos, com exemplos formas de relevo, formações geológicas, entre outros. Na bacia hidrográfica do Pindaré, como unidades de valores estético, tem-se os polos turísticos.

4.3.4.1 Polos turísticos e atrativos geoturísticos

As atividades turísticas entram como um dos elementos desse valor, em vista ao grande potencial estético, a visita de pessoas das mais diversas regiões proporcionam a manutenção e conservação do ambiente em que o mesmo se situa. Os polos turísticos no Maranhão correspondem a uma tática do governo estadual de melhorar o investimento no contexto turístico, com o objetivo de apresentar o estado como um “celeiro” de diferentes atrações, frente ao ecoturismo, lazer histórico, cultural, musical e folclórico (FERREIRA, 2007, *apud* BANDEIRA; DANTAS, 2013).

Assim, tem-se a criação de 10 polos turísticos: Amazônia Maranhense, Floresta dos Guarás, São Luís, Serras Guajajara, Timbira e Kanela, Lagos e Campos Floridos, Munim, Parque dos Lençóis, Delta das Américas, Cocais, Chapada das Mesas, onde na bacia

hideográfica do Rio Pindaré se tem a presença dos polos Lagos e Campos Floridos, e Serras Guajajara, Timbira e Kanela.

4.3.4.2 Polo Lagos e Campos Floridos

Localizado em grande porção da foz da bacia do Rio Pindaré, o polo é constituído na área pelos municípios de Cajari, Santa Inês, Arari, Pedro do Rosário, Viana, Penalva e Pindaré-Mirim. É considerado um dos polos turísticos mais bonitos do estado, tendo como características grandes planície fluviolagunar, rios, estuários, mangues e campos alagados da Baixada Maranhense, denominados “Pantanal Maranhense”.

Também, pelo fenômeno natural da pororoca, no município de Arari, situado no baixo curso do Rio Mearim, onde atualmente há grande interesse, por parte de praticantes de surfe, em se aventurar em tal esporte radical, resultando assim em um peculiar atrativo geoturístico nessa região pobre da Baixada Maranhense (BANDEIRA; DANTAS, 2013).

4.3.4.3 Polo Serras Guajajara, Timbira e Kanela

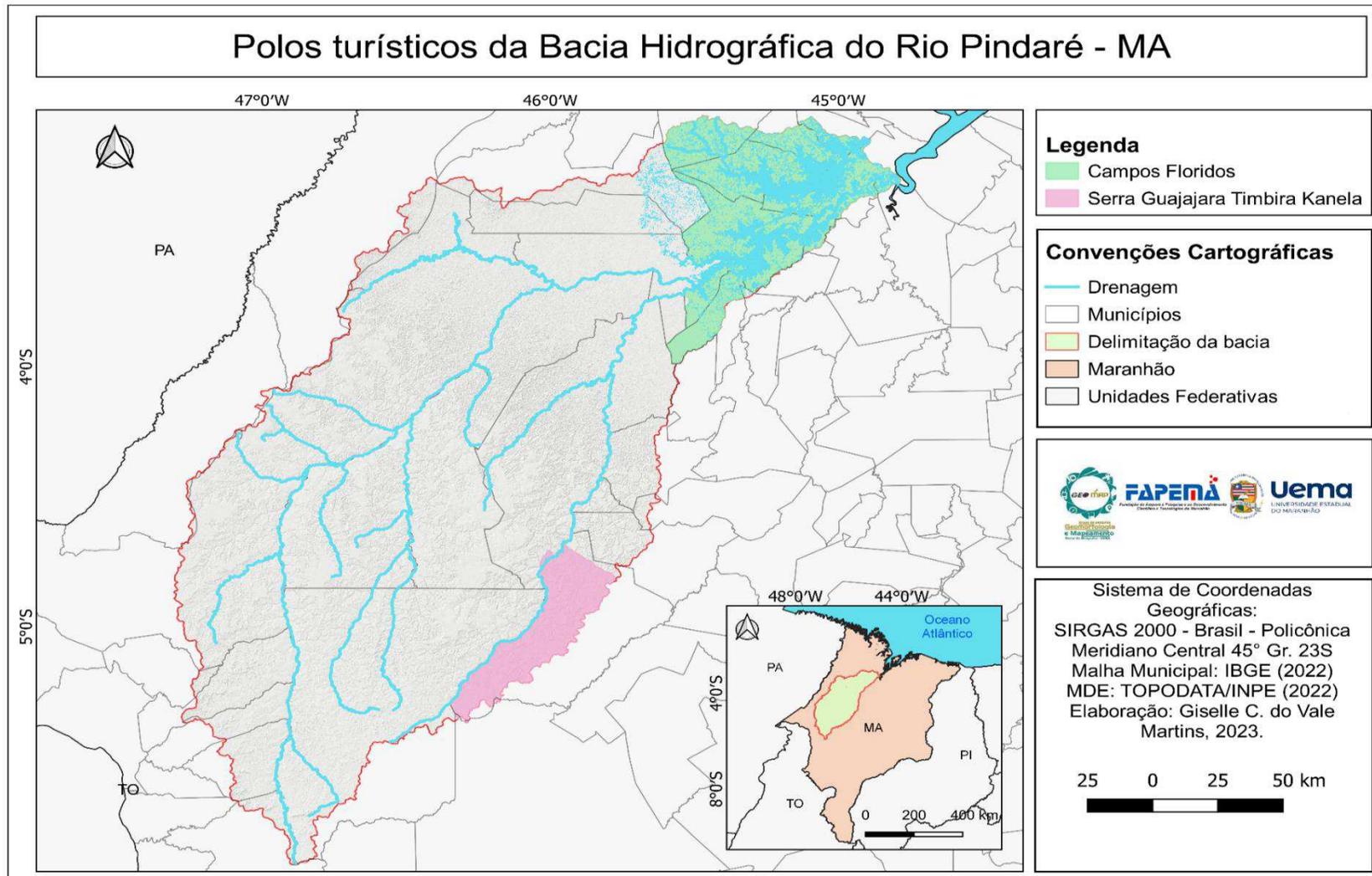
Abrangendo a porção sudeste da bacia, o Polo Serras Guajajara, Timbira e Kanela situa-se no município de Arame. Tal polo se caracteriza como um grande atrativos geoturísticos de interesse paleontológico e geomorfológico, constituída por baixos platôs, colinas dissecadas e planaltos de notória beleza, onde percebe-se grande relevância cultural por corresponder o berço da cultura milenar das etnias Guajajara, Timbira e Kanela (BANDEIRA; DANTAS, 2013).

Quadro 3 – Patrimônios dos polos Lagos Campos Floridos e Serras Guajajara, Timbira e Kanela

Polo Turístico	Patrimônio	Atrativos Geoturísticos	Descrição
Lagos e Campos Floridos	Atrativos geoturísticos	Campos alagados e estuários	Ambiente fluviomarinho, que abriga história geológica recente, com alto potencial para o turismo ecológico.
Serras Guajajara, Timbira e Kanela	Geomorfológico	Formas de relevo e cachoeiras	Unidades geológicas do Permiano, Cretáceo e Paleógeno, sustentando relevos tabulares e colinosos.
	Paleontológico	Fósseis	Fósseis das formações Codó e Grajaú.

Fonte: CPRM, (2012). Organização: Martins, (2023).

Figura 16 – Mapa de Polos Turísticos da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins (2023)

4.3.5 Valor Científico e Valor Didático

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento para planejar e ordenar o território brasileiro, harmonizando as relações econômicas, sociais e ambientais, regulamentado pelo Decreto Federal nº 4.297/2002. Cabe ao ZEE realizar diagnósticos e análises técnicas para planejar o futuro em busca da redução de ações predatórias, como um grande orientador do planejamento, da gestão e do uso do território, aumentando a eficácia e a efetividade de planos, programas e políticas públicas e privadas (ZEE, 2020).

No Maranhão, o ZEE foi comandado pelo Instituto Maranhense de estudos socioeconômicos e cartográficos IMESC, autarquia da Secretaria de programas estratégicos SEPE, em convênio com a Universidade Estadual do Maranhão UEMA, onde foi possível desenvolver o projeto com pesquisadores do corpo estudantil e docente.

Em 2020, o Governador Flávio Dino sancionou a Lei que institui o Zoneamento Ecológico Econômico do Bioma Amazônico do Estado do Maranhão (ZEE-MA), considerado o maior conjunto de informações técnico-científicas sobre o território maranhense. A Lei Nº 11.269, de 28 de maio de 2020, foi publicada no Diário Oficial do Maranhão, do dia 29 de maio de 2020 (ABREU, 2020).

A Lei do ZEE é de fundamental importância para o planejamento, tanto pelo Governo do Maranhão, quanto para agricultores, pesquisadores, pecuaristas, empresários ou para qualquer cidadão que queira saber mais sobre o território maranhense, uma vez que há na sua composição uma série de pesquisas e estudos sobre solos, relevos, vegetação, fauna e componentes humanos.

Como um parâmetro, o Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão corresponde a um dos valores de geodiversidade, sendo este o valor científico. O conhecimento dos elementos ambientais, sociais e econômicos auxiliam assim na conservação dos mesmos. Nesse sentido, são atribuídas nomeclaturas, a partir do Zoneamento, Ecológico Econômico, as áreas da bacia hidrográfica do Rio Pindaré, sendo essas essenciais para a geoconservação e criação de políticas públicas benéficas a tais áreas.

As áreas protegidas criadas, onde na BHRP correspondem em grande parte dos municípios próximos a foz, São João do Caru a norte, e Amarante do Maranhão e Montes Altos ao sul, áreas legalmente protegidas, relativas às Terras Indígenas, de quilombo, de domínio das Forças Armadas e Unidades de Conservação existentes e propostas (MMA/SEDR/DZT, 2009).

Apud: IGNÁCIO *et al.*, 2016).

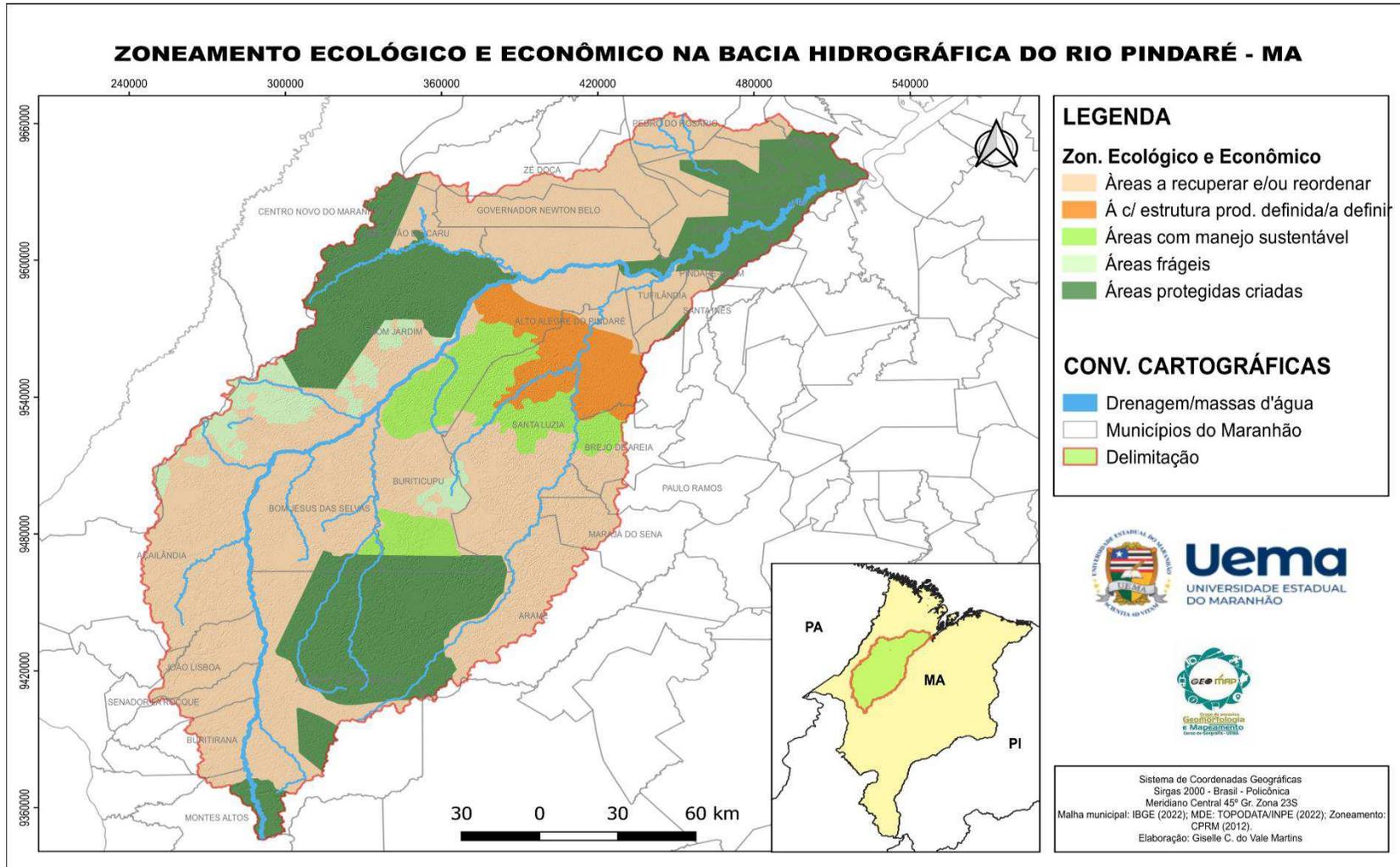
As áreas a recuperar e/ou reordenar, correspondem às “áreas alteradas ou degradadas por uso inadequado, requerendo ações de recuperação ambiental e/ou reordenação das atividades produtivas” (MMA/SEDR/DZT, 2009 *apud* IGNÁCIO *et. al.*, 2016 p. 144), sendo as mesmas associadas, na BHRP a áreas de formações florestais impactadas, locais com intensa presença de pastagem e áreas com intenso processo agrícola e de solos. Nessas áreas “foram reconhecidas condições ambientais instáveis perante os atuais processos de ocupação, devendo ser envidados esforços no sentido de se estabelecerem planos de manejo sustentáveis” (MARQUES; MARQUES, 2013, p. 242).

As áreas frágeis correspondem a “áreas com fragilidades específicas, de interesse à manutenção do estado de conservação para uso dos recursos naturais de forma planejada e limitada, de acordo com normas especiais de controle” (MMA/SEDR/DZT, 2009. *Apud*: IGNÁCIO *et. al.*, 2016 p. 144). “Apontam territórios que requerem cuidados com intervenções humanas” (MARQUES; MARQUES, 2013, p. 242).

As áreas com manejo sustentável, abrangentes principalmente na parte central da bacia, nos municípios de Alto Alegre, Buriticupu, Santa Luzia e Brejo de Areia, correspondem a “áreas conservadas, indicadas à manutenção do estado de conservação e/ou contenção da pressão antrópica sobre áreas especiais, para uso dos recursos naturais, de forma planejada e limitada, de acordo com normas especiais de controle” (MMA/SEDR/DZT, 2009 *apud* IGNÁCIO *et al.*, 2016 p. 144).

Já as áreas com estrutura produtiva definida/a definir abrangem as “áreas consolidadas ou em processo de consolidação das atividades produtivas mais dinâmicas, que requerem ações de manutenção e/ou intensificação das atividades existentes, objetivando a sustentabilidade ecológica, social e econômica” (MMA/SEDR/DZT, 2009. *Apud*: IGNÁCIO *et al.*, 2016, p. 144). Tais áreas, na BHRP, correspondem aos municípios de Alto Alegre do Pindaré, Santa Luzia e Brejo de Areia.

Figura 17 – Zoneamento Ecológico e Econômico da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins (2023)

4.4 ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ – MA

Com o objetivo de melhor organização este subitem foi subdividido em Índice de Geologia; Índice de Solos; Índice paleontológico; Índice de Potencial Mineral; Índice de Polos turísticos e Índice de ZEE.

4.4.1 Índice de Geologia (litológico)

A ocorrência da geodiversidade do índice de geologia na área da bacia se mostra bastante notável. A parte centro-sul e próximas à foz apresentam grande quantidade de quadrículas variando entre média e alta diversidade abiótica. Tal afirmação se fomenta levando em consideração que as mesmas áreas concentram o encontro de diversas das unidades litoestratigráficas identificadas, sendo os Depósitos de Pantanos e Mangues, a Formação Itapecuru e os Depósitos Aluvionares as principais classes que se entrelaçam nos polígonos de quadrículas analisados.

4.4.2 Índice de Solos

Analisando o índice de geodiversidade para o parâmetro solos, observa-se que tal diversidade se dá na parte sul da bacia, principalmente com os encontros das variações de latossolos, ou seja, os Latossolos Amarelos Distróficos, Latossolos Amarelos Distrocosos, e os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos. O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico cobre grande percentual da parte centro-norte da bacia, onde tal região torna-se homogênea e pouco diversificada nesse parâmetro, estando o mesmo solos também presente na parte sul, intensificando ainda mais a geodiversidade a área.

Já a nordeste da bacia, próximo à foz, ela encontra-se de extrema diversidade abiótica para o parâmetro solos. Além de algumas variações de plintossolos, tal área apresenta Neossolos, Gleissolos e Luvissolos, sendo a área mais geodiversificada dos subíndices analisados.

4.4.3 Índice paleontológico

No índice paleontológico, três pontos entraram como parâmetros de geodiversidade. O

primeiro, identificado a partir do Furo de Sondagem 2PM -1MA (PETROBRAS) e localizado em Pindaré-Mirim (0338'S- 4524'W), possui as formações Tianguá e Jaicós na idade Siluriano, com fósseis sendo Palinomorfos: Quitinozoários: *Conochitina dolosa*; Acritarcas: *Veryhachium carminae*, *V. trispinosum*, *V. rabiosum*, *Leiofusa striatifera* (SANTOS; CARVALHO, 2009).

O segundo ponto correspondeu ao Furo de Sondagem 2SL-1MA (PETROBRAS), localizado em Santa Luzia, MA (0359'S – 4539'W), com as formações Tianguá/Jaicós e idade Siluriano, correspondendo aos tipos de fósseis Palinomorfos: Quitinozoários: *Desmochitina sp.*, *Cyatochitina sp*; Acritarcas: *Leiofusa bersnerga*, *L. striatifera*, *Veryhachium rabiosum*, *V. trispinosum*, *Micrhystridium stellatum* (SANTOS; CARVALHO, 2009).

O último ponto correspondeu ao Furo de Sondagem 1PA-1MA (PETROBRAS), localizado em Palestina e Altamira do Maranhão (0410'S-4539'W), também com as formações Tianguá/Jaicós, com idade Siluriano e fósseis Palinomorfos (SANTOS; CARVALHO, 2009).

Levando em consideração que tais informações já caracterizam pontos para análises da geodiversidade, essas já correspondem aos centróides utilizados nas temáticas anteriores, sendo assim, apenas atribuídas ao índice de geodiversidade da bacia.

4.4.4 Índice de Potencial Mineral

Para o índice de Potencial Mineral, levou-se em consideração as ocorrências de recursos minerais, nos quais tem-se as partes próximas a foz e das massas de água com maior presença da geodiversidade, apesar de não ser tão intensa quanto os parâmetros de geologia e solos. Essa diversidade vai desde materiais metálicos, até materiais utilizados na construção civil.

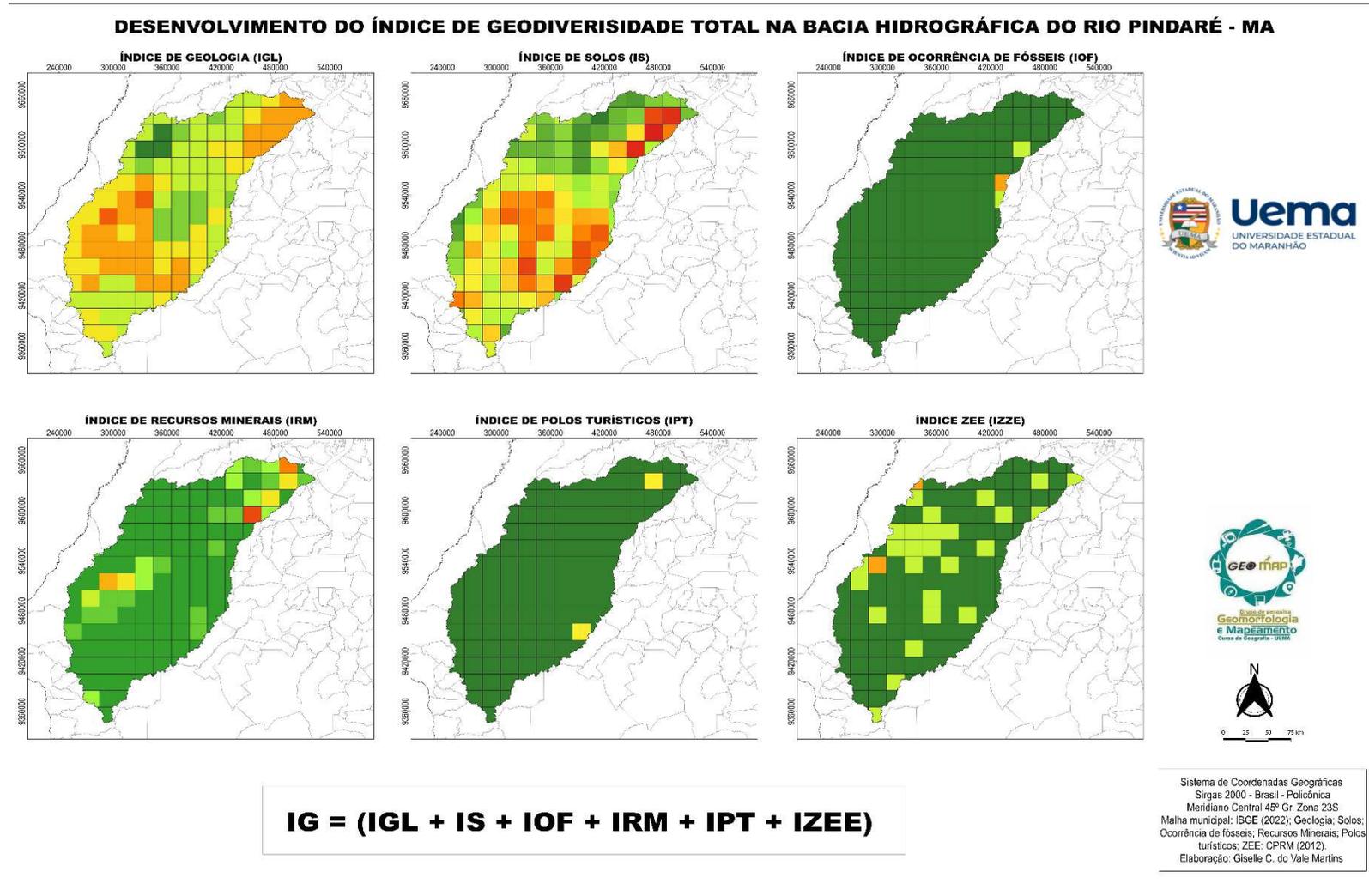
4.4.5 Índice de Polos Turísticos

Os Polos Turísticos apresentaram o índice com menor ocorrência. Essa baixa diversidade se dá a presença de apenas dois polos, apesar deles já se caracterizarem, de modo geral, como ambientes com patrimônio, como é o caso do polo Serras Guajajara, Timbira e Kanela, com patrimônio geomorfológico e paleontológico, mas que, para a escala da bacia hidrográfica do Rio Pindaré, torna-se de diversidade mediana.

4.4.6 Índice de ZEE

O índice de Zoneamento Ecológico Econômico é uma adaptação para o presente trabalho. Por ser considerado um valor científico, ele vem a ser de extrema relevância para se ter um diagnóstico da geodiversidade, em vista de que as áreas estudadas por ele remontam esse valor, mesmo que sejam ambientes catalogados como instáveis ou vulneráveis, o fato de estarem sendo estudados demonstra esse valor. Na área da bacia, a geodiversidade percorre entre baixa e alta nas partes centro-norte, correspondendo aos ambientes associados ao valor científico.

Figura 18 – Subíndices de geodiversidade da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins (2023)

O Índice de Geodiversidade Total da bacia hidrográfica do Rio Pindaré, composto pelas contagem de centróides em cada quadrículas, variou de 2 a 105 pontos por unidade (Tabela 3), levando em consideração a análise de 224 células.

As quadrículas 164, 179, 194 relacionam-se às quadrículas com maior quantidade de centróides (pontos de geodiversidade muito alta, no presente caso), correspondendo respectivamente a 105, 103 e 81 pontos cada uma, atribuído tom avermelhado.

Já nas quadrículas de tom alaranjado, obteve-se um intervalo de pontos de geodiversidade de 46 até 67 centróides, estando esses dispostos, em sua maioria, no centro, sul e sudeste da bacia. Quadrículas de tom mais amarelado corresponderam a uma geodiversidade mais mediana, sendo atribuídas a um intervalo 30 a 45 pontos centrais, estando associados principalmente as partes do centro e sudoeste da bacia.

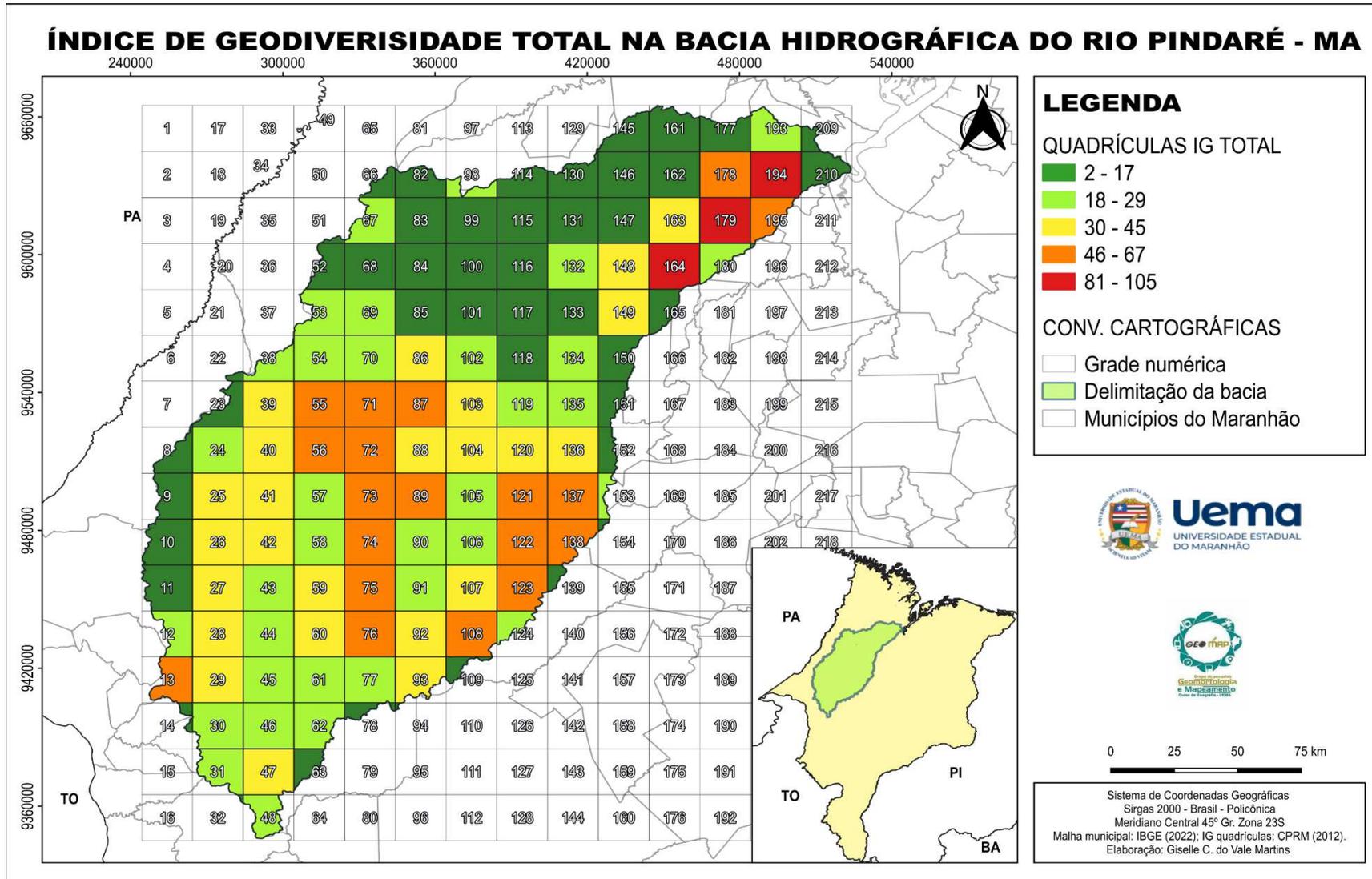
As quadrículas em verde claro correspondem ao intervalo de 18 a 29 pontos, estando espalhadas pela área da bacia, mas com predominância na região centro-sul da bacia. Quadrículas no intervalo de 2 a 17 corresponderam as quadrículas com menor quantidade de centróides, sendo identificadas principalmente a norte da bacia, de cor verde escuro, representando assim as áreas com menores incidências da geodiversidade.

Tabela 5 – Classificação da Geodiversidade (Quadrículas)

Cor	Intervalos	Nº de Quadrículas
	81 – 105	3
	46 – 67	14
	30 – 45	13
	18 – 29	12
	2 – 17	16

Fonte: Martins, (2023).

Figura 19 – Mapa de Geodiversidade total da bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte:

O mapa do Índice de Geodiversidade interpolado (Figura 20) remete à representação dos dados obtidos anteriormente, porém, com uma definição mais específica dos parâmetros identificados, em correlação com os intervalos propostos na Quebra Natural. A bacia hidrográfica do Rio Pindaré, de modo geral, corresponde a uma intensa geodiversidade. Fazendo parte da Amazônia Maranhense, essas características diversificadas se mostram em grande abundância.

Entretanto, é correto frizar que, dependendo dos parâmetros indicadores ou subíndices trabalhados, o índice de geodiversidade mostrará padrões diferentes, sendo este correspondente ao valor da diversidade abiótica que tais elementos apresentarão. Com a análise dos subíndices Geologia, Solos, Ocorrência de Fósseis, Ocorrência de Recurso Minerais, Polos Turísticos e Áreas Zoneadas, tem-se um resultado específico de geodiversidade.

Na área da bacia, apresentam-se dois pontos principais na qual a geodiversidade encontra-se muito alta. Ambos localizam-se a norte da bacia, onde o primeiro, mais próximo à foz, abrange o município de Monção e Cajari; e o segundo, abrangendo também o município de Monção juntamente com os municípios de Bom Jardim e Pindaré Mirim.

No município de Monção, observa-se a presença de todas as classes do índice de geodiversidade, indo desde muito baixo nas bordas ocidentais e orientais da cidade, sequencialmente passando pelas classes baixa, média e alta, até o centro-norte e finalmente o muito alto ao norte e ao sul, com pequena porção, sendo este município o mais geodiversificado. Outros municípios que abrangem todas as classes de índice de geodiversidade são: Cajari, Bom Jardim e Pindaré Mirim.

Já Penalva abrange uma geodiversidade baixa, média e alta, sendo esse resultado relacionado a diversidade geológica, de solos e também a extração de recursos minerais presentes na área, principalmente, a turfa.

Municípios como Marajá do Sena, Amarante do Maranhão, Arame, Buriticupu e Bom Jesus das Selvas apresentaram uma geodiversidade média, caracterizada principalmente pelos parâmetros geologia e Solos, subíndices esses com grande predominância nas referidas regiões. Além de média, juntamente com os municípios Senador Larocque, João Lisboa, Viana e Açailândia, também abrangem uma geodiversidade mais baixa, porém ainda presente.

4.5 AMEAÇAS À GEODIVERSIDADE

A geodiversidade, como visto no decorrer do presente trabalho, abrange inúmeros elementos, desde elementos físicos até parâmetros de informações. Assim, várias são as formas que tais meios podem ser impactados negativamente, levando assim a necessidade de conservação desses valores.

Se um local detentor de um dos valores associados a geodiversidade, sofrer alguma ameaça, seja ela de cunho natural, catastrófico ou antrópico, existirá a necessidade de proteção e conservação de seus recursos e elementos (GRAY, 2013. *Apud*: SILVA, 2016):

$$\text{Valor} + \text{Ameaça} = \text{Necessidade de Conservação}$$

Gray (2013, *apud*: SILVA 2016, p.71) expõe que as principais ameaças para a geodiversidade são associadas à “mineração, expansão urbana, projetos de engenharia na rede hidrográfica, aterros sanitários, agropecuária, atividades militares, retirada de espécimes minerais, atividades turísticas sem mitigação dos impactos, entre outras formas de gestão dos espaços”.

Assim, Silva (2016, p. 71) coloca que a geodiversidade pode ser impactada por: “perda total de um elemento da geodiversidade; Perda parcial ou dano físico; Perda de visibilidade ou intervisibilidade; Perda de acesso; Interrupção dos processos naturais; Poluição; Impacto visual”.

4.5.1 Uso e cobertura da terra

Para analisar esse parâmetro na BHRP, deve-se levar em consideração que na referida área o principal responsável pelas alterações na paisagem é a atividade pecuarista, que transformou as áreas de formação florestal em pastagens, muitas vezes degradadas. Outro responsável é a introdução das monoculturas de soja realizadas pelo meio empresarial. Essas ações ao longo dos anos promovem o assoreamento e poluição dos corpos hídricos, empobrecimento dos solos, aceleração de processos erosivos, dentre outros prejuízos ecológicos e sociais.

A partir das saídas de campo, em conjunto com os dados adquiridos anteriormente, realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Pindaré (Figura 9) a fim de indentificar essas ameaças. Por conseguinte, foram identificadas 14 classes que expressam as diversidades de uso e cobertura presentes na BHRP (Tabela 1).

Tabela 6 – Classes de uso e cobertura da terra na BHRP

Classes	Área (km ²)	Área (%)
Água	591,81	1,5%
Apicum	0,16	0,0004%
Área urbanizada	86,514	0,2%
Campo alagado e Área pantanosa	241,82	0,60%
Formação campestre	238,75	0,59%
Formação florestal	18.038,046	45%
Formação savânica	252,769	0,63%
Mangue	3,03	0,01%
Mosaico de agricultura e pastagem	75,38	0,19%
Outras áreas não vegetadas	71,67	0,18%
Outras lavouras temporárias	306,89	0,76%
Pastagem	19.739,789	49%
Silvicultura	218,77	0,54%
Soja	525,780	1,30%
Total	40.391,72	100%

Fonte: Martins, (2022). Adaptado Mapbiomas, (2020).

Representando 45% da cobertura, observa-se a formação florestal (Figura 5) típica de floresta amazônica, esta apresenta uma grande diversidade florística, geralmente com árvores bastante elevadas com copas sobrepostas, de forma que protegem o solo e ainda garantem a ciclagem da matéria orgânica, além de abrigar várias espécies de animais (LEITÃO FILHO, 1987).

Figura 21 – Formação florestal em Alto Alegre do Pindaré – MA



Fonte: Dados da pesquisa, (2022).

Como mencionado anteriormente, as pastagens presentes em 49% da área da bacia apresentam um histórico de problemas ambientais e possível ameaça a geodiversidade local.

Essa ameaça a geodiversidade pode ser observada no viés de que as áreas de pastagem correspondem com áreas onde há um alto índice de geodiversidade, sendo esta um processo perturbador e de grande potencial de risco para esta diversidade abiótica.

A remoção da vegetação original dessa área expõe o solo ao impacto das chuvas, aumentando os processos erosivos e posteriormente acarretando o empobrecimento do solo, outra resultante é o assoreamento. Guerra (2009), afirma que:

As atividades praticadas no meio rural (tanto agricultura como pecuária) podem ser as responsáveis diretas por transformações no relevo de uma determinada área, causando não só danos às encostas e planícies, mas também, a partir dos transportes dos sedimentos, mudança na qualidade e quantidade de água dos rios, lagos, e reservatórios, tornando-os mais rasos, podendo chegar, inclusive, ao assoreamento total desses corpos líquidos. (GUERRA, 2009, p. 4).

Outro fator de ameaça é a utilização de fogo como técnica associada ao desmatamento para o plantio de pastagens (Figura 6), que quando utilizada em áreas de pastagens extensivas pode desencadear em queimadas de grandes proporções, afetando o solo, a qualidade do ar, a biodiversidade presente na área, entre outros.

Figura 22 – Pastagem em Pindaré-Mirim – MA



Fonte: Dados da pesquisa, (2022).

Percebe-se, também, que a área de estudo ainda não é muito explorada pela agricultura, uma vez que a soja, a silvicultura e as outras lavouras temporárias não estão presentes em quantidade significativa, apesar de ser uma área com aptidão agrícola favorável. Tal fato pode ser justificado pela ocorrência da classe de declividade Fortemente Ondulado na parte central e ao sul da bacia do Pindaré.

A declividade de um terreno é a principal característica que condiciona a sua capacidade

de uso e é de grande relevância em relação à exploração agrícola, pois pode afetar: o uso de máquinas, a velocidade da enxurrada, a infiltração de água no solo, a disponibilidade de água no solo e a energia da enxurrada (PIRES; SOUZA, 2006).

Em relação às áreas urbanizadas, foi identificado um percentual baixo em comparação com as outras classes (formação florestal e pastagem), sendo 48,1% dos domicílios localizados na zona urbana (Figura 23) e 51,9% na zona rural (Figura 24), de acordo com os dados do Censo 2010. Assim, a classe de áreas urbanizadas não caracterizam ameaça significativa a geodiversidade da bacia hidrográfica do Pindaré.

Figura 23 – Domicílios na sede municipal de Pindaré-Mirim – MA



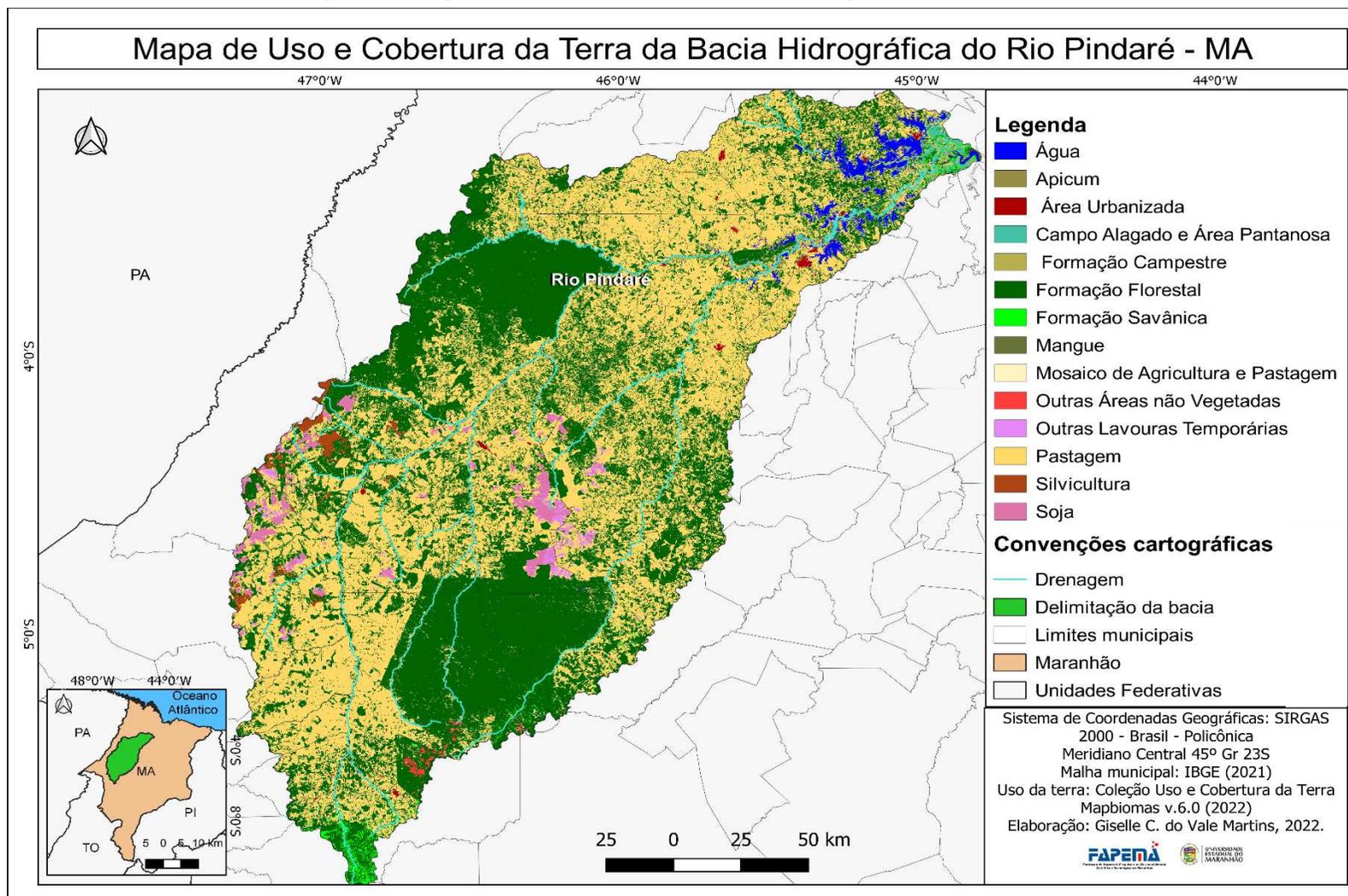
Fonte: Dados da pesquisa, (2022).

Figura 24 – Domicílios em área rural, assentamento em Bom Jesus das Selvas – MA



Fonte: Dados da pesquisa, (2022).

Figura 25 – Mapa de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Pindaré – MA



Fonte: Martins (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Componente base da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, a Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré está situada em uma área de 40.222 km², o que corresponde à boa parte da Amazônia maranhense. Seu curso principal apresenta cerca de 620,87km de extensão, sendo um rio caudaloso.

Em relação à geologia, as unidades litoestratigráficas identificadas na bacia foram as Coberturas Lateríticas Maturas, Depósitos Aluvionares, Depósitos de pântanos e mangues, Depósitos flúvio-lagunares, Formação Ipixuna e Formação Itapecuru. A Formação Itapecuru caracterizou-se como a maior unidade nesse tema na BHRP, com 25.047,6 km²; já os Depósitos flúvio-lagunares tiveram a menor abrangência nela, com 671,355 km².

Entre as classes de solos identificadas na BHRP, tem-se os: Argissolos Amarelos Distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Gleissolos Háplicos Ta Eutróficos, Gleissolos Háplicos Tb Distróficos, e Gleissolos Tiomórficos Órticos, Gleissolos Melânicos Alíticos, Latossolos Amarelos Distróficos, Latossolos Amarelos Distrocoesos, Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Luvisolos Háplicos Órticos, Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos, Neossolos Litólicos Distróficos, Neossolos Quartzarênicos Órticos, Plintossolos Argilúvicos Distróficos, Plintossolos Argilúvicos Eutróficos, Plintossolos Háplicos Distróficos e Plintossolos Pétricos Concrecionários.

Em relação à declividade, o relevo da bacia foi classificado em cinco parâmetros, os quais são: Aplaidado, Suave Ondulado, Ondulado, Fortemente Ondulado e Montanhoso. A BHRP, em relação aos parâmetros iniciais de geodiversidade, caracteriza uma grande diversidade abiótica, principalmente nos elementos da pedologia.

Quanto ao inventário dos lugares de geodiversidade *in situ*, definiu-se as Terras Indígenas, áreas com a presença de recursos minerais, áreas com ocorrência de fósseis, polos turísticos e áreas objetos de estudo do Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão.

Em relação à valoração da geodiversidade, as Terras Indígenas receberam a classificação de áreas de valor cultural referente a costumes, religiosidade e folclore; as áreas com presença de recursos naturais foram definidas como valor econômico, em vista de que tais materiais e elementos encontrados recebem atribuições econômicas como uso na construção civil, siderúrgicas e energética; os Polos Turísticos, como valor estético, referente a áreas com potencial de visitação e lazer; e as áreas de estudo do Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão como valor científico e didático, referentes à produção de conhecimento científico

da área visando a conservação e políticas públicas e a posterior reprodução didática.

A ocorrência da geodiversidade na área da bacia se mostra bastante notável em parte nordeste da bacia. Apresentam-se dois pontos principais de grande teor de geodiversidade, no qual o primeiro, mais próximo a foz, abrange o município de Monção e Cajari; e o segundo, abrange também o município de Monção juntamente com os municípios de Bom Jardim e Pindaré Mirim.

Quanto às ameaças à geodiversidade, chegou-se a conclusão, segundo o uso e cobertura da terra, que a Formação Florestal original está sendo desmatada por conta das atividades agropecuárias que estão em predominância na área da bacia, principalmente a Pastagem.

Dos lugares de geodiversidade *in situ*, definiu-se as Terras Indígenas, áreas com a presença de recursos minerais, áreas com ocorrência de fósseis, polos turísticos e áreas objetos de estudo do Zoneamento Ecológico e Econômico do Maranhão; com a presença de valores cultural, econômico, estético e científico e didático presentes. Com altos índices de geodiversidade município de Monção e Cajari, Pindaré Mirim e Bom Jardim. E ameaças relacionadas à inserção da pastagem nos últimos anos e a presença de áreas com ocorrências de inundações e enxurradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Priscila. **Governador Flávio Dino sancionou a lei que institui o Zoneamento Ecológico Econômico do Bioma Amazônico do Estado do Maranhão (ZEE-MA)**. UEMA, 2020. Disponível em: <https://www.uema.br/2020/06/uema-participa-de-lei-do-zoneamento-ecologico-economico-do-bioma-amazonico/>. Acesso em: 29 jun. 2023.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2022). **Solos Tropicais: Argissolos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos>. Acesso em: 12 jul. 2022.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2022). **Solos Tropicais: Gleissolos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/gleissolos..> Acesso em: 12 jul. 2022.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2022). **Solos Tropicais: Luvisolos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/luvisolos..> Acesso em: 12 jul. 2022.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2022). **Solos Tropicais: Neossolos Quartzarênicos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolo-quartzarenicos>. Acesso em: 12 jul. 2022.

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

BANDEIRA, I.C.N.; DANTAS, M.E.; THEODOROVICZ, A.; SHINZATO, E. **Mapa geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.

BORBA, A.W., SOUZA, L.F., MIZUSAKI, A.M.P., ALMEIDA, D.P.M. & STUMPF, P.P. Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, 40(3): 275-294. Rio Grande do Sul – RS, 2013.

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

CABRAL JUNIOR, M.; MOTTA, J. F. M.; ALMEIDA, A. S.; TANNO, L. C. RMIs: **Argila para Cerâmica Vermelha**. In: LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F. (Org.). **Rochas & Minerais Industriais: usos e aplicações**. 2ed. Rio de Janeiro: CETEM/ MCT, 2009.

COELHO, E. M. B. **Levantamento da situação Indígena no Maranhão: Relatório de Pesquisa**. (Coleção Ciências Sociais. Série Antropologia, 2). São Luís, PPPG/EDUFMA, 1987.

CORRÊA R.L. 1995. **Espaço: um conceito-chave da Geografia**. In: Castro I.E. Gomes P.C.

- CORRÊA R.L. orgs. **Geografia: conceitos e temas**. Ed. Bertrand Brasil, p. 15-47. Rio de Janeiro, 1995.
- CPRM. **Mapa geodiversidade do Brasil**. Brasília, DF: CPRM, 2006. Escala 1:2.500.000. Legenda expandida. 1 CD-ROM.
- DANTAS M.E., Armesto R.C.G., Silva C.R., Shinzato E. 2015. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didática**, 2015.
- DE ARAÚJO, Lincoln Eloi et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, 2009.
- DUARTE, C.C.; GALVÍNCIO, 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.
- EBERHARD, R. (Ed.). Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity. **Technical Series**, n. 2. Australian Heritage Commission; Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra, 1997.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão**. Campinas, SP: EMBRAPA, 2013. 324 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite / Relatório Técnico, v.2).
- FILHO, Ricardo de Faria Pinto. **O índice de geodiversidade do estado de Goiás e Distrito Federal: uma avaliação sobre as unidades de conservação**. 2019. Tese (Doutorado em). Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2019.
- FRANCHI, José Guilherme e SÍGOLO, Joel Barbujiani e MOTTA, Jose Francisco Marciano. Diagnóstico das turfas no Brasil: histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 1, p. 179-190, 2006. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9381/11168>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- GORAYEB, Adryane; PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro. **Análise integrada das paisagens de bacias hidrográficas na Amazônia Oriental**. Imprensa Universitária (Estudos da Pós-Graduação). Fortaleza, 2014.
- GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. Chichester – England: John Wiley and Sons, Chichester – England, 2004.
- GUERRA, A. J. Teixeira; MARÇAL, M. dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- GUIMARÃES, R. C. “Capítulo 2 – Bacia Hidrográfica”. In: Shaidian, S., Guimarães, C. R.

- e Rodrigues, C. M. (editores), **Hidrologia Agrícola**. Universidade de Évora – Portugal, 2012.
- IGNÁCIO, Rozane et al. Planejamento e ordenamento territorial do Estado de Roraima: utopia ou realidade?. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 8, p. 137-152, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. (Manuais técnicos em Geociências, n. 4). 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. 2º Edição. Editora Bagaço – Recife, 1998.
- JENKS, G. F. **Optimal data classification for choropleth maps: Occasional Paper**. n. 2, Department of Geography, University Kansas – EUA, 1977.
- JULYARD, E. Região, tentativa de definição. **Boletim Paulista de Geografia do IBGE**, Rio de Janeiro, n. 186, 1965.
- KLEIN, E. L. **Recursos Minerais**. In: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/geodiversidade-do-estado-do-maranhao.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2023.
- LEITÃO FILHO, H. de F. **Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil**. Ipef, v. 35, n. 35, p. 41-46, 1987.
- LOPES, E. C. S; TEIXEIRA, S. G. **Contexto Geológico**. In: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14761>. Acesso em: 16 jan. 2022.
- MEIRA, Suedio Alves; DO NASCIMENTO, Marcos Antonio Leite. Valores da geodiversidade na Serra dos Tapuias–Riachão das Neves. **ENTRE-LUGAR**, v. 6, n. 12, p. 171-188. Bahia, 2015.
- MOCHIUTTI, N. F.; GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S. Os valores de geodiversidade da região de Pirai da Serra, Paraná. **Geociências**, v. 30, n.4, p. 651-668. São Paulo, 2011.
- 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. Goiás, 2014.
- NIETO, L. M. Patrimônio Geológico, Cultura y Turismo. **Boletindel Instituto de EstudiosGinnenses**, n. 182, p. 109-122, 2001.
- O que é ZEE**. Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão, 2020. Disponível em: <http://zee.ma.gov.br/3022/#:~:text=O%20Zoneamento%20Ecol%C3%B3gico%20Econ%C3%B4mico%20do,Amaz%C3%B4nico%2C%20foi%20conclu%C3%ADda%20em%202020>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.; Brilha J.; SANTOS, L. Geodiversity assessment of Paraná State

(Brazil): a methodological approach. **Environmental Earth Sciences**, v. 52, p. 541- 552, 2013.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2º ed. Viçosa. 2006.

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

ROTH, C.G., GARCIAS, C.M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. Disponível em: Acesso em: 22 jun. 2019. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 7, n. 13, p.111-128, jun. 2009.

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.

SILVA, M. L. N. da. **Geodiversidade da cidade do Natal (RN): valores, classificações e ameaças**. Relatório (Graduação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2016.

SILVA, M.L.N. **Serviços ecossistêmicos e índices de geodiversidade como suporte da geoconservação no Geoparque Seridó**. 2018. 177p. Dissertação (Mestrado em). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, Maria Eugênia de Carvalho Marchesini; DE CARVALHO, Marise Sardenberg Salgado. **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. CPRM Serviço Geológico do Brasil, 2009.

STANLEY, M. **Welcome to the 21 st century**. Geodiversity Update, 1, p. 1-8, 2001.

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

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. Recife, 2001.