



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**BRUNA LEIDIANE PEREIRA SANTANA**

**GEODIVERSIDADE DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ - SERGIPE**

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos  
São Cristóvão – SE  
2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

BRUNA LEIDIANE PEREIRA SANTANA

**GEODIVERSIDADE DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ - SERGIPE**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos  
São Cristóvão – SE  
2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S231g Santana, Bruna Leidiane Pereira  
Geodiversidade das unidades de paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí - Sergipe / Bruna Leidiane Pereira Santana ; orientadora Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto – São Cristóvão, SE, 2023.  
235 f. : il.

Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, 2023.

1. Geografia. 2. Geodiversidade. 3. Geologia ambiental. 4. Serviços ambientais. 5. Paisagens - Proteção. 5. Bacias hidrográficas - Sergipe. 6. Piauí, Rio (SE). I. Pinto, Josefa Eliane Santana de Siqueira, orient. II. Título.

CDU 911.2:556.5(813.7)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



Ata da Sessão de Defesa da Tese de Doutorado em  
Geografia de **Bruna Leidiane Pereira Santana**.

Aos vinte e oito dias do mês de setembro de dois mil e vinte e três, com início às nove horas, realizou-se no auditório do Programa de Pós-Graduação em Geografia \_ PP GEO, localizado no 1º andar, da Didática II, na Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, em São Cristóvão/SE, a sessão pública da defesa de Tese de Doutorado em Geografia de **Bruna Leidiane Pereira Santana**, intitulada: "GEODIVERSIDADE DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ/SERGIPE". A Banca Examinadora foi presidida pela Professora Doutora Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto, que abriu a sessão pública e passou a palavra para a doutoranda proceder à apresentação de sua Tese. Logo após a apresentação, cada membro da Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores Marco Túlio Mendonça Diniz, Tais Kalil Rodrigues, Neise Mare de Souza Alves e Hélio Mário de Araújo dialogaram com a candidata, que teve igual período para sua defesa. Na sequência, a Professora Doutora Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto, na condição de orientadora teceu comentários sobre a Tese apresentada e destacou a trajetória para a sua construção. Por fim, a banca examinadora reuniu-se para avaliação e decidiu **APROVAR** a candidata. Foram atendidas as exigências da Resolução nº 25/2014/CONEPE, que regula a apresentação e defesa de Tese de Doutorado.

Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, 28 de setembro de 2023.

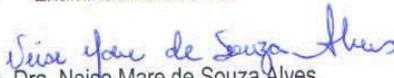
  
Profa. Dra. Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto  
Orientadora e presidente da banca

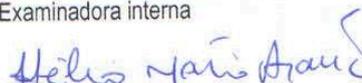
Prof. Dr. Marco Túlio Mendonça Diniz  
Examinador externo

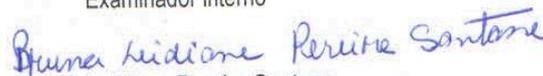


Documento assinado digitalmente  
MARCO TULIO MENDONCA DINIZ  
Data: 28/09/2023 14:09:38-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

  
Profa. Dra. Tais Kalil Rodrigues  
Examinadora externa

  
Profa. Dra. Neise Mare de Souza Alves  
Examinadora interna

  
Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo  
Examinador interno

  
**Bruna Leidiane Pereira Santana**  
-Doutoranda-

*Dedico à mainha, Iara Pereira Santa, minha luz!*

## RESUMO

A Geodiversidade se estabelece como a pluralidade dos componentes abióticos que constituem as paisagens e ambientes terrestres em conjunto com seus processos de origem, dinâmica e interação com a biodiversidade. Litologia, relevo, cobertura pedológica e recursos hídricos configuram-se como a estrutura de existência e manutenção da fauna, flora e produção humana. Em evidência, a tese objetivou analisar a bacia hidrográfica do rio Piauí com ênfase nas suas unidades de paisagem, a partir da integração de metodologias que possibilitasse sua inventariação, quantificação e avaliação ecossistêmica. Por princípio, a compartimentação da paisagem resultou nas unidades Tabuleiro do Rio Real subdividido em Superfície Estrutural de Cimeira, Superfície de Aplainamento Cárstica, Superfície Dissecada em Colinas, Superfície Aplainada Conservada, Colinas e Morros Baixos, Superfície Pediplanada e Serras Baixas e Morros e Tabuleiro Costeiro com as subunidades Colinas de Topo Convexo e Espigões, Superfície Subhorizontal e Colinas e Espigões Alongados. Para efetivação da tese, a metodologia propiciou identificar que, os maiores índices da diversidade geológica, pedológica e geomorfológica estão manifestados nas subunidades do Tabuleiro do Rio Real, bem como, os geossítios inventariados, Serra do Cruzeiro, Serra da Pedra Branca, Serra dos Palmares, Nascente do rio Piauí e Caverna Toca da Raposa. Para os serviços ecossistêmicos pode-se avaliar os serviços de regulação, suporte, provisão e conhecimento. No critério destaca-se, o serviço de suporte com elevada relevância nos Tabuleiros Costeiros, através dos bens e processos de solos, plataforma, materiais de construção e recursos hídricos. A metodologia empregada apresentou resultados significantes sobre a diversidade da bacia, possibilitando inferir que os diferentes ambientes que compõem a paisagem da bacia hidrográfica do rio Piauí apresentam potencialidades naturais para a valorização da geodiversidade nos aspectos científico, educacional e geoturístico. Por outra ótica é perceptível que, a difusão de ações de conservação e divulgação ocorrem de forma pontual, em que pese sua significação.

**PALAVRAS-CHAVES:** Dinâmica ambiental; Unidades de Paisagem; Geossítios, Serviços ecossistêmicos.

## ABSTRACT

Geodiversity is established as the plurality of abiotic components that constitute landscapes and terrestrial environments together with their processes of origin, dynamics, and interaction with biodiversity. Lithology, relief, pedological coverage, and water resources constitute the structure for the existence and maintenance of fauna, flora, and human production. In evidence, the thesis aimed to analyze the Piauí River hydrographic basin with an emphasis on its landscape units, based on the integration of methodologies that would enable its inventory, quantification, and ecosystem assessment. In principle, the compartmentalization of the landscape resulted in the units of the Rio Real Tableland subdivided into Summit Structural Surface, Karst Flattening Surface, Dissected Surface in Hills, Preserved Flattened Surface, Hills and Low Hills, Pediplaned Surface and Low Mountains and Hills and Coastal Tableland with the subunits Convex Top Hills and Spikes, Subhorizontal Surface and Elongated Hills and Spikes. To carry out the thesis, the methodology allowed identification that the highest rates of geological, pedological, and geomorphological diversity are manifested in the subunits of Tabuleiro do Rio Real, as well as the inventoried geosites, Serra do Cruzeiro, Serra da Pedra Branca, Serra dos Palmares, Source of the Piauí river and Toca da Raposa Cave. For ecosystem services, regulation, support, provision, and knowledge services can be evaluated. The criterion highlights the support service with high relevance in Coastal Tablelands, through goods and processes of soil, platform, construction materials, and water resources. The methodology used presented significant results on the diversity of the basin, making it possible to infer that the different environments that make up the landscape of the Piauí River basin have natural potential for valuing geodiversity in scientific, educational, and geotouristic aspects. From another perspective, it is noticeable that the dissemination of conservation and dissemination actions occurs on a punctual basis, despite their significance.

**Keywords:** Environmental dynamics; Landscape Units; Geosites, Ecosystem Services.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Localização da BHRP .....	23
<b>Figura 1.2.</b> Unidades de planejamento da BHRP.....	24
<b>Figura 1.3.</b> Setorização da BHRP.....	25
<b>Figura 2.1.</b> Etapas do desenvolvimento da pesquisa.....	28
<b>Figura 2.2.</b> Proposta taxonômica de compartimentação do relevo.....	31
<b>Figura 2.3.</b> Tipos de perfis de encostas.....	32
<b>Figura 2.4.</b> Exemplificação do relevo sombreado na bacia hidrográfica do rio Piauí/SE.....	33
<b>Figura 2.5.</b> Malha de quadriculas definida para a bacia hidrográfica do rio Piauí.....	36
<b>Figura 2.6.</b> Representação da contagem da variedade da pedologia por quadricula.....	37
<b>Figura 2.7.</b> Ficha de Inventariação dos Geossítios da bacia hidrográfica do rio Piauí	43
<b>Figura 3.1.</b> Distribuição de Geoparques no mundo.....	52
<b>Figura 3.2.</b> Publicações do SIGEP sobre os geossítios inventariados no Brasil.....	55
<b>Figura 3.3.</b> Espacialização dos geossítios divulgados pelo SIGEP.....	55
<b>Figura 3.4.</b> Propostas do Projeto Geoparques.....	56
<b>Figura 3.5.</b> Logo dos Geoparques do território brasileiro.....	57
<b>Figura 3.6.</b> Estados brasileiros com inventários do geopatrimônio.....	58
<b>Figura 3.7.</b> a) Valores e subvalores da geodiversidade sensu Murray Gray. b) Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos.....	62
<b>Figura 3.8.</b> Relação entre estrutura biofísica, funções e serviços ecossistêmicos.....	64
<b>Figura 3.9.</b> Integração sistêmica da Paisagem.....	67
<b>Figura 4.1.</b> Volume da Precipitação pluviométrica em Poço Verde.....	79
<b>Figura 4.2.</b> Volume da Precipitação pluviométrica em Itabaianinha.....	79
<b>Figura 4.3.</b> Volume das Precipitação pluviométrica em Umbaúba e Indiaroba.....	80
<b>Figura 4.4.</b> Mapa das Unidades de Paisagem BHRP.....	83
<b>Figura 4.5.</b> Mapa da declividade da BHRP.....	84
<b>Figura 4.6.</b> Mapa hipsométrico BHRP.....	85
<b>Figura 4.7.</b> Mapa Geológico da BHRP.....	86

<b>Figura 4.8.</b> Mapa Pedológico da BHRP.....	87
<b>Figura 4.9.</b> Quadro estratigráfico da porção centro-sul da Faixa Sergipana.....	92
<b>Figura 4.10.</b> Compartimentação da Superfície Estrutural de Cimeira no município de Simão Dias/SE....	84
<b>Figura 4.11.</b> Superfície Estrutural de Cimeira vista do povoado Triunfo no município de Simão Dias/SE.....	85
<b>Figura 4.12.</b> Vales em V esculpidos sobre a Superfície Estrutural de Cimeira em Simão Dias/SE.....	95
<b>Figura 4.13.</b> Nascente do rio Piauí no topo da Superfície Estrutural de Cimeira no município de Riachão do Dantas/SE.....	95
<b>Figura 4.14.</b> Perfil de Neossolo Litólico em vertente da Superfície de Cimeira.....	96
<b>Figura 4.15.</b> Campo de matações da Formação Palmares Simão Dias/SE.....	97
<b>Figura 4.16.</b> Rebanho de bovino no topo da Superfície de Cimeira no município de Riachão do Dantas/SE.....	97
<b>Figura 4.17.</b> Superfície de Aplainamento Cárstica no povoado Triunfo-Simão Dias/SE.....	98
<b>Figura 4.18.</b> Plantação de milho na Superfície de Aplainamento Cárstica no povoado Triunfo-Simão Dias/SE.....	100
<b>Figura 4.19.</b> Paisagem da Superfície Dissecada em Colinas no município de Simão Dias/SE.....	101
<b>Figura 4.20.</b> Extração de filito em margem de rodovia Simão Dias/SE.....	103
<b>Figura 4.21.</b> Perfil de solo com afloramento de filito no povoado Toca da raposa Simão Dias/SE.....	103
<b>Figura 4.22.</b> Metacalcário identificado em caverna do povoado Toca da Raposa, Simão Dias/SE.....	104
<b>Figura 4.23.</b> Colinas situadas nas imediações da Caverna Toca da Raposa.....	104
<b>Figura 4.24.</b> Entrada da Caverna Toca da Raposa Simão Dias/SE.....	105
<b>Figura 4.25.</b> Superfície Aplainada Conservada em Simão Dias e Lagarto/SE.....	106
<b>Figura 4.26.</b> Matações da Formação Lagarto no povoado Boeiro - Lagarto/SE.....	107
<b>Figura 4.27.</b> Feições colinares e morros baixos dissecadas sobre Complexo Granulítico.....	110
<b>Figura 4.28.</b> Feições colinares sobre Complexo Granulítico no município de Riachão do Dantas.....	111
<b>Figura 4.29.</b> Feições colineares sobre Complexo Granulítico no municípios de Boquim/SE.....	112
<b>Figura 4.30.</b> Espigões dissecados na subunidade Colinas e Morros Baixos - Riachão do Dantas/SE.....	113
<b>Figura 4.31.</b> Feição colinar no povoado Vermelho, Itabaianinha/SE.....	114
<b>Figura 4.32.</b> Cerca de Pedra no povoado Vermelho, Itabaianinha/SE.....	115
<b>Figura 4.33.</b> Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE.....	116

<b>Figura 4.34.</b> Superfície pediplanada intercalada por superfícies residuais entre os municípios de Itabaianinha e Tobias Barreto/SE.....	117
<b>Figura 4.35.</b> Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE.....	118
<b>Figura 4.36.</b> Processo erosivo margem fluvial de aflente do rio Arauá em Itabaianinha/SE.....	119
<b>Figura 4.37.</b> Serras Baixas na paisagem dos municípios de Itabaianinha (a, b, e); Riachão do Dantas (c) e Simão Dias (f) /SE.....	120
<b>Figura 4.38.</b> Bloco rochoso da Formação Itabaiana na Serra do Cabral SIMão Dias/SE.....	122
<b>Figura 4.39.</b> Lajedo no topo da Serra da Pedra Branca Itabaianinha/SE.....	122
<b>Figura 4.40.</b> Superfície Subhorizontal no município de Umbaúba/SE.....	123
<b>Figura 4.41.</b> Superfície Subhorizontal no município de Arauá/SE.....	124
<b>Figura 4.42.</b> Cabeceira de drenagem em Tabuleiro Costeiro no município de Arauá/SE.....	125
<b>Figura 4.43.</b> Lavouras da citricultura sobre superfície tabular no município de Umbaúba/SE.....	125
<b>Figura 4.44.</b> Feição colinar convexa na zonal rural do município de Arauá/SE.....	126
<b>Figura 4.45.</b> Vertente convexa em área com colina de topo abaulado - Umbaúba/SE.....	127
<b>Figura 4.46.</b> Morfologia de espigão na unidade de Tabuleiro Costeiro - Arauá/SE.....	127
<b>Figura 4.47.</b> a) e b) Planície de inundação do rio Arauá entre os municípios de Pedrinhas c) e d) Planície de inundação do rio Arauá.....	128
<b>Figura 4.47.</b> Barramento artificial em área de espigão município de Arauá/SE.....	129
<b>Figura 4.48.</b> Tanque de piscicultura no município de Arauá/SE.....	130
<b>Figura 4.49</b> - Evidência de controle estrutural no rio Carnaúba, município de Pedrinhas.....	130
<b>Figura 4.50.</b> Evidência de controle estrutural em aflente do rio Arauá.....	131
<b>Figura 4.51.</b> Colinas isoladas entre os municípios de Salgado e Itaporanga D' Ajuda/SE.....	132
<b>Figura 4.52.</b> Espigão alongado nos municípios de Itaporanga D' Ajuda/SE.....	133
<b>Figura 4.53.</b> Área abandonada de lavra de argila no município de Itaporanga D' Ajuda e Estância/SE....	134
<b>Figura 4.54.</b> Evidência de erosão na margem do rio Piauitinga em Estância/SE.....	135
<b>Figura 5.1.</b> Diversidade Geológica da BHRP.....	140
<b>Figura 5.2.</b> Diversidade pedológica da BHRP.....	143
<b>Figura 5.3.</b> Diversidade Geomorfológica da BHRP.....	145
<b>Figura 5.4.</b> Diversidade Hidrográfica da BHRP.....	147
<b>Figura 5.5.</b> Índice de Geodiversidade da BHRP.....	149

<b>Figura 5.6.</b> Mapa nível estático da BHRP.....	150
<b>Figura 5.7.</b> Vegetação na Subunidade de Superfície Estrutural de Cimeira - Tabuleiro do Rio Real.....	157
<b>Figura 5.8.</b> Floresta Estacional presente no Tabuleiro Costeiro.....	158
<b>Figura 5.9.</b> Declividade das sedes de Estância e Arauá.....	164
<b>Figura 5.10.</b> Declividade das sedes de Pedrinhas e Salgado.....	165
<b>Figura 5.11.</b> Declividade das sedes de Santa Luzia do Itanhy e Umbaúba.....	166
<b>Figura 5.12.</b> Declividade das sedes municipais de Simão Dias, Lagarto e Riachão do Dantas.....	167
<b>Figura 5.13.</b> Ocupações se expandindo sobre vertentes dos topos subhorizontais em Umbaúba/SE.....	168
<b>Figura 5.14.</b> Torres de transmissão sobre Serra Pioneira no município de Itabaianinha/SE.....	169
<b>Figura 5.15.</b> Torre anemométrica instaladas superfície estrutural de cimeira município de Riachão do Dantas/SE.....	169
<b>Figura 5.16.</b> Macambira-de-flecha em afloramento rochoso na margem do rio Carnaúba .....	171
<b>Figura 5.17.</b> Espécie de bromélia em afloramento rochoso na serra do Cruzeiro, Palmares e Pedra Branca.....	172
<b>Figura 5.18.</b> Mapa da densidade de drenagem da BHRP.....	175
<b>Figura 5.19.</b> Croqui do sistema integrado de abastecimento do rio Piauitinga.....	176
<b>Figura 5.20.</b> Croqui dos sistemas de abastecimento isolados na bacia hidrográfica do rio Piauí.....	177
<b>Figura 5.21.</b> Evidência de intensa antropização e processos erosivos no baixo curso do rio Piauitinga - Estância/SE.....	178
<b>Figura 5.22.</b> Contexto da segurança hídrica de Arauá, Boquim, Estância e Itabaianinha.....	181
<b>Figura 5.23.</b> Contexto da segurança hídrica de Lagarto, Pedrinhas, Riachão do Dantas e Salgado.....	182
<b>Figura 5.24.</b> Contexto da segurança hídrica da área urbana de Simão Dias, Santa Luzia do Itanhy e Umbaúba.....	183
<b>Figura 6.1.</b> Vista panorâmica da Serra da Pedra Branca - Itabaianinha/SE.....	191
<b>Figura 6.2.</b> Paisagem da subunidade Superfície Pediplanada e Serra da Pedra Branca - Itabaianinha/SE..	191
<b>Figura 6.3.</b> (a) Vista panorâmica no sotavento da serra. (b) Vista panorâmica no barlavento da serra.....	192
<b>Figura 6.4.</b> Residências em construção na Serra da Pedra Branca.....	193
<b>Figura 6.5.</b> Cruz para construção de capela na Serra da Pedra Branca.....	194
<b>Figura 6.6.</b> Imagens do destaque do circuito rural no site da prefeitura de Itabaianinha/SE .....	195
<b>Figura 6.7</b> Circuito rural do município de Itabaianinha/SE.....	196

<b>Figura 6.8.</b> Ficha de inventariação geossítio serra da Pedra Branca.....	197
<b>Figura 6.9.</b> Vista panorâmica da Serra do Cruzeiro, Simão Dias/SE.....	198
<b>Figura 6.10.</b> Exposição rochosa na Serra do Cruzeiro.....	199
<b>Figura 6.11.</b> Exposição rochosa na Serra do Cruzeiro, Simão Dias.....	200
<b>Figura 6.12.</b> Residência sobre maciço rochoso da Serra do Cruzeiro.....	201
<b>Figura 6.13.</b> Residências em processo de construção na borda da Serra do Cruzeiro.....	201
<b>Figura 6.14.</b> Bromélias entre fragmentos rochosos na Serra do Cruzeiro.....	203
<b>Figura 6.15.</b> Estátua de Nossa Senhora Sant'Ana na Serra do Cabral.....	204
<b>Figura 6.16.</b> Placa de identificação da obra de manutenção e reforma da Serra de Cabral.....	204
<b>Figura 6.17.</b> Estrada de acesso e placa informativa a Serra do Cruzeiro.....	205
<b>Figura 6.18.</b> Vista panorâmica da Serra do Cruzeiro, Simão Dias/SE.....	206
<b>Figura 6.19.</b> Vertentes da Serra do Cruzeiro ocupadas por pastagem e vegetação natural.....	206
<b>Figura 6.20.</b> Ficha de inventariação geossítio serra do Cruzeiro.....	207
<b>Figura 6.21.</b> Entrada da Caverna Toca da Raposa em Simão Dias/SE.....	209
<b>Figura 6.22.</b> Feições Cársticas da Caverna Toca da Raposa em Simão Dias/SE.....	210
<b>Figura 6.23.</b> Tópico sobre a fauna atual e fóssil da Toca da Raposa.....	211
<b>Figura 6.24.</b> Área de pastagem nas adjacências da caverna Toca da Raposa.....	212
<b>Figura 6.25.</b> Contexto da paisagem onde está inserida a Toca da Raposa em Simão Dias/SE.....	213
<b>Figura 6.26.</b> Ficha de inventariação geossítio caverna Toca da Raposa.....	214
<b>Figura 6.27.</b> Estrada de acesso a nascente do rio Piauí.....	215
<b>Figura 6.28.</b> Nascente do rio Piauí sobre Formação Palmares.....	216
<b>Figura 6.29.</b> Ficha de inventariação geossítio caverna Toca da Raposa.....	218
<b>Figura 6.30.</b> Estrutura do II Festival de Inverno do Povoado Palmares.....	219
<b>Figura 6.31.</b> Paisagem do Geossítio Serra dos Palmares.....	220
<b>Figura 6.32.</b> Afloramentos rochosos na paisagem do Geossítio Serra dos Palmares.....	221
<b>Figura 6.33.</b> Chalés em construção na serra dos Palmares.....	222
<b>Figura 6.34.</b> Ficha de inventariação geossítio Serra dos Palmares.....	223
<b>Figura 6.35.</b> Localização dos Geossítios da BHRP.....	224

## LISTAS DE QUADROS

<b>Quadro 2.1.</b> Bases cartográficas utilizadas.....	30
<b>Quadro 2.2</b> Imagens de satélite utilizadas no mapeamento geomorfológico.....	32
<b>Quadro 2.3.</b> Descrição das variáveis selecionadas.....	35
<b>Quadro 2.4.</b> Geodiversidade e respectivos serviços ecossistêmicos.....	38
<b>Quadro 2.5.</b> Quadro com os pesos e valores associados a geodiversidade da BHRP.....	41
<b>Quadro 3.1.</b> Serviços ecossistêmicos e seus produtos e processos gerados.....	63
<b>Quadro 3.2.</b> Principais instrumentos legais aplicáveis.....	73
<b>Quadro 5.1.</b> Síntese das Subunidades de Paisagem e os índices da geodiversidade.....	150
<b>Quadro 5.2.</b> Síntese dos bens e processos dos serviços ecossistêmicos.....	152
<b>Quadro 5.3.</b> Textura dos Latossolos e Argissolos da BHRP.....	160
<b>Quadro 5.4.</b> Síntese da situação estiagem.....	161
<b>Quadro 5.5.</b> Estudos e pesquisas levantamentos para o serviço ecossistêmico de conhecimento.....	185
<b>Quadro 6.1.</b> Geossítios inventariados na BHRP.....	190

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 5.1.</b> Número de ocorrências de unidades litológicas por quadrícula.....	139
<b>Tabela 5.2.</b> Número de ocorrências de unidades pedológicas por quadrícula.....	142
<b>Tabela 5.3.</b> Número de ocorrências de unidades geomorfológicas por quadrícula.....	144
<b>Tabela 5.4.</b> Número de ocorrências de canais de drenagem por quadrícula.....	146
<b>Tabela 5.5.</b> Índice pluviométrico no município de Lagarto.....	161
<b>Tabela 5.6.</b> Índice pluviométrico no município de Simão Dias.....	162
<b>Tabela 5.7.</b> Índice pluviométrico no município de Riachão dos Dantas.....	162

## LISTA DE SIGLAS

**ADEMA** - Administração Estadual do Meio Ambiente

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**ANM** - Agência Nacional de Mineração

**BHRP** - Bacia hidrográfica do rio Piauí

**CEMESE** - Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe

**CPRM** - Serviço Geológico do Brasil

**CFS** - Cráton do São Francisco

**DNPM** - Departamento Nacional de Pesquisa Mineral

**DESO** - Companhia de Saneamento de Sergipe

**EMDAGRO/SE** - Empresa do Desenvolvimento Agrário

**EMBRAPA/SE** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Tabuleiros Costeiros

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**INPE** - Instituto Nacional de Meteorologia

**NEB** - Nordeste do Brasil

**MEAS** - Massa Equatorial do Atlântico Sul

**MPA** - Massa Polar Atlântica

**MTA** - Massa Tropical Atlântica

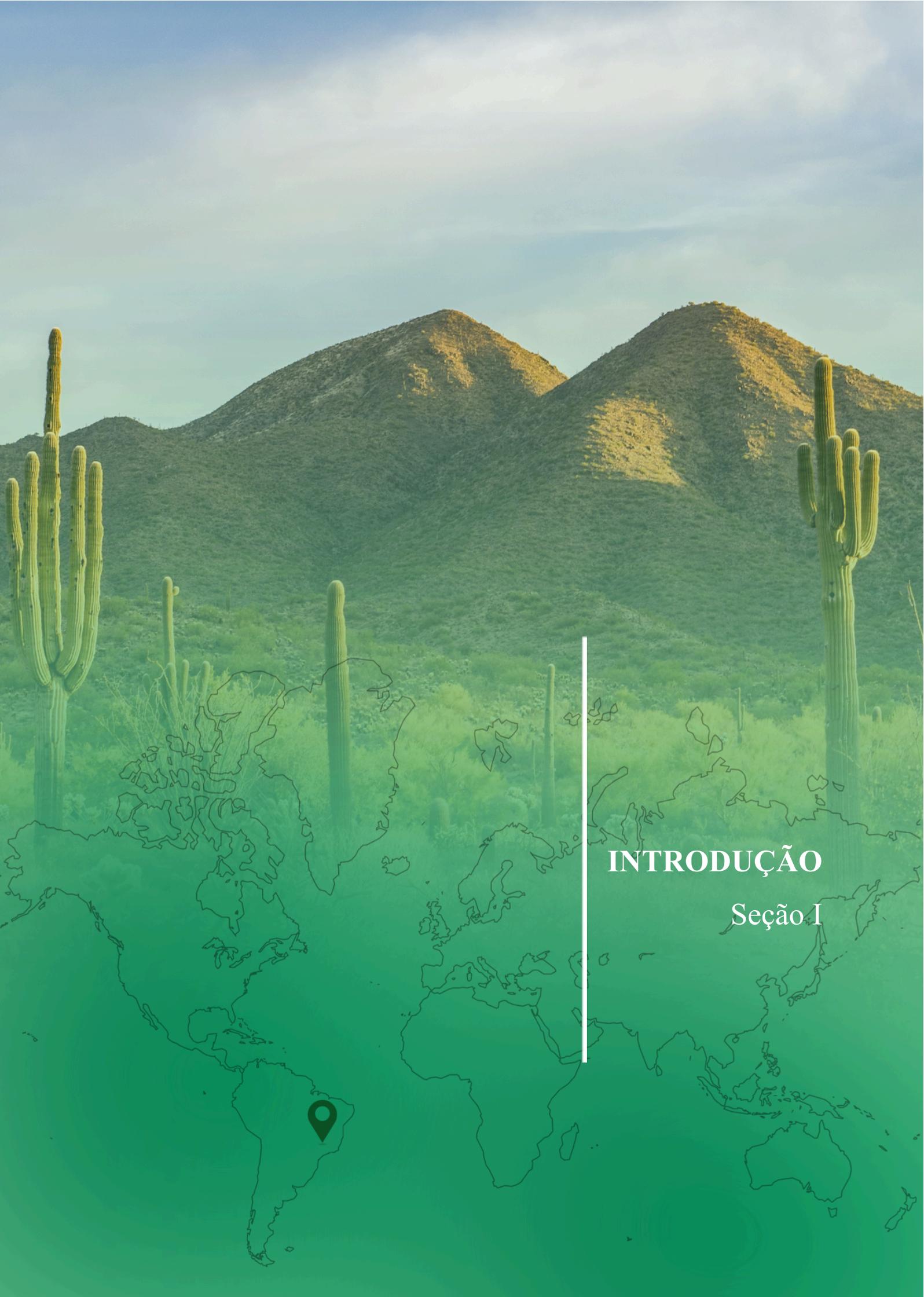
**SRH** - Secretaria de Recursos Hídricos

**ZCIT** - Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>1.1 Universo da Pesquisa</b> .....	<b>22</b>
<b>2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2 Produção de Mapas Básicos</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3 Quantificação da geodiversidade</b> .....	<b>36</b>
<b>2.4 Avaliação Ecosistêmica da Geodiversidade</b> .....	<b>38</b>
<b>2.5 Inventariação dos Geossítios</b> .....	<b>40</b>
<b>3 APORTE TEÓRICO-CONCEITUAL</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1 Bases e origens conceituais da Geodiversidade</b> .....	<b>46</b>
<b>3.2 Geoconservação no Brasil</b> .....	<b>51</b>
<b>3.3 Serviços ecossistêmicos e Geodiversidade</b> .....	<b>59</b>
<b>3.4 Abordagem teórica da Análise Sistêmica, Paisagem e Território</b> .....	<b>65</b>
<b>3.5 Bacia hidrográfica como unidade territorial de Planejamento e Gerenciamento Ambiental</b> .....	<b>70</b>
<b>4 GEODIVERSIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ</b> .....	<b>76</b>
<b>4.1 Contextualização Climática</b> .....	<b>76</b>
<b>4.2 Unidades e Subunidades de Paisagem</b> .....	<b>81</b>
<i>4.2.1 Unidade de Paisagem Tabuleiro do Rio Real</i> .....	<i>93</i>
<i>4.2.1.1 Superfície Estrutural de Cimeira</i> .....	<i>93</i>
<i>4.2.1.2 Superfície de Aplainamento Cárstica</i> .....	<i>98</i>
<i>4.2.1.3 Superfície Dissecada em Colinas</i> .....	<i>100</i>

4.2.1.4 <i>Superfície Aplainada Conservada</i> .....	105
4.2.1.5 <i>Colinas e Morros Baixos</i> .....	108
4.2.1.6 <i>Superfície Pediplanada</i> .....	115
4.2.1.7 <i>Serras Baixas e Morros</i> .....	119
4.2.2 <i>Unidade Tabuleiro Costeiro</i> .....	123
4.2.2.1 <i>Superfície Subhorizontal</i> .....	123
4.2.2.3 <i>Superfície Dissecada em Colinas e Espigões</i> .....	126
4.2.2.4 <i>Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados</i> .....	131
<b>5 ÍNDICES DA GEODIVERSIDADE E OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS</b> .....	<b>138</b>
<b>5.1 Índices Quantitativos da Diversidade Abiótica</b> .....	<b>138</b>
<b>5.2 Serviços Ecossistêmicos da Geodiversidade</b> .....	<b>151</b>
5.2.1 <i>Serviço de Regulação</i> .....	152
5.2.2 <i>Serviço de Suporte</i> .....	156
5.2.3 <i>Serviço de Provisão</i> .....	173
5.2.4 <i>Serviço de Conhecimento</i> .....	184
<b>6 INVENTARIAÇÃO E VALORIZAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS</b> .....	<b>190</b>
<b>6.1 Serra da Pedra Branca</b> .....	<b>190</b>
<b>6.2 Serra do Cruzeiro</b> .....	<b>198</b>
<b>6.3 Caverna Toca da Raposa</b> .....	<b>207</b>
<b>6.4 Nascente do rio Piauí</b> .....	<b>215</b>
<b>6.5 Serra dos Palmares</b> .....	<b>218</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>225</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>228</b>



# INTRODUÇÃO

## Seção I

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o conceito de Geodiversidade utilizado pela Geociência possibilitou a construção de uma nova abordagem de análise da paisagem integrando o conhecimento dos condicionantes naturais, com foco nos elementos abióticos, para conservação ambiental e ordenamento territorial. Neste contexto, pode-se avaliar as repercussões das atividades econômicas sobre os diferentes ambientes que compõem o espaço geográfico, considerando seus aspectos naturais, sociais e culturais, para compreender a real articulação do homem com a natureza.

A Geodiversidade contempla os componentes abióticos que constituem a superfície terrestre. Trata-se de uma vertente que ressalta a importância da geologia, geomorfologia, solos e recursos hídricos através dos seus valores intrínsecos, econômico, cultural, educacional/científico e funcional. Nessa abordagem, busca-se desmistificar o pensamento que prioriza a conservação e preservação da biodiversidade, evidenciando a relevância da estrutura abiótica para a fauna, flora e a organização social.

A relação sociedade/natureza analisadas na abordagem sistêmica, representada pelo triple – potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica – está pautada na iminente capacidade de degradação do homem sobre seu meio. Na abordagem da geodiversidade, a complexidade das relações ganha novos contornos, busca-se compreender o sistema ambiental através da estrutura abiótica, considerando sua funcionalidade e dinâmica sob a ótica sistêmica, sua influência na identidade cultural e o desenvolvimento econômico, e assim, tencionando possibilidades para geoconservação a partir do ordenamento territorial.

Em suma, estudos que contemplam a temática da geodiversidade estão pautados na valorização, divulgação e utilização dos recursos naturais da estrutura abiótica atrelados a geologia, hidrologia, solos e geomorfologia, com o propósito de definir um patrimônio natural passível de conservação pela relevância científica, social e cultural.

Neste trabalho a escolha da temática justifica-se pela necessidade de se ampliar a produção acerca da geodiversidade no território sergipano, com ênfase na identificação de geossítios, nos serviços ecossistêmicos e na sua relação com a biodiversidade e a produção humana.

Por sua vez, a definição da bacia hidrográfica do rio Piauí (BHRP) como área de estudo, se pautou no abundante conjunto de litologias, principalmente da Faixa de Dobramentos Sergipana, das distintas feições geomorfológicas que variam entre serras,

pediplanos e tabuleiros, onde evoluiu uma ampla configuração pedológica constituída por solos fortemente ocupados por atividades agrícolas.

A tese da pesquisa consiste na obtenção de diferentes resultados para a geodiversidade da BHRP com aplicação de distintas metodologias que objetivam sua quantificação e qualificação. Considera-se que, diante dos múltiplos ambientes na sua paisagem, existam locais com especificidades naturais e/ou socioculturais, que podem ser enquadrados na perspectiva valorização turística, recreativa, científica ou cultural. Contudo, supõe-se também que, o reconhecimento destes potenciais a partir da perspectiva do planejamento ambiental e ordenamento territorial não ocorra, sendo assim, estes espaços de representação da geodiversidade são marginalizados no campo da divulgação e conservação.

Assim, o trabalho objetivou analisar a Geodiversidade da paisagem na bacia hidrográfica do rio Piauí com ênfase nas unidades de paisagem. Para efetivação da proposta foram definidos os seguintes objetivos específicos: Caracterizar a diversidade da estrutura abiótica da paisagem relacionando sua influência sobre o uso e ocupação das terras; Avaliar o índice de geodiversidade através da classificação da geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia; Analisar os aspectos qualitativos dos serviços ecossistêmicos associados a geodiversidade e Inventariar os possíveis geossítios presentes na área de estudo.

Os objetivos que compuseram a pesquisa foram norteados pelas seguintes questões - Como se configuram os componentes abióticos na organização da paisagem associado ao uso e ocupação das terras? Quais os índices de geodiversidade que se manifestam nos elementos biofísicos? Qual o panorama dos serviços ecossistêmicos? Quais as áreas com potenciais para delimitação de geossítios e como se encontram suas atuais condições?

A tese está organizada em cinco seções. A seção I está estruturada pela introdução que aborda a temática do trabalho, seus objetivos, questões norteadoras, justificativa e universo da pesquisa. A seção II aborda a descrição metodológica e os procedimentos técnicos e operacionais utilizados na pesquisa. A seção III dialoga sobre os princípios e conceituações de sustentação para a geodiversidade subdividida em: Bases e origens conceituais da Geodiversidade; Geoconservação no Brasil e Serviços ecossistêmicos e Geodiversidade. E, abordagem teórica da paisagem, território e bacia hidrográfica.

Na seção IV apresenta-se um panorama da geodiversidade detalhando os componentes abióticos da paisagem como condições climáticas, aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, características hidrográficas e os diferentes usos das terras associadas aos elementos da Geodiversidade, a partir das unidades de paisagem.

Na seção V tem-se os resultados e discussão da avaliação dos índices da geodiversidade, dos seus serviços ecossistêmicos e do inventário dos geossítios. Por fim, acrescenta-se a conclusão da pesquisa, fundamentada nas reflexões sobre a teoria, metodologias adotadas e nos resultados obtidos, bem como, referências bibliográficas relativas ao contexto da temática.

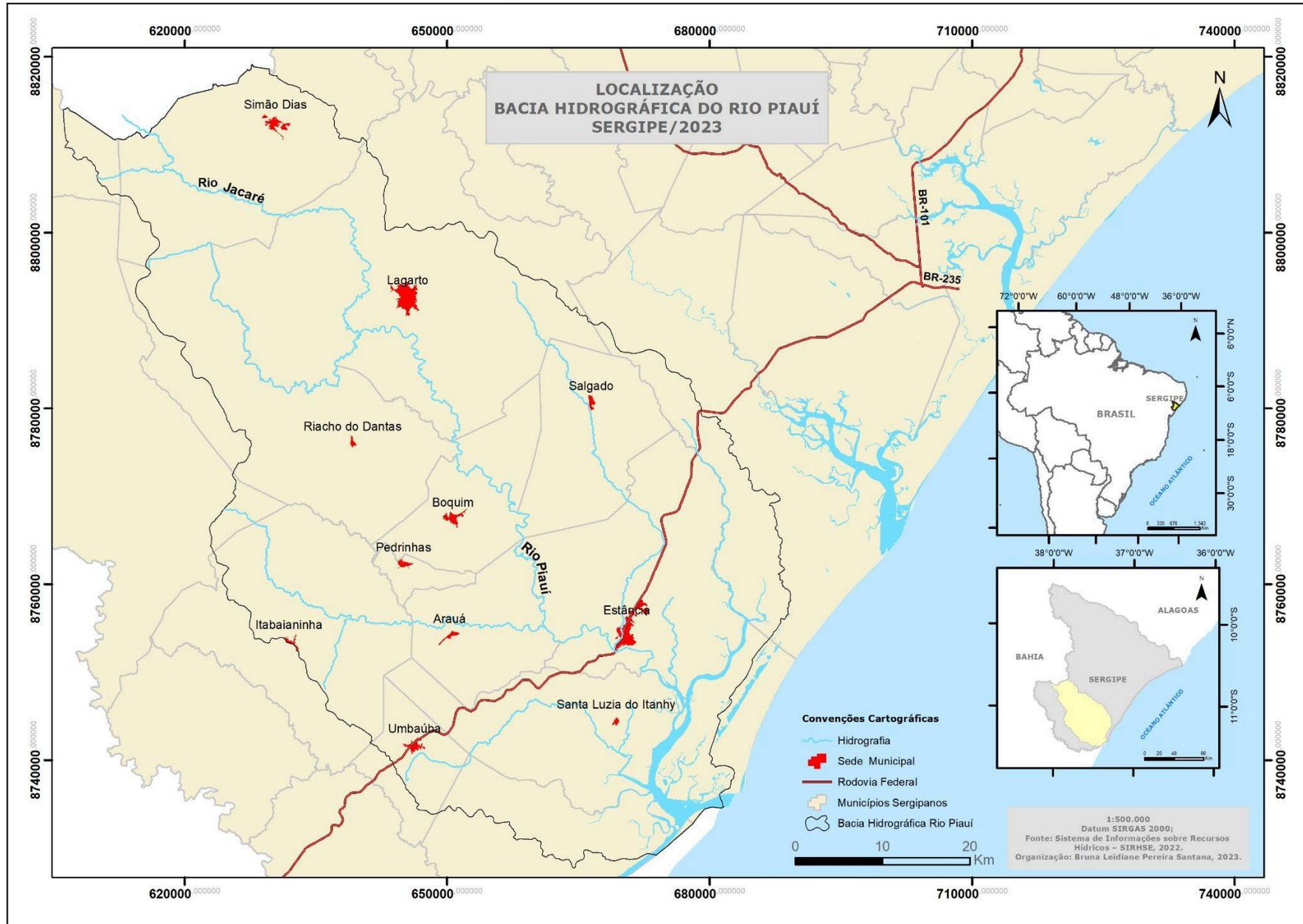
## **1.2 Universo da Pesquisa**

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Piauí situada nos Territórios da Grande Aracaju, Sul e Centro-Sul Sergipano. Considerada a segunda maior bacia de drenagem de Sergipe, com aproximadamente 3.917,5 km<sup>2</sup>, abrangendo parcialmente os municípios de Simão Dias, Tobias Barreto, Riachão do Dantas, Poço Verde, Lagarto, Indiaroba, Itaporanga D'Ajuda, Umbaúba, Estância e Itabaianinha. Integra totalmente, os municípios de Arauá, Boquim, Pedrinhas, Salgado e Santa Luzia do Itanhy. Deve-se pontuar que a dimensão espacial é expressiva para Sergipe, pois 15 (quinze) dos municípios que têm relação com a BHRP, em um quantitativo total de 75 (setenta e cinco), correspondem ao significativo percentual de 20% das unidades municipais do estado SRH/SEMAH, 2022) (Figura 1.1).

O principal canal de drenagem é o rio Piauí, que tem o total de 150 km de extensão desde a nascente, no município de Riachão do Dantas, na Serra dos Palmares, até sua desembocadura no complexo estuarino Piauí-Real, situado nos limites entre Indiaroba e Mangue Seco. A bacia hidrográfica é formada por importantes afluentes como os rios Piauitinga, Fundo, Quebradas, Guararema e Arauá, distribuídos na paisagem de ambientes do semiárido, agreste e litoral sergipanos (SEMARH, 2022). No cenário das unidades de planejamento de Sergipe, a BHRP, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe, é setorizada por seis unidades de planejamento: Alto Piauí, Piauí, Piauitinga, Arauá, Fundo e Guararema (Figura 1.2).

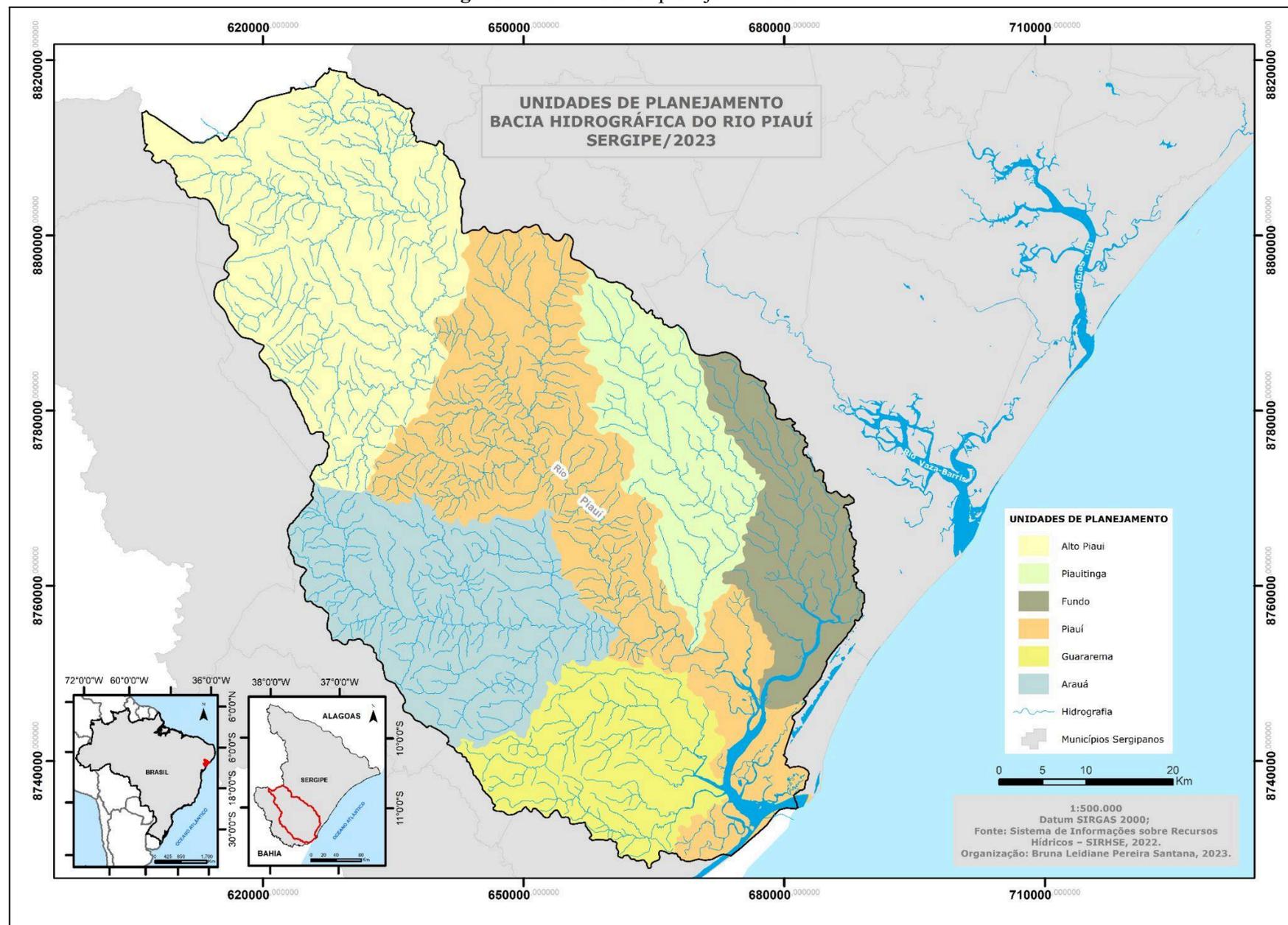
Para este estudo foi realizada a setorização da bacia em baixo, médio e alto curso, conforme os aspectos geomorfológicos: o alto curso foi delimitado considerando o predomínio de superfícies de cimeira e de aplainamento, o médio curso pelos Tabuleiros Costeiros dissecados em superfícies subhorizontais, colinas e espigões e o baixo curso constituído pela Planície Costeira formada por planícies flúvio-lagunares e flúvio-marinhas (Figura 1.3). Para o desenvolvimento da tese optou-se por explorar o alto e médio curso em razão da maior relevância das suas características biofísicas da geologia e geomorfologia para a análise proposta.

Figura 1.1. Localização da BHRP



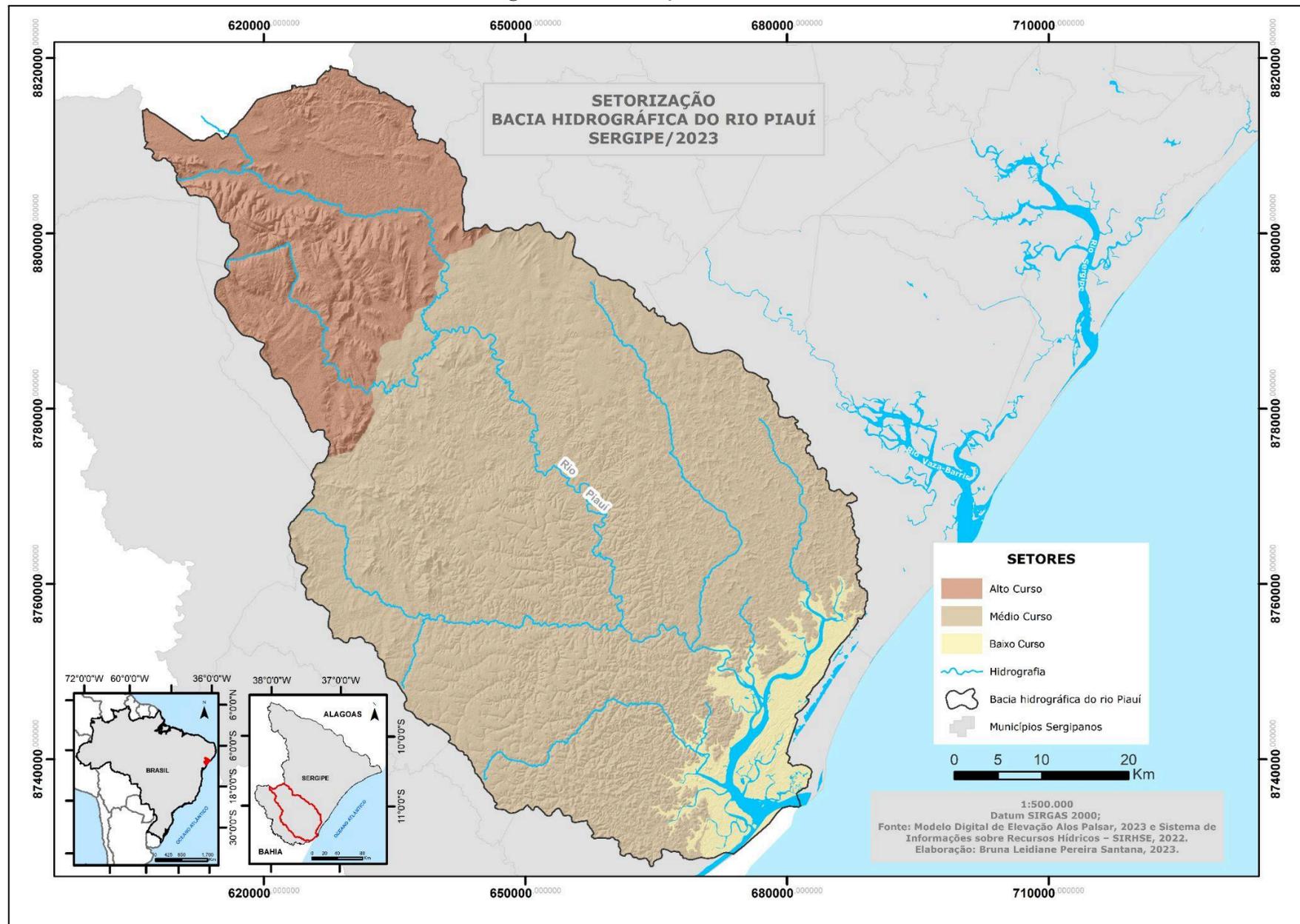
Fonte: Santana, 2023.

Figura 1.2. Unidades de planejamento da BHRP



Fonte: Santana, 2023.

Figura 1.3. Setorização da BHRP



Fonte: Santana, 2023.



**METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS  
OPERACIONAIS**  
Seção II

## 2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Com base nos trabalhos analisados que tratam sobre a geodiversidade na Geografia, observa-se que as principais escolhas teórico-metodológicas se concentram nas premissas da análise sistêmica, partindo-se dos elementos físicos, suas interações com a biodiversidade e as relações humanas desenvolvidas no espaço. No processo de construção da pesquisa tem-se a combinação, a dinâmica e a evolução da paisagem em evidência, na perspectiva de alcançar o mais próximo da realidade do sistema ambiental em questão e contribuir na ampliação de instrumentos que possam favorecer o equilíbrio entre sociedade e natureza.

O desdobramento deste estudo está alicerçado na análise sistêmica em função da complexidade inerente à geodiversidade da BHRP e a necessidade de integrar os componentes bióticos e abióticos que compõem sua paisagem. Assim, serão adotados os princípios teóricos e contribuições de Bertalanffy (1973), Bertrand (2004), Tricart (1977), Sothava (1977) e Christofolletti (1995; 1999).

Tal escolha justifica-se pelo intuito de vislumbrar uma leitura de conexão e integração da paisagem BHRP por entender que, enquanto unidade de planejamento, a bacia hidrográfica é um sistema ambiental de grande relevância para o Estado de Sergipe e deve ser investigada, e neste caso, elegeu-se a geodiversidade como objeto de prioridade.

Aliado a estas bases teóricas, foram utilizadas metodologias que possibilitaram analisar a geodiversidade através da sua caracterização, quantificação, serviços ecossistêmicos e inventariação dos geossítios. Neste sentido, a proposta está pautada numa integração metodológica da abordagem quali-quantitativa, pois, segundo Souza et al. (2017, p. 38 e 39)

[...] a combinação de duas abordagens pode possibilitar dois olhares diferentes, propiciando uma visualização ampla do problema investigado. A integração, combinando dados qualitativos e quantitativos, pode se efetivar, mediante três formas: por convergência, na fusão do quantitativo e qualitativo durante a fase de interpretação ou análise dos dados; por conexão, no qual a análise de um tipo de dado demanda um segundo tipo de dado; e por acoplamento que, por sua vez, resulta da introdução de um tipo tanto em um desenho, quanto em dados de outro tipo.

Para Gatti (2002), os conceitos de quantidade e de qualidade não são inteiramente dissociados, pois a quantidade é uma interpretação, uma tradução, um significado designando a grandeza de determinado fenômeno que deve ser interpretada qualitativamente, e é a inexistência da relação teórica que compromete a significação dos fenômenos.

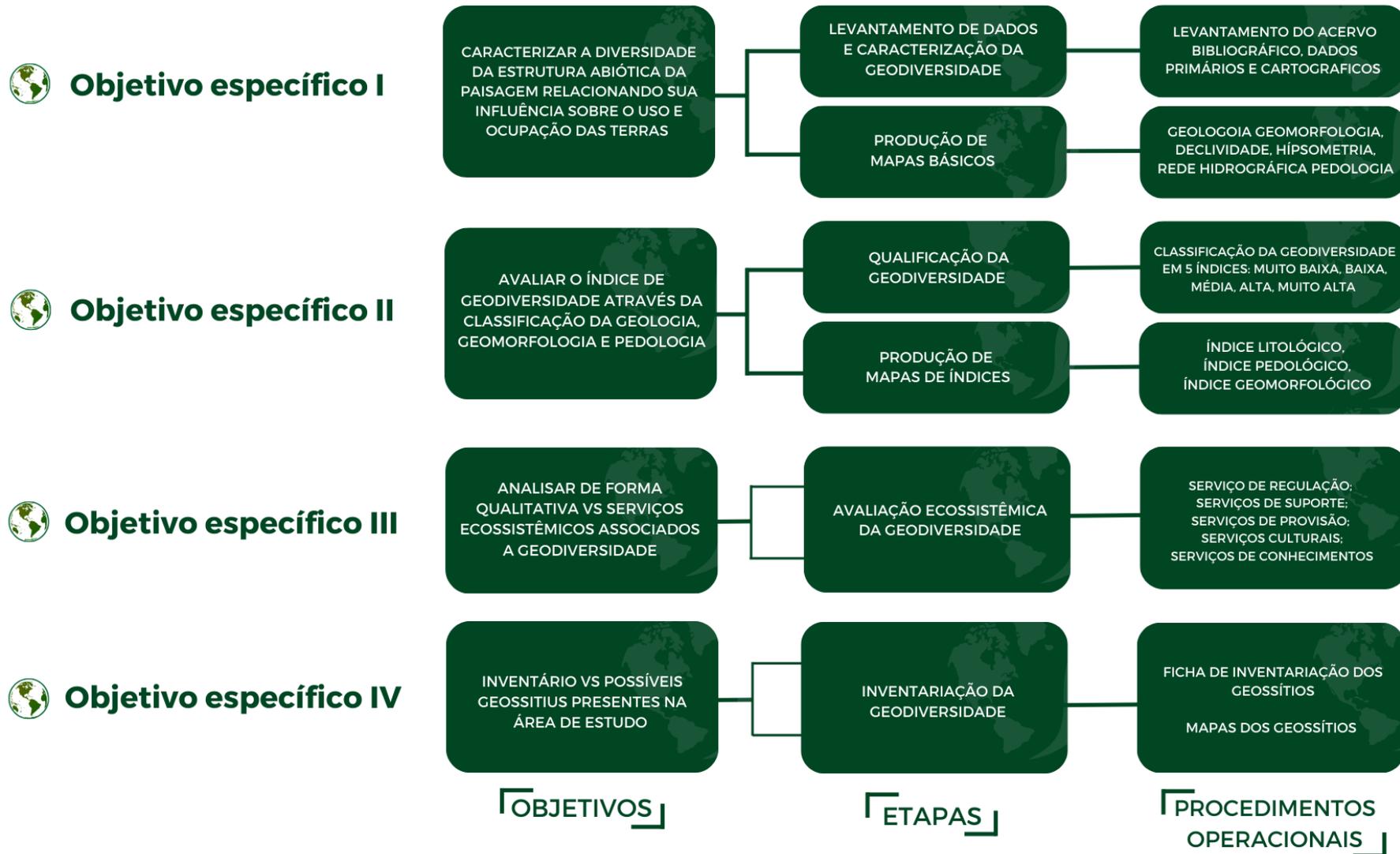
A escolha pela combinação das abordagens reflete-se na complexidade do objeto de estudo e na necessidade de expressar a realidade da organização espacial, a partir das relações econômicas, sociais, culturais e da paisagem natural, com ênfase nos seus componentes abióticos, que formam a geodiversidade. Assim, foi possível correlacionar dados quantitativos da área, disponibilizados por instituições oficiais, com os dados qualitativos empíricos, campo e teoria, na busca de alcançar os objetivos propostos.

A abordagem quali-quantitativa esteve atrelada a adaptação de diferentes metodologias que são direcionadas a identificação, inventariação, quantificação e valoração da geodiversidade, de acordo com as especificidades e realidade da área de estudo.

Para instrumentalizar a proposta da tese foi estabelecido um roteiro metodológico com as etapas ilustradas a seguir. Apresentam-se distintos procedimentos metodológicos e operacionais: Levantamento de Dados e Caracterização da Geodiversidade; Produção de Mapas Básicos; Quantificação da geodiversidade; Produção dos Mapas Índices; Avaliação Ecosistêmica da Geodiversidade e Avaliação Ecosistêmica da Geodiversidade;

Em síntese, na Figura 2.1, estabelecem-se as etapas vinculadas aos procedimentos, em inteira relação aos objetivos propostos, articulando teorias e práticas investigativas, como resultado de observações e reflexões no desenrolar da pesquisa, testando, confirmando ou refutando hipóteses.

Figura 2.1. Etapas do desenvolvimento da pesquisa



Elaboração: Santana, 2023.

## **2.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico**

No levantamento do acervo bibliográfico foram priorizadas obras pertinentes a geodiversidade, bem como trabalhos que apresentem informações sobre as características naturais e sociais da área de estudo, o que possibilitou a compreensão e construção do contexto regional dos componentes da paisagem como geologia, geomorfologia, climatologia, pedologia, hidrologia, além do contexto histórico e cultural associados à geodiversidade.

Além da investigação bibliográfica, foram levantadas informações e dados cartográficos no intuito de subsidiar a produção cartográfica passíveis de representar os componentes da geodiversidade, faz-se necessário informar que, uma das maiores dificuldades da base cartográfica foi a ausência de mapas com escalas similares.

Informações e dados secundárias sobre o território sergipano e área de estudo foram adquiridas em instituições do governo como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Serviço Geológico do Brasil (CPRM); Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA); Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM); Agência Nacional de Águas (ANA); Secretaria de Recursos Hídricos (SRH); Centro de Meteorologia do Estado de Sergipe (CEMESE); Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO); Empresa do Desenvolvimento Agrário (EMDAGRO/SE); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Tabuleiros Costeiros (EMBRAPA/SE) e Instituto Nacional de Meteorologia (INPE), todos os dados foram obtidos pelo site dos respectivos órgãos.

As informações e mapeamentos obtidos por fontes secundárias passaram por processo de validação por meio de trabalhos de campo. A etapa foi fundamental no processo de caracterização, inventariação, qualificação e quantificação da geodiversidade. No total foram realizados 12 dias de campo abrangendo a área de estudo.

## **2.2. Produção de Mapas Básicos**

Para a produção cartográfica foi utilizado como base, mapeamentos e bancos de dados disponibilizados por órgãos Federais e Estaduais. Em razão da incompatibilidade das escalas dos documentos, os elementos da paisagem foram representados em escalas de análise diferentes (Quadro 2.1).

**Quadro 2.1.** Bases cartográficas utilizadas

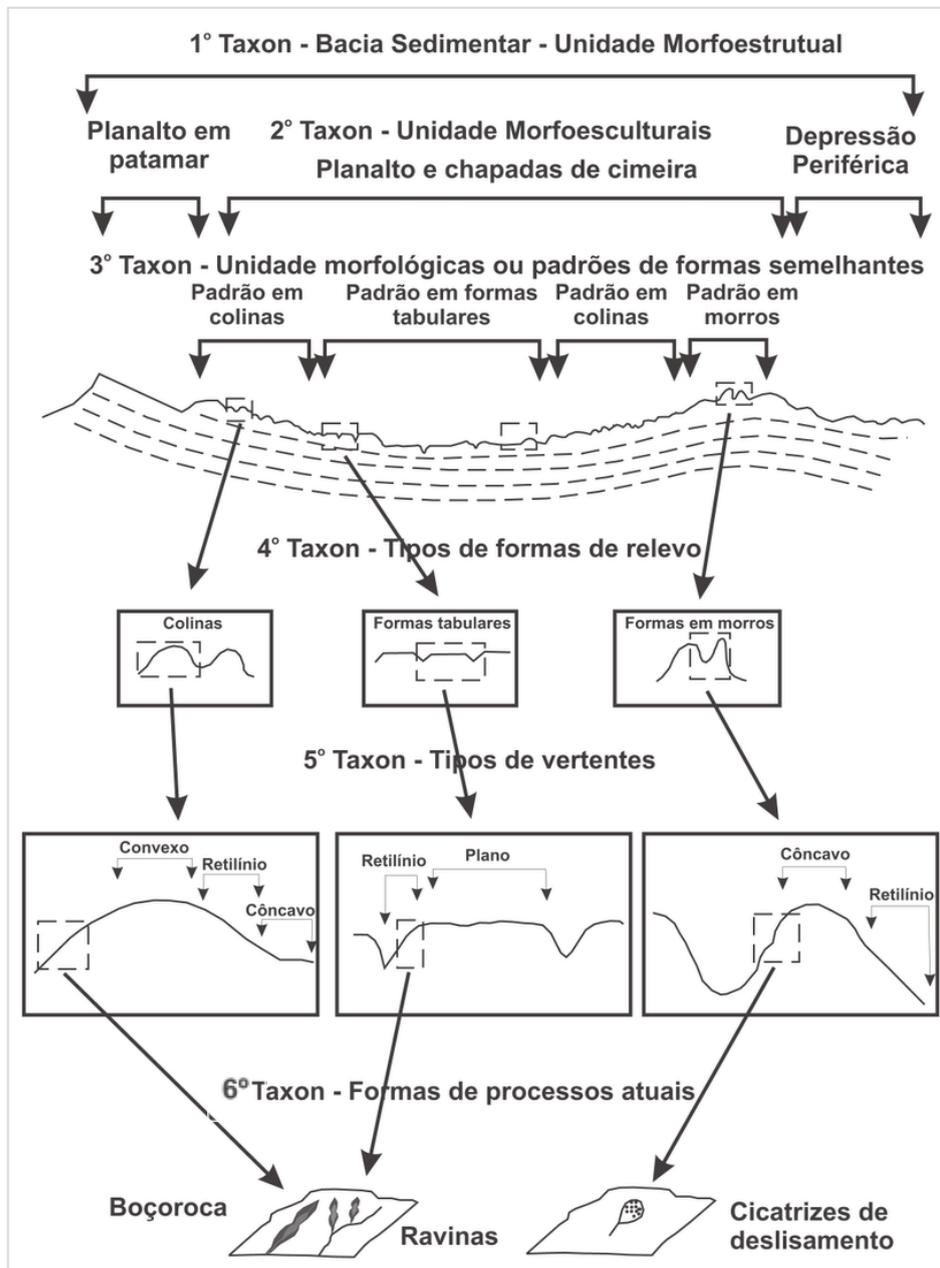
<b>Produto</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala</b>
Mapa de Geologia e Recursos Minerais do estado de Sergipe	Santos et al (1997)	1:250.000
Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil - Pedologia do Estado de Sergipe	Banco de Informações Ambientais (BDIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	1:250.000
Base cartográfica do Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe (2022)	Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA) de Sergipe	1:250.000
Cartas topográfica do IBGE, folha SC.24-Z-C III Boquim	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	1:50.000
Mapeamento de reconhecimento de solos da região dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea do Estado de Sergipe	EMBRAPA (1999)	1:100.000
Mapa exploratório de solos, Geológico e Geomorfológico	Projeto RADAMBRASIL (1983)	1:1.000.000
Mapa de solos: Folhas Simão Dias (SC. 24-Z-A-VI); Estância ( SC.24 - Z - D- I) e Boquim (SC. 24 - Z - C - III)	Araújo Filho; Nogueira Barreto (1991)	1:100.000
Mapa de Geodiversidade do Estado de Sergipe	CPRM (2010)	1:300.000

Fonte: Santana, 2023.

Algumas informações foram ajustadas de acordo com a interpretação baseada nos trabalhos de campo e com o auxílio de imagens de satélite. Quanto à representação cartográfica foi escolhida as escalas 1:500.000 e 1:300.00, considerando a apresentação dos mapas na publicação do estudo.

Para a produção do mapa das unidades de paisagem foi escolhida a geomorfologia como componente referência. Neste sentido, o mapeamento seguiu o esquema hierárquico da compartimentação taxonômica do relevo de Ross (1992) (Figura 2.2).

**Figura 2.2.** Proposta taxonômica de compartimentação do relevo



Fonte: Ross (1992). Modificado por Santana, 2023.

No 1º e no 2º táxon referente às Unidades Morfoestruturais e as Unidades Morfoesculturais, respectivamente, foram empregadas as informações contidas no mapa geomorfológico do RADAMBRASIL (1983) e a carta topográfica do IBGE (1971).

O 3º táxon, referente às Unidades Morfológicas ou Padrões de Formas Semelhantes, e o 4º táxon relativo aos tipos de forma de relevo foram interpretados a partir das imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE) ALOS/PALSAR, com resolução espacial de 12.5 metros (Quadro 2.2), obtidas pela plataforma *Alaska Satellite Facility (ASF)*. Os tipos de formas de

relevo foram utilizadas na definição das subunidades de paisagem. O 5º e o 6º táxon foram tratados de forma textual conforme observações realizadas durante os trabalhos de campo.

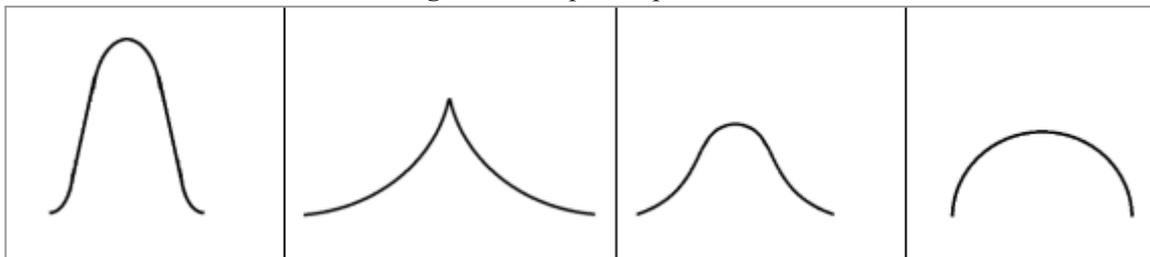
**Quadro 2.2** Imagens de satélite utilizadas no mapeamento geomorfológico

Sensor	Código	Data de Aquisição
ALOS/PALSAR	AP_09568_FBS_F6960_RT1	08/02/2023
ALOS/PALSAR	AP_27262_FBS_F6960_RT1	08/02/2023
ALOS/PALSAR	AP_27262_FBS_F6950_RT1	08/02/2023
ALOS/PALSAR	AP_09568_FBS_F6960_RT1	08/02/2023

Elaboração: Santana, 2023.

Para interpretação do 5º táxon foi considerada a proposta dos tipos de encostas de Soares e Fiori (1976), que consiste na definição da forma na sua totalidade, não apenas dos segmentos que compõem as morfologias (Figura 2.3).

**Figura 2.3.** Tipos de perfis de encostas



Fonte: Soares e Fiori (1976).

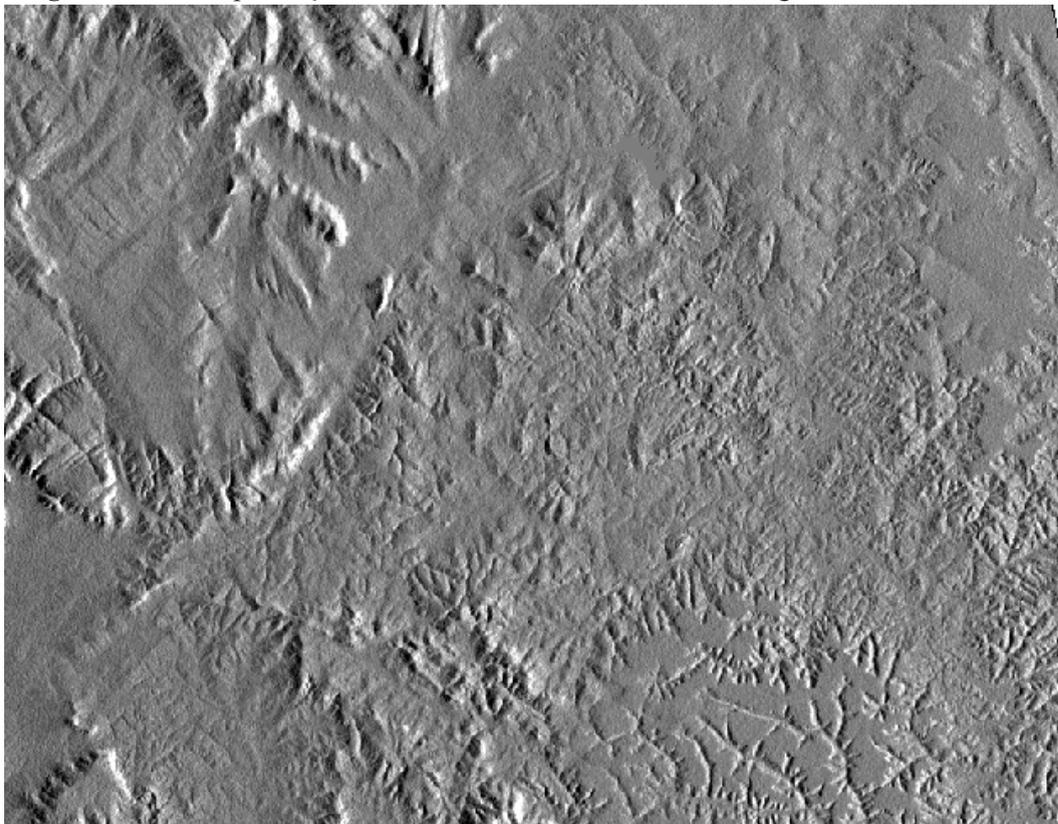
No processamento, foi produzida uma representação de relevo sombreado com o auxílio do ArcGis. O satélite ALOS/PALSAR foi lançado pela empresa Japan Aerospace Exploration Agency em janeiro de 2006. Esse satélite é um radar ativo de micro-ondas que fornece dados utilizados na geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE). O satélite oferece imagens de alta e média resolução, sendo PRISM de 2,5 m pancromático e AVNIR-2 de 10 m colorido, além de oferecer imagens Radar. Efetivando interpretação, constatou-se uma boa resolução das imagens, decorrente do sensor imageador ativo de alta frequência, constituído por micro-ondas, que não recebe interferências de nuvens, do dossel vegetal e

independe de iluminação natural ou de emissão própria do alvo, resultando em dados mais reais em relação à topografia.

Para a definição das unidades a interpretação se pautou nas formas dominantes e por semelhanças observadas no MDE, através da textura (rugosidade) e sombreamento (Figura 2.4). As nomenclaturas estabelecidas para as unidades representam as formas como predomínio de ocorrência em determinada área. O mapeamento foi realizado na escala de 1:50.000. No auxílio do mapeamento foram considerados os aspectos da topografia, declividade e distribuição dos canais de drenagem.

O mapa hipsométrico resultou da extração dos valores de equidistância da altitude com intervalo de dez metros entre as cotas altimétricas, através da ferramenta *Create Tin* do ArcMap 10.8, utilizando o Modelo Digital de Elevação Alos Palsar.

**Figura 2.4.** Exemplificação do relevo sombreado na bacia hidrográfica do rio Piauí/SE.



Fonte: Satélite ALOS/PALSAR, 2023.

Para o mapa de declividade foi aplicada a classificação do relevo proposta pela EMBRAPA (1979), que utiliza os seguintes parâmetros:

- Plano - declividade variável menor ou igual a 3%
- Suave ondulado - declividade maior que 3% e menor ou igual a 8%.

- Ondulado – declividade maior que 8% e menor ou igual a 20%.
- Forte ondulado - declividade maior que 20% e menor ou igual a 45%.
- Montanhoso – declividade maior que 45% e menor ou igual a 75%.
- Escarpado - declividade maior que 75%.

O processo de obtenção da declividade ocorreu através das curvas de nível com equidistância de 10 metros extraídas do MDE através de aplicação das ferramentas *Spatial Analyst Tools – Surface – Slope* do ArcMap 10.8. Com a definição das classes de declividade o cálculo foi estabelecido em porcentagem para atender a opção metodológica.

Quanto ao mapa geológico que contém as unidades geológicas e seus principais tipos de rocha, falhas estruturais e recursos minerais, foi confeccionado a partir do Mapa de Geologia e Recursos Minerais de Sergipe (Santos et al, 1997), que foi digitalizado utilizando a ferramenta *Fixed Scale* do ArcMap 10.8. O objetivo da construção do mapa é ilustrar a diversidade dos elementos geológicos dos domínios estruturais que compõem a BHRP.

Para a produção do mapa hidrográfico foram agrupadas quatro etapas, que consistiram na aplicação da ferramenta *Spatial Analyst – Hydrology* no MDE. Na primeira etapa fez-se o preenchimento de depressões a partir do *fill sinks*, seguido da aquisição da direção do fluxo a partir da ferramenta *flow direction* e o fluxo acumulado com a ferramenta *flow accumulation*. Com a ferramenta *Map Algebra – Raster Calculator* foi possível estabelecer um limiar para descobrir quantos pixels adjacentes devem formar os rios. Para criar a rede de drenagem foram escolhidos 500 pixels. Para conversão da drenagem em shape de linhas utilizou-se a função *Stream to Feature* do *Spatial Analyst*.

Por fim, foi produzido o mapa pedológico com base na cobertura disponibilizada pelo IBGE referente ao Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil (MRN) na escala de 1:250.000.

### **2.3 Quantificação da geodiversidade**

Estudos relativos à quantificação, na sua maioria, são dedicados à identificação de áreas prioritárias para a Geoconservação ou que tenham potencial para o geoturismo. Como a BHRP não dispõe de pesquisas no âmbito da geodiversidade, esta etapa do trabalho permitiu reconhecer quantitativamente a distribuição e agrupamento dos elementos abióticos, ou seja, suas áreas mais geodiversas, na tentativa de poder identificar locais de interesse.

Para quantificação proposta foi realizada a soma dos índices da geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia. O resultado destes índices foram cruzados para obtenção do índice geral da geodiversidade (Quadro 2.3).

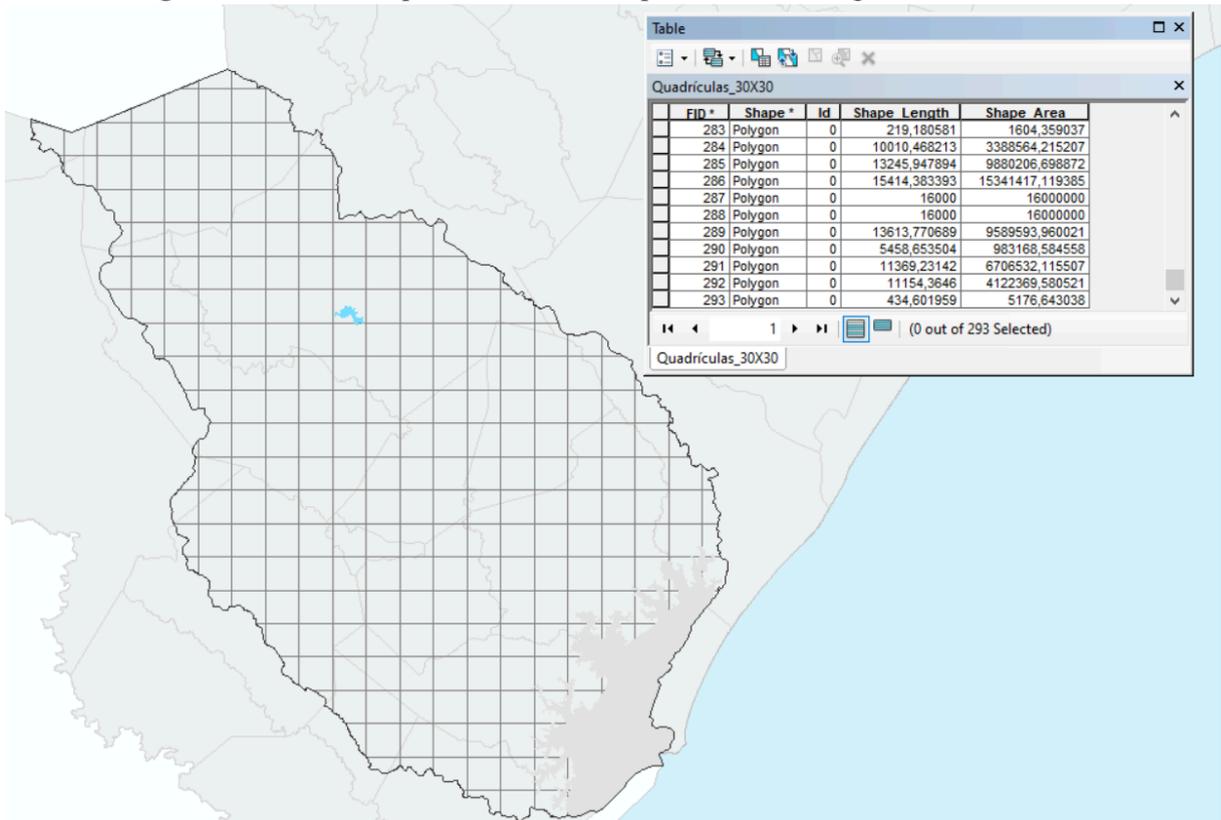
Como referência metodológica adotou-se as contribuições de Pereira et al. (2013), quanto à definição das células amostrais representadas por quadrículas de contagem 16 por 16 Km<sup>2</sup> num total de 293, abrangendo as regiões referentes ao alto e médio curso da bacia. Para se alcançar esse valor foram feitos vários testes com outras medidas, no entanto, esse foi o único valor de melhor representação considerando as escalas de mapeamento (Figura 2.5).

**Quadro 2.3.** Descrição das variáveis selecionadas

Variável	Unidades	Forma
Geologia	Unidades Litológicas	Polígono
Geomorfologia	Unidades Morfológicas	Polígono
Hidrografia	Densidade de Drenagem	Linha
Pedologia	Unidades Pedológicas	Polígono

Elaboração: Santana, 2023.

**Figura 2.5.** Malha de quadrículas definida para a bacia hidrográfica do rio Piauí.

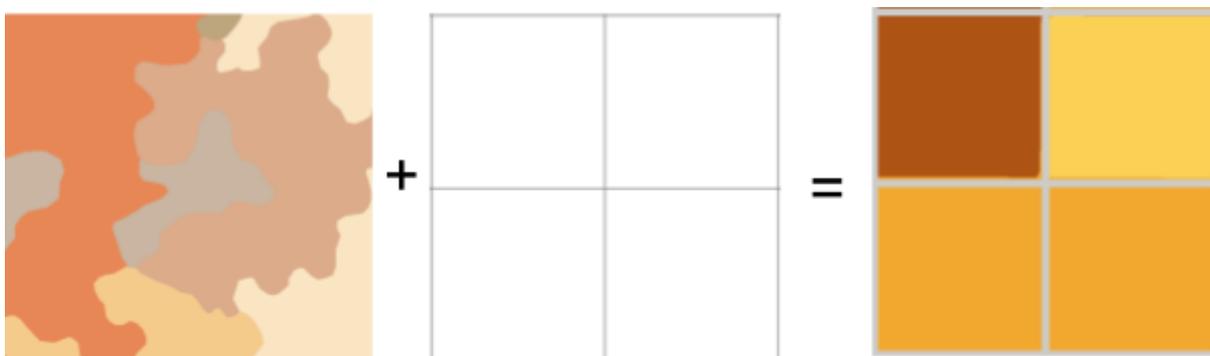


Elaboração: Santana, 2023.

Para cálculo dos índices individuais foram aplicadas as seguintes informações vetoriais: as unidades litológicas apresentadas no mapa geológico na escala de 1:250.00; as unidades de paisagem representado a geomorfologia na escala de 1:50.00; as unidades pedológicas para os solos na escala de 1:250.000 e a densidade de drenagem para o índice hidrográfico.

Os *shapes* foram transformados em *raster* e em seguida empregou-se a ferramenta *Zonal Statistics*, que permite a contagem dos valores do raster de entrada a partir das suas zonas, que neste caso foi o shape das quadrículas. Neste ferramenta, a opção escolhida foi a *variety*, onde o número de valores exclusivos em cada zona é atribuído a todas as células dessa zona (Figura 2.6).

**Figura 2.6.** Representação da contagem da variedade da pedologia por quadrícula



Elaboração: Santana, 2023.

Para análise do índice hidrográfico foi necessário aplicar a ferramenta *Kernel Density* no shape da rede de drenagem. O procedimento possibilitou associar a quantidade de vetores por área a partir de um raio de alcance definido pela própria ferramenta, que determinou as áreas de maior ou menor densidade. Em seguida utilizou-se a ferramenta *Zonal Statistics*. Os trabalhos dedicados aos índices hidrográficos tendem a priorizar a hierarquização dos canais de drenagem, onde as áreas com canais de maior ordem apresentam os maiores índices. No entanto, neste estudo optou-se pela densidade de drenagem em razão da importância dos recursos hídricos independente das suas características de perenidade e temporalidade.

Os índices gerados foram reclassificados através da ferramenta em cinco classes, variando em 1 - Muito Baixa, 2 - Baixa, 3 - Média, 4 - Alta e 5- Muito Alta diversidade, através da ferramenta *Spatial Analyst Tools - Reclassify* do ArcGis 10.8.

Por fim, a sobreposição dos resultados foram somados com a ferramenta *Raster Calculator* na *Spatial Analyst Tools*. O procedimento seguiu a equação (1): Onde: IG = Índice de Geodiversidade; Ug = Unidades geológicas; Up = Unidades de paisagem; Up = Unidade pedológica; Cd = classes de densidade de drenagem.

$$\text{Equação (1): } IG = Ug + Up + Up + Cd$$

## 2.4 Avaliação Ecosistêmica da Geodiversidade

Para análise dos serviços ecossistêmicos foram adotados parâmetros propostos por Gray (2013), que os classifica em serviços de regulação, referentes aos processos de controle

natural das características ambientais, sejam eles processos atmosféricos e oceânicos, processos terrestres, controle de inundação e de qualidade da água; em serviço de suporte que diz respeito à disponibilidade dos recursos naturais para o desenvolvimento das atividades antrópicas, que apresentem dependência direta dos solos e rochas; em serviço de provisão associado à disponibilidade de bens materiais da geodiversidade para as sociedades humanas; em serviços culturais os quais a sociedade estabelece algum tipo de relação com os elementos da geodiversidade e em serviços de conhecimento relacionados com a utilização da natureza abiótica para exploração científica e/ou educacional.

Os serviços ecossistêmicos da BHRP foram identificados a partir da integração das características da paisagem e os aspectos de uso e ocupação das terras. A análise dos serviços restringiu aqueles que foram possíveis de utilizar dados secundários e primários que pudessem constatar a sua ocorrência (Quadro 2.4).

**Quadro 2.4.** Geodiversidade e respectivos serviços ecossistêmicos

CATEGORIAS DE VALOR	BENS E PROCESSOS	SERVIÇOS
VALOR FUNCIONAL	Quantidade e qualidade da água	<b>Serviço de regulação</b>
VALOR FUNCIONAL	Plataforma	<b>Serviço de suporte</b>
	<i>Habitat</i>	
	Processos do solo	
VALOR ECONÔMICO	Materiais de construção	<b>Serviço de provisão</b>
	Minerais industriais	
	Recursos hídricos	
VALOR CIENTÍFICO E EDUCATIVO	Produção Científica	<b>Serviço de conhecimento</b>

Fonte: Adaptado de Gray (2013).

## 2.5 Inventariação e Valorização dos Geossítios

Por inventariação entende-se, etapa que possibilita a identificação e caracterização dos aspectos, que compõem a geodiversidade, pautado em averiguar e levantar o máximo de

informações e dados que possam ser utilizados para quantificação, classificação, valoração e proteção do meio abiótico da paisagem. “Os inventários fornecem informações sobre as características geológicas de uma área, sobre sua diversidade e, portanto, sobre o valor de um território no sentido geológico. Por isso são úteis para o planejamento territorial.” (Carcavilla et al, p. 61, 2007).

Durante o desenvolvimento das etapas anteriores foi possível identificar áreas representativas da geodiversidade, que foram definidas como geossítios. O estabelecimento dessas áreas se pautou nas temáticas relacionadas a geomorfologia (serras), espeleologia (cavernas) e hidrografia (nascentes) associada a sua relevância educativa, científica, turística e cultural, valores que foram priorizados nas análises. A partir do levantamento prévio, as áreas de interesse foram visitadas nos trabalhos de campo e assim, realizada a sua inventariação.

Geralmente os estudos utilizam referências bibliográficas na identificação dos geossítios. No entanto, a área de estudo não apresenta pesquisa conforme levantamento prévio. Contudo, existem diversos artigos científicos relacionados aos aspectos geológicos, mapas, cartas topográficas e imagens de satélites que puderam auxiliar na identificação dos locais de interesse.

Uma outra ferramenta adotada foram as redes sociais, principalmente na identificação dos locais com valor turístico e cultural. As pesquisas nessas plataformas foram direcionadas pelas palavras-chave: Serras e Trilhas, seguidas dos nomes dos municípios que compõem a bacia. Os resultados obtidos foram bem significativos e contribuíram na estruturação do processo de inventariação.

O inventário realizado neste estudo, de carácter qualitativo, considerou os elementos da geodiversidade da bacia hidrográfica, que foi executado com trabalhos de campos e pelo preenchimento das fichas de inventariação de geossítios. A ficha resultou de adaptações de Brilha (2005) e Pereira (2006) e contempla: Identificação do Geossítio; Enquadramento geológico-geomorfológico; Interesse de conteúdo; Valores da geodiversidade e Povoações usos atuais. (Figura 2.6).

Os valores da geodiversidade foram definidos de acordo com as ponderações de Pereira (2010), que atribuiu aos geossítios os valores intrínsecos, científico, turístico, de uso/gestão considerando sua quantificação.

Em função da subjetividade que envolve a definição de valores para geodiversidade, neste estudo foram adotados pesos (nulo, muito baixo, baixo, médio, elevado e muito elevado) para os valores Científico, Educacional, Cultural, Estético e Turístico dos geossítios a partir da atribuição de características referente a cada um deles (Quadro 2.5).

Para o valor Científico os pesos foram descritos considerando a sua relevância para ciência, variando entre não possuir elementos relevantes de natureza científica até citado em mais de uma tese acadêmica e capítulo de livro ou artigos de revistas científicas. O valor Educacional distinguiu a avaliação do geossítio quanto a sua contribuição no contexto da aprendizagem, do ensino básico à pós-graduação.

O valor Cultural se pautou no estabelecimento de geossítios sem qualquer relevância histórica ou cultural até a sua utilização para fins religiosos, toponímias ou realização de eventos culturais. O valor Estético foi delineado pela relevância visual e de contemplação do geossítio e o valor Turístico considerou o contexto de visitas e infraestrutura local.

A escolha dos parâmetros priorizou os dados secundários e primários obtidos para cada geossítio, tratando-se de uma avaliação subjetiva que pode ser revista a depender de quem esteja realizando a análise.

Durante os campos, no processo de inventário, fez-se uso GPS Portátil Garmin eTrex 10 Amarelo, para marcação de coordenadas dos geossítios em formato UTM com datum de referência o South American SIRGAS 2000. Para localização dos geossítios foi realizada a marcação prévia dos pontos e transferidos para o GPS. Todos os geossítios foram fotografados de diferentes formas para melhor visualização dos seus atributos físicos. Nos trabalhos de campo foram realizadas também conversas informais com pessoas que residem nas imediações dos geossítios ou que costumam frequentá-los.

**Quadro 2.5.** Quadro com os pesos e valores associados a geodiversidade da BHRP

<b>PESOS VALORES</b>	<b>NULO</b>	<b>MUITO BAIXO</b>	<b>BAIXO</b>	<b>MÉDIO</b>	<b>ELEVADO</b>	<b>MUITO ELEVADO</b>
<b>Científico</b>	Não possui elementos relevante de natureza científica	Possui um elemento relevante de natureza científica	Possui mais de um elemento relevante de natureza científica	Citado em publicações locais	Citado em uma tese ou dissertação e outro tipo de publicação técnico científica	Citado em mais de uma tese acadêmica e capítulo de livro ou artigos de revistas científicas
<b>Educacional</b>	Não possui aplicação didática	Apenas um elemento de interesse (geologia, geomorfologia, recursos hídricos ou pedologia)	Dois tipos de interesses ou áreas de estudos	Aplicação didática por mais de dois elementos da paisagem associado à aspectos culturais e históricos	Uso mais direcionado para público especializado (graduação e pós-graduação). Devido a especificidade do local visitado.	Passível de ser utilizado para/ fins de aplicação didática por públicos de qualquer nível, desde leigos até especialistas
<b>Cultural</b>	Sem qualquer relação histórico e cultural	Vínculo indireto com elementos culturais	–	–	Estreita relação do geossítio com elementos culturais e histórico	Utilização para fins religiosos, toponímias ou realização de eventos culturais
<b>Estético</b>	Sem relevância estética	A estética não configura elemento de interesse	Estética pontual	Contemplação de um elemento do paisagem	Contemplação à distância e de pelo menos um elemento da geodiversidade	Contemplação de mais de um elemento da geodiversidade
<b>Turístico</b>	O local não é passível de ser visitado	Não existe interesse turístico	Local recebe apenas visitantes locais	O local é visitado mas não com interesse na geodiversidade	Recebe visitas com interesse na geodiversidade	Recebe visitas com interesse na geodiversidade e aspectos culturais e possui boa infraestrutura.

Fonte: Adaptado de Pereira (2010).

**Figura 2.7.** Ficha de Inventariação dos Geossítios da bacia hidrográfica do rio Piauí

Ficha de Inventariação						
<b>Geossítio</b>						
<b>Cidade/UF</b>						
<b>Coordenadas geográficas</b>						
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input type="checkbox"/> Mirante <input type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa					
Enquadramento geológico-geomorfológico geral						
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico	<input type="checkbox"/> Cristalina	<input type="checkbox"/> Metamórfico	<input type="checkbox"/> sedimentar		
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input type="checkbox"/> Cárstico	<input type="checkbox"/> Glaciário	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> outro		
	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Periglaciário	<input type="checkbox"/> Tectônico			
	<input type="checkbox"/> Granítico	<input type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Vertente			
Interesse por conteúdo						
<input type="checkbox"/> Geomorfologia	<input type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input type="checkbox"/> Hidrológico			
<input type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input type="checkbox"/> Cultural			
<input type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro				
Valores da Geodiversidade						
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso						
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input type="checkbox"/> difícil	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> fácil	<input type="checkbox"/> muito fácil	
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input type="checkbox"/> muito boa	
<b>Vulnerabilidade e à deterioração</b>	<input type="checkbox"/> fraca		<input type="checkbox"/> moderada		<input type="checkbox"/> avançada	
Povoações						

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).



**APORTE TEÓRICO-CONCEITUAL**  
Seção III

### **3 APORTE TEÓRICO-CONCEITUAL**

Nesta seção, prioriza-se a discussão sobre os princípios e conceituações que sustentam a Geodiversidade, a partir da ótica da tese apresentada e seu caráter geográfico. Buscou-se fundamentar a Geodiversidade enquanto vertente da Geociências, tratando da sua origem e conceitos como Geossítios, Geoconservação, Patrimônio Geológico-Geomorfológico e os Serviços Ecossistêmicos, que são os pilares da sua identidade na ciência. Para contextualizar espacial foi discutido o panorama da geodiversidade no Brasil e no estado de Sergipe.

Quanto às categorias de análise foram retratadas a paisagem e território, que sustentam o aspecto geográfico da pesquisa. A paisagem como representação da integração dos componentes abióticos, bióticos e humanos, numa perspectiva de processos, dinâmica e alteração. Considera-se a paisagem “como sendo uma unidade visível do território, que possui identidade visual, caracterizada por fatores de ordem social, cultural e natural, contendo espaços e tempos distintos; o passado e o presente”. (PCNs, 1997, p. 11).

O território foi abordado a partir da concepção de Ordenamento Territorial, na interface ambiental como o Planejamento Ambiental. Além disso, o território se manifesta através da bacia hidrográfica como unidade de estudo, por se tratar de uma unidade delimitada que possui processos próprios e que possuem uma dinâmica territorial.

#### **3.1 Bases e origens conceituais da Geodiversidade**

O conceito de geodiversidade ressurge na década de 1990 na Geociências, para a aplicabilidade de instrumentos de gestão que pudessem contemplar os elementos abióticos dos ecossistemas, agregando à toda produção científica e legal que já existia para a biodiversidade. Ressalta-se que o termo foi utilizado pela primeira vez nos anos 40 do século XX, como conceito de diferenciação de áreas da superfície terrestre através das suas diversidades paisagísticas e culturais adotados pela Geografia Cultural (Serrano Cañadas e Ruiz Flaño, 2007). A geodiversidade avança no espaço-tempo abrangendo a variedade que configura as paisagens com novas concepções teóricas e metodológicas.

Mesmo tratando-se de uma abordagem recente, as conceituações inerentes à geodiversidade são diversas e semelhantes, geralmente os autores tendem a priorizar componentes abióticos específicos nas suas discussões. Na sua gênese, a geodiversidade elege a geologia (diversidade geológica) como norteador do seu desdobramento científico, sendo enfatizado nos estudos a relevância dos aspectos geológicos na existência e manutenção da

fauna e flora, como base das atividades humanas e registro dos eventos que guardam a história na Terra.

Com o avanço da aplicação foram surgindo conceituações que englobam uma perspectiva integradora, Serrano Cañadas e Ruiz Flaño (2007) definiram a geodiversidade como a variabilidade da natureza abiótica representada pelos elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos e os processos físicos que se manifestam na superfície terrestre, nos mares e nos oceanos, associados a eventos naturais – endógenos e exógenos – e, a ação antrópica. Esta conceituação se caracteriza como uma proposta escalar em razão do seu caráter espacial.

Semelhantes a estes, Owen et al. (2005) defendem a Geodiversidade como sendo a variação natural (diversidade) da geologia (rochas minerais, fósseis, estruturas), geomorfologia (formas e processos) e solos. A complexidade dos ambientes geológicos, fenômenos e processos tornam as rochas, minerais, fósseis e solos o substrato para a vida, decorrendo de suas relações, propriedades, interpretações e sistemas que se inter-relacionam com a paisagem, pessoas e culturas.

Com a mesma abordagem, Brilha (2005) expõe que a geodiversidade envolve apenas os aspectos não vivos da paisagem, que são testemunhos resultantes do passado geológico (minerais, rochas, fósseis), como também representa processos naturais que originam novos testemunhos. E que, a biodiversidade é condicionada pela geodiversidade, pois as condições de subsistência dos diferentes organismos dependem da organização dos elementos abióticos.

Nesta última definição tem-se a inserção da biodiversidade ancorada na geodiversidade, especialmente pelo estabelecimento da dependência de processos que ocorrem entre elas, para suas existências e manutenção, enquanto elementos ou como sistemas, quando interligadas. Ambas as definições dialogam de forma similar quanto a definição da geodiversidade, nota-se que algumas inserem componentes em maior quantidade em relação a outras, dilatando o campo de investigação. Outras, evidenciam a relação com as atividades antrópicas e a biodiversidade. Silva (2008, p. 12) apresenta a seguinte reflexão

A biodiversidade está assentada sobre a geodiversidade e, por conseguinte, é dependente direta desta, pois as rochas, quando intemperizadas, juntamente com o relevo e clima, contribuem para a formação dos solos, disponibilizando, assim, nutrientes e micronutrientes, os quais são absorvidos pelas plantas, sustentando e desenvolvendo a vida no planeta Terra.

O estabelecimento da geodiversidade como novo enfoque para as Geociências se materializa na valorização dos elementos abióticos da paisagem e na urgência em integrá-los às políticas de conservação e preservação, assim como ocorre para a biodiversidade.

Gray (2006) justifica a necessidade em tratar a geodiversidade e biodiversidade com o mesmo interesse, elencando suas similaridades, sobretudo os fatores antrópicos que ameaçam sua integridade e conseqüentemente os processos que regulam a manutenção de espécies da flora e fauna, como os aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos que possibilitam sua existência.

As contribuições de Gonçalves et al., (2001) demonstram de forma ilustrativa que a geodiversidade condiciona a subsistência da biodiversidade, evidenciando a relação dos solos com a flora, por exemplo. Brilha 2005, p.25 [...] “os solos, cuja a formação está intimamente relacionada com a alteração da rocha e com a presença de matéria orgânica, estabelecem uma ponte ideal entre geo e biodiversidade.” Assim, como os solos, a litologia e as características morfológicas prestam serviços de regulação para os componentes bióticos dos sistemas ambientais.

Neste viés de conexão destacam-se também, as abordagens da geodiversidade associadas às ações e relações antrópicas. Meira (2016) distingue duas linhas de pensamento para a geodiversidade, uma pautada apenas na diversidade geológica das áreas de interesse. E outra que, considera de forma mais complexa a composição abiótica da paisagem, seus processos e as interferências antrópicas.

Assim, o conceito de geodiversidade adotado nesse estudo refere-se ao definido por Kozłowski (2004), um ambiente físico de origem natural ou antrópica, vinculado à biodiversidade através de processos complexos. Para ele, a geodiversidade é “a variedade natural da superfície terrestre, incluindo os aspectos geológicos, geomorfológicos, solos, águas superficiais, bem como outros sistemas criados como resultados dos processos naturais endógenos e exógenos e a atividade humana” (Kozłowski, 2004, p.7). Esta escolha justifica-se pela relação que o autor estabelece entre os sistemas naturais, seus processos e a ação humana.

Com base nestas análises depreende-se que, a geodiversidade se materializa como uma vertente para análise da paisagem, constituída de conceitos fundamentais como geossítio, patrimônio geológico-geomorfológico, geoconservação e serviços ecossistêmicos, conceitos que lhe atribuem identidade científica e social.

Para Galopim de Carvalho (1999) geossítio é um local com características geológicas de valor singular, abrangendo os níveis científico, pedagógico, cultural ou mesmo turístico. O

conjunto dos locais de interesse geológico (LIG) de uma determinada região, depois de inventariado e caracterizado (geossítio) formam o patrimônio geológico, justificado por representar o testemunho de processos que atuaram no passado e deram formas às paisagens atuais e que devem ser conservados.

A adoção do termo geossítio, justifica-se pelo fato da temática se iniciar na ciência geológica, que conduz suas conceituações para a estrutura litológica. Com o avanço da Geodiversidade, essa designação incorpora outros elementos da natureza abiótica como os solos, relevos e recursos hídricos.

Brilha (2005, p. 52), por exemplo, compreende que os geossítios somam um ou mais elementos da geodiversidade “(...), bem delimitados geograficamente e que apresentem valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico, ou outro”, podendo apresentar um ou mais elementos de interesse – estrutural, paleontológico, mineralógico, geomorfológico e estratigráfico. O conjunto de geossítios inventariados e caracterizados numa determinada área compõem o patrimônio geológico, que representa todos os elementos significativos da geodiversidade, podendo ser dividido em patrimônio geomorfológico, paleontológico e hidrológico.

Ambas as conceituações são permeadas pela concepção de valor que é utilizada para fundamentar a necessidade de conservação da geodiversidade, assim como se tem adotado para a biodiversidade. Os valores atribuídos estão imbricados nas atividades humanas, seja ela científica, turística e educativa. Meira et al. (2016, p.135) também defendem esta perspectiva, afirmando:

O uso da palavra ‘patrimônio’ compreende uma estratégia de atração de novos pesquisadores de diferentes campos da Ciência e, principalmente, da população em geral. Geossítios de caráter educativo, cultural e turísticos são importantes para a divulgação de conceitos relativos às Ciências da Terra. Atividades de educação ambiental e estratégias de geoconservação têm na lógica de pertencimento exposta pelo conceito de ‘patrimônio’ um elo de aproximação e interesse.

Em 2016, Brilha, publicou uma nova classificação relativa ao seu entendimento sobre geossítio e patrimônio geológico. Para ele a geodiversidade é dividida em dois grandes grupos (i) sítios com valor científico e (ii) sítios com outros valores, ambos *in situ* ou *ex situ*. A perspectiva de patrimônio geológico refere-se aos sítios com relevância científica, ou seja, aqueles com valor menos subjetivo no processo de avaliação, e que são utilizados prioritariamente para a seleção de lugares representativos da história evolutiva da Terra. O patrimônio geológico localizado *in situ* (no campo) é denominado de “geossítio”, enquanto os

localizados *ex situ* (museus, exposições, centros interpretativos, etc.) passaram a ser designados como “elementos do patrimônio geológico”.

O conceito de patrimônio geológico no contexto da geodiversidade está fundado na abordagem do patrimônio natural, estabelecido internacionalmente pela Convenção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural em 1972. No documento oficial da convenção têm-se três grandes grupos – os monumentos naturais, constituídos por formações físicas e biológicas ou por grupos de tais formações com valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico; as formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas, que constituem habitat de espécies animais e vegetais ameaçadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência ou da conservação; os locais de interesse naturais ou zonas naturais estritamente delimitadas, com valor universal excepcional do ponto de vista a ciência, conservação ou beleza natural.

Estas definições concebem o valor estético aplicado em paisagens com beleza extraordinária e exuberância; o valor científico relacionado às áreas com formações ou fenômenos naturais com expressividade para o conhecimento científico e o valor ecológico, vinculado a conservação da biodiversidade, pautada nos sítios de habitat de espécies em risco de extinção ou como possuidoras de processos ecológicos e biológicos fundamentais (Scifoni, 2006). A afinidade com o patrimônio geológico e geomorfológico se evidencia apenas nos critérios do conhecimento científico e beleza. Não obstante, reconhece-se que no critério ecológico o estado de integridade de elementos da biodiversidade requer manter componentes da geodiversidade como pedologia, hidrografia e topografia.

Em um contexto mais amplo, segundo Uceda (1996), o patrimônio geológico pode integrar todas as formações rochosas, estruturais, acumulações sedimentares, formas, paisagens, depósitos minerais ou paleontológicos, colecções de objectos geológicos de valor científico, cultural ou educativo e/ou de interesse paisagístico ou recreativo, bem como elementos de arqueologia industrial pertinentes à instalações para a exploração de recursos do meio.

De modo mais restrito, Silva e Carvalho (1991) exemplificam este patrimônio como qualquer ocorrência de natureza geológica, como um afloramento rochoso, uma pedreira, uma mina abandonada, uma jazida com fósseis, etc., que apresentem valor documental e/ou monumental revelando sua preservação como herança às gerações futuras.

Em estudos recentes, o Patrimônio Geológico se amplia para outros componentes da paisagem, originando Patrimônio Paleontológico, Patrimônio Mineralógico, Patrimônio Geomorfológico, entre outros. Destacando-se como exemplo, os trabalhos Patrimônio

Paleontológico de Viana e Carvalho (2019); Património geomorfológico – de conceito a projecto. O Maciço de Sicó de Vieira e Cunha (2006).

Para Vieira (2006), o património geomorfológico constitui-se por elementos geomorfológicos como formas do relevo e depósitos correlativos, considerados em diferentes escalas e enquadrados em um conjunto de valores (científico, estético, cultural, ecológico e econômico) estabelecidos pela percepção humana. Assim como o património geomorfológico, os elementos com elevado valor patrimonial, são ou deveriam ser objeto de proteção legal e promoção cultural, científico-pedagógica e para atividades de lazer, desporto e turismo. Anteriormente, Rivas et al., (1997) define também que o património geomorfológico como “Sítios de Interesse Geomorfológico”, com relevância das suas características científicas, educacionais e recreativas.

Pereira (2006), citando Grandgirard (1997, 1999b); Panizza; Piacente (1993) destaca que, existem duas perspectivas principais sobre o conceito de local de interesse geomorfológico: uma restrita, referente às geoformas com alto valor científico para o conhecimento da Terra, da Vida e do Clima, e a outra sobre as geoformas possuírem também valores extrínsecos, como ecológico, cultural, estético e econômico.

A perspectiva mais ampla considera os aspectos pelos quais as geoformas devem ser protegidas, bem como aqueles que justificam a sua divulgação. Neste caso, são considerados vários tipos de valor que podem ser atribuídos às geoformas, não apenas os estéticos e científicos, mas também outros relacionados com a própria vivência do homem. Os locais de interesse geomorfológico são vistos como elementos da cultura e potenciadores de actividades ligadas à educação ambiental ou ao geoturismo (PEREIRA, p. 34, 2006).

Em relação a abordagem cultural ocorre uma aproximação entre a Geomorfologia e os elementos culturais, a partir de duas concepções, a Geomorfologia como componente do património cultural de um território e as relações entre alguns componentes culturais (s.s.) de um território e o contexto geomorfológico em que se inserem (Panizza, 2006).

Considerando tais conceitos, entende-se a princípio, que a geodiversidade se constitui como um conjunto de componentes abióticos que integram a paisagem, compondo um sistema que tem estrutura e dinâmica própria. Dentro do cenário da conservação e proteção ambiental estes componentes e os recursos naturais necessitam de classificações e conceituações que permitam a realização de análises consistentes, que permitam a adoção de estratégias de conservação que possam se enquadrar na realidade das diferentes paisagens.

No âmbito da Geoconservação, Sharples (2002) explica que seu intuito é de preservar a diversidade natural (ou geodiversidade) de significativos aspectos e processos geológicos

(substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de solo, pela manutenção da evolução natural desses aspectos e processos.

A Geoconservação, em sentido geral, tem como objetivo a utilização e gestão sustentável da geodiversidade, englobando todo tipo de recursos geológicos. Em sentido restrito, compreende apenas a conservação de determinados elementos da geodiversidade que evidenciem qualquer tipo de valor superlativo, isto é, cujo valor se superpõe à média. Brilha (2005), comungando da ideia de valor expõe que a Geoconservação só deve ser efetivada após um persistente trabalho de definição daquilo que deve ser considerado como Patrimônio Geológico, da sua caracterização e da quantificação do seu interesse, relevância e vulnerabilidade.

Assim, a Geoconservação volta-se para os atributos abióticos dos ecossistemas, contrapondo as vigentes políticas de conservação e preservação da natureza que priorizam a biodiversidade. Ressalta-se que, o interesse em incluir a geodiversidade nas pautas das políticas e ações institucionais que disciplinam o uso dos recursos, apoiadas em legislação e fiscalização, favorece os ambientes naturais de forma integradora.

### **3.2 Geoconservação no Brasil**

No contexto mundial, a geodiversidade entra nas pautas das discussões ambientalistas a partir de 1990, com o objetivo de selecionar sítios para emprego da gestão em torno da geoconservação, no entanto, os componentes bióticos ainda determinavam essa classificação. Neste período os projetos *GILGES*, *GeoSites* e *ProGeo* foram os pioneiros, na prática de geoconservação com estudos sistemáticos da geodiversidade, através da inventariação, classificação, avaliação, valorização que são utilizadas na geoconservação do geopatrimônio (Pereira e Farias, 2016).

O Projeto GILGES (Global Indicative List of Geological Sites), de 1989/90, sob a coordenação da UNESCO, União Internacional de Serviços Geológicos (IUGS), Programa Internacional das Geociências (IGCP) e IUCN, identificou sítios geológicos de excepcional valor universal, que foram inseridos em uma lista de sítios geológicos em âmbito mundial, denominada Lista Indicativa Global de Sítios Geológicos (*Global Indicative List of Geological Sites* ou GILGES) (SIGEP, 2023). Já o Projeto GeoSites, iniciado em 1993, se materializou pelo inventário do patrimônio geológico e geomorfológico, com foco na geoconservação com a criação de um banco de dados para usufruto da UNESCO e IUGS, priorizando a conservação global, incluindo potenciais sítios do Patrimônio Mundial (Pereira e Farias, 2016).

Figura 3.1. Distribuição de Geoparques no mundo



Fonte: UNESCO, 2021.

Nos anos 2000, se instaura um dos projetos mais reconhecidos da geodiversidade na atualidade, o projeto Geoparques, que aproximou a sociedade da geodiversidade com a adoção do geoturismo, possibilitando a ciência ampliar as estratégias de geoconservação e difusão das Geociências. Atualmente, 195 geoparques estão distribuídos em 48 países. De acordo com a UNESCO (2023), os Geoparques “são áreas geográficas únicas e unificadas onde locais e paisagens de importância geológica internacional são geridos com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável”. Ressalta-se ainda, que os Geoparques não se enquadram nas categorias de área protegida ou unidade de conservação .

Como pode-se observar na figura 3.1, a Europa concentra a maior quantidade de Geoparques mundiais. Modica (2009) destaca que os geoparques europeus são gerenciados por instituições com aspectos estabelecidos pelas legislações nacionais e dentre os seus objetivos está a proteção do patrimônio geológico. A constituição destes espaços favorecem o desenvolvimento e aplicação de métodos através da parceria com instituições universitárias, o que tornou-se fator fundamental para a geoconservação.

No panorama brasileiro, a geodiversidade e a geoconservação em termos científicos e institucionais é recente, quando comparada à outros países. No âmbito teórico e prático relacionado aos mapeamentos e levantamentos quantitativos e qualitativos destacam-se os primeiros trabalhos de Veiga (1999) e Xavier-da-Silva et al., (2001), que empregaram o termo geodiversidade no aspecto geológico e como variabilidade ambiental, bem como criaram índices de geodiversidade com uso de geotecnologias (Mansur, 2022).

Nos debates científicos, a geoconservação, o geoturismo e o patrimônio geológico têm inserção acadêmica no XLII Congresso Brasileiro de Geologia (2004) em Araxá (MG), através dos Simpósios - Monumentos Geológicos e Desenvolvimento Sustentável e o de Geologia e Turismo. Após estes eventos observa-se que a Geoconservação passa a ser adotada no contexto brasileiro com mais critério.

Quanto à proteção dos elementos abióticos, Ferreira et al. (2018) abordam que a Constituição de 1988 explicita dispositivos que podem ser aplicados na sua proteção direta e indireta. No art. 20 incisos V e X, apenas as cavidades naturais são enquadradas como bens da União e como patrimônio cultural. Nos Art. 23 e 24 fica estabelecido que a União, Estados e Distrito Federal são responsáveis pela gestão e proteção do patrimônio histórico, cultural, artístico e das paisagens naturais. Além destes, o art. 2016 integra a proteção do patrimônio paleontológico.

Com a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, regulamentada pelo decreto nº 4.340/2002, observa-se que este dispositivo legal

incorpora instrumentos específicos para a proteção dos componentes da geodiversidade. De acordo com o seu Art. 4º o SNUC contempla os seguintes objetivos que enquadram os componentes abióticos da paisagem para a conservação:

VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;

VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;

VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos.

Das categorias definidas pelo SNUC para as unidades de conservação a geodiversidade pode ser incorporada indiretamente nas categorias de Parque Nacional e Monumento Natural como ajustadas à proteção do patrimônio geológico, bem como as Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Na prática de criação e manejo, a efetivação das unidades a prioridade de conservação é definida pelos aspectos da fauna e flora e conseqüentemente os elementos abióticos são resguardados, mas não o enfoque no estabelecimento das unidades, evidenciando o pensamento centralizado na biodiversidade.

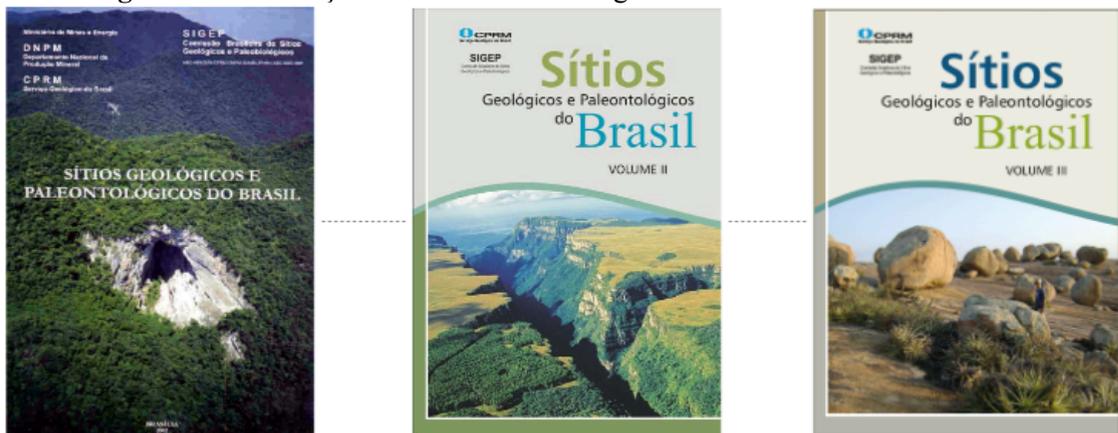
Contudo, a proteção do Patrimônio Geológico e Paleontológico, foi de fato fomentada com a fundação da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) em 1997, que tinha a função de sugerir os sítios brasileiros para o GILPES (*Global Indicative List of Geological Sites*). O SIGEP recebia as proposições e o cadastro de novas ocorrências relevantes. Os sítios aprovados tornavam-se aptos a pesquisa científica, principalmente destinadas a aplicabilidade como "...à difusão do conhecimento nas áreas das ciências da Terra, ao fortalecimento da consciência conservacionista, ao estímulo a atividades educacionais, recreativas e turísticas..." (FUNPEC, p. 26, 2022).

Como resultado dos 116 geossítios cadastros foram produzidos e publicados três livros em parceria com a CPRM, nos anos de 2002, 2009 e 2013, que reúnem um importante conjunto de informações sobre relevantes sítios naturais, que constituem a memória geológica do planeta (Figuras 3.2 e 3.3). Os sítios geológicos e paleontológicos evidenciados nos estudos são exposições de um ou mais elementos da geodiversidade com valor singular do ponto de vista científico, turístico, educativo e cultural.

A identificação do patrimônio geológico deve obedecer, antes de mais, a critérios científicos. Mas o patrimônio geológico tem outros tipos de

interesses, para além do científico, que não podem ser negligenciados. O interesse educativo é crucial para a sensibilização e formação de alunos e professores de todos os níveis de ensino. O interesse turístico, importante na promoção da geologia junto do público não especialista, pode contribuir para o desenvolvimento sustentado das populações locais (Brilha, p. 31, 2012).

**Figura 3.2.** Publicações do SIGEP sobre os geossítios inventariados no Brasil



Fonte: SIGEP, 2023.

**Figura 3.3.** Espacialização dos geossítios divulgados pelo SIGEP



Fonte: SIGEP, 2023.

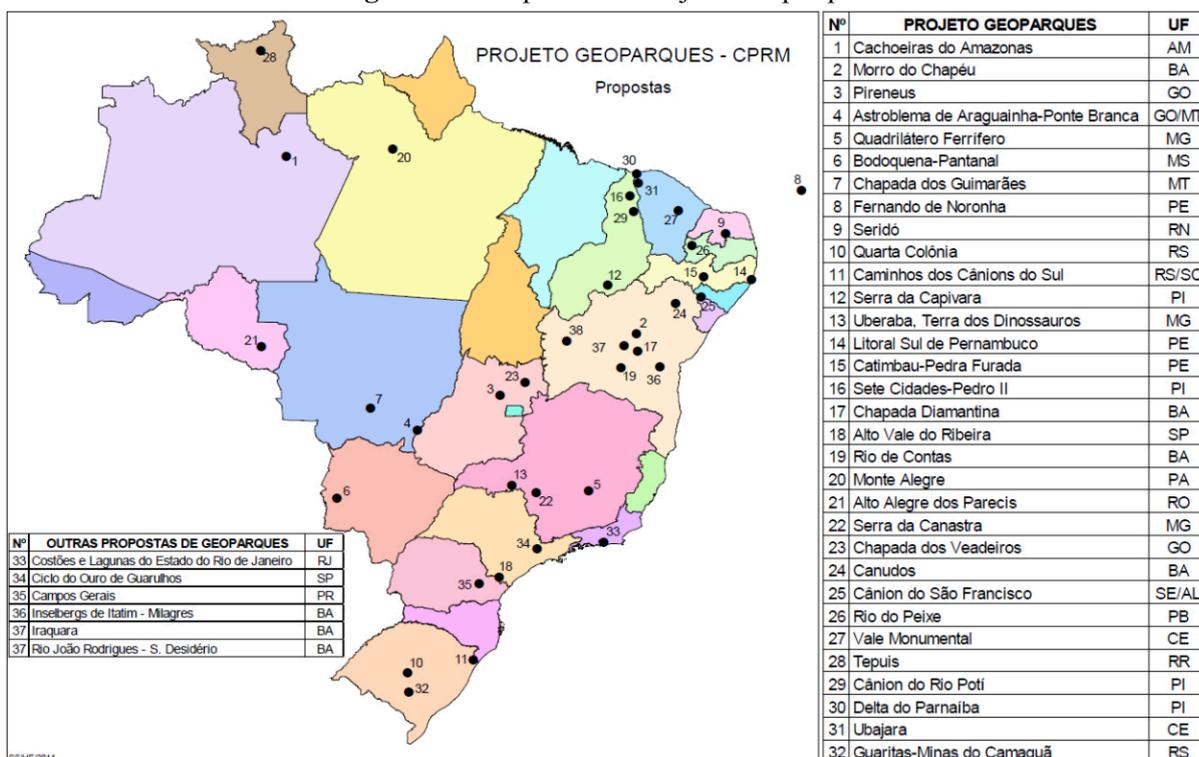
Segundo Mansur et al., (2013) a SIGEP não foi oficializada na esfera Poder Público, inviabilizando a sua competência na criação de medidas legais para preservação dos geossítios, acarretando na finalização das suas atividades a partir de 2012.

Em 2006, a CPRM (Serviço Geológico do Brasil) criou o Projeto Geoparques com o intuito de identificar, classificar, catalogar, georreferenciar e divulgar o patrimônio geológico do Brasil, estabelecendo diretrizes para seu desenvolvimento sustentável. Bacci et al. (2009, p.10), dizem que

Por outro lado, este projeto permite associar os geossistemas a regiões de interesse especial para estudos de geodiversidade, em particular, áreas de interesse para geoturismo e geoconservação, incluindo patrimônios paleontológicos e geomineiros, monumentos naturais, cavernas e paisagens com belezas cênicas.

Das 38 áreas com potencial para Geoparque mapeadas pela CPRM em território nacional, 16 estão inseridas no Semiárido brasileiro. No estado do Ceará (Vale monumental e Ubajara); Piauí (Sete cidades-Pedro II, Serra da Capivara e Cânion do Rio Poti) Rio Grande do Norte (Seridó); Paraíba (Rio do Peixe); Pernambuco (Catimbau - Pedra furada); Alagoas (Cânion do São Francisco) e Bahia (Morro do Chapéu, Canudos, Chapada Diamantina, Iraquara, Rio de Contas) (Meira; Moraes, 2016) (Figura 3.4).

**Figura 3.4.** Propostas do Projeto Geoparques



Fonte: Pereira et al, 2016.

Atualmente, o Brasil possui cinco Geoparques inseridos na Rede Global de Geoparques da UNESCO, o primeiro das Américas criado em 2006, foi o Geoparque Araripe situado no estado do Ceará. Em 2022 a UNESCO designou os geoparques Seridó no Rio Grande do Norte e Caminhos dos Cânions do Sul localizado entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina e em 2023, os parques de Caçapava e Quarta Colônia (UNESCO, 2023), que constavam na lista de propostas (Figura 3.5).

**Figura 3.5.** Logo dos Geoparques do território brasileiro



Fonte: Sites dos Geoparques,

Além dos Geoparques já aprovados pela UNESCO e as propostas existentes, o Brasil possui um significativo aumento nos levantamentos de inventário do geopatrimônio, através da aplicação de metodologias para a sistematização básica, nesse aspecto alguns estados como São Paulo, Paraná, Rio Grande do Norte, Goiás, Bahia e Rio de Janeiro se destacam nos seus estudos (FUNPEC, 2022) (Figura 3.6).

Como explicita Medeiros (2015), às Áreas Protegidas definidas pelo SNUC são diferentes do conceito de Geoparque estabelecido pela UNESCO. As principais distinções entre ambas estão associadas ao foco, a presença ou não de comunidades, a gestão e o formato de atividades desenvolvidas.

Em algumas modalidades de áreas de proteção é necessária a remoção de moradores e adota-se o não uso dos recursos naturais, com gestão de um conselho gestor de acordo com os princípios do SNUC e enfoque na biodiversidade e atividades voltadas para o ecoturismo. Enquanto os Geoparques preveem inserção dos moradores através de atividades já desenvolvidas e/ou iniciativas empreendedoras adequadas a concepção cultural do turismo, interpretação ambiental e educação científica com diversas possibilidades de gestão e adoção da abordagem do geoturismo direcionada para a geodiversidade. Segundo Schobbenhaus e Silva (2012p. 17).

O Brasil possui grande potencial para a proposição de geoparques, por sua enorme extensão territorial com rica geodiversidade, possuindo testemunhos de praticamente toda história geológica do planeta, aliados à presença de sítios não geológicos de importância ecológica, arqueológica, histórica ou cultural.

**Figura 3.6.** Estados brasileiros com inventários do geopatrimônio



Fonte: FUNPEC, 2022.

Diante do cenário apresentado sobre a geoconservação e a instituição de geoparques, o Brasil possui largas discrepâncias quando comparado às leis e diretrizes direcionadas para a biodiversidade, mesmo com as problemáticas que envolvam seus cumprimentos. A geodiversidade deve abranger as preocupações sociais em termos de proteção e conservação ambiental dos recursos minerais, hídricos e pedológicos são recursos não-renováveis utilizados.

No Estado de Sergipe, em termos de pesquisa, a geodiversidade dispõe um número restrito de publicações, mesmo possuindo paisagens com beleza cênica excepcional e aspectos geológicos e geomorfológicos que preservam a história da terra. Entre os artigos e capítulos de livros publicados sobre a temática tem-se conhecimento das primeiras das contribuições de Rodrigues (2019), com enfoque na geodiversidade do município de Canindé do Francisco no semiárido sergipano e Carvalho (2016); (2018) e (2020) com trabalhos voltados para o semiárido e litoral.

Quanto às produções de cunho governamental tem-se conhecimento da produção do Programa Geologia do Brasil referente ao Levantamento da Geodiversidade. Para o Estado de Sergipe foi produzido informações contemplando a dimensão física, dentro do âmbito dos objetivos institucionais do Serviço Geológico (p.e. as drenagens, o relevo, os tipos de solos etc.) em combinação com temas geológicos, ambientais, sociais e econômicos.

Em termos da Geoconservação, tem-se a proposta de Geoparque Cânion do São Francisco, que está parcialmente inserido no território sergipano, cadastrado no CPRM, a área proposta abrange também áreas de proteção ambiental, na categoria MONA - Monumento Natural, do SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação: o MONA do Rio São Francisco e o MONA Grota do Angico.

### **3.3 Serviços ecossistêmicos e Geodiversidade**

O termo serviço ecossistêmico é conceituado e classificado, no final da década de 1970, quando ocorrem avanços na sua expansão e aplicabilidade. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MA), realizada nos anos 2000, potencializou a utilização da terminologia (McDonough *et al.*, 2017). A contextualização da nova temática propiciou a difusão de padronizações e métodos de análise, por autores como Costanza (1989), Arrow *et al.* (1995), Costanza *et al.* (1997a), Costanza *et al.* (1997b), De Groot; Wilson; Boumans (2002), Millennium Ecosystem Assessment (2005), Daly; Farley (2010), Maes, *et al.* (2012), Haines-Young e Potschin (2012), Costanza *et al.* (2014).

Os conceitos e definições são utilizados para fins políticos-decisórios. Contudo, existem diversas terminologias e metodologias voltadas para os serviços ecossistêmicos no meio acadêmico-científico. No cenário âmbito científico, as pesquisas destacam as relações entre os processos naturais e a sociedade humana. Neste entremado, têm-se a dependência dos sistemas econômicos predominantes ao capital natural, denominado como estoque natural

que gera um fluxo de bens e serviços úteis para a sociedade humana (De Groot, 1987; Costanza; Daily, 1992; Jansson et al., 1994).

Associado à disseminação dos serviços ecossistêmicos na ampliação dos métodos de análise nas ciências naturais e ambientais, surgiram inúmeros conceitos. Considerando a perspectiva, Santos (2014) elenca os principais conceitos de serviços ecossistêmicos por diferentes autores nas últimas décadas.

- Daily (1997): “Serviços ecossistêmicos são condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana”.
- Costanza et al. (1997): “Serviços ecossistêmicos são os benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas”.
- Odum e Odum (2000): “A natureza contribui para a economia através dos serviços ecossistêmicos. Em função de limites termodinâmicos, a valoração desses serviços deve estar associada à quantidade de energia requerida para produzir um bem de consumo ou serviço, e não ao valor ou preço que as pessoas desejam, por questões subjetivas, pagar”.
- De Groot et al. (2002): “Funções ecossistêmicas podem ser compreendidas como a capacidade do ecossistema para fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas e são, portanto, valorizados pelos seres humanos”.
- Millennium Ecosystem Assessment (2003): “Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”.
- Daily e Farley (2004): “Serviços ecossistêmicos são produtos de funções ecológicas ou processos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar humano, ou têm potencial para fazê-lo no futuro... Representam os processos ecológicos e os recursos expressos em termos de bens e serviços que fornecem”.
- Boyd e Banzhaf (2007): “Serviços ecossistêmicos não são os benefícios, são componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem-estar humano”.
- Fisher et al. (2007): “Serviços ecossistêmicos são os aspectos dos ecossistemas utilizados, ativa ou passivamente, para produzir bem-estar humano”.
- FAO (2007): “Serviços ambientais se referem a um subconjunto específico de serviços ecossistêmicos, caracterizados como externalidades positivas”.

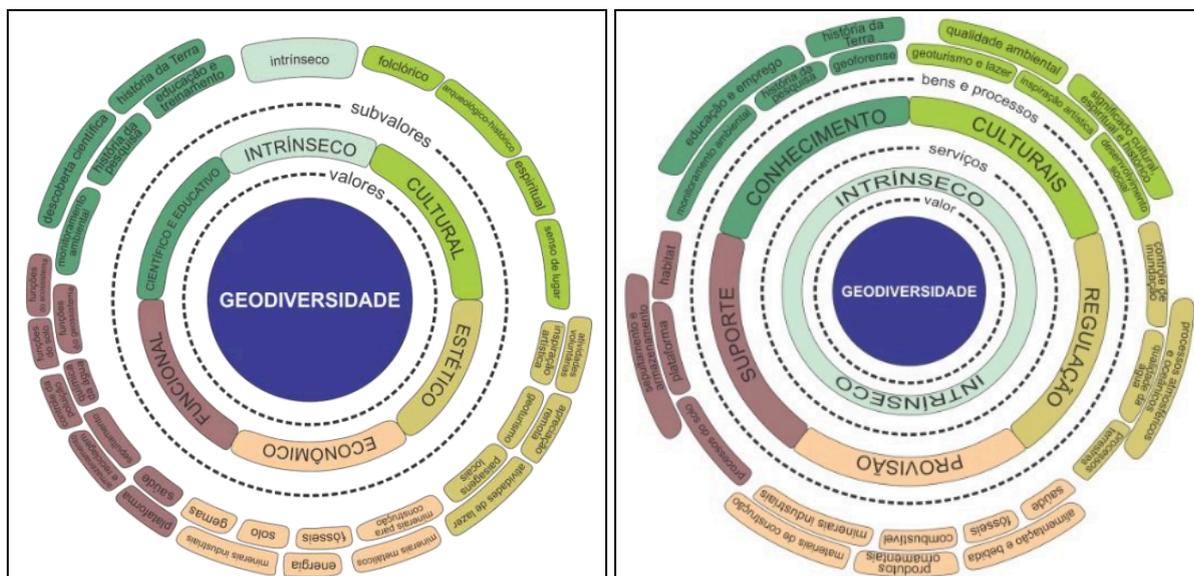
- Sukhdev (2008) e Sukhdev et al. (2010): “Serviços ecossistêmicos são as contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano”.
- Farley (2012): “Serviços ecossistêmicos são componentes do ecossistema que podem ser consumidos ou utilizados para produzir bem-estar humano”.
- Muradian et al. (2010): “Serviços ambientais são os benefícios ambientais resultantes de intervenções intencionais da sociedade na dinâmica dos ecossistemas”.
- Watanabe e Ortega (2011): “Os serviços ecossistêmicos estão ligados aos ciclos do carbono, da água e do nitrogênio, e sua adequada valoração é fundamental para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para a adaptação à mudança do clima, considerando-se a regulação climática do planeta associada ao equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos globais”.

A maioria destes conceitos estão relacionados ao bem-estar humano, ou seja, os serviços ecossistêmicos se referem aos recursos naturais disponibilizados pelos ecossistemas para a sociedade. Existem trabalhos que enfatizam os aspectos da biodiversidade, principalmente os relacionados à flora. Silva et al., (2018) ressaltam que os aspectos abióticos da natureza são negligenciados neste processo, que compõem a geodiversidade. É, portanto, a partir do capital natural (componentes vivos e não-vivos dos ecossistemas) que os serviços ecossistêmicos existem, possibilitando a vida humana, seu bem-estar e desenvolvimento.

Em 2002, o trabalho da English Nature faz menção a possibilidade de aplicar os serviços ecossistêmicos da natureza aos estudos da geodiversidade, ressaltando que é uma forma de descrever a contribuição da natureza para a qualidade de vida no planeta, promovendo uma boa relação entre os estudos da geodiversidade com os da biodiversidade (Silva et al., 2018).

Na geodiversidade o conceito de serviços ecossistêmicos foi utilizado através de um sistema de valorização criado por Gray (2004), que antecedeu a Avaliação Ecossistêmica do Milênio - AEM. Em 2011, Gray avança e adapta o conceito com base na AEM, definindo os serviços de regulação, suporte, cultural, provisão e de conhecimento para a geodiversidade. Na mesma perspectiva Gray (2013), atualiza sua definição a partir AEM, destacando se a adoção dos serviços e bens e processos. Assim, o autor estabelece 1 valor maior, denominado de intrínseco, 5 serviços - provisão, regulação, culturais, suporte e conhecimento - relacionados com 25 bens e processos derivados da geodiversidade (Silva, 2016) (Figura 3.7).

**Figura 3.7.** a) Valores e subvalores da geodiversidade sensu Murray Gray. b) Classificação dos valores da geodiversidade segundo os serviços ecossistêmicos.



Fonte: Nascimento (2016).

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio trata-se de um relatório que avaliou o estado dos ecossistemas no mundo considerando as atividades humanas, responsáveis pela pressão e degradação, colocando em risco a competência de sustentação para as próximas gerações (Alcamo et al. 2003).

A conclusão das descobertas do MA é que as ações humanas estão se esgotando O capital natural da Terra, colocando tal pressão sobre o meio ambiente que a capacidade dos ecossistemas do planeta para sustentar as gerações futuras não pode mais ser tomado é certo. Ao mesmo tempo, a avaliação mostra que com ações é possível reverter a degradação de muitos serviços ecossistêmicos nos próximos 50 anos, mas as mudanças na política e na prática necessárias são substancial e não está em andamento (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

Segundo o supracitado, a conceituação de serviços ecossistêmicos para a Avaliação Ecosistêmica do Milênio, concerne que os mesmos sejam benefícios que as pessoas adquirem dos ecossistemas, que são classificados em serviços de provisões como alimentos e água, serviços de regulação como controle de enchentes e de pragas, serviços de suporte como o ciclo de nutrientes que mantém as condições de vida na Terra, e serviços culturais como espirituais, recreativos e benefícios culturais. Para cada serviço são gerados produtos e processos (Quadro 3.1).

**Quadro 3.1.** Serviços ecossistêmicos e seus produtos e processos gerados

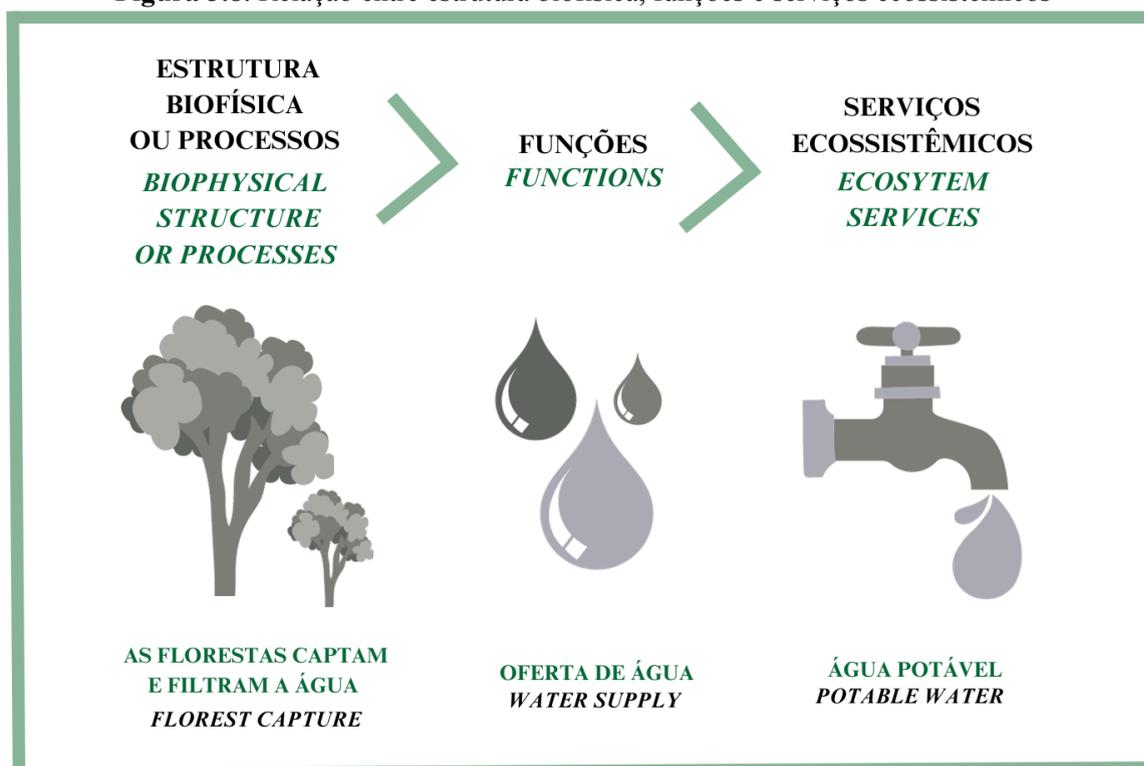
SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	PRODUTOS E PROCESSOS GERADOS
Serviços de suporte (serviços necessários para produção de todos os outros serviços ecossistêmicos)	Formação do Solo; Ciclos de Nutrientes; Produção Primária.
Serviços de provisão (produtos obtidos dos ecossistemas)	Alimentos; Água Potável; Combustível; Fibras; Compostos Bioquímicos; Recursos Genéticos.
Serviços de regulação (benefícios obtidos através da regulação dos processos dos ecossistemas)	Regulação do Clima; Regulação de Doenças; Regulação da Água; Purificação da Água.
Serviços culturais (benefícios não materiais obtidos dos ecossistemas)	Espirituais e religiosos; Recreio e turismo; Estéticos;  Inspiradores; Educação; Sensação de lugar; Herança cultural.

Fonte: Avaliação Ecosistêmica do Milênio, 2000.

Outros relatórios como o TEEB (Economia dos Ecossistemas e Biodiversidade) de 2010 estabelece que, os serviços ecossistêmicos são contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano e determina tipologias como - Fornecimento: serviços ecossistêmicos de alimentos, matérias-primas, remédios, água potável, entre outros; Regularização: serviços ecossistêmicos de qualidade do ar, clima, erosão, água, purificação da água e saneamento, doenças, polinização, moderação de eventos extremos, entre outros; Habitat: serviços ecossistêmicos de formação de solo, ciclo de nutrientes, manutenção da diversidade genética e dos ciclos de vida de espécies migratórias, entre outros; Cultura: serviços ecossistêmicos de saúde física e mental, lazer e ecoturismo, valores ascéticos, espirituais e religiosos, entre outros. Tais serviços estão submetidos a estrutura biofísica, processos e funções.

Um exemplo desta sistematização é o serviço ecossistêmico da água que procede da estrutura biofísica da floresta, que capta e filtra a água, formando os corpos hídricos, onde capta-se a água que pode ser usada para inúmeros fins, como o consumo humano (Cechin, 2010) (Figura 3.8).

**Figura 3.8.** Relação entre estrutura biofísica, funções e serviços ecossistêmicos



Fonte: FGV (2020).

Além disso, o TEEB define benefícios e valores propiciados pelos serviços ecossistêmicos através das tipologias – parâmetros e valores ecológicos; benefícios e valores sociais e benefícios e valores econômicos. Deste modo, os benefícios e valores ecológicos categorizam-se nas relações de causa e efeito entre as partes do sistema ecológico para a manutenção da vida na Terra.

Os benefícios e valores sociais devem-se aos benefícios que interferem na saúde mental e valores históricos, religiosos e espirituais. Como dizem respeito a valores intangíveis são difíceis de mensurar em uma avaliação econômica. Quanto aos valores e benefícios econômicos trata-se da importância, para o homem, da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que são passíveis de atribuição de indicadores com um determinado grau de precisão.

As premissas dos serviços ecossistêmicos atrelados a geodiversidade foram adotados para a análise da bacia hidrográfica do rio Piauí, considerando além das contribuições diretas

ou indiretas o para o bem-estar humano, as relações e processos que ocorrem com a biodiversidade.

### **3.4 Abordagem teórica da Análise Sistêmica, Paisagem e Território**

As bases teóricas que direcionam os estudos da geodiversidade estão alicerçadas no conjunto interdisciplinar do conhecimento produzido na Geografia, principalmente aqueles que tratam da relação sociedade/natureza. Neste contexto, destacam-se as teorias e esboços metodológicos que permitiram integrar os componentes da paisagem numa perspectiva estrutural e evolutiva, evidenciando sua dinâmica.

A percepção de como ocorre a interdependência e interconexões entre os elementos naturais e humanos no espaço geográfico regem a análise da geodiversidade, considerando a influência da Teoria Geral dos Sistemas articulada com o arcabouço metodológico dos Geossistemas. A abordagem sistêmica como expõe Tricart (1977, p.19).

[...] é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente.

A primeira formulação de um arcabouço teórico metodológico a respeito dos princípios de organização dos sistemas vivos, foi realizada pelo Ludwig von Bertalanffy que publica, em 1968, o livro Teoria Geral dos Sistemas e cria a concepção de sistema aberto. “Diferentemente dos sistemas fechados, que se estabelecem num estado de equilíbrio térmico, os sistemas abertos se mantêm afastados do equilíbrio, nesse "estado estacionário" caracterizado por fluxo e mudança contínuos”. (Capra, 1996, 44 grifos do autor).

Na concepção da Teoria Geral dos Sistemas, o sistema é um conjunto de componentes em constante interação, apresentando como principais características a totalidade e organização. A totalidade atribuída aos sistemas deve-se a influência mútua entre seus elementos, que se encontram estruturados para desempenhar funções que permitem o seu funcionamento através da entrada (input) e saída (output) de energia e matéria.

Quanto aos principais propósitos da Teoria Geral do Sistema, há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais, cuja centralização repousa na teoria dos sistemas. Portanto, esta mesma teoria pode ser um importante meio para alcançar uma teoria “exata” nos campos não físicos da ciência. (Vale, 2012, p.90 grifos do autor).

É neste sentido que (Troppmair et al, 2006, p.80) afirmam que, a “visão sistêmica” também foi um importante acontecimento para a Geografia. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente”.

A adoção da concepção sistêmica na Geografia possibilitou a criação de novas teorias e metodologias capazes de integrar os fenômenos naturais e sociais. A inserção desta abordagem trouxe importantes contribuições para a compreensão dos processos que envolvem a produção do espaço geográfico e todo tipo de intervenção humana na natureza, e, conseqüentemente, os problemas ambientais gerados por essas ações sobre os componentes do sistema ambiental.

Na dimensão sistêmica da Geografia a geodiversidade se enquadra no conceito de geossistema estabelecido por Bertrand (2004), como um sistema natural e complexo constituído pela combinação de um potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, dinamizados pelo constante fluxo de energia e matéria. A geodiversidade se insere no potencial ecológico, que diz respeito aos elementos abióticos do sistema (geologia, geomorfologia, hidrografia e solos), fundamentais para a existência da biodiversidade (fauna e flora) e sobrevivência humana.

Tal imbricamento pertinente a mutualidade das relações entre a geodiversidade, a biodiversidade e a ação humana geram diferentes tipos de paisagem, ora predominando aspectos naturais, ora os sociais e culturais, assim como afirma Brilha (2005, p. 26 e 27).

Em todas as paisagens naturais existe, obviamente, o contributo dado pela biodiversidade. Mas não pode esquecer-se que são o tipo de substrato, o relevo e o clima que determinam a biodiversidade. Quando características particulares de uma paisagem são determinantes para o desenvolvimento de actividades humanas, ou quando estas actividades conseguem imprimir uma marca particular à paisagem natural, fala-se de paisagens culturais.

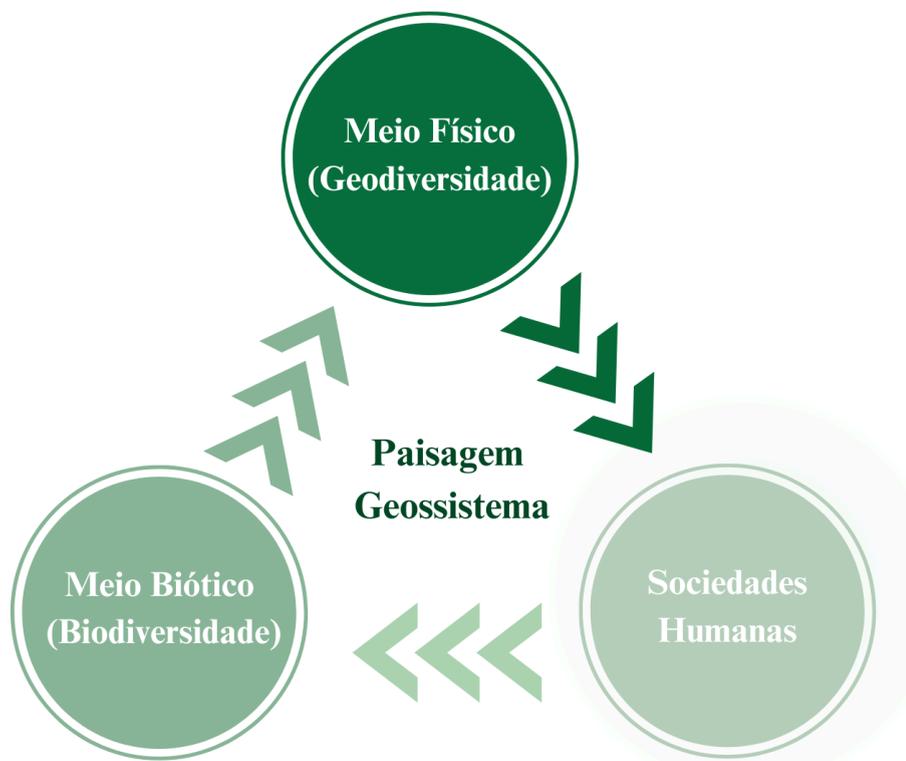
Para Dantas et al, (2015) a construção do conceito de geodiversidade para as Geociências, originou um novo instrumento de análise integrada da paisagem através do conhecimento do meio físico com enfoque na preservação do meio natural e do planejamento territorial. Esta conjuntura proporciona verificar o grau de interferência das atividades produtivas na paisagem.

Reforçando a necessidade de compreender a paisagem na sua totalidade na perspectiva da análise sistêmica, Meira et al. (2016) defende que mesmo priorizando a componente abiótico da paisagem através de suas características, fragilidades e potencialidades, é preciso

contemplar os demais constituintes do sistema, pois a Geodiversidade, o Patrimônio Geológico e a Geoconservação se apropriam da abordagem sistêmica, principalmente quando se trata do patrimônio geológico que apresenta forte ligação com a ação antrópica.

A paisagem, por sua vez, torna-se a materialização da inter-relação entre os componentes biofísicos e a intervenção antrópica, considerada fator potencialmente capaz de desestabilizar o sistema ambiental através de processos de exploração inadequada e uso irracional dos recursos naturais (Figura 3.9). A alteração no estado de equilíbrio da paisagem repercute na sua capacidade de auto-regeneração e mesmo que as ações antrópicas sejam minimizadas não é possível estabelecer o estado original.

**Figura 3.9.** Integração sistêmica da Paisagem



Adaptado de Bertrand, 2014.

Ao tratar de geodiversidade é necessário considerar uma multiplicidade de fatores e das relações estabelecidas entre eles. Por esta razão, são criadas diferentes metodologias que investigam seus aspectos quantitativos e qualitativos, objetivando fornecer informações que possam justificar a classificação de determinada área em geossítio, assim como em patrimônio geológico.

A definição das áreas de interesse da geodiversidade além das suas condições naturais podem ser submetidas a atuação de diferentes contextos de gestão, desde ações direcionadas

para o planejamento ambiental, como do ordenamento territorial, tornando importante a discussão do território nesta concepção

O conceito de território na Geografia contribui para as análises da organização espacial, e, neste contexto, deve-se enfatizar que este se distingue do espaço, e é construído historicamente através das relações de poder decorrentes de ações políticas, econômicas e culturais. “Dito de outra maneira, se o espaço implica na relação geral dos homens entre si, na sua unicidade e multiplicidade, o território é a materialidade dessa relação, nas formas de uso expressas espacialmente como base concreta” (Costa, 2012, p.16). Este espaço social caracterizado pelas relações dos homens entre si é construído sobre uma base física formada por componentes abióticos e bióticos que constituem sua própria organização, estrutura e dinâmica.

“Um conceito de território pode ser entendido, portanto, como o espaço numa situação/condição de apropriação, domínio, posse ou adequação de determinado ator” (Costa, 2012, p. 18). Deste modo, a compreensão do território pode colaborar na relação sociedade/natureza via os processos de produção e reprodução.

O território é apropriado e construído socialmente, resultado e condição do processo de territorialização; é produto do processo de apropriação e domínio social, cotidianamente, inscrevendo-se num *campo de poder*, de relações socioespaciais, nas quais, a natureza exterior ao homem está presente de diferentes maneiras (Saquet, 2007, p.58).

Portanto, o território é conceituado a partir das dimensões sociais – econômica, política e cultural – articuladas com os aspectos ambientais. Para Saquet (2007, p.71), “o território significa identidade, entendida como produto de interações recíprocas, de territorialidades, no âmbito das relações que acontecem entre a sociedade e a natureza.” Neste aspecto, Haesbaert (2007) destaca que as diferenciações são construídas de acordo com sujeitos, grupos sociais, instituições responsáveis e também pela transformação da paisagem.

Para Moraes (2005, p. 1), o território dispõe do patrimônio natural de um país juntamente com suas estruturas de produção e os espaços de reprodução. “Assim, tanto o capital natural (potencial ou utilizado) quanto o capital fixo (de diferentes temporalidades) localizam-se no território, qualificando sua capacidade e potencialidade em face do padrão de acumulação vigente”. O autor ressalta que o Estado é o grande agente produtor do espaço e direciona a ocupação do território, tornando-se o mediador das relações estabelecidas entre sociedade-espaço e sociedade-natureza.

Nesta perspectiva, compreender a organização de um território é fundamental para se pensar a prática de ordenamento dos seus usos. Para Costa (2012, p.16), “a ordenar (ação) pode ser entendida, assim, como o processo constante em que os homens criam formas de dizerem a si mesmo o que fazer, porque fazer de uma forma ou de outra, para qual sentido”.

Aos critérios de adequabilidade, ambientais, territoriais, econômicos, sociais e técnicos, dever-se-ia, também, exigir que refletissem as principais preocupações doutrinárias do ordenar: o desenvolvimento econômico, a qualidade de vida, a preservação do meio ambiente. Sendo estas reconhecidas como legítimas, servirão como balizadores para hierarquizar e escolher as alternativas aceitáveis e desejáveis (Santos, 2005, p. 49).

O ordenamento territorial refere-se às intervenções na organização do espaço que acompanha normas pré-estabelecidas quanto à ocupação e ao uso do solo, na perspectiva de alcançar a satisfação dos interesses da sociedade. O Estado através de instituições orienta a elaboração dos planos e instrumentos que viabilizarão as ações no território. Estas ações, além de englobar os aspectos econômicos e culturais, perpassam pelos componentes biofísicos que configuram a geodiversidade.

Na concepção de Ross (1993), independente da unidade territorial – municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica – a prática do ordenamento territorial deve reconhecer as potencialidades dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes, a integração destes fatores concorrem para um planejamento eficaz para o meio ambiente na inter-relação com sociedade.

O ordenamento territorial é um instrumento de intervenção que deve integrar as dimensões social, cultural e ambiental considerando todos os processos que concretizam a ocupação e utilização do espaço.

A Carta Europeia do Ordenamento do Território (1988) considera o homem e sua relação com o ambiente como o principal objeto do ordenamento territorial. As ações trabalhadas para a totalidade possibilitam contemplar o desenvolvimento econômico, a qualidade de vida e a conservação do meio ambiente.

Deste modo, ordenar o território requer avaliar as alternativas de uso possíveis e aceitáveis tornando necessário analisar os interesses e práticas de ocupação do território pelos grupos sociais. Outro elemento importante é a sistematização do conhecimento de dos aspectos que constituem o território, como os documentos que abordam a fragilidade ambiental, indispensáveis na prática de ordenar por apresentarem uma análise integrada das características bióticas e abióticas e suas condições de acordo com a relação de exploração estabelecida pela sociedade.

É importante salientar que, toda e qualquer forma de apropriação dos recursos naturais deveriam considerar a sua capacidade de suporte no intuito de evitar a degradação ambiental, que tende a se repercutir na organização das atividades econômicas e na qualidade de vida das populações.

### **3.5 Bacia hidrográfica como unidade territorial de Planejamento e Gerenciamento Ambiental**

A adoção da bacia hidrográfica nos estudos geográficos pautados na análise sistêmica é fundamentada na sua condição integrativa natural e social, enquanto sistema aberto e dinâmico. Como unidade territorial e de planejamento ambiental seus componentes se estruturam com balanços de entrada e saída, provenientes da troca de matéria e energia com outros sistemas fluviais.

Espíndola et al. (2000) conceituam as bacias hidrográficas como um sistema biofísico e socioeconômico, integrado e interdependente, estruturado por atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades, recreacionais, formações vegetais, recursos hídricos, habitats e unidades da paisagem. Seus limites são firmados pela topografia através da linha que une os pontos de maior altitude e que formam os divisores de água entre uma bacia e outra. O autor destaca ainda como aspecto o fato de serem uma unidade funcional, com processos e interações ecológicas com possibilidade de caracterização, quantificação e matematicamente modelados.

A dinâmica da bacia hidrográfica acontece por ordem natural, referente a sua condição inerente quanto à degradação ambiental, e por ordem antrópica, quando seu funcionamento é alterado pelas atividades humanas, condição que possibilitou a bacia hidrográfica ser incorporada como área delimitação para os recursos hídricos (Vilaça et al, 2008).

Em função das heterogeneidade nas suas características biofísicas, as bacias hidrográficas apresentam distintos usos e ocupação de terras no espaço rural e urbano. No espaço rural a configuração dos sistemas agrícolas fazem intenso uso dos recursos hídricos nas lavouras temporárias, permanentes e pecuária, que podem comprometer sua qualidade e disponibilidade, assim como também pode ocorrer nos aspectos da pedologia e geomorfologia. No espaço urbano a ocupação se manifesta pelos núcleos habitacionais e atividades industriais.

A bacia hidrográfica como unidade física, tanto conceitualmente como de forma aplicável é utilizada prioritariamente para a gestão dos recursos hídricos, por tratar-se do

elemento de maior grau de importância para a manutenção dos ecossistemas e sociedade, e ao mesmo tempo, que apresentam grande potencial de degradação e escassez. Rodriguez et al., (2011) assinalam que conceitualmente o planejamento das bacias hidrográficas sofreu alterações. Esteve centrado apenas no manejo das águas, de conjunção de fatores ambientais. Atualmente adota-se a perspectiva de planejamento ambiental integrado, que se constitui objeto de análise geográfica socioambiental.

O Planejamento Ambiental é um ponto de partida para a tomada de decisões relativas à forma e intensidade em que se usa um território e cada uma de suas partes, incluindo os assentamentos humanos e as organizações sociais produtivas. Constitui, em si, um processo organizado de coleta de informações, de análise e reflexão sobre as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais de um território. Isso servirá como base para definir as metas, os objetivos, as estratégias de uso, os projetos, as atividades e as ações, síntese de uma organização das atividades sociais e econômicas do espaço (Rodriguez e Silva, 2013, p. 133- 134).

De modo efetivo, o planejamento de bacias hidrográficas no Brasil é balizado pela Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997), que institui a política Nacional e Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entre os fundamentos da Lei está “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”.

Observa-se que a política voltada para as bacias hidrográficas limitam-se a gestão dos recursos hídricos, para promover uso racional, assegurar a disponibilidade de água para as gerações futuras, ações que devem está expressas nos Planos de Recursos Hídricos elaborados para bacia hidrográfica, por Estado e o País.

Além disso, existem instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, tais como: enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; outorga dos direitos de uso; cobrança pelo uso; compensação aos municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

No estado de Sergipe, a primeira legislação instituída para uma Política Estadual de Recursos Hídricos e Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos ocorre pela Lei Estadual n.º 3.595/95. A promulgação da Lei Federal n.º 9.433/97, em 8 de janeiro de 1997, fez com que a Lei Estadual n.º 3.595/95 fosse revista e adequada a Lei federal, o que resultou na sanção da Lei Estadual n.º 3.870/97, em 25 de setembro de 1997 (SRH/SE, 2023).

A Lei Estadual adota os mesmos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Em Sergipe percebe-se que a maioria dos instrumentos jurídicos são direcionados

para a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos, conforme consta no levantamento ilustrado no Quadro 3.2.

Quantos os planos de recursos hídricos Planos, em 1998, o então Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, em parceria com a Secretaria de Recursos Hídricos, realizou os primeiros Planos Diretores de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas, que integram a bacia hidrográfica do rio São Francisco como dos rios Curitiba, Jacaré, Capivara, Campos Novos e Outros e dos rios Gararu, Salgado, Riacho Pilões, Betume e Outros.

O primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos foi elaborado em 2010 com auxílio do Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - PROÁGUA NACIONAL, da Agência Nacional de Águas - ANA. De forma individual e detalhada, em 2015, as bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe e Piauí foram contempladas com seus Planos de Gestão de Recursos Hídricos.

Informações relacionadas às bacias hidrográficas e recursos hídricos do estado estão agrupadas no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe – SIRHSE, sobre a gestão a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade – SEDURBS, através do seu órgão operacional Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – SERH/MA. Atualmente existem algumas lacunas e deficiências no sistema, como a falta de informações atualizadas e disponibilização de estudos.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos é integrado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), os (CBHs) e o Órgão Gestor de Recursos Hídricos. A instituição dos Comitês das Bacias Hidrográficas em Sergipe ocorreram em períodos diferentes. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí – CBHP seu comitê foi instituído em 2005 por meio do Decreto Estadual nº 23.375, o segundo em Sergipe. Diante da finalidade de criar uma gestão da água sustentável e equilibrada, o CBHP enfrenta inúmeros problemas no âmbito dos recursos hídricos. Dentre eles estão o turismo, a indústria, a agroindústria, a carcinicultura (Leite, 2023).

**Quadro 3.2.** Principais instrumentos legais aplicáveis

<b>Instrumento legal</b>	<b>Descrição</b>
<b>LEI Nº 3.595 DE 19 DE JANEIRO DE 1995</b>	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências
<b>LEI N º 3.870 DE 25 DE SETEMBRO DE 1997</b>	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
<b>DECRETO Nº 18. 456 DE 03 DE DEZEMBRO DE 1999</b>	Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, e dá providências correlatas
<b>DECRETO Nº 18.931 DE 03 DE JUNHO DE 2000</b>	Corrige os valores de custos operacionais constantes do Anexo Único do Decreto nº 18.456, de 03 de dezembro de 1999, que regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 setembro de 1997, e dá providências correlatas.
<b>DECRETO N º 19.079 DE 05 DE SETEMBRO DE 2000</b>	Dispõe sobre a Regulamentação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNERH, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, e dá providências correlatas
<b>Resolução nº 01/2001/CONERH de 19 de abril de 2001</b>	Dispõe sobre Critérios para a Outorga de Uso de Recursos Hídricos.
<b>Resolução nº 013/2011/CONERH de 07 de dezembro de 2011</b>	Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
<b>RESOLUÇÃO Nº 14/2012/CONERH DE 07 DE MARÇO DE 2012</b>	Dispõe sobre a emissão de portaria de outorga e os procedimentos no uso dos recursos hídricos subterrâneos, a partir de soluções individuais de suprimento de água em áreas com redes públicas de abastecimento humano
<b>RESOLUÇÃO Nº 20 / 2014 DE 26 DE FEVEREIRO DE 2014</b>	Altera dispositivos da Resolução n.º 01/2001, de 19 de abril de 2001, do CONERH/SE.
<b>RESOLUÇÃO Nº 24/2015, DE 13 DE MARÇO DE 2015</b>	Regulamenta o enquadramento do rio Fundo, na bacia hidrográfica do rio Piauí.

Fonte: SRH/SE, 2023.

Instrumentos jurídicos criados para gestão dos recursos hídricos em Sergipe são limitados e assim como no Brasil existem deficiências nas suas aplicabilidades. De modo geral, a falta de diretrizes para o uso e ocupação do território das bacias é um aspecto de relevância negativa, considerando que as interferências das atividades produtivas comprometem a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

O conhecimento acadêmico científico da geodiversidade no contexto das bacias hidrográficas, podem favorecer a valorização dos seus componentes abióticos e evidenciar a

estreita relação entre eles e a articulação entre ecossistemas e sociedade definida pelos serviços ecossistêmicos.



**GEODIVERSIDADE NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ**

Seção IV



## **4 GEODIVERSIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIAUÍ**

A paisagem reporta-se como uma síntese do espaço geográfico constituída de elementos abióticos, bióticos e antrópicos que, combinados resultam em distintos ambientes com processos e formas variadas. Em função da complexidade que envolve a paisagem, determinadas temáticas são priorizadas em detrimento de outras. Em resumo, o estudo apresentado se debruça sobre a Geodiversidade, no entanto, a intenção é conectá-la aos elementos da biodiversidade e uso e ocupação das terras.

Nesta seção foram evidenciados os aspectos biofísicos das unidades de paisagem que integram a bacia hidrográfica do rio Piauí. O enfoque da análise esteve pautado na contextualização climática destacando os principais fenômenos que influenciam nas condições pluviométricas; nas unidades geológicas e respectivos tipos de rochas; nas feições morfológicas e os seus processos morfodinâmicos, nas classes de solos e as formas de ocupação e, ainda, aspectos relacionados à drenagem e recursos hídricos, .

Neste cenário, foi construída uma base de reconhecimento definida pela caracterização da estrutura espacial que dispõe de informações e viabilizam a inserção do meio físico nas pautas de ordenamento do território e planejamento ambiental de bacias hidrográficas, na base teórico-metodológica preliminarmente selecionada.

Além disso, ressalta-se que as informações desta seção foram utilizadas na delimitação dos geossítios, pela avaliação dos índices da geodiversidade e análise dos serviços ecossistêmicos, e, sobretudo, nas possíveis estratégias de Geoconservação.

### **4.1 Contextualização Climática**

Esta seção tem a finalidade precípua de apresentar as características climáticas que envolvem a bacia hidrográfica do rio Piauí e a sua interação com elementos da geodiversidade, como a cobertura pedológica, a geologia e o relevo, ambos em sua dinâmica e evolução, influenciadas pelo clima. Christofolletti (1980) enfatiza que os processos morfogenéticos estão associados às condições climáticas, que é um fator na designação de agentes e mecanismos de comportamento dos processos morfoclimáticos.

Tratando-se da geologia, o clima interfere na gênese de rochas sedimentares, viabilizando a fragmentação de rochas magmáticas ou metamórficas, e assim gerando sedimentos que passarão pelas alterações dos processos de compactação, cimentação e recristalização. Os processos de meteorização e intemperização provocados pelo clima sobre

as rochas são responsáveis também pelo desenvolvimento da cobertura pedológica (Bento et al., 2016).

Em regiões de clima úmido a tendência é que evoluam solos profundos com alto grau de intemperização, enquanto que em climas de pouca disponibilidade hídrica, como no semiárido nordestino, é comum a formação de solos, rasos e com baixo grau de desenvolvimento pedogenético. É importante ressaltar que a conjugação de outros elementos da paisagem interferem nestes processos, como o relevo e o tempo de exposição do material de origem.

Em contrapartida, a resistência litológica reflete na atuação das condições climáticas, uma vez que, uma área com variação litológica, submetida à condições hídricas favoráveis ao intemperismo químico pode culminar em morfologias com distinção. A subordinação aos contextos morfoclimáticos imprimem na paisagem ambientes singulares, com dinâmica própria, em constante possibilidade de transformação.

Considerando tais premissas torna-se imprescindível contextualizar a atuação dos sistemas atmosféricos no estado de Sergipe, com ênfase no seu comportamento sobre o volume das precipitações e temperaturas médias anuais, elementos de destaque na dinâmica ambiental.

Conforme Lacerda (2010), o clima da região Nordeste possui, em média, precipitação acumulada com valores inferiores a 500 mm/ano e superiores a 2000 mm/ano. Assim, grande parte do Nordeste do Brasil (NEB) é comumente atingido por secas agrícolas, bem como hidrológicas, responsáveis pelas perdas produtivas da agricultura e pecuária, como no comprometimento do abastecimento de água para uso e consumo humano, quer nos núcleos urbanos, quer nos rurais.

Como a maioria dos Estados do Nordeste, Sergipe está submetido ao sistema climático da zona costeira e do semiárido brasileiro, caracterizando um território de escassez, irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas, que influenciam no desenvolvimento social e econômico, de fato é a distribuição cronológica das chuvas que dita os impactos relevantes no campo meteórico.

Em Sergipe, os aspectos pluviométricos são similares àqueles evidenciados o NEB, e, neste caso, as principais massas de ar responsáveis pelas precipitações pluviométricas no estado são, a Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS), que atua no setor a noroeste do estado; a Massa Polar Atlântica (MPA) e a Massa Tropical Atlântica (MTA), que influencia os parâmetros pluviométricos nos outros setores do estado, controladas pelo fenômeno da

continentalidade. Quanto a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sua atuação se estabelece sazonalmente, especialmente entre os meses de março e abril.

A ausência deste sistema meteorológico ZCIT no estado resulta na redução do quantitativo das precipitações pluviométricas, com ênfase no semiárido, que já está submetido a um regime de chuvas reduzido em relação às outras áreas (Lima, 2012).

A MEAS também exerce relevância no período, principalmente durante o mês de maio, o mais chuvoso, em conjunto com a MTA. Com presença das frentes frias, a temperatura atmosférica diminui e o volume pluviométrico tende a aumentar no litoral. Tratando-se dos fatores geográficos na distribuição das chuvas ressalta-se que em Sergipe, destacam-se a continentalidade e a maritimidade, considerando que o relevo atua de maneira pontual em locais restritos (Diniz et al., 2014).

A divisão climática de Sergipe, segundo as condições climáticas destes fenômenos consiste em Litoral Úmido, Agreste e Semiárido. A precipitação pluviométrica decresce nesta disposição (CEMESE, 2009). Costa e Santos (2011) cientificam que no Litoral Leste tem-se isoietas superiores a 1600 mm. No Semiárido a precipitação anual é inferior a 800 mm, chegando a menos de 500 mm. De modo geral, o período chuvoso no Estado se concentra entre os meses de abril a agosto, com o máximas nos meses de maio e junho.

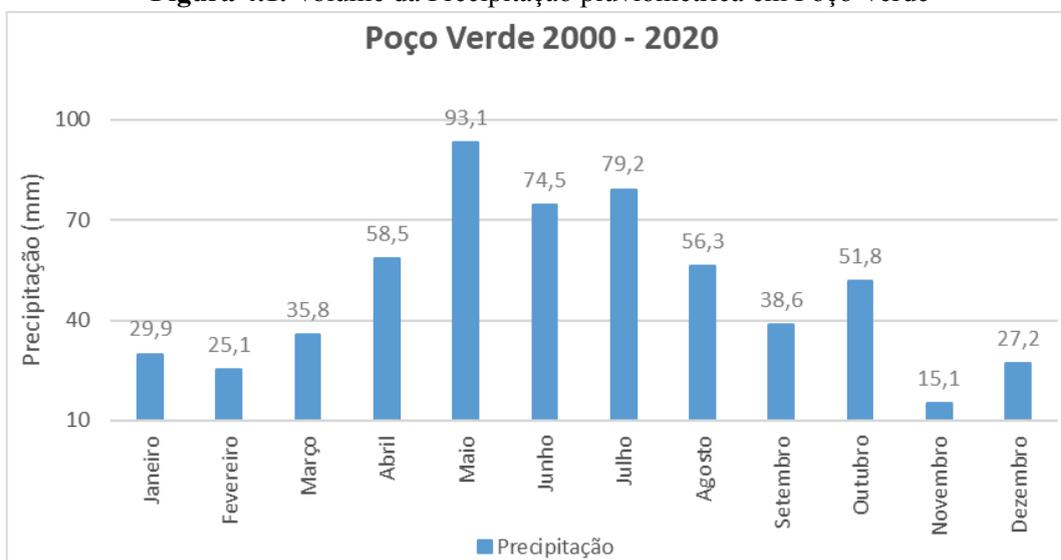
Considerando essa definição, Diniz et al., (2014) analisaram os climogramas de alguns municípios e qualificaram que o agreste estaria representado por duas faixas subúmidas, por caracterizar um ambiente de transição para o semiárido. A primeira se situa mais próxima do litoral com 3 a 4 meses secos, e a segunda faixa contemplando 5 a 6 meses secos, no interior do sertão semiárido. Na análise dos autores é enfatizado que nas cidades próximas ao litoral têm-se aproximadamente 2 meses secos, com exceção do setor a nordeste. Enquanto no extremo nordeste, já no semiárido, o período de seca pode se estender por 7 a 8 meses.

Para contextualizar a bacia hidrográfica do rio Piauí, quanto a distribuição das chuvas e sua conseqüente atuação sobre os componentes da geodiversidade, foram analisados os dados pluviométricos de quatro municípios inseridos na área de estudo, Poço Verde (2000-2020), Itabaianinha (2000-2020), Indiaroba (1980-2013) e Umbaúba (1980-2013). Os dados foram disponibilizados pelo Centro de Meteorologia de Sergipe (CEMESE) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a partir dos quais foram produzidos gráficos representativos com o volume médio de chuva em cada mês dos respectivos anos.

Para o período analisado, o município de Poço Verde, situado no extremo noroeste da bacia, apresentou seis meses secos com volumes inferiores a 40 mm/mês. Há consenso que o

período chuvoso concentra-se entre os meses de maio e julho atingindo uma média de 93,1 mm/mês (Figura 4.1).

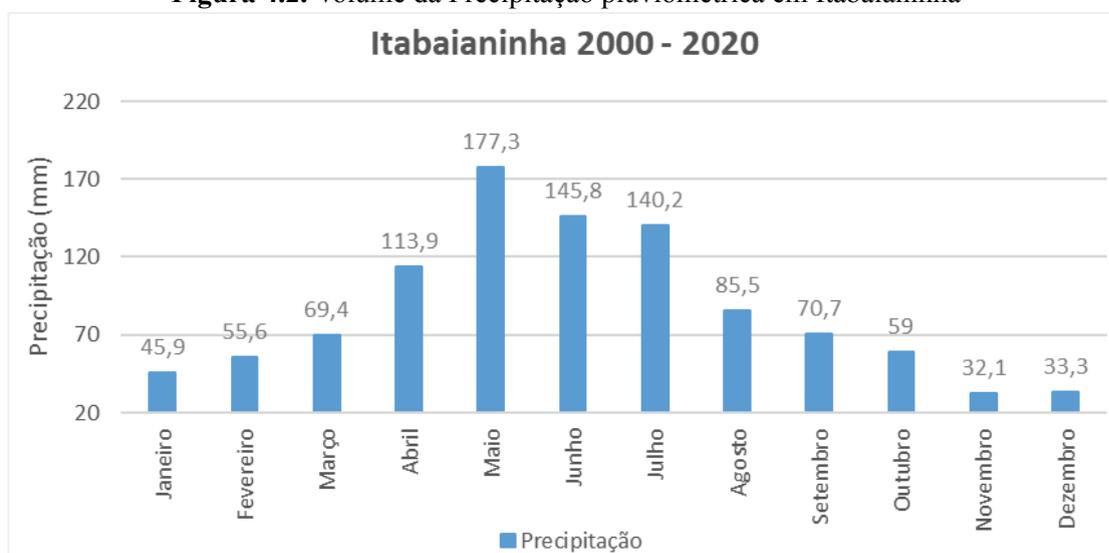
**Figura 4.1.** Volume da Precipitação pluviométrica em Poço Verde



Fonte: INMET, 2022. Elaboração: Santana, 2022.

A série histórica de Itabaianinha, permite identificar que o comportamento mensal das precipitações se enquadra no padrão climático do setor agreste do estado com 4 meses secos. O período chuvoso se inicia em abril e pode se estender até agosto com média máxima de 177,3 mm/mês (Figura 4.2). Se assemelha à condição de Poço Verde no que concerne a distribuição cronológica.

**Figura 4.2.** Volume da Precipitação pluviométrica em Itabaianinha

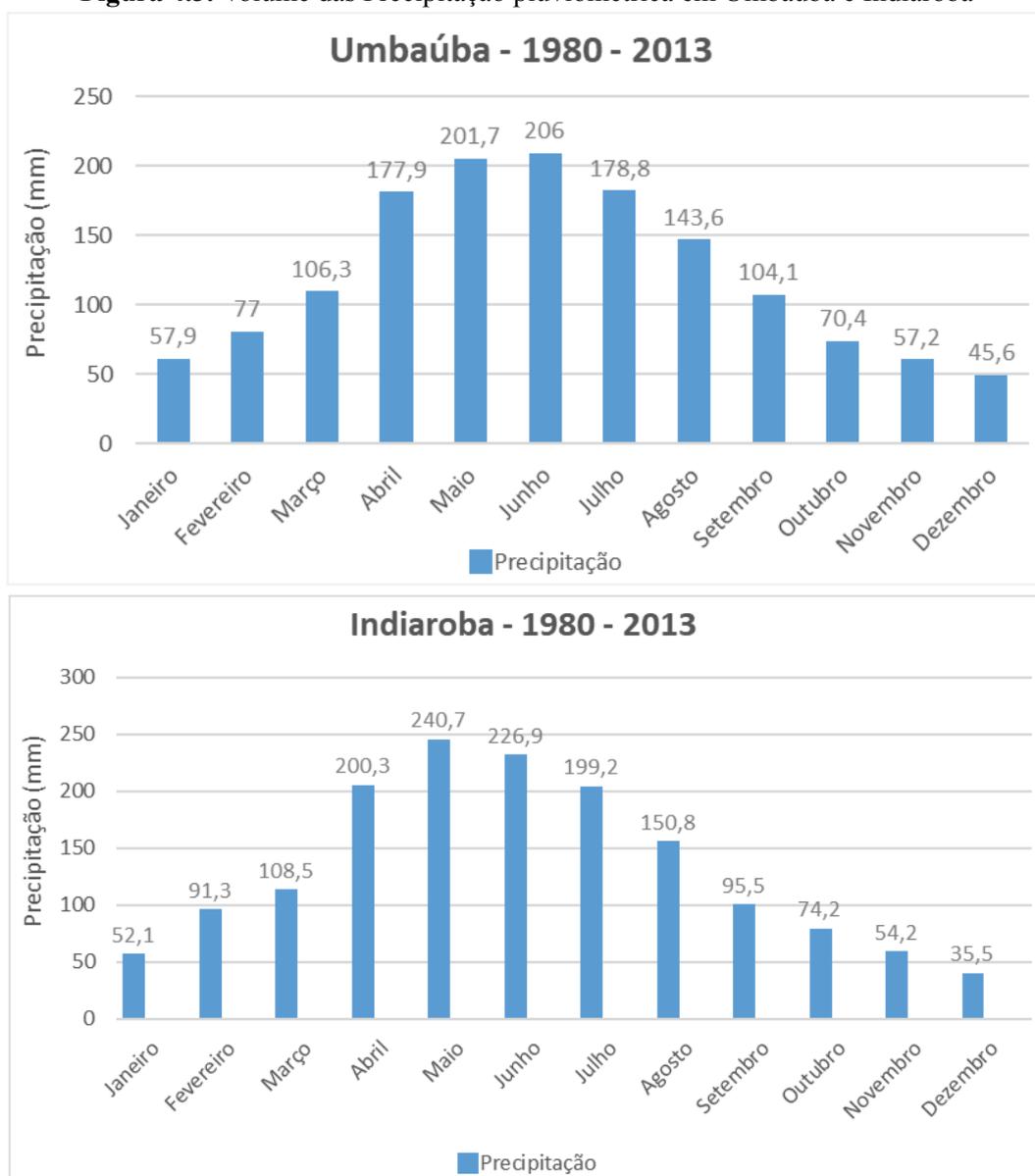


Fonte: INMET, 2022. Elaboração: Santana, 2022.

Em Umbaúba, município constituinte da bacia, situado na zona do agreste, observou-se a ocorrência de três meses secos, de outubro a fevereiro, com precipitação abaixo de 80 mm/mês. Nos demais meses valores acima de 80 mm/mês (Figura 4.3). No período, em questão, mês de junho se destacou com a maior precipitação mensal, de 206 mm. Estando mais ao sul, aparentemente tem acrescido alguns milímetros de chuvas.

O município de Indiaroba, situado no litoral sergipano, apresentou os maiores quantitativos de chuvas nesse contexto e semelhanças no padrão pluviométrico com Umbaúba. A estação seca contempla os meses de outubro a janeiro com chuvas abaixo de 75 mm/mês (Figura 4.4). O período chuvoso se amplia por 7 meses concentrando os volumes mais elevados de abril a julho, sendo o maior dos municípios analisados.

**Figura 4.3.** Volume das Precipitação pluviométrica em Umbaúba e Indiaroba



Fonte: CEMESE, 2022. Elaboração: Santana, 2021.

Os dados atestam que existe um declínio significativo na distribuição cronológica e espacial no quantitativo das chuvas na bacia hidrográfica do rio Piauí, do semiárido ao litoral. Pode-se inferir que o padrão de chuvas se mantém nos municípios da bacia, diferenciando-se em seus índices representativos do clima nordestino como um todo. O padrão do período chuvoso e de estiagem são os mesmos, ou seja, maiores índices no inverno e os menores em verão, comprovando atuação dos sistemas atmosféricos no Estado de Sergipe em suas regiões em proporções diferentes.

Assim, deduz-se que os atuais ambientes combinados pela geodiversidade, biodiversidade e o uso e ocupação das terras estejam em sintonia com a configuração climática. À medida que estes componentes forem abordados e discutidos, as condições de ordem atmosféricas serão retomadas.

#### **4.2 Unidades e Subunidades de Paisagem**

As unidades e subunidade de paisagem da bacia hidrográfica do rio Piauí foram definidas considerando como principal componente a geomorfologia e sua associação com a geologia, pedologia e o desenvolvimento das atividades produtivas.

Para a compartimentação foram adotadas as nomenclaturas na classificação geomorfológica do mapeamento do Projeto Radam Brasil (1983), sendo eles: os Domínios Morfoestruturais, denominados grandes conjuntos estruturais que produziram arranjos regionais de relevo, guardando relação casual entre si; as Regiões Geomorfológicas, referentes ao grupamento de unidades geomorfológicas, que apresentam semelhanças resultantes da convergência de fatores de sua evolução e as unidades geomorfológicas, que são uma associação de formas de relevo recorrentes, geradas de uma evolução comum e dos tipos de modelados.

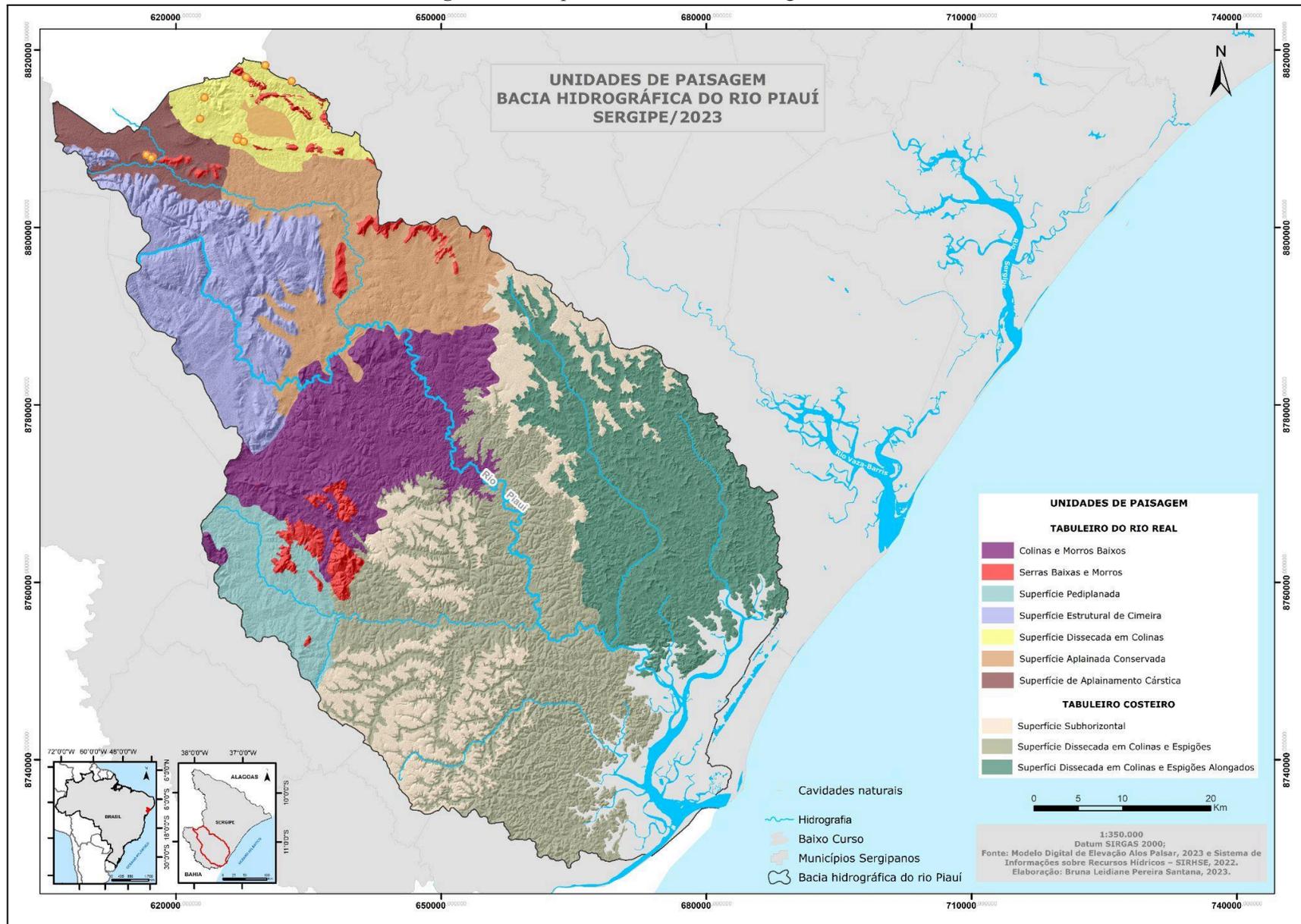
Neste cenário, a BHRP está contida em dois Domínios Morfoestruturais das Bacias e Coberturas Sedimentares e dos Depósitos Sedimentares. O Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares apresenta como Unidade Morfoescultural o Planalto Palmares-Estância e o Tabuleiro do Rio Real como unidade geomorfológica.

De modo geral, a unidade Tabuleiro do Rio Real caracteriza-se como uma área aplainada, com cerca de 300 m de altitude, intercalada por elevações residuais, representadas por um bloco residual que integra os arenitos da Formação Palmares. Nas superfícies elevadas destacam-se as escarpas alinhadas para oeste com caimento topográfico para leste (Brasil, 1983).

Quanto aos Depósitos Sedimentares, são representados pelas regiões dos Planaltos Inundados e pela unidade dos Tabuleiros Costeiros, caracterizados por um modelado com formas erosivas e tabulares, representadas por interflúvios e planos entalhados por canais fluviais. Como a unidade evolui sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, o processo de dissecação está associado à heterogeneidade da resistência dos sedimentos inconsolidados em planos de fraqueza ou zonas de falhas.

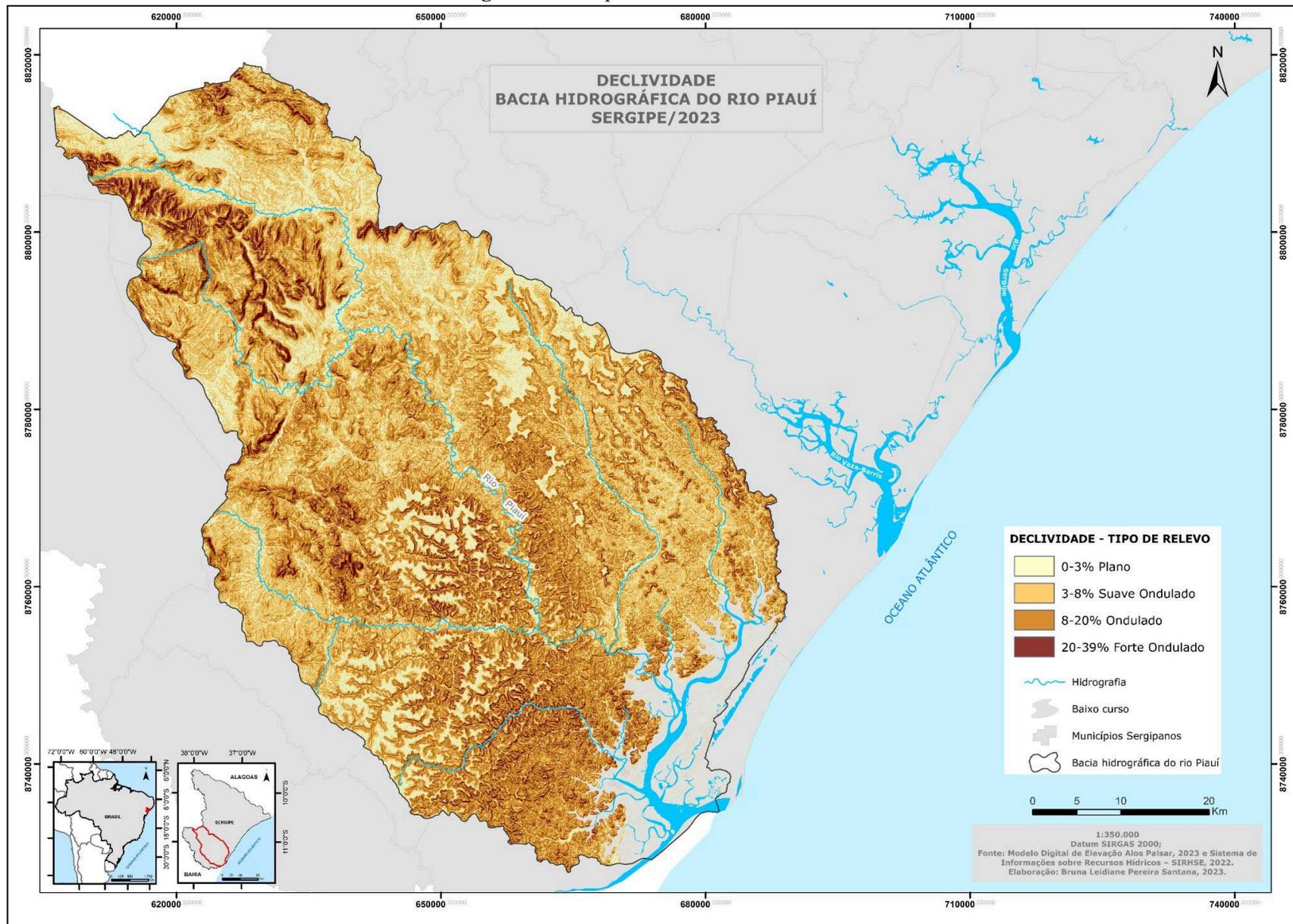
O Tabuleiro do Rio Real foi compartimentado nas subunidades Superfície Estrutural de Cimeira; Superfície de Aplainamento Cárstica; Superfície Dissecada em Colinas; Superfície Aplainada Conservada; Colinas e Morros Baixos; Superfície Pediplanada; Serras Baixas e Morros. Enquanto o Tabuleiro Costeiro foi subdividido em Superfície Subhorizontal; Superfície Dissecada em Colinas e Espigões e Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados (Figura 4.4; 4.4; 4.6), esculpidas sobre Embasamento Gnáissico; Faixa de Dobramento Sergipana Formações Superficiais Continentais (Figura 4.7), que propiciaram a origem de Argissolos, Planossolos, Neossolos e Cambissolos. (Figura 4.8).

Figura 4.4. Mapa das Unidades de Paisagem BHRP



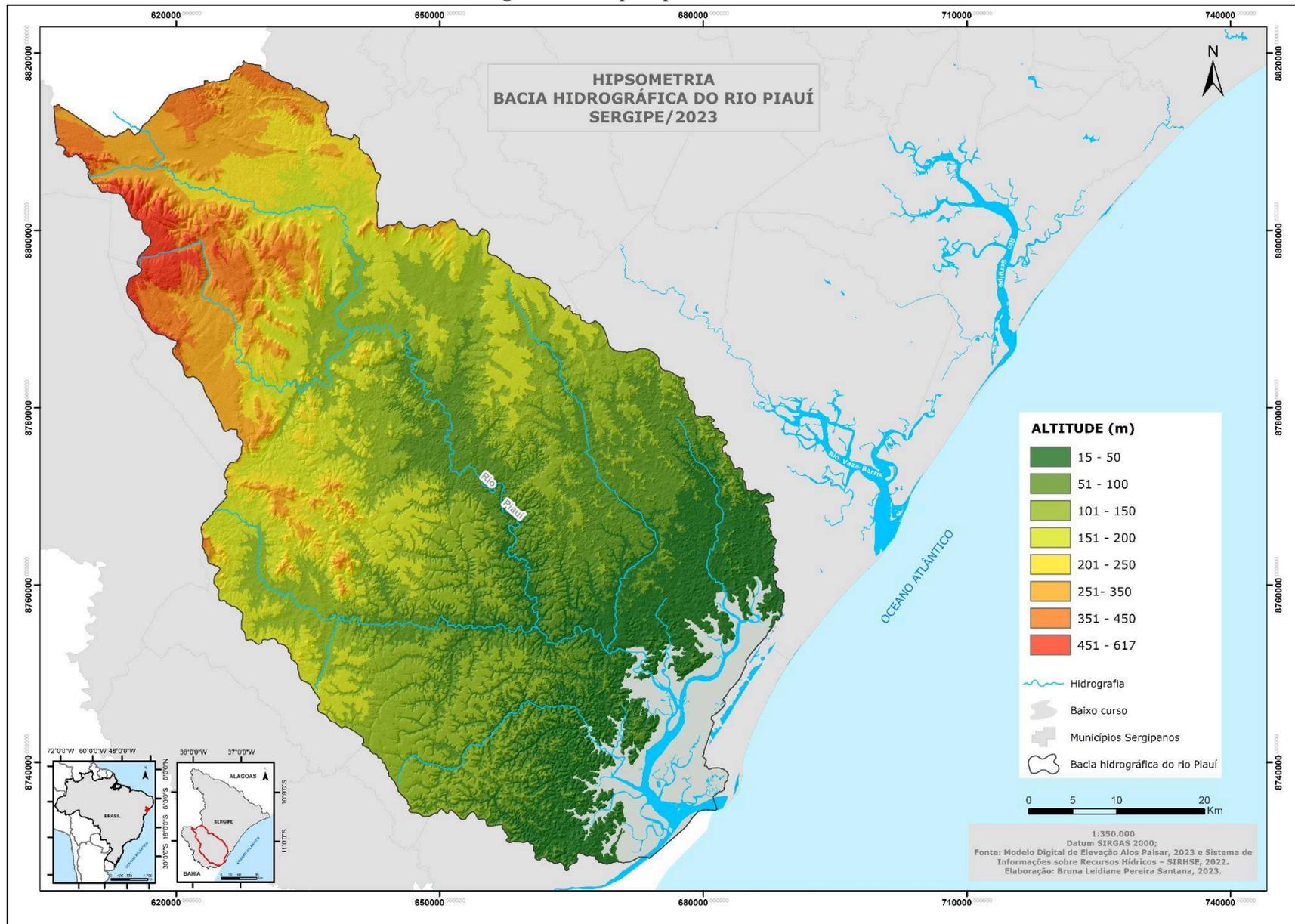
Fonte: Santana, 2023.

Figura 4.5. Mapa da declividade da BHRP



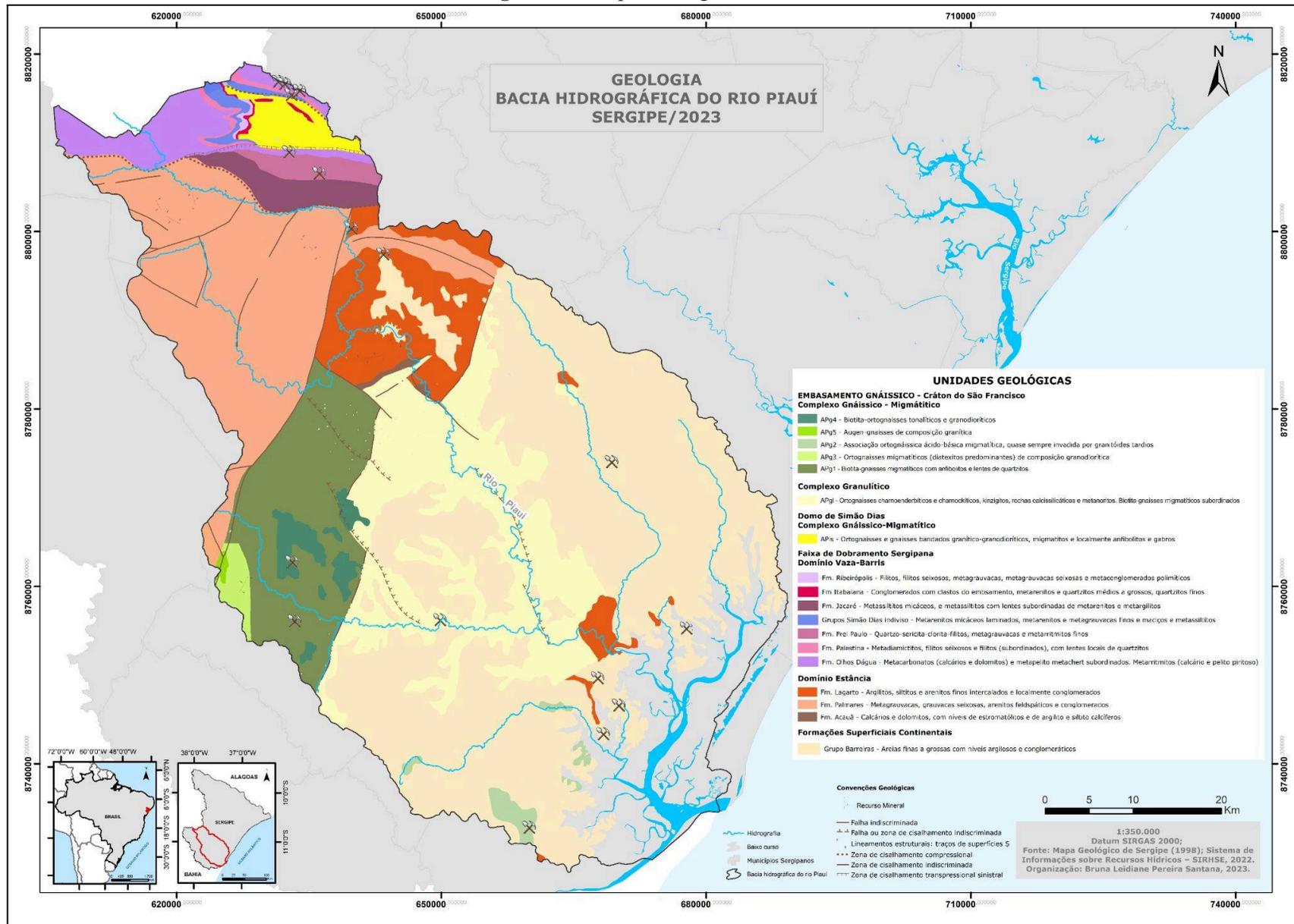
Fonte: Santana, 2023.

Figura 4.6. Mapa hipsométrico BHRP



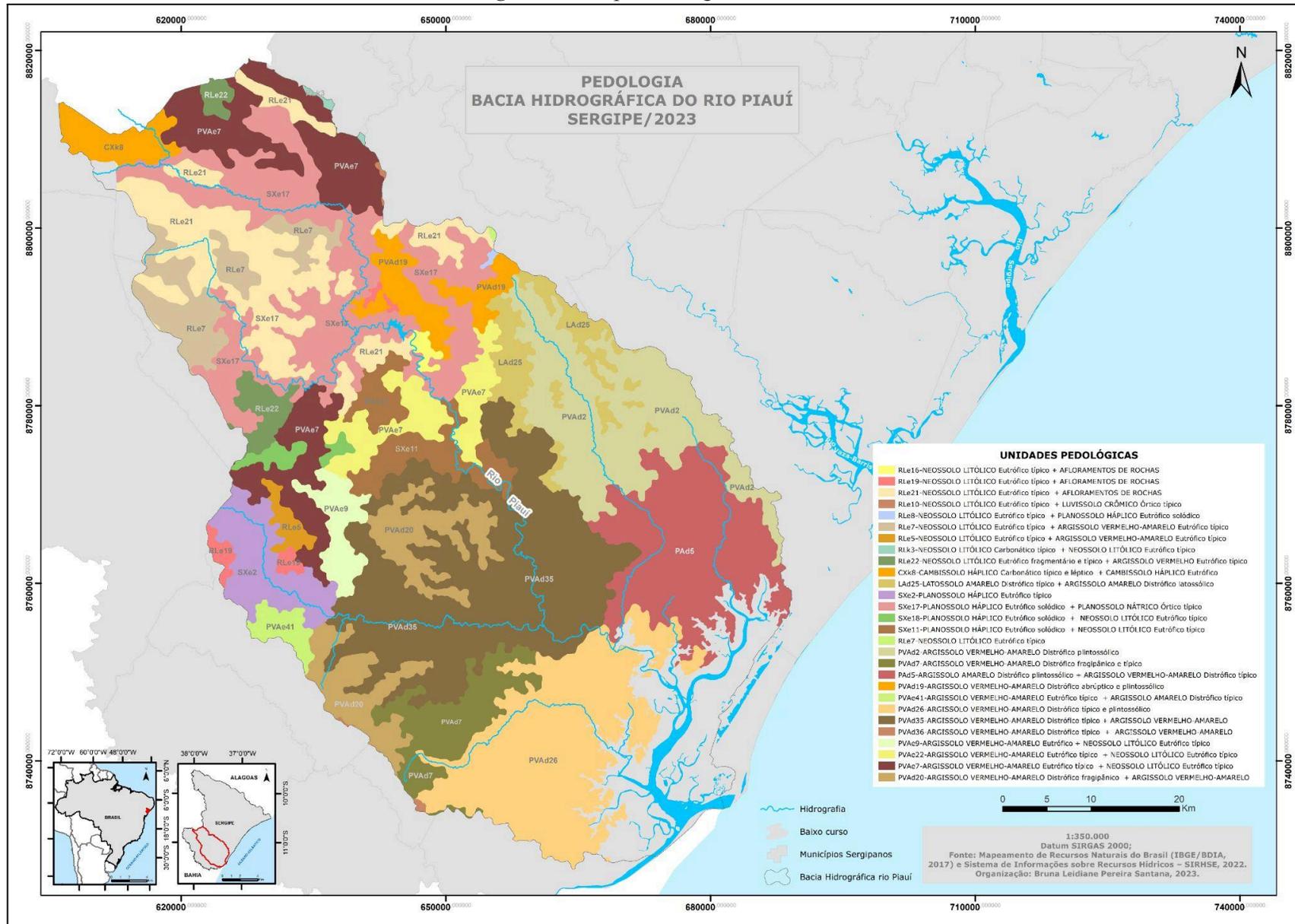
Fonte: Santana, 2023.

Figura 4.7. Mapa Geológico da BHRP



Fonte: Santana, 2023.

Figura 4.8. Mapa Pedológico da BHRP



Fonte: Santana, 2023.

Durante a construção desta seção confirmou-se que a geologia é um dos principais fatores que condicionam a origem das feições morfológicas e a evolução da cobertura pedológica. Por esta razão é necessário contextualizar a complexidade que envolve o cenário geológico da BHRP, antecedendo a sua integração nas unidades de paisagem.

Deste modo, a diversidade litológica do Estado de Sergipe, assim como da bacia hidrográfica do rio Piauí, está representada pelas províncias de São Francisco, Borborema e Costeira. A Província Estrutural de São Francisco, abrange a extensão geotectônica do Cráton do São Francisco, descrito por Uhlein et al., (2011), como fragmento continental antigo, formado por núcleos do Arqueano, configurados por cinturões orogênicos do Riaciano.

O agrupamento de rochas que constituem o seu embasamento são remanescentes de crátons e cinturões móveis do Neoarqueano e do Riaciano, onde se depositaram as coberturas intracratônicas, denominadas de Espinhaço Meridional e Chapada Diamantina, e bacias de antepaís, ligadas a sobrecarga de frentes orogênicas (Uhlein et al., 2011).

Em Sergipe, o Cráton do São Francisco (CFS) possui maior expressividade areal na bacia hidrográfica do rio Piauí. O embasamento é formado por um complexo arranjo de terrenos metamórficos de alto grau (gnáisses, granitoides e granulitos) de idade arqueana, associações do tipo granito greenstone e cinturões de rochas supracrustais paleoproterozóicas (Texeira, et al. 2000).

Do ponto de vista geotectônico, o Cráton do São Francisco pode ser descrito como um mosaico de unidades estruturais, gerado por sucessivos mecanismos tectônicos que podem ser expressos por acreções crustais e/ou colisões continentais do final do Paleoproterozóico (Barbosa et al., 2003).

Conforme Barbosa (2018), o CFS é a unidade geotectônica mais visível do Escudo Pré-cambriano Brasileiro. Como entidade geológica, sua estabilização se deu no final do Paleoproterozóico (em torno de 1,8 a 2,0 Ga) e durante a evolução tectono-estratigráfica seus limites foram delimitados por cinturões ou faixas de dobramentos desenvolvidos durante o evento Brasiliano (1,1 a 0,45 Ga).

Na BHRP, o Embasamento Gnáissico derivado deste complexo se manifesta pela presença do Complexo Gnáissico-Migmatítico, Complexo Granulítico e o Vulcanismo de Arauá, resultantes de deformações estabelecidas no Cinturão Móvel Salvador-Esplanada, provavelmente, durante o Ciclo Transamazônico. Os eventos de origem são tangenciais, em ambiente propício a metamorfismo granulítico e outro de cinemática transcorrente sinistral, propiciando um retrometamorfismo às fácies de anfíbolito (Oliveira Júnior, 1990).

Em continuidade, a Província Borborema possui uma compartimentação estrutural condicionada pelo evento orogênico Brasileiro/Pan-Africano (650-530 Ma), que possibilitou a ocorrência de fenômenos como a acreção e amalgamação de blocos crustais durante o Neoproterozoico no nordeste brasileiro (Almeida et al., 1981; Brito Neves et al., 2000; 2014).

Por seu lado, a estrutura geológica foi categorizada em cinco sub-províncias tectônicas: Médio-Coreaú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Transversal e Meridional (Van Schums et al., 2008, 2011). A Subprovíncia Meridional é formada pelos terrenos Pernambuco-Alagoas, Riacho do Pontal e Faixa Sergipana. A área de estudo está inserida na porção NE desta última. A Faixa Sergipana (FS) é limitada por zonas de cisalhamento de empurrão com vergência variável entre o Cráton do São Francisco e o Terreno Pernambuco-Alagoas (Brito Neves et al., 1977).

A Faixa Sergipana, de acordo com Almeida (1977), tem seus limites geológicos definidos ao sul com o Maciço Pernambuco-Alagoas, e ao nordeste com o Cráton do São Francisco. A faixa é composta por seis distintos domínios litotectônicos - Estância, Vaza-Barris, Macururé, Marancó, Poço Redondo e Canindé – de características estruturais, metamórficas e litoestratigráficas diferentes. Na bacia hidrográfica do rio Piauí ocorrem os domínios Estância e Vaza-Barris.

No que se refere, aos domínios citados há ciência que compõem sequências que variam entre rochas metassedimentares e metavulcânicas, polideformadas com abrangente exposição de intrusões graníticas a pós-colisionais neoproterozóicas (Oliveira et al., 2014). O grau de metamórfico na FS apresenta variações com diminuição para o sul, até o Cráton do São Francisco. Nas rochas metassedimentares dos domínios Estância e Vaza-Barris, por exemplo, o grau metamórfico é menor, variando de anquimetamorfismo a fácies xisto verde, conservando estruturas do protólito.

Os metassedimentos proximais são constituídos por uma sequência miogessiclinial formada por arenitos continentais, calcários, folhelhos, siltitos, conglomerados, grauvacas e vulcânicas, estruturalmente deformados pela combinação de zonas de cisalhamentos longitudinais e falhas de empurrão com transporte tectônico para o Cráton; os metassedimentos distais situados no norte da faixa são contemplados por quartzitos, micaxistos, metagrauvacas e paragnaisses, com intercalações de formações ferríferas, rochas carbonáticas e metavulcânicas félsicas e máficas (Brito Neves, 1975; Silva Filho, 1978; Santos e Brito Neves, 1984).

Conforme os estudos de Brito Neves et.al., (1977), a zona Sergipana, relativo a Faixa de Dobramentos, é produto da evolução e consolidação de um sulco geossinclinal situados nas

bordas do Cráton do São Francisco, definida com moderada instabilidade, com uma sedimentação pelítico-carbonática, equivalente a própria cobertura da plataforma.

Os autores em referência destacam nesta zona, uma espessa, extensa e contínua unidade carbonática (“Olhos d'Água”, “Jacoca”), intermediária de seções clásticas. O embasamento acha-se exposto na janela tectônica de Simão Dias e no Domo soerguido de Itabaiana.

A origem e evolução da Faixa Sergipana é caracterizada por distintos processos relacionados à tectônica de placas durante o Mesoproterozóico e o Neoproterozóico. Entre as décadas de 1970 e 2000, inúmeros pesquisadores expuseram as suas teorias e modelos associados a esta unidade geotectônica. Carvalho, 2005, p. 24, expõe que

[...] com a evolução dos conhecimentos sobre a FS como um todo, principalmente em relação a dados geocronológicos de boa qualidade e precisão, está vindo à tona uma história evolutiva muito mais complexa e cronologicamente extensa, marcada por diferentes eventos importantes, relacionados a mais de um dos principais ciclos evolutivos da geotectônica global.

Segundo Brito Neves (1975), a Faixa Sergipana foi originada pela colisão entre o Cráton do Congo-São Francisco (CSF) e o Maciço Pernambuco-Alagoas (PEAL), que propiciou deformação e metamorfismo durante a Orogenia Brasiliana com aproximadamente 600-700M. O modelo explicativo contempla um Geossinclinal mais clássico, que considera a região dobrada um mosaico comumente preenchido com material terrígeno. A evolução geossinclinal se aproxima das condições preconizadas de miogeossinclineos.

Em 1985, p.23 o autor supracitado afirma que “os compromissos descritivos e dedutivos e sua afeição maior para o lado das ciências naturais, sem um suporte à altura no conhecimento físico e químico da litosfera, tornam esta escola como um todo mais vulnerável”.

O modelo de implantação da Faixa Sergipana, segundo Jardim de Sá et. al., (1986) pode estar associado a rifteamento e formação de margens atlânticas, similares às modernas. Esta hipótese se assegura pela disposição N-S e NNE da antifossa, resultando em um forte ângulo com a zona miogeossinclinal de direção NW e WNW, que condiz com a hipótese de rifteamento.

Assim, as feições estruturais remetem para um modelo de cisalhamento simples progressivo tangencial com cavalgamento do bloco norte, sobre metassedimentos, e deste sobre o Cráton São Francisco. A colisão entre o Cráton, que possui massas continentais mais rígidas ao sul, com o Maciço Pernambuco-Alagoas gerou dobras tardias por achatamento e

zonas de cisalhamento transcorrentes.

Trompette (1994) estabelece a estruturação do Cinturão de Dobramentos Sergipano a partir de duas hipóteses: uma que os domínios representam uma transição gradual de sul para norte (sequência plataforma), com elevada complexidade de deformação e aumento do metamorfismo para o centro do cinturão. E a outra, que é constituída por miniplacas com evoluções tectônicas diferentes que colidiram obliquamente com o Cráton São Francisco. O cinturão constitui a continuação correspondente ao Cinturão de dobramentos Oubanguides (África) originando um Mega-orógeno (Orogenia Pan-Africano-Brasiliano) de direção E-W superando 5000 km.

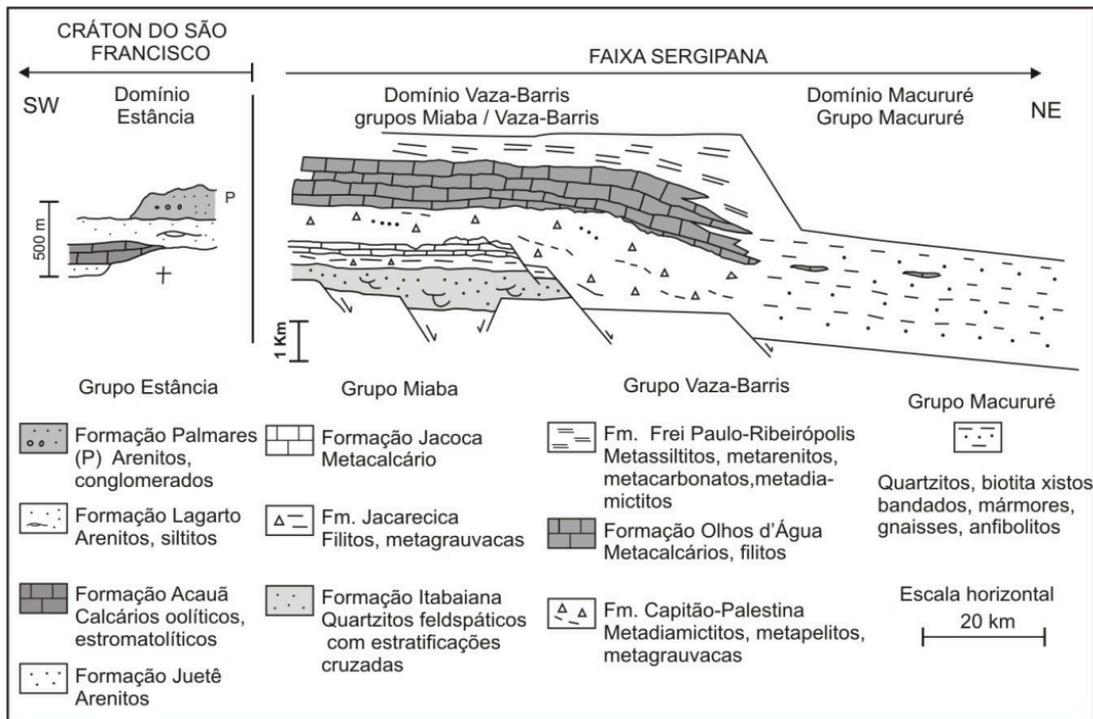
Para D'el-Rey Silva (1995) o Cinturão de Dobramentos Sergipano representaria uma clássica orogenia colisional (resultam de interação convergente de placas litosféricas), compatível com fragmentação e amalgamento do supercontinente Gondwana ao longo das zonas de fraqueza litosférica no Proterozóico. Este processo resultaria no fechamento de um pequeno oceano, com possível subducção de arco magmático e uma linha de sutura com o Cráton, correlacionada com a Falha de Macururé.

Através de dados geofísicos de aeromagnetometria, obtidos ao longo da margem do Cráton São Francisco (Torres et al. 1994), foi possível identificar que a Falha de Macururé, com continuidade na Faixa Riacho do Pontal (Jardim de Sá et al. 1986), seria o remanescente da linha de sutura da subducção que se manifestou na porção norte.

Correlações litológicas, estruturais e isotópicas sugerem que a Faixa Sergipana apresenta continuidade pela Faixa Yaoundé, Camarões, África (Oliveira et al., 2006). A faixa é interpretada como resultado de esforços concebidos por sistema de empurrões de vergência para sul e retroempurrões para norte, reflexo da convergência entre a Província Borborema (PB), a norte, e o Cráton do São Francisco, a sul, durante o evento Brasiliano/Pan-Africano (Brito Neves et al., 1977a; Davison, 1987).

Na bacia hidrográfica do rio Piauí a Faixa Sergipana é representada pelos domínios Vaza-Barris e Estância (Figura 4.9). O limite entre eles ocorre através da Falha do Rio Jacaré, uma zona de cisalhamento rúptil-dúctil contracional de alto ângulo. Como descontinuidade estrutural esteve submetida a diversas reativações desde a formação da bacia, até pelo menos o Mesozóico, já que o prolongamento sudeste (Falha de Itaporanga) limita parcialmente a Bacia de Sergipe (Santos et al., 1998).

**Figura 4.9.** Quadro estratigráfico da porção centro-sul da Faixa Sergipana



Fonte: Uhlein, 2011.

Para Del'Rey (1995), mesmo a Zona de Cisalhamento Itaporanga separando o Domínio Estância do Domínio Vaza Barris, os dois têm sido considerados como intimamente relacionados e depositados em margem passiva do CSF. Jardim de Sá et al. (1986) descreveram clastos de rochas vulcânicas inclusos nas grauvascas do Domínio Vaza Barris e as interpretaram como turbiditos associados à exumação de arco vulcânico situados ao norte e depositados em bacia de *foreland*.

De modo geral, o Domínio Vaza-Barris evidencia alternâncias de diamictitos e carbonatos e constitui-se uma ampla área para estudo de rochas enigmáticas. Na área prevalecem estruturas de um *fold-and-thrust belt*, com duas superfícies de foliações S1 e S2, onde a segunda foliação é a superfície predominante, plano-axial dos principais dobramentos observados (Uhlei, 2011).

Quanto a província Costeira, tem-se as Formações Superficiais Continentais, do Cenozóico, que compreendem os sedimentos do Grupo Barreiras, que são considerados por Bezerra (2001), como a última rocha sedimentar terciária do Nordeste, associada aos eventos de abertura do oceano Atlântico. Pressupõe-se que os 4.000 km do litoral brasileiro abrangidos por esses sedimentos tenham origem com rampas dentríticas coalescentes do continente em direção ao litoral.

O processo de sedimentação do Barreiras foi condicionado por diferentes fatores,

como movimentos tectônicos e mudanças climáticas, que influenciaram nas oscilações do nível do mar e por conseguinte criaram ambientes propícios à erosão e sedimentação que originaram esta formação.

Na BHRP, as litologias que compõem Embasamento Gnáissico e a Faixa de Dobramento Sergipana, no médio e baixo curso são recobertas pelos sedimentos do Grupo Barreiras, que incorporam as Formações Superficiais Cenozóicas, constituídas por sedimentos terrígenos (cascalhos, conglomerados, areias finas e grossas e níveis de argila), pouco ou não consolidados, com variadas estratificação irregular.

#### *4.2.1 Unidade de Paisagem Tabuleiro do Rio Real*

O Tabuleiro do rio Real está compartimentado em Superfície Estrutural de Cimeira; Superfície de Aplainamento Cárstica; Superfície Dissecada em Colinas; Superfície Aplainada Conservada; Relevo de Colinas e Morros Baixos; Superfície Pediplanada e Serras Baixas e Morros, abrangendo os municípios de Itabaianinha, Riachão do Dantas, Tobias Barreto, Poço Verde, Simão Dias e Lagarto

Para Silva (2010), a gênese destas subunidades do Tabuleiro do Rio Real está relacionada à evolução de uma depressão interplanáltica influenciada pelo controle estrutural de um sistema de falhas subsequente da formação da Bacia Sedimentar Recôncavo-Tucano Jatobá.

##### *4.2.1.1 Superfície Estrutural de Cimeira*

A subunidade Superfície Estrutural de Cimeira, denominada por Dantas e Shinzato (2017) como Planalto de Palmares, está situada nos municípios de Simão Dias, Riachão do Dantas e Lagarto. Essa unidade se caracteriza como uma superfície elevada com cotas entre de 300-600 metros, fragmentada em topos aplainados levemente dissecados com inclinação para oeste e bordas escarpadas formadas por vertentes muito íngremes. As extremidades da superfície formam alongamentos com patamares diferenciados (Figuras 4.10 e 4.11).

**Figura 4.10.** Compartimentação da Superfície Estrutural de Cimeira no município de Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

**Figura 4.11.** Superfície Estrutural de Cimeira vista do povoado Triunfo no município de Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

A dissecação do relevo exprime na paisagem vales V, que são esculpidos por canais de drenagem intermitentes. Além disso, as nascentes de rios como Piauí (Serra dos Palmares), Buri, Cabloco, Piauitinga, Boqueirão, Samba e Poção estão situadas nessa superfície (Figuras 4.12 e 4.13).

**Figura 4.12.** Vales em V esculpidos sobre a Superfície Estrutural de Cimeira em Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

**Figura 4.13.** Nascente do rio Piauí no topo da Superfície Estrutural de Cimeira no município de Riachão do Dantas/SE



Fonte: Santana, 2023.

A subunidade está associada a rochas da Formação Palmares, datada do mesoproterozóico e neoproterozóico, como grauvacas seixosas, arenitos feldspáticos e conglomerados, muito litificados, compactos, que podem ocorrer com lentes de conglomerados polimíticos desorganizados. Tais conglomerados possuem clastos de gnaisses,

quartzo, quartzito, carbonatos, xistos e metabasitos. A estrutura sedimentar restringe-se, sobretudo, por estratificações plano-paralela. No Nordeste e Noroeste do município de Lagarto é possível identificar metarenitos finos, cor cinza-escuro, muito litificados, com fragmentos angulosos de argilitos de cor marrom, geralmente milimétricos (Souza, et al., 1997).

De acordo com Bizzi et al (2003), a Formação Palmares está assentada sobre uma bacia antepaís tardiorogênica, originada por sobrecarga tectônica, ocorrida entre o final do Neoproterozóico e o início do Ordoviciano. Saes e Vilas Boas (1992) apud Saes e Vilas Boas (1986) referem-se a formação como uma espessa e heterogênea sucessão de sedimentos terrígenos depositados nas planícies de maré, plataformas lamosas e correntes de maré.

Como um estrato resistente à ação dos processos intempéricos, a cobertura pedogenética apresenta solos com baixo grau de evolução, destacando-se a ocorrência dos Neossolo Litólico Eutrófico + Afloramentos de Rochas e Neossolo Litólico Eutrófico típico. A resistência da litologia é evidenciada pela presença de afloramentos rochosos que estão distribuídos na paisagem da morfologia e nos perfis do Neossolo Litólico (Figura 4.14). Durante os trabalhos de campo foi possível identificar a exposição de campos de matacões representativos da subunidade (Figura 4.15).

**Figura 4.14.** Perfil de Neossolo Litólico em vertente da Superfície de Cimeira.



Fonte: Santana, 2023.

**Figura 4.15.** Campo de matacões da Formação Palmares Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

Em função das restrições do solo da subunidade, especialmente no que diz respeito à evolução pedogenética, a atividade produtiva predominante é a pecuária extensiva. (Figura 4.16). Mesmo estando situada na divisão climática do semiárido sergipano, os moradores do povoado Palmares, relataram que no período do verão as chuvas são frequentes e que rebanhos bovinos e caprinos de outros locais são levados para os pastos da área. De forma pontual, os moradores cultivam produtos temporários com a finalidade de subsistência familiar.

**Figura 4.16.** Rebanho de bovino no topo da Superfície de Cimeira no município de Riachão do Dantas/SE



Fonte: Santana, 2023.

Uma singularidade em relação às outras subunidades é a cobertura homogênea da vegetação nativa de porte arbóreo-arbustivo e seus aspectos de conservação, com destaque para os fragmentos das vertentes, em função da maior restrição ao desenvolvimento das atividades produtivas, que, mesmo com declividades acentuadas, não foram identificados processos erosivos que pudessem evidenciar a morfodinâmica atual.

#### *4.2.1.2 Superfície de Aplainamento Cárstica*

Nos limites geomorfológicos da Superfície Estrutural de Cimeira ocorrem diferentes superfícies de aplainamento como a Superfície de Aplainamento Cárstica situada ao sul, nos municípios de Simão Dias e Poço Verde (Figura 4.17). A denominação da subunidade justifica-se pelo predomínio de litologias da Formação Olhos D'Água, do Mesoproterozóico-Neoproterozóico, constituída por rochas carbonáticas laminadas, com intercalações subordinadas de metapelitos, submetendo a área aos processos de dissolução, que originaram uma morfologia plana levemente abaciada.

**Figura 4.17.** Superfície de Aplainamento Cárstica no povoado Triunfo-Simão Dias/SE





Fonte: Santana, 2023.

A expressividade do pacote litológico encontra-se na circunvizinhança do Domo de Simão Dias, em associação com o contato tectônico de ortognaises do embasamento, e com arenitos da Formação Palmares do Grupo Estância. Para Uhlein et al (2011), os metacarbonatos da formação foram depositados durante um trato de sistemas transgressivos com aporte reduzido de detrítico, oportuno para a sedimentação carbonática. A presença de rochas carbonáticas possibilitaram o modelamento de algumas cavidades naturais subterrâneas como as furnas do Tonho, Bié e Ailton.

Com a presença de Cambissolo Háplico Carbonático, há o predomínio de cultivos temporários, especialmente o milho, por vezes consorciados com plantios de feijão, fava e pastagens destinada à pecuária extensiva (Figura 4.18). Essa subunidade é marcada pelo elevado grau de intervenção das atividades humanas, evidenciada pelo predomínio de pastagem e agricultura ao longo da paisagem, com exceção das margens dos canais de drenagem, a exemplo do rio Jacaré, ocupadas por vegetação nativa. Contudo, alguns trechos são desprovidos de matas de galerias e ciliares proporcionados processos de erosão e assoreamento.

**Figura 4.18.** Plantação de milho na Superfície de Aplainamento Cárstica no povoado Triunfo-Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

No município de Simão Dias, 491 hectares de terra são destinados às lavouras temporárias e 10.263 hectares para lavouras permanentes (IBGE, 2017). Segundo Cruz (2014), o município apresenta apenas cerca de 20% de sua área territorial indicada como apta para algum tipo de lavoura. As condições do relevo e o tipo de solo da subunidade favorecem a sua vasta ocupação. Atualmente, Simão Dias insere-se no Polo de produção de milho do Estado de Sergipe, por tratar-se de um dos maiores produtores deste cereal.

#### *4.2.1.3 Superfície Dissecada em Colinas*

Superfície Dissecada em Colinas, é caracterizada por colinas de topos ondulados a aplainados e vertentes côncavo-convexa, predominando declividades entre 3-8% e 8-20% (Figura 4.19). Destaca-se que a superfície apresentou a maior variedade litológica da bacia, da Formação Palestina, Formação Frei Paulo, Grupos Simão Dias indiviso e Formação Olhos D'Água, o que demonstrou influência sobre o padrão das morfologias, entre colinas suaves e colinas onduladas.

**Figura 4.19.** Paisagem da Superfície Dissecada em Colinas no município de Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2023.

Na BHRP, a Formação Palestina é observável no município de Simão Dias, onde está em contato tectônico com a Formação Olhos d' Água. Nela predominam diamictitos e filitos seixosos, com clastos de tamanhos muito variados, desde grânulos até matacões, oriundos de rochas granitóides e gnáissicas, além de quartzitos, filitos e metacarbonatos (Souza et al., 1998). Quanto à sua espessura, supõe-se um quantitativo superior a quinhentos metros (D'el Rey, 1992).

Os diamictitos da Formação Palestina podem estar relacionados à glaciação Marinoana, com depósitos retrabalhados por fluxos gravitacionais em bacia marinha profunda. “O registro continental desta glaciação poderia estar presente em algum local da cobertura cratônica, sob o Grupo Estância, na forma de tilitos (diamictitos) com pequena espessura, possivelmente lenticulares” (Uhlein et al, 2011).

Para D'el Rey Silva (1992), estes diamictitos são semelhantes aos do oeste do Congo e de Damara, que referem-se ao início do Neoproterozóico nos cinturões dobrados. Na sequência deposicional analisada por Uhlein (2011) para o Grupo Vaza-Barris, tem-se três tratos de sistemas, inferindo que existiu um ciclo completo de oscilação do nível do mar. Neste cenário, os metadiamictitos, base da sequência deposicional, representam depósitos de fluxos de detrito/lama, sedimentados durante nível relativo do mar baixo.

Quanto a Formação Frei Paulo, é litologicamente formada por intercalações irregulares de metassedimentos arenosos, metacalcários, calcissilicáticas e xistos calcíferos, filito, mármore, metarenito e metassilito. A unidade concentra-se ao norte do Domínio Vaza-Barris, onde os contrastes de competência e espessura das camadas, peculiares na formação, viabilizaram o registro marcante da tectônica compressional que atingiu este domínio (Souza et al., 1998).

As áreas abrangidas pela Formação Frei Paulo possuem alto potencial de desenvolvimento de atividade de extração mineral, sendo possível identificar na paisagem, locais descaracterizados pela retirada de minerais (Figura 4.20).

O Grupo Simão Dias Indiviso é constituído por metarenitos micáceos laminados, metarenitos e metagrauvas finos e maciços e metassilitos. Enquanto, a Formação Olhos D' Água nesta subunidade é representada, principalmente por filitos e metacalcários, observados no povoado Toca da Raposa.

**Figura 4.20.** Extração de filito em margem de rodovia Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

O afloramento do filito foi identificado em terço médio de vertente no perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo (Figura 4.21). Os fragmentos de tamanhos variados possuem alto grau de intemperização. Os metacalcários do tipo dolomítico foram identificados em uma área com alto potencial espeleológico no município de Simão Dias. O afloramento presente em uma caverna apresenta cor cinza com estrutura estratificada (Figura 4.22).

**Figura 4.21.** Perfil de solo com afloramento de filito no povoado Toca da raposa Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 4.22.** Metacalcário identificado em caverna do povoado Toca da Raposa, Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

Nesta subunidade concentra-se o maior número de cavidades da bacia, como Furna do Lixo, Toca da Raposa, Abismo de Simão Dias e Caverna do Sacrifício (Figuras 4.23 e 4.24) .

**Figura 4.23.** Colinas situadas nas imediações da Caverna Toca da Raposa



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 4.24.** Entrada da Caverna Toca da Raposa Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

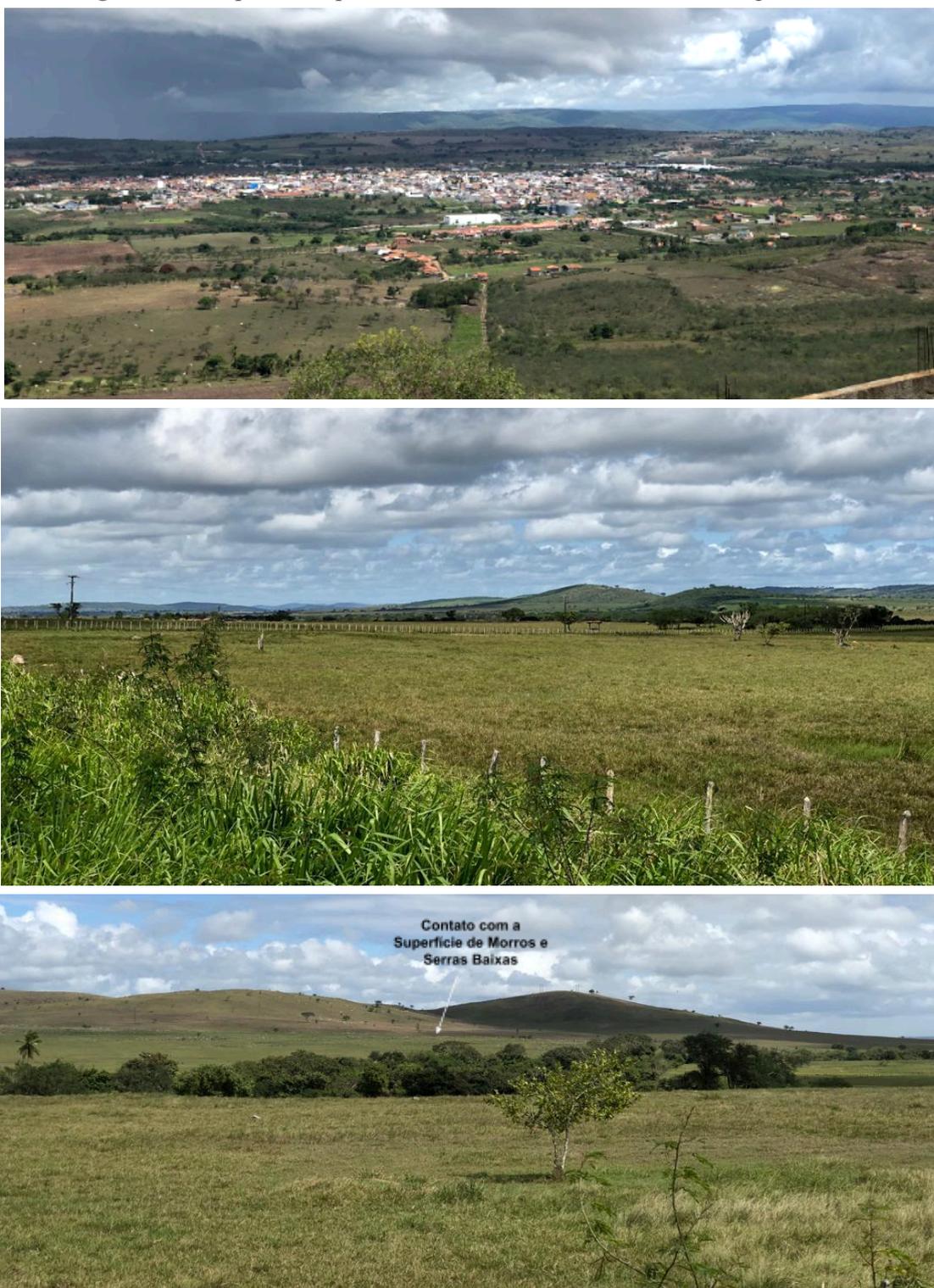
Na Superfície Dissecada em Colinas estão desenvolvidos os Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico, com textura média/argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + Neossolo litólico Eutrófico típico com textura média/arenosa e relevo suave ondulado e ondulado, ocupados por culturas temporárias representadas pelas lavouras de milho, feijão, fava, amendoim, fumo e mandioca.

Os processos morfodinâmicos observados no relevo estão associados e articulados pelas atividades produtivas, que potencializam a evolução de terracetes a exposição dos solos que estão sujeitos à ação erosiva do escoamento superficial.

#### *4.2.1.4 Superfície Aplainada Conservada*

A subunidade Superfície Aplainada Conservada, situada ao sul da Superfície Dissecada em Colinas, entre Riachão do Dantas e Simão Dias, predominando no município de Lagarto, é representada por morfologias rebaixadas com suaves ondulações em direção a rede de drenagem e declividade de 0-3%, classificada em relevo plano, evoluído sobre a Formação Jacaré, Formação Lagarto e APis, situada no Domo de Simão Dias (Figura 4.25).

**Figura 4.25.** Superfície Aplainada Conservada em Simão Dias e Lagarto/SE



Fonte: Santana, 2019 e 2023.

A Formação Jacaré, descrita por D'el Rey (1992), é composta por metassiltitos castanho-claros, micáceos, com 10-100 cm de espessura e consistem em metassiltitos castanho-claros a variegados. Nas imediações das falhas e zonas de cisalhamento as litologias

possuem coloração marrom-escura a preta, são silicificadas e endurecidas, e apresentam textura vítrea.

Para a Formação Lagarto, Souza et al (1998) identificou como principais litologias siltitos e folhelhos vermelhos; intercalações de arenitos vermelhos, arenitos vermelhos com discos de lama e clastos de carbonatos, siltitos e esverdeados com cubos de pirita. As melhores exposições destas rochas sedimentares se manifestam nos arredores da cidade de Lagarto, e, principalmente, ao longo das rodovias Lagarto-Tobias Barreto e Lagarto-Simão Dias. O contato com as rochas gnáissicas do embasamento possui tendência em ocorrer em limites tectônicos como falhas de aspectos extensional, nas demais formações do Domínio Estância este contato deve-se a falhas gradacionais.

Na averiguação de campo não foi possível observar afloramentos das unidades geológicas em superfície devido ao processo de intemperização. No entanto, no município de Lagarto, foram encontrados siltitos em formato de matacões com até um metro de diâmetro, em uma área em processo de terraplanagem no povoado Boeiro (Figura 4.26).

**Figura 4.26.** Matacões da Formação Lagarto no povoado Boeiro - Lagarto/SE



Fonte: Santana, 2022.

A unidade a APis, situada no Domo de Simão Dias, refere-se às litologias de ortognaisses miloníticos bandados, de composição granítica a granodiorítica, com intercalações subordinadas de anfíbolitos e gabros, que possuem feições migmatíticas

refletindo vários estágios de anatexia parcial. O agrupamento é composto com maior ocorrência pelos gnaisses de fácies anfíbolito, que inclui quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita (hornblenda), moscovita, sericita, epidoto e clorita (Souza et al (1998).

Aspectos litológicos associados às condições do relevo resultou na formação de Planossolo Háptico Eutrófico solódico textura arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa em relevo plano e suave ondulado + Planossolo Nátrico Órtico típico de textura arenosa/média, arenosa/argilosa e média/argilosa. Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto e plintossólico arenosa/média e arenosa/argilosa em relevo plano e suave ondulado + Plintossolo argilúvico distrófico abrupto textura arenosa/média e arenosa/argilosa e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico média/argilosa em relevo suave ondulado e ondulado + Neossolo Litólico Eutrófico típico média em relevo suave ondulado e ondulado.

Ao observar a ocupação dos solos tem-se que é prioritariamente constituída por pastagem. A agricultura foi identificada apenas em propriedades que abrange parte do perímetro irrigado do Piauí. Além disso, na subunidade estão assentadas as sedes municipais dos municípios de Lagarto e Simão Dias.

Em Lagarto iniciou sua ocupação na segunda metade do século XVI, com a sede considerada uma das mais antigas povoações do estado, sendo a terceira vila criada na Capitania Sergipense, cuja colonização se iniciou em 1596. A partir desse período, os solos foram utilizados no cultivo de algodão, milho e feijão. Contudo, durante a colonização as principais atividades foram a cana-de-açúcar e a criação de gado. (Cavalcante, 2018). O processo de ocupação ainda é fortemente presente na sua paisagem e na dinâmica socioeconômica.

Por sua vez, o município de Simão Dias estabeleceu sua ocupação no mesmo período, com o açúcar e a pecuária. No séc. XVII, além da cana-de açúcar e pecuária, a produção de farinha, café e a indústria de couro tornaram-se suas principais atividades (EMBRAPA, 2014).

#### *4.2.1.5 Colinas e Morros Baixos*

Colinas e Morros Baixos se constituem em mais uma subunidade do Tabuleiro do Rio Real e situa-se no médio curso da BHRP, nos municípios de Riachão do Dantas, Itabaianinha, Lagarto e Boquim. O conjunto de formas de relevo foram esculpidas sobre as litologias do Complexo Granulítico, Complexo Gnáissico-Migmatítico e Formação Lagarto.

O Complexo Granulítico corresponde à ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos, gnaisses kinzigíticos, rochas calcissilicáticas, metanoritos e biotita gnaisses migmatizados, bem como níveis pouco espessos de quartzitos. Santos et al., (1998) ressalta que os ortognaisses charnoenderbíticos a charnoquíticos são as litologias mais recorrentes na unidade.

Segundo Santos et al., (1998) nas imediações do município de Riachão do Dantas surgem níveis quartzíticos encaixados nos gnaisses migmatíticos. São quartzitos claros, bem recristalizados, mal foliados e um dos corpos desenha expressiva forma dobrada com concavidade voltada para norte.

Na análise, o Complexo Gnáissico-Migmatítico é representado por biotita, gnaisses migmatíticos com anfibolitos de composição granítico-granodiorítica, acinzentadas em tons mais ou menos claros em razão do menor ou maior teor de biotita, de granulação alternando de média a grossa e corpos de anfibolitos se encontram concordantes e deformados com os gnaisses migmatíticos da unidade APg1 e ortognaisses migmatíticos (diatexitos predominantes) de composição granodiorítica da unidade APg3. Além da diversidade litológica, o Complexo Gnáissico-Migmatítico sofre intrusão pelo enxame de Diques de Arauá.

Segundo Andrade (2019) os diques se bifurcam em duas direções. O principal surge no povoado de Tanque Novo, sudoeste de Riachão do Dantas, e segue para sudeste em direção à cidade de Arauá, e outro, secundário, que emerge a noroeste de Riachão do Dantas e segue para sudeste em direção a Boquim. Os Diques estão organizados de forma paralela em blocos alinhados que afloram na paisagem descontínuamente. São blocos com espessuras entre de 3 a 40 m.

A diferença entre a configuração litológica reflete-se nas formas que constituem a subunidade. O padrão de ocorrência do relevo é de feições colinares e morros baixos que apresentam diferentes estágios de dissecação com morfologias de topo ondulado e aplainados, e em menor proporção morros de topos pontiagudos, com encostas convexo-côncava com altitudes entre 130 a 200 (Figura 4.27).

**Figura 4.27.** Feições colinares e morros baixos dissecadas sobre Complexo Granulítico



Fonte: Santana, 2019.

No setor que abrange o Complexo Granulítico, as colinas e morros possuem dissecção variada, vales encaixados e abertos, com amplitude altimétrica. Os gradientes mais elevados concentram-se nas vertentes de feições com maior grau de dissecção (Figura 4.28 e 4.29). No município de Riachão do Dantas as colinas possuem topo ondulado e padrão definido, enquanto que em Boquim estas feições apresentam topo aplainado e formas irregulares.

**Figura 4.28.** Feições colinares sobre Complexo Granulítico no município de Riachão do Dantas



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 4.29.** Feições colineares sobre Complexo Granulítico no municípios de Boquim/SE



Fonte: Santana, 2019.

Ainda no setor do município de Riachão do Dantas, na subunidade de Colinas e Morros Baixos, são encontrados espigões com estrutura alongada, ressaltando topo estreito com vertentes mais íngremes quando comparado às colinas, configurando um relevo profundamente dissecado por uma densa rede de drenagem apresentando padrão paralelo (Figura 4.30).

**Figura 4.30.** Espigões dissecados na subunidade Colinas e Morros Baixos - Riachão do Dantas/SE



Fonte: Santana, 2019.

No Complexo Gnáissico-Migmatítico, destacam-se as feições evoluídas sobre a unidade APg3, no município de Itabaianinha, situado no povoado Vermelho. As colinas ocorrem de forma isoladas intercaladas por áreas aplainadas. Alguns setores, a dissecação resultou em formas discordantes com rede de drenagem incipiente (Figura 3.31).

Uma característica particular na área é a grande quantidade de fragmentos rochosos distribuídos nas morfologias, que foram utilizados para a construção de cercas de pedra, cuja finalidade foi a delimitação das propriedades rurais (Figura 3.32).

**Figura 4.31.** Feição colinar no povoado Vermelho, Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 4.32.** Cerca de Pedra no povoado Vermelho, Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2019.

As unidades pedológicas mais representativas nas morfologias são: Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico de textura média/argilosa em suave ondulado e ondulado + Neossolo Litólico Eutrófico típico textura média e relevo suave ondulado e ondulado. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico textura média/argilosa e ondulado e forte ondulado + Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura média e relevo ondulado e forte ondulado. Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico textura média/argilosa e relevo suave ondulado e ondulado + Neossolo Litólico Eutrófico típico com textura arenosa e média e relevo suave ondulado e ondulado + Planossolo Háptico Eutrófico solódico.

Há predominância do uso e ocupação dos solos pela pastagem. Contudo, a agricultura destaca-se pelo cultivo de milho e abacaxi, na área que compreende Riachão do Dantas e a diversidade de culturas temporárias presentes no perímetro irrigado do rio Piuí.

Em função do grande volume de argila disponível nos argissolos, no setor que abrange o município de Itabaianinha, se evidenciam locais de extração mineral destinada à produção de cerâmica, principal atividade do local.

#### *4.2.1.6 Superfície Pediplanada*

No limite sudeste das Colinas e Morros Baixos está a Superfície Pediplanada, que se estende entre os municípios de Tobias Barreto e Itabaianinha sobre o Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Esta superfície, conforme Passos (2011), é um testemunho dos ciclos de pediplanação, que são formados por processos de aplainamento em climas semiáridos, entretanto, os processos de dissecação se manifestam em condições climáticas úmidas intercalados com ambientes semiáridos. Atuação dos processos morfodinâmicos originam sobre o cristalino, superfícies mais dissecadas com topos arredondados.

Há que se ressaltar a ação da morfogênese sobre os pediplanos que caracteriza-se pela desagregação mecânica e pelo escoamento concentrado, possibilitando o recuo de vertentes através da deposição de sedimentos que se espraiam nos níveis de base. A superfície da bacia consiste em leques aluviais coalescentes proporcionando o mascaramento de toda irregularidade topográfica (Melo, 2019).

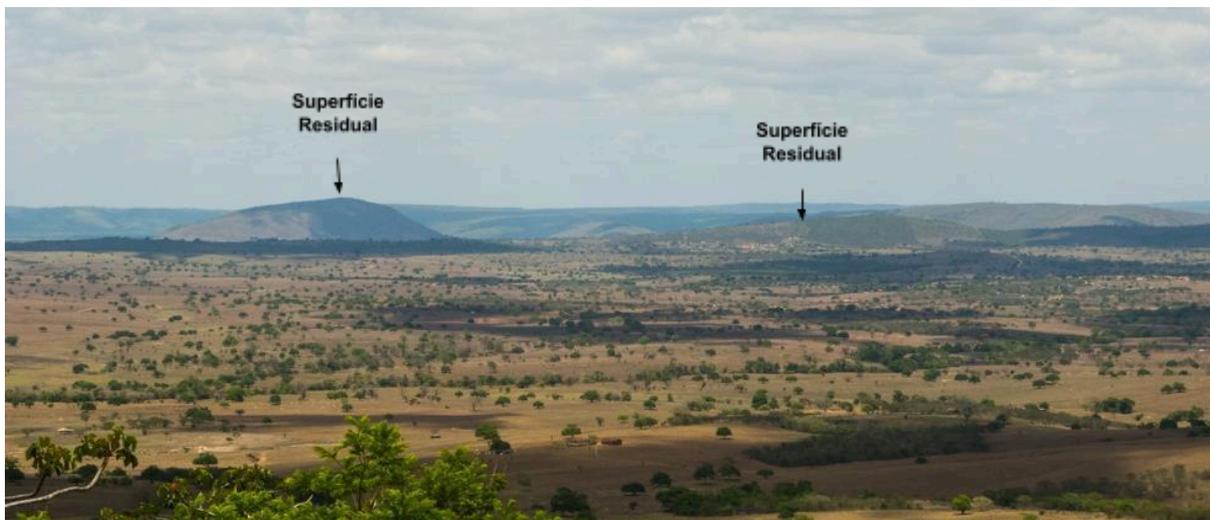
A BHRP Superfície Pediplanada identificada constitui uma feição de aplainamento de baixa altitude com extensa área plana intercalada por pontuais superfícies residuais, como ocorre no município de Itabaianinha (Figuras 4.33 e 4.34), onde estão instalados canais fluviais efêmeros e intermitentes. Afiguram-se aspectos de controle estrutural, pela angulação dos seus cursos e a presença de falhas e fraturas no terreno.

**Figura 4.33.** Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2023.

**Figura 4.34.** Superfície pediplanada intercalada por superfícies residuais entre os municípios de Itabaianinha e Tobias Barreto/SE



Fonte: Santana, 2019.

A ação do intemperismo químico e a sua situação topográfica resultou na evolução de duas unidades pedológicas predominantes: Planossolo Háptico Eutrófico típico de textura arenosa/argilosa e média/argilosa Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico textura média arenosa/média e média/argilosa + Argissolo Amarelo Distrófico típico textura arenosa/média e média/argilosa + Planossolo Háptico Eutrófico típico.

É sobre os Argissolos e Planossolos que o município de Itabaianinha, maior produtor do Estado de Sergipe de cerâmica, destaca-se, pela extração mineral de argila e de areia. O processo de extração é realizado da superfície do solo até o lençol freático através de escavações profundas realizadas por máquinas escavadeiras. O surgimento de pequenos lagos artificiais nas áreas de cavas mineral é consequente e comum.

A atividade provoca alterações nas características hidrológicas e geomorfológicas com a origem de patamares abruptos nas cavas, decorrentes da constante retirada de matéria-prima até seu esgotamento. É notório na paisagem jazidas abandonadas, que não possuem mais utilidade produtividade e econômica.

Além da extração, o município se destaca pela produção de cerâmica vermelha, concentrando indústrias com tal finalidade (Figura 4.35). Geralmente, complementadas pelas olarias são construídas nas proximidades das jazidas. A mineração é considerada um dos setores básicos da economia local.

**Figura 4.35.** Superfície Pediplanada no município de Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2019.

Para a geodiversidade litológica e geomorfológica, a atual conjuntura da atividade de extração mineral não representa uma ameaça em potencial para o esgotamento do recurso devido à alta disponibilidade do pacote sedimentar. Os seus efeitos têm repercussões consideráveis sobre os recursos hídricos com o assoreamento causado pela deposição sedimentar no leito dos canais, pela ausência da mata ciliar, que protege o solo do escoamento superficial e nas formas de relevo com a descaracterização das feições originais. De modo geral, a atividade gera impactos, tanto de ordem ambiental, quanto social e econômica, por se tratar de bem natural não renovável.

A ocupação da subunidade se estabelece ainda pela pecuária extensiva, expressa na paisagem pela acentuada presença de pastagens. No cenário, as matas ciliares e de galerias se manifestam de forma descontínua e com aspectos de recuperação. Foram identificados trechos com processos erosivos, potencializados nos períodos com aumento de vazão pelas chuvas (Figura 4.36).

**Figura 4.36.** Processo erosivo margem fluvial de afluente do rio Arauá em Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2019.

#### *4.2.1.7 Serras Baixas e Morros*

Ainda na unidade do Tabuleiro do Rio Real foram identificadas as Serras Baixas e Morros, espacializadas sobre Complexo Gnáissico-Migmatítico, Formação Lagarto, Palmares e Itabaiana representado as litologias de maior resistência nas unidades geológicas.

As morfologias apresentam diferenças de altimetria, dissecação e da sua ocupação espacial, aspectos associados ao tipo de rocha e a exposição aos distintos contextos morfoclimáticos. De modo geral, as serras constituem maciços residuais e cristas, que também apresentam semelhanças como drenagem com padrões dendríticos e subdendríticos configurando canais de drenagem de primeira ordem.

Pereira Neto e Silva (2012), definem maciços residuais, inselbergs e cristas como relevos residuais comumente evoluídos na região tropical, configurando vestígios dos processos erosivos e de oscilação climática, distribuídos no semiárido nordestino.

As Serras Baixas estão situados nos municípios de Itabaianinha (Serra da Pedra Branca), Simão Dias (Serra do Cabral/Cruzeiro, Serra do Coité), Lagarto (Serra da Picada, Morro da Pururuca), e Riachão do Dantas. Embora essas morfologias ocorram em menor

proporção em relação às outras subunidades, no entanto, registram as maiores altitudes entre 200 e 380, configurando expressividade visual na paisagem da BHRP. (Figura 4.37).

**Figura 4.37.** Serras Baixas na paisagem dos municípios de Itabaianinha (a, b, e); Riachão do Dantas (c) e Simão Dias (f) /SE





Fonte: Santana, 2019, 2022 e 2023.

Como a composição litológica nas serras é variada e a atuação dos processos de intemperismo é condicionada pela diferenciação na distribuição das chuvas, os tipos de solos e suas ocorrências predominantes são Neossolo Litólico Eutrófico típico + Afloramentos de Rochas; Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário e típico + Argissolo Vermelho Eutrófico típico; Neossolo Litólico Eutrófico típico + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Litólico Eutrófico típico.

Nas áreas com a presença dos Argissolos se observa a cobertura por vegetação natural, pastagem e cultivos temporários de forma pontual. Nas feições com os Neossolos Litólicos tem-se o predomínio de vegetação natural, já que os solos dificultam a sua utilização. Nas encostas e base nota-se a ocorrência de blocos rolados, evidenciando a motivação gravitacional responsável pelo recuo paralelo das vertentes e os processos intempéricos

mecânicos e as condições de erosão diferencial em função das distintas unidades litológicas que as compõem. Os blocos rochosos e lajedos são comuns nos topos das morfologias, assim como ocorre na Serra do Cruzeiro e na Serra da Pedra Branca (Figura 4.38 e 4.39).

**Figura 4.38.** Bloco rochoso da Formação Itabaiana na Serra do Cabral SIMão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 4.39.** Lajedo no topo da Serra da Pedra Branca Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2023.

Durante os campos observou-se que os afloramentos rochosos abrigam espécies da flora diferentes daquelas identificadas em locais de solo desenvolvido. A vegetação é constituída por espécies herbáceas e subarborescentes. Esta condição demonstra a relação entre a litologia e a biodiversidade.

#### 4.2.2 Unidade Tabuleiro Costeiro

O arranjo sedimentar do Grupo Barreiras, que contempla a bacia hidrográfica do rio Piauí, com a atuação de distintos domínios morfoclimáticos, possibilitaram a evolução de três subunidades de paisagem a Superfície Subhorizontal; Superfície Dissecada em Colinas e Espigões e Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados, que se distinguem pelas características de dissecação.

##### 4.2.2.1 Superfície Subhorizontal

Assim, a Superfície Subhorizontal é constituída pelos topos dos Tabuleiros Costeiros com suave inclinação em direção aos vales. Estas feições são estabelecidas pela existência de nível concrecionário e pavimento detrítico de maior resistência à erosão hídrica. O padrão das formas de relevo propicia a baixa densidade da rede de drenagem conectada por vales largos e rasos (Figura 4.40 e 4.41). A baixa declividade, uma das principais características deste modelado, varia de 0% a 3%, favorecendo o processo de infiltração e escoamento subsuperficial, que origina nas áreas de baixa cobertura vegetal feições erosivas lineares.

A subunidade se estabelece nos municípios de Arauá, Umbaúba, Indiaroba, Santa Luzia do Itanhê, Boquim, Pedrinhas, Salgado e Lagarto, onde ocorrem fragmentos mais conservados, referente à superfície tabular, que apresenta altitudes cimeiras de 140 a 230 m.

**Figura 4.40.** Superfície Subhorizontal no município de Umbaúba/SE



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 4.41.** Superfície Subhorizontal no município de Arauá/SE



Fonte: Santana, 2019.

A evolução morfológica da superfície pode ser identificada na presença das cabeceiras de drenagem, se configurando pelos reflexos do recuo paralelo dos topos subhorizontais (Figura 4.42). As cabeceiras de drenagem tendem a apresentar topografia côncava com tamanho, profundidade e declividade variável. As formas do relevo caracterizam-se também pela sua importância no contexto hidrológico, pois são nessas rupturas de declive que afloram o escoamento subsuperficial dos sedimentos do Grupo Barreiras.

**Figura 4.42.** Cabeceira de drenagem em Tabuleiro Costeiro no município de Arauá/SE

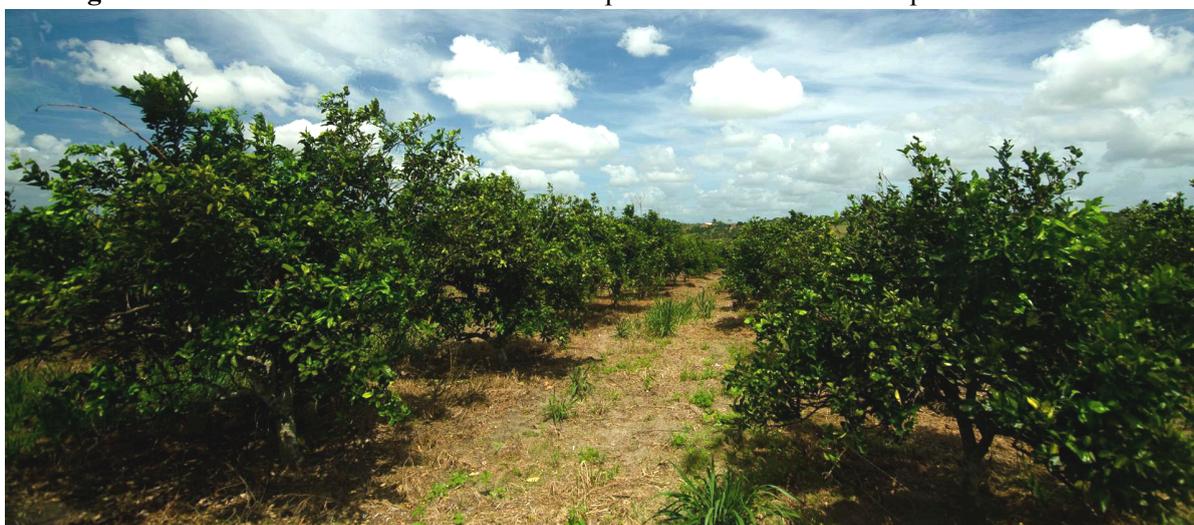


Fonte: Santana, 2019.

Sobre as unidades pedológicas há que se referir ao Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa e Latossolo Amarelo Distrófico típico de textura média e argilosa.

Aspectos característicos do modelado associados aos solos e a disponibilidade hídrica, favoreceram o estabelecimento da inserção das atividades agrícolas com as lavouras permanentes, temporárias e a pecuária extensiva. Observa-se uma tendência na ocupação por frutíferas permanentes e diversificadas como a laranja (*Citrus sinensis*), tangerina (*C. reticulata* Blanco), limão (*C. limonia* e *C. jambhiri*) e banana (Figura 4.43). Além das áreas agrícolas, a subunidade centraliza as sedes municipais, povoamentos e localidades.

**Figura 4.43.** Lavouras da citricultura sobre superfície tabular no município de Umbaúba/SE



Fonte: Santana, 2022.

A textura dos solos associada ao relevo plano favorece o processo de infiltração das águas pluviais no terreno, em contraponto, os cultivos permanentes intensivos contribuem para a degradação das propriedades físicas do solo, com tendência a formação de uma camada compactada, diminuindo sua capacidade de infiltração, deixando-o susceptível à erosão laminar.

#### *4.2.2.3 Superfície Dissecada em Colinas e Espigões*

Além da Superfície Subhorizontal, a dissecção dos Tabuleiros Costeiros resultou em duas subunidades, a Superfície Dissecada em Colinas e Espigões, predominante na margem direita do rio Piauí, e a Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados na margem esquerda.

Estas superfícies se estabelecem pela dissecção fluvial das vertentes da Superfície Subhorizontal, com declividades entre 3% a 8% nos topos ondulados e planos e 8% a 20% nas vertentes (Figuras 4.44 e 4.45).

**Figura 4.44.** Feição colinar convexa na zonal rural do município de Arauá/SE



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 4.45.** Vertente convexa em área com colina de topo abaulado - Umbaúba/SE



Fonte: Santana, 2022.

De modo distinto, espigões de superfícies alongadas apresentam topo estreito e encostas mais íngremes em relação às colinas, que se enquadram na classe de relevo ondulado (Figura 4.46). Estas superfícies são prolongamento das superfícies subhorizontais intercaladas por vales encaixados, que regularmente comportam rios temporários. Sobre os espigões evoluem pequenas cabeceiras de drenagem que evidenciam o constante processo de dissecação do relevo. A dinâmica morfológica é evidenciada por processos erosivos pontuais em áreas sem cobertura vegetal ou com baixa eficiência na proteção dos solos, principalmente em locais com pastagem degradada e solo exposto em vertentes.

**Figura 4.46.** Morfologia de espigão na unidade de Tabuleiro Costeiro - Arauá/SE



Fonte: Santana, 2022.

Observa-se que, em terrenos próximos a canais de drenagem, com alta e permanente vazões, as morfologias representativas foram visivelmente dissecadas gerando planícies de inundação de rios como o Arauá e Piauí (Figura 4.47).

**Figura 4.47.** a) e b) Planície de inundação do rio Arauá entre os municípios de Pedrinhas c) e d) Planície de inundação do rio Arauá





Fonte: Santana, 2022.

No período de maiores índices pluviométricos as planícies de inundações são ocupadas pelas vazões sazonais em função da sua forma deposicional e do baixo gradiente topográfico.

Na paisagem da subunidade observam-se barramentos artificiais, que formam feições semelhantes a pequenos lagos. A construção dos barramentos ocorrem associados às áreas de pecuária extensiva, e a água destina-se a dessedentação animal, com ênfase nos períodos de estiagem (Figura 4.47). Além dos barramentos, os canais de drenagem têm seus fluxos naturais alterados por tanques de piscicultura destinados para criação de Tilápia, que ocorrem de forma pontual (Figura 4.48).

**Figura 4.47.** Barramento artificial em área de espigão município de Arauá/SE



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 4.48.** Tanque de piscicultura no município de Arauá/SE



Fonte: Santana, 2019.

Esta subunidade apresenta como peculiaridade, afloramento rochoso do Complexo Granulítico, que no pretérito foi soterrado pelo Grupo Barreiras e pelo processo de dissecação estão em evidências nos leitos e margens dos canais do rio Arauá, Piauí, Carnaúba, riacho do Grangal e do Cipó. Nos cursos da água é notória a presença de canais encaixados em estruturas litológicas, que são planos de fraqueza que determinam a orientação da drenagem (Figura 4.49 e 4.50).

**Figura 4.49 -** Evidência de controle estrutural no rio Carnaúba, município de Pedrinhas



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 4.50.** Evidência de controle estrutural em afluente do rio Arauá



Fonte: Santana, 2020.

#### *4.2.2.4 Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados*

Ocupando a paisagem dos municípios de Estância, Salgado, Itaporanga D’Ajuda e Lagarto está Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongadas, cujas morfologias são caracterizadas pela dissecação mais intensa no contexto dos Tabuleiros Costeiros.

Em função da intensa dissecação propiciada pela drenagem das colinas com formas irregulares, declividades e níveis topográficos diferenciados. Pode-se identificar colinas de vertentes côncava e côncavo-convexa, predominando declividades entre 8-20%, com topo aguçado, ondulado e aplainado (Figura 4.51). Tais morfologias são intercaladas por amplas áreas rebaixadas, onde se instalam os canais de drenagem

**Figura 4.51.** Colinas isoladas entre os municípios de Salgado e Itaporanga D' Ajuda/SE



Fonte: Santana, 2023.

Os espigões alongados predominam na paisagem e são resultados da forte dissecação dos topos subhorizontais, cuja as vertentes possuem declividade 20-39% e processos erosivos mais perceptíveis, principalmente nas áreas de interferência humana (Figura 4.52).

**Figura 4.52.** Espigão alongado nos municípios de Itaporanga D' Ajuda/SE



Fonte: Santana, 2023.

Assim como toda paisagem do Tabuleiro Costeiro, esta subunidade é representada pelos Argissolos, que além das atividades agrícolas, destaca-se a extração mineral de argila destinada à construção civil. O tipo de atividade requer a expedição de licença ambiental para utilização dos recursos naturais, no entanto, existem diversas propriedades que encontram-se em situação irregular.

As áreas mais expressivas estão nos municípios de Itaporanga D' Ajuda e Estância, em polígono, com colinas de topo aguçado. O processo de retirada dos sedimentos e supressão da vegetação culminou na intensificação da erosão do solo originando sulcos e voçorocas nas vertentes, bem como na destruição das formas do relevo e solos, inviabilizando uma sucessão ecológica, e por conseguinte a reestruturação desses recursos (Figura 4.53).

**Figura 4.53.** Área abandonada de lavra de argila no município de Itaporanga D' Ajuda e Estância/SE



Fonte: Santana, 2019 e 2023.

Além do desmonte das morfologias, a subunidade é submetida a extração de areia oriunda das margens e dos leitos dos canais de drenagem como identificado no trecho inferior do rio Piauitinga. A inexistência de mata ciliar potencializa o efeito da erosão no período chuvoso, quando a vazão se eleva (Figura 5.54).

Das subunidades identificadas, na bacia hidrográfica do rio Piauí, a Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados visualmente está submetida aos processos de degradação mais intensos e diversos que atingem a geologia, geomorfologia, cobertura pedológica e recursos hídricos em decorrência das atividades econômicas.

**Figura 4.54.** Evidência de erosão na margem do rio Piauitinga em Estância/SE



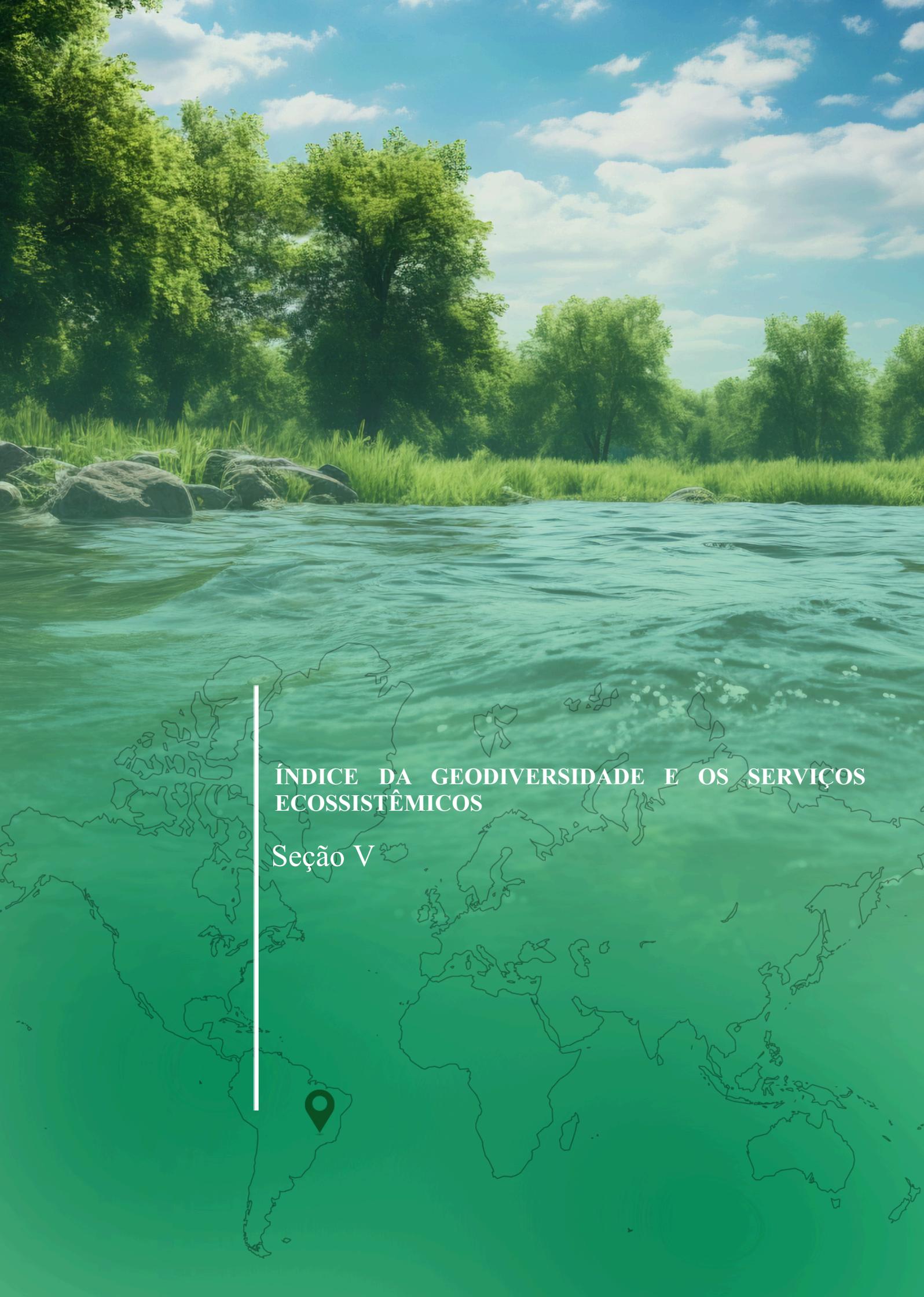
Fonte: EconsultGroup, 2023.

Atualmente um trecho de aproximadamente 6 km de extensão do rio Piauitinga, no município de Estância, está em processo de recuperação das áreas degradadas. O projeto de compensação ambiental, realizado pela Companhia de Saneamento Básico de Sergipe (DESO), consiste no plantio de mudas nativas nas áreas de APP. No entanto, as atividades produtivas configuram um conflito potencial, principalmente para a estrutura e qualidade dos solos, bem como dos recursos hídricos.

O reconhecimento da diversidade da estrutura abiótica da bacia hidrográfica do rio Piauí, relacionado a sua influência sobre o uso e ocupação das terras, do qual se ocupou esta seção, resultou em duas inferências.

A primeira foi que, a paisagem apresenta expressiva conectividade entre os componentes abióticos, bióticos e antrópicos, e por esta razão, os serviços ecossistêmicos da geodiversidade serão analisados na próxima seção no contexto da bacia hidrográfica, não se restringindo aos geossítios.

A segunda é que, a cobertura pedogenética e os recursos hídricos, enquanto componentes do meio abiótico e recurso natural, estão submetidos a intensos usos e ocupação das terras com perceptível processo de degradação propiciados pelas atividades antropogênicas com fins econômicos.



# ÍNDICE DA GEODIVERSIDADE E OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

Seção V



## 5 ÍNDICES DA GEODIVERSIDADE E OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

### 5.1 Índices Quantitativos da Diversidade Abiótica

Diferentes metodologias foram e estão sendo propostas para avaliar a geodiversidade usando critérios quantitativos como as proposições Xavier-da-Silva et al. 2001; Kozlowski 2004; Serrano e Ruiz-Flaño 2007a, b; Carcavilla et al. 2008; Benito-Calvo et al. 2009; Zwolinski 2009; Hjort e Luoto 2010; Pellitero et al. 2011; Pellitero 2012; Pereira et al. 2013; Forte 2014; Najwer e Zwoliński 2014; Pellitero et al. 2014; Silva et al. 2015; Manosso e Nóbrega 2016; Argyriou et al. 2016; Stepišnik e Trenchovska 2016; Santos et al. 2017; Araújo e Pereira 2018). Por conseguinte, com base na caracterização da estrutura das unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio Piauí, se aplicam a tese proposta.

Para Pereira et al. (2013, p. 545), o índice de geodiversidade se propõe a "expressar, da forma mais equilibrada possível, todos esses aspectos sem enfatizar qualquer elemento particular de geodiversidade." Além disso, como bem destacou Nieto (2004) é importante conhecer a geodiversidade de determinada área para que se possa conceber planos de ordenamento territorial.

Assim como nos demais estudos geográficos de caráter ambiental, socioambiental e social, o conhecimento da geodiversidade pode e deve ser aplicado nas tomadas de decisões e planejamentos de diferentes territórios como municípios, estados e bacias hidrográficas, independente da escala de análise.

Neste sentido, Rodrigues e Bento (2018) são mais específicos quando afirmam que, a cartografia da geodiversidade possui aplicabilidades como (i) gestão territorial; (ii) indicação de áreas prioritárias para a geoconservação; e (iii) indicação de espaços com maior potencial para a prática do geoturismo, ambos se conectam e independem da metodologia utilizada e área de interesse. Neste trabalho, a avaliação objetiva principalmente a indicação de áreas representativas com a definição de geossítios, consequentemente prioritárias para a geoconservação. Para tal análise quantitativa adotou-se um modelo de cálculo que resultou na quantificação e distribuição espacial dos elementos abióticos na paisagem - geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia. As escolhas das variáveis apresentadas ocorrem em razão da disponibilidade de informações e dados, bem como priorização dos elementos que foram retratados com maior ênfase ao longo do trabalho.

O índice geológico foi estabelecido através do número de unidades litológicas que compõem a bacia hidrográfica do rio Piauí. Com o cálculo da quantidade de variedades pode-se identificar oito unidades litológicas, distribuídas entre muito baixa, baixa, média e alta e muito alta diversidade (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1.** Número de ocorrências de unidades litológicas por quadrícula

Índice de Diversidade Litológica	Número de drenagens por quadrículas
Muito baixa	1
Baixa	1-2
Média	2-3
Alta	3-5
Muito Alta	5-8

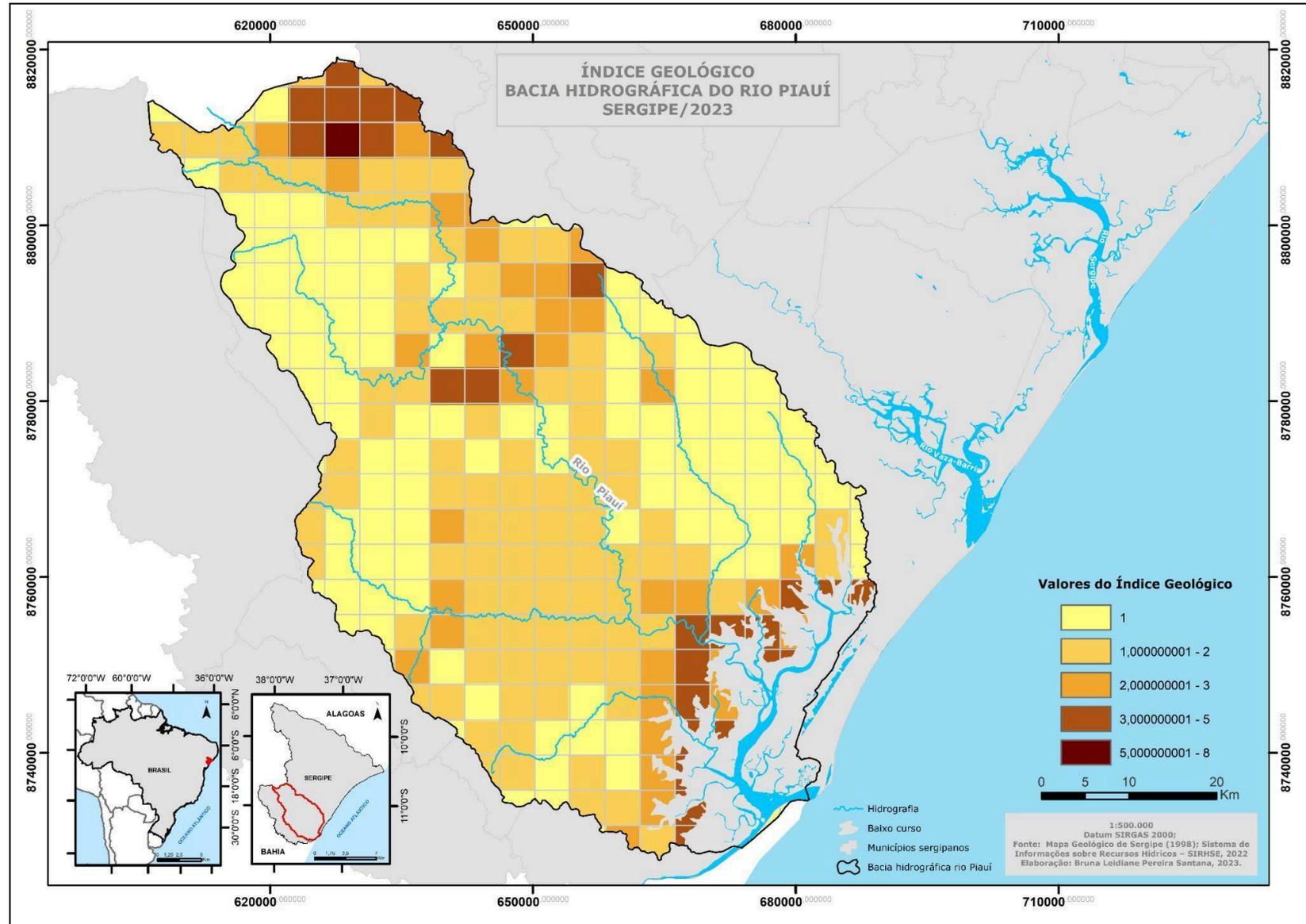
Elaboração: Santana, 2023.

Conforme análise e mapeamento, o índice geológico BHRP apresentou o predomínio da classe de muito baixa diversidade em função da ampla ocorrência dos sedimentos do Grupo Barreiras, Formação Palmares e do Complexo Gnaisse-Migmatítico. Estas duas últimas unidades mesmo estando enquadrada nesta classificação são constituídas por inúmeros tipos de rochas com relevância na análise qualitativa da geodiversidade (Figura 5.1).

A baixa variedade litológica foi estabelecida nas quadrículas que apresentam apenas uma ou duas unidades litológicas com ampla distribuição em toda extensão da bacia. O resultado no alto curso reflete a combinação da Formação Palmares, Olhos d' Água e Formação Jacaré. No médio curso a classificação manifesta-se nos limites entre o Grupo Barreiras e o Complexo Gnaisse-Migmatítico.

Por sua vez, a classe de média diversidade (3-5) foi a que apresentou melhor espacialização, estando presente no alto e médio curso da bacia em diferentes áreas de contato com Grupo, Barreiras, Formação Lagarto e Complexo Granulítico.

Figura 5.1. Diversidade Geológica da BHRP



Os setores que apresentam alta diversidade foram os que contabilizaram entre 3-5 litologias por quadrícula e, os setores de muito alta diversidade, são aqueles com ocorrência entre 5-8 tipos de unidades litológicas, ambos associados ao limite das coberturas sedimentares com o embasamento cristalino, bem como aos setores de identificação/exposição de linhas e cristas de intrusões

No alto curso, as classes de alta e muito alta aparecem entre as formações do Domínio do Vaza-Barris com destaque para a Formação Palestina (filito, quartzito e metadiamicrito); Grupo Simão Dias (filito, metagrauvaca, quartzito. Predomínio de metassedimentos síltico-argilosos, com intercalações de metarenitos feldspáticos). A Formação Ribeirópolis (filito, metaconglomerado, metagrauvaca, metargilito, rocha metavulcânica félsica a intermediária metagrauvas e metaconglomerados); Formação Itabaiana (quartzito, metarenito, metaconglomerado, metapelito) e o Complexo Gnáissico-Migmatítico .

Considerando o resultado quantitativo do índice geológico, o alto curso da bacia destaca-se como área de significativa representatividade da geodiversidade geológica. Além da alta variação de litofácies e suas espessuras, essa área é registro de eventos geológicos importantes para a história da estrutura litológica do território sergipano.

Brito Neves et al (1997) retrata uma série de eventos associados à evolução geológica da Faixa de Dobramentos Sergipana pelo estabelecimento da sua geotectônica, entendendo-a como produto da evolução e consolidação de um sulco geossinclinal situado às margens do Cráton do São Francisco, com sedimentação do tipo pelítico-carbonática. O autor evidencia que, durante o evento Brasileiro/Pan-Africano, a ocorrência de esforços concebidos por sistema de empurrões de vergência para sul e retroempurrões para norte, reflexo da convergência entre a Província Borborema (PB), ao norte, e o Cráton do São Francisco, ao sul, teve a faixa sergipana como resposta.

Outros autores como D'el-Rey Silva (1999); Silva Filho e Torres (2002) e Oliveira et al (2010) defendem o modelo colisional entre o Cráton do São Francisco e a Província Borborema.

Na janela tectônica de Simão Dias, as rochas do embasamento apresentam deslocamento direcionado para o Sul, decorrente da compressão lateral provocada pelo soerguimento dos blocos dos Domo de Simão Dias e Itabaiana, nestes domos foram evidenciados três eventos de deformação dúctil e dúctil-ruptil, que interferiram na cobertura metassedimentar no Domínio Vaza-Barris, associado à tectônica tangencial brasileira.

No índice da diversidade pedológica é possível visualizar que a maioria das quadriculas apresentam classe baixa e média. A classificação de baixa diversidade no alto curso está associada aos Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), Planossolo Háptico Eutrófico (SXE) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe) (Tabela 5.2).

A média diversidade, assim como a baixa, está configurada em toda extensão da bacia com ênfase no médio e alto curso, onde as classes de solos ocupam pequenas áreas. Dentre os solos que destacam-se na classificação está o Cambissolo Háptico Carbonático típico (CXk) combinado com o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe), presente no município de Simão Dias, nos territórios do povoado Triunfo e Tabuleirinho. A classe de Cambissolo Háptico se manifesta apenas nessa localidade da bacia em razão do material de origem (Figura 5.2).

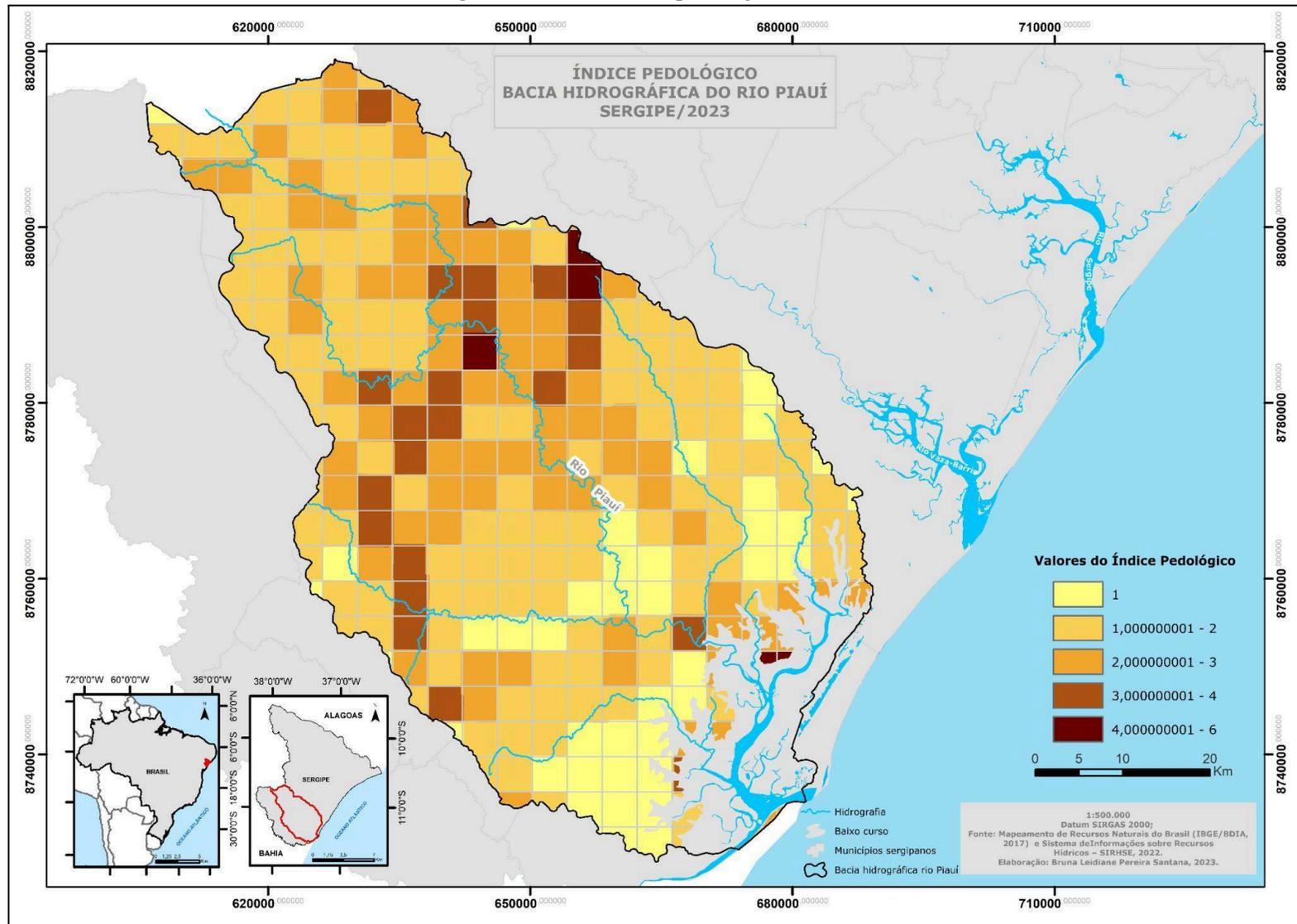
**Tabela 5.2.** Número de ocorrências de unidades pedológicas por quadricula

Índice de Diversidade Pedológica	Número de compartimentos por quadriculas
Muito baixa	1
Baixa	1-2
Média	2-3
Alta	3-4
Muito Alta	4-6

Elaboração: Santana, 2023.

O Cambissolo evoluiu sobre a formação Olhos d'Água, tendo como material de origem principal, metacarbonatos (calcários e dolomitos). Atualmente, o uso e ocupação do solo concentra-se no cultivo de milho e na pecuária, que consiste na criação de rebanhos bovinos e pastagem plantada como o capim pangola (*Digitaria eriantha*).

Figura 5.2. Diversidade pedológica da BHRP



Ao longo do médio curso a média diversidade (2-3) sucede da conjunção entre Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Neossolo Litólico Eutrófico (RLe), Planossolo Háptico Eutrófico (SXe), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe).

Ao elaborar a análise da pedologia, tem-se que a alta diversidade (3-4) apresentou a segunda menor área quantificada, estando restrita nas subunidades de paisagem Colinas e Morros Baixos e Superfície Aplainada Conservada, em função da maior quantidade de unidades pedológicas nessas áreas. A combinação de solos na classificação dos Planossolo Háptico Eutrófico (SXe) + Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - PVAd + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (PVAe) + Neossolo Litólico Eutrófico (RLe). Quanto à muito alta diversidade (4-6) pedológica ocorre em duas quadrículas, uma entre Colinas e Morros Baixos e Superfície Aplainada Conservada e outra entre Superfície Subhorizontal e Superfície Aplainada Conservada.

O índice geomorfológico foi avaliado a partir da espacialização da diversidade e distribuição das feições geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Piauí e evidenciou uma variedade geomorfológica de muito baixa a alta (Figura 5.3) (Tabela 5.3).

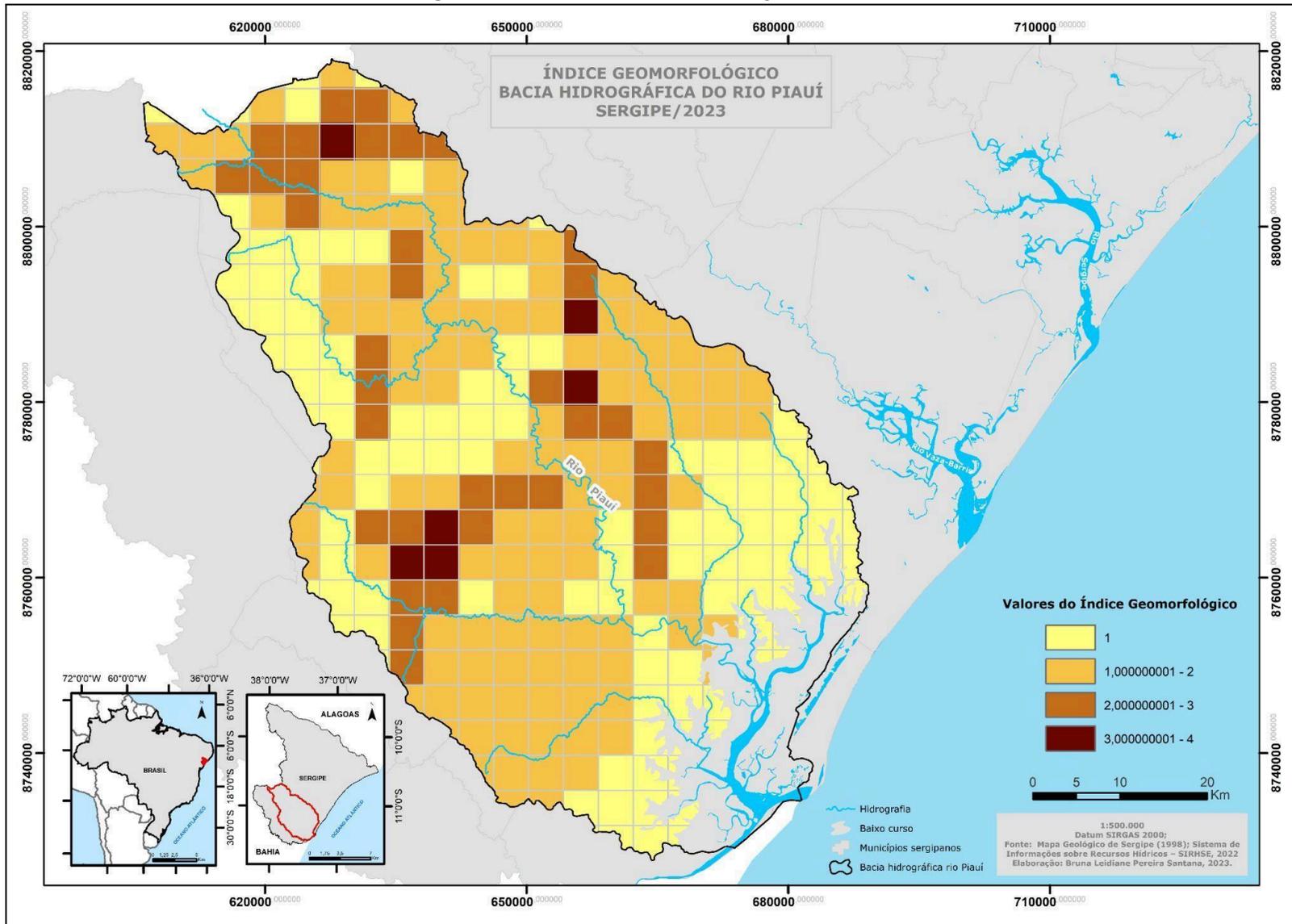
**Tabela 5.3.** Número de ocorrências de unidades geomorfológicas por quadrícula

Índice de Diversidade Geomorfológica	Número de compartimentos por quadrículas
Muito baixa	1
Baixa	1-2
Média	2-3
Alta	3-4

Elaboração: Santana, 2023.

Prevalece o índice de muito baixa e baixa diversidade sobre o Tabuleiro Costeiro, em função das amplas áreas ocupadas pelas suas morfologias. No Tabuleiro do Rio Real também predominam as classes mais baixas, contudo, a média e a alta diversidade se manifestaram em maior proporção, especialmente, entre as subunidades Serras Baixas e Morros, Superfície Estrutural de Cimeira, Superfície Dissecada em Colinas e Superfície Aplainada Conservada.

Figura 5.3. Diversidade Geomorfológica da BHRP



O índice hidrográfico, representado pela densidade da rede de drenagem, foi classificado entre 1 e 14 canais de drenagem por quadrícula. A concentração dos canais de drenagem estão na média (5-8), alta (8-11) e muito alta (8-14) diversidade (Figura 5.4) e (Tabela 5.4).

**Tabela 5.4.** Número de ocorrências de canais de drenagem por quadrícula

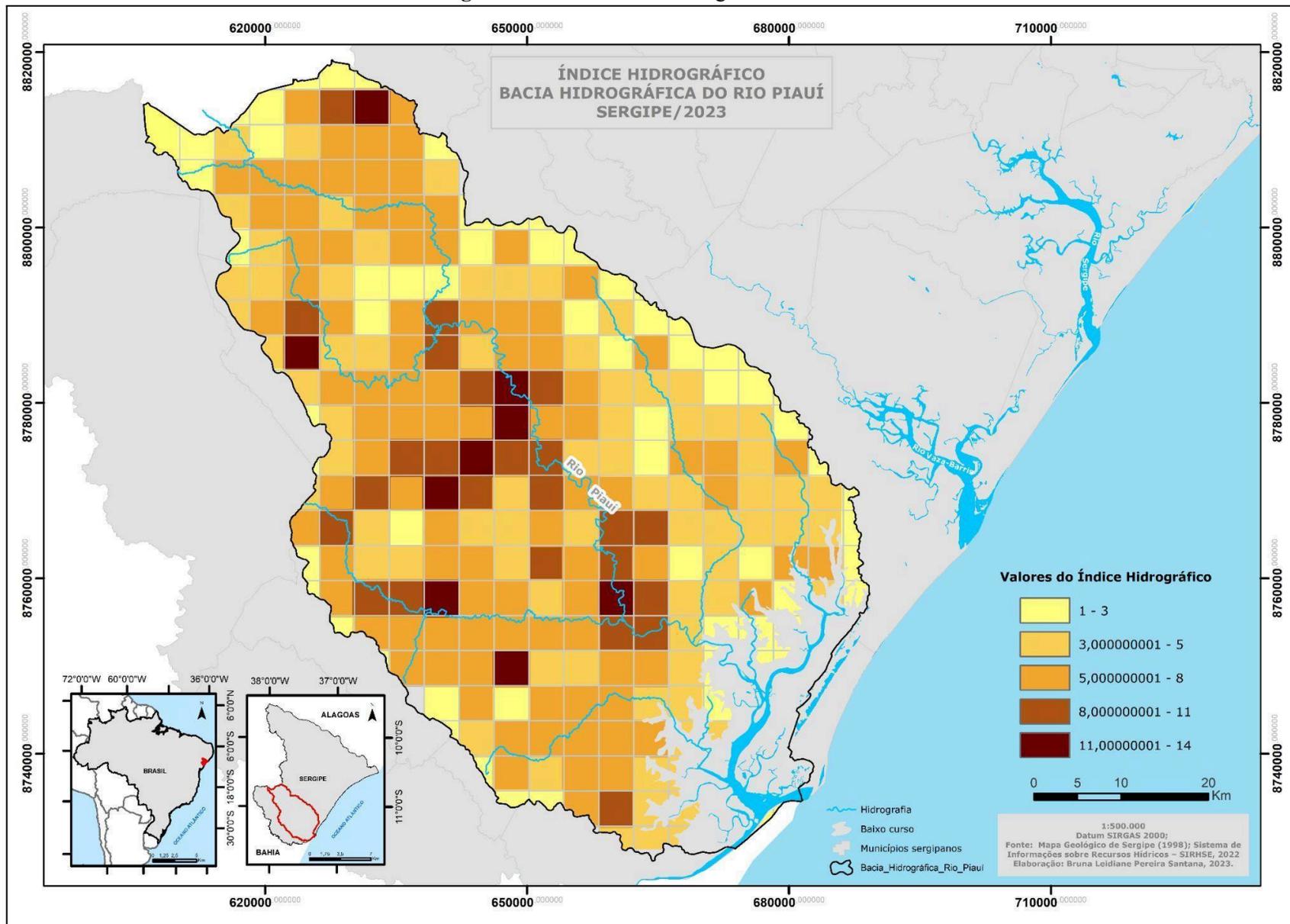
Índice de Diversidade Hidrográfica	Número de drenagens por quadrículas
Muito baixa	1-3
Baixa	3-5
Média	5-8
Alta	8-11

Elaboração: Santana, 2023.

Com o resultado, observou-se que a média diversidade encontra-se em todas as subunidades da bacia. No entanto, pode-se destacar o predomínio em três subunidades, a Superfície Aplainada Conservada, a Superfície Dissecada em Colinas e a Superfície de Aplainamento Cárstica. Os canais de drenagem configuram-se como afluentes efêmeros e permanentes do rio Jacaré. Outro trecho de relevância está na margem esquerda do rio Arauá, entre as subunidades Colinas de Topo Convexo e Espigões, Superfície Subhorizontal e Superfície Pediplanada, com canais de primeira ordem de padrão paralelo, que demonstram controle estrutural em locus e pela presença de lineamentos estruturais, zonas de cisalhamentos indiscriminadas e falhas indiscriminadas do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

As quadrículas onde ocorrem a alta e muita alta diversidade hidrográfica encontram-se fragmentadas ao longo do curso hídrico do rio Piauí e do rio Arauá, com agrupamento na subunidade de Colinas e Morros Baixos.

Figura 5.4. Diversidade Hidrográfica da BHRP



A geodiversidade foi atribuída pelo cruzamento dos índices geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico. Os valores mais altos estão localizados, prioritariamente, nas Serras Baixas e Morros, na Superfície Aplainada Conservada e nas Colinas e Morros Baixos. Considerando o resultado da metodologia, baseada em parâmetros quantitativos, estas áreas apresentam prioridades no que se refere às ações direcionadas para os aspectos abióticos da paisagem (Figura 5.5).

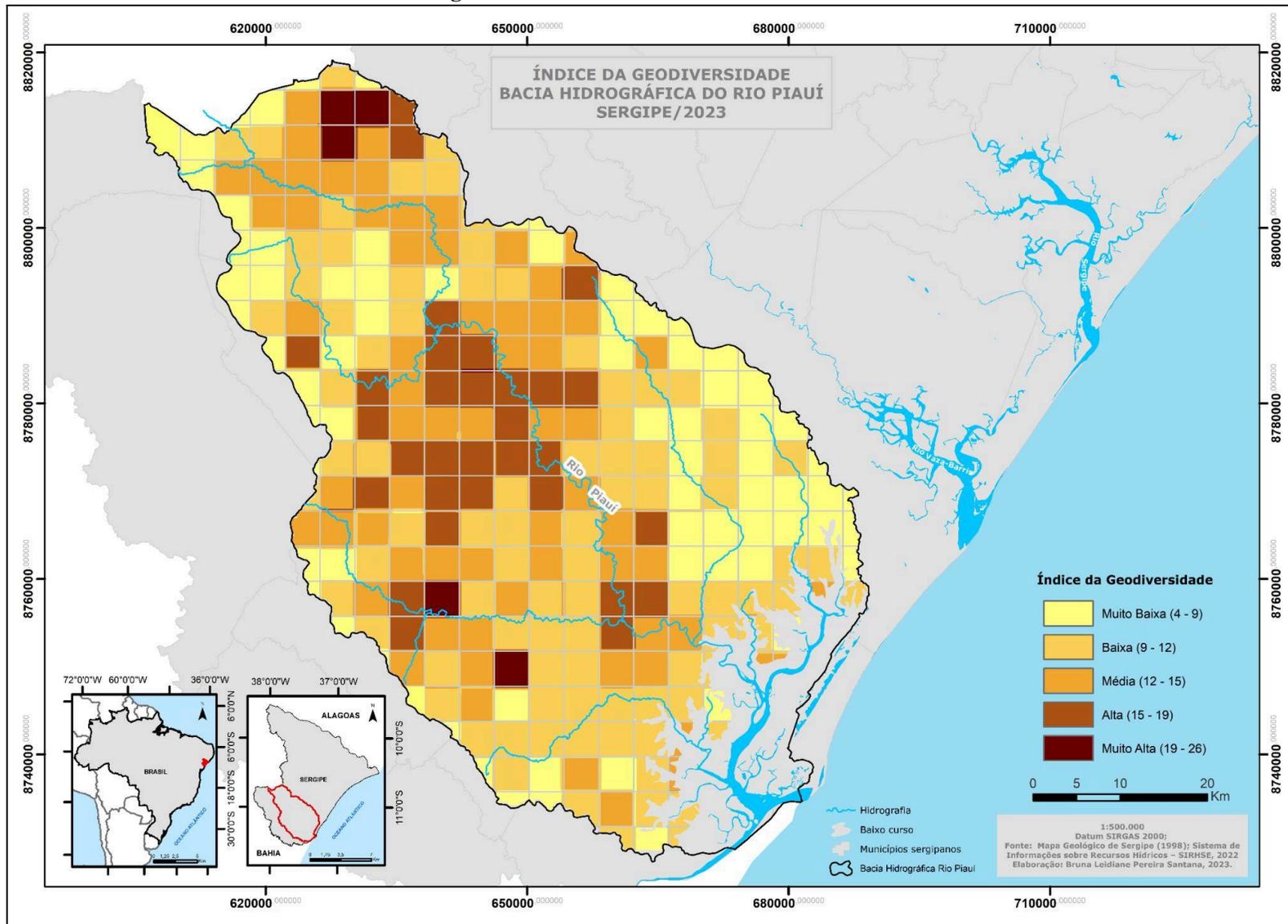
Deve-se salientar que, a geologia e a hidrografia foram os componentes que mais contribuíram na definição do quantitativo, por esta razão o potencial associado às suas ocorrências devem ser avaliadas de forma mais sucinta. A geologia se destacou pela combinação de distintas unidades litológicas que compõem a Faixa de Dobramentos Sergipano, em uma área que também apresentou os maiores índices hidrográficos, assim como as Colinas e Morros Baixos.

Vale ratificar que as áreas de valores elevados para a geodiversidade estão submetidas aos processo de intenso uso dos solos, por atividades que afetam diretamente a geologia e recursos hídricos como extração mineral e a pecuária.

A aplicação da metodologia deve ser uma das primeiras formas de reconhecimento da geodiversidade, principalmente para territórios que não possuem estudos prévios e de grande extensão, no entanto, é fundamental que se utilize outras metodologias que possam obter resultados qualitativos, pois tanto as áreas com baixo quanto às áreas com altos índices da geodiversidade são importantes para a conservação e apresentam potencial para o fomento da geoconservação.

No quadro 5.5, a seguir apresentado, tem-se uma síntese das subunidades de paisagem em associadas aos índices da geodiversidade contemplando elementos condizentes com a geologia, geomorfologia, solos, uso das terras e os elementos de interesse para a valorização da geodiversidade.

Figura 5.5. Índice de Geodiversidade da BHRP



**Quadro 5.1.** Síntese das Subunidades de Paisagem e os índices da geodiversidade

Subunidades de Paisagem	Superfície Estrutural de Cimeira	Superfície de Aplainamento Cárstica	Superfície Dissecada em Colinas	Superfície Aplainada Conservada	Colinas e Morros Baixos	Superfície Pediplanada	Serras Baixas e Morros	Superfície Subhorizontal	Superfície Dissecada em Colinas e Espigões	Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados
<b>Geologia</b>	Formação Palmares	Formação Olhos D'Água	Formação Palestina, Frei Paulo, Grupos Simão Dias indiviso e Formação Olhos D'Água	Formação Jacaré, Formação Lagarto e APis	Complexo Granulítico, Complexo Gnáissico - Migmatítico e Formação Lagarto	APg1 (biotita-gnaisses migmatíticos com anfibolitos e lentes de quartzitos)	Complexo Gnáissico-Migmatítico, Formação Lagarto, Palmares e Itabaiana	Grupo Barreiras	Grupo Barreiras	Grupo Barreiras
<b>Solo</b>	Neossolo Litólico Eutrófico + Afloramentos de Rochas	Cambissolo Háptico Carbonático	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo litólico Eutrófico	Planossolo Háptico Eutrófico + Planossolo Nátrico Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico + Plintossolo argilúvico distrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Litólico Eutrófico Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Litólico Eutrófico Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Litólico Eutrófico + Planossolo Háptico Eutrófico	Planossolo Háptico Eutrófico Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Argissolo Amarelo Distrófico + Planossolo Háptico Eutrófico	Neossolo Litólico Eutrófico + Afloramentos de Rochas; Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário + Argissolo Vermelho Eutrófico Neossolo Litólico Eutrófico + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Litólico Eutrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipânico e típico com textura média/argilosa e Latossolo amarelo Distrófico típico te	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico
<b>Uso das Terras</b>	Vegetação nativa, pastagem e cultivos de subsistência	Agricultura temporária e pastagem	Agricultura temporária e pastagem	Pastagem e agricultura temporária	Pastagem e agricultura temporária	Pastagem, extração mineral e agricultura temporária	Vegetação nativa e pastagem	Agricultura permanente, temporária e pastagem	Pastagem, agricultura permanente e temporária	Pastagem, agricultura permanente e temporária e extração mineral
<b>Índice de Geodiversidade predominantes</b>	Muito baixa	Média	Média	Média	Alta	Média	Muito alta e Média	Média e Muito baixa	Média	Muito baixa
<b>Elementos de interesse para valorização da geodiversidade</b>	Relevo, litologias e clima	Litologia, Relevo e recursos hídricos	Recursos hídricos, relevo, litologia	Recursos hídricos e litologia	Litologia	Recursos Hídricos	Relevo e litologia	Recursos hídricos e solos	Recursos hídricos e solos	Recursos hídricos e solos

Elaboração: Santana, 2023.

## 5.2 Serviços Ecosistêmicos da Geodiversidade

A avaliação dos serviços ecosistêmicos da bacia hidrográfica objetivou compreender quais os bens e serviços prestados pelos elementos abióticos para a sobrevivência e qualidade de vida da sociedade, bem como para a biodiversidade. Funda-se em Silva et al (2019) esclarece sobre a temática dos serviços dos ecossistemas utilizados pela ciência em larga escala para valoração dos recursos da fauna e da flora, diferente dos componentes abióticos reconhecidos recentemente na abordagem dessa perspectiva.

Os serviços ecosistêmicos constituem um agrupamento de benefícios explícitos, como alimentos e a água, e intangíveis, como regulação do clima e controle de poluição, ambos necessários na manutenção e bem-estar das sociedades. Esses conceitos proporcionam a valoração qualitativa da diversidade natural, para viabilizar ações direcionadas para a conservação e preservação de diferentes ambientes associados à geodiversidade (Andrade e Romeiro, 2009; Silva, Mansur e Nascimento, 2018).

Para avaliação dos serviços ecosistêmicos associados a geodiversidade da bacia hidrográfica do rio Piauí foi adotado a classificação de Gray (2013), que conceitua um valor, cinco serviços e 25 bens e processos da geodiversidade, baseada na Millennium Ecosystem Assessment (Avaliação Ecosistêmica do Milênio). A classificação de valor para o serviços ecosistêmicos definida pelo autor considera um valor (intrínseco), cinco serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento), que estão relacionados a 25 bens e processos.

Dos 25 bens e processos, relacionados aos serviços ecosistêmicos da geodiversidade, definidos na metodologia de avaliação de Gray (2013), oito foram possíveis de serem identificados na BHRP (Quadro 5.2).

**Quadro 5.2.** Síntese dos bens e processos dos serviços ecossistêmicos

<b>Serviços</b>	<b>Bens e processos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Serviços Regulação</b>	Quantidade e qualidade da água	Regulação da água recarga/descarga de águas subterrâneas.
<b>Serviço de suporte</b>	Processos do solo	Evolução de diferentes tipos de solos como suporte a produção primária e secundária da biodiversidade e atividades produtivas.
	<i>Habitat</i>	Conservação biológica e genética da biodiversidade.
	Plataforma	Inserção de atividades produtivas e assentamentos humanos.
<b>Serviço de provisão</b>	Materiais de construção	Extração de Granito, Siltito, Mármore e Filito.
	Minerais industriais	Extração de Argila, Pirita e Quartzo.
	Recursos Hídricos	Abastecimento e fornecimento para irrigação, abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento dos rebanhos e indústria.
<b>Serviços de conhecimento</b>	Produção científica	Quantitativo dos estudos relacionados aos componentes abióticos da BHRP.

Elaboração: Santana, 2023.

### 5.2.1 Serviço de Regulação

Os serviços de regulação para a diversidade abiótica abrange os processos que têm como propósito o controle natural de diferentes ambientes através da disponibilização, quantidade e qualidade dos seus recursos. Os processos naturais para este serviço foram definidos em processos atmosféricos e oceânicos, processos terrestres, controle de inundação e de qualidade da água (Gray, 2013). Assim, os benefícios do serviço referem-se aos processos naturais que regulam as condições ambientais e que asseguram a vida humana.

Na bacia hidrográfica do rio Piauí foi identificado como processo relacionado aos serviços ecossistêmicos de regulação, a qualidade das águas associada ao comportamento hidrogeológico e a recarga dos seus aquíferos.

Segundo a CPRM (2002), a bacia está situada sobre as seguintes formações hidrogeológicas: Formações Superficiais Cenozóicas, Grupo Estância, Metacarbonatos,

Metassedimentos/Metavulcanitos e Cristalino, que apresentam comportamentos diferenciados quanto ao seu potencial de recarga e qualidade hídrica.

As Formações Superficiais Cenozóicas, representada pelo Grupo Barreiras, são formadas por pacotes de rochas sedimentares depositadas sobre as rochas das Bacias Sedimentares, da Faixa de Dobramentos Sergipana e do Embasamento Gnáissico, mais antigas. As características hidrogeológicas configuram a estruturação de “aquífero granular”, que apresenta porosidade primária e em terrenos arenosos elevada permeabilidade, que resulta em boas condições de armazenamento e disponibilidade de água.

Nas rochas do Embasamento Gnáissico, a recarga do aquífero é condicionada pela porosidade secundária propiciada por fraturas e fendas, que resultam em reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Assim, o aquífero fissural nas unidades geológicas do embasamento possui baixa vazões provenientes de poços tubulares. Em razão do clima semiárido e das características das litologias as águas na sua maioria são salinizadas.

Na Faixa de Dobramentos Sergipana, o Domínio Vaza-Barris, representado por rochas calcárias, calcárias magnesianas e dolomíticas, que por estas condições possuem fraturas e outras superfícies de descontinuidade, alargadas por processos de dissolução pela água propiciam ao sistema porosidade e permeabilidade secundária, que permitem acumulação de água em volumes expressivos, contudo ocorre de forma heterogênea.

Ainda na Faixa de Dobramentos Sergipana, no Domínio Estância, tem-se a ocorrência de aquífero fissural. Este domínio hidrogeológico abrange os sedimentos arenosos da unidade geológica homônima, com aspecto de intenso fraturamento, elevada litificação e forte compactação. A presença da porosidade primária combinada com a porosidade secundária configura comportamento de aquífero granular e fissural, mas enquadrado como tipo granular e “misto”.

Em razão da diversidade na estrutura litológica e geomorfológica existe uma distribuição heterogênea das zonas de recarga da área de estudo. Para análise dessa condição foi utilizado as informações de nível estático de 272 poços tabulares e o fluxo das águas subterrâneas, resultando em um mapa que demonstra a diferenciação das zonas de recarga e descarga (Figura 5.6).

O mapa gerado apresenta zonas que variam de 10 a 48 m, demonstrando o nível estático da área. Os valores mais baixos referente a 5, 10 e 15 m, situam-se nas áreas de abrangência das principais drenagens como rio Arauá, Machado, Piauitinga, Caiçá e seus

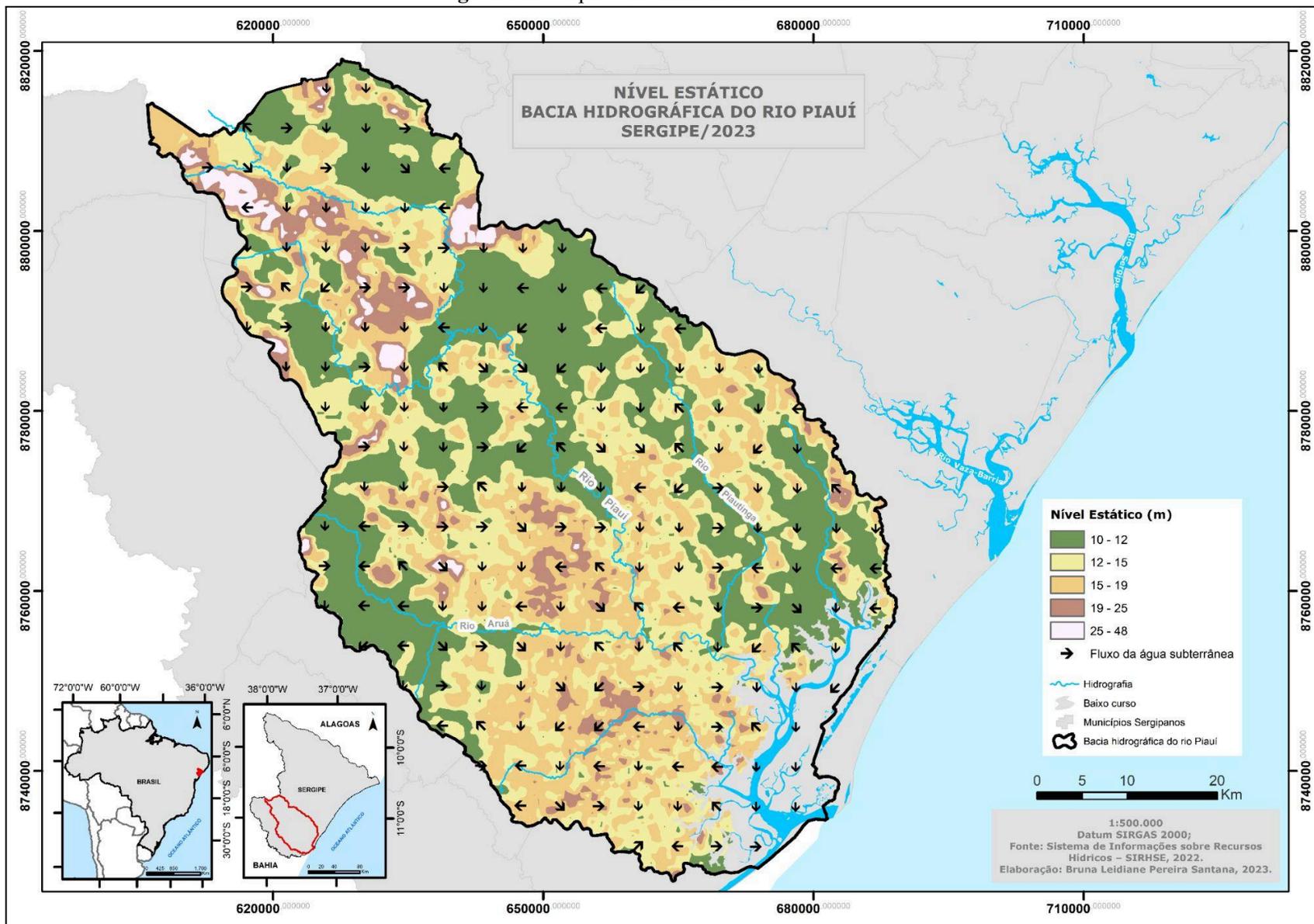
afluentes, pode-se inferir que estas áreas funcionam como bacias de captação relativas ao sistema aquífero freático, que brevemente são descarregadas nos corpos hídricos superficiais

Os níveis estáticos entre 19 e 49 m correspondem às zonas de recarga, que estão concentradas na Superfície Estrutural de Cimeira, que favorecem a recarga dos aquíferos profundos e conseqüentemente possuem maior capacidade de armazenamento.

No Tabuleiro Costeiro, entre as Superfícies Subhorizontais e Colinas Convexas e Espigões, observa-se uma zona expressiva de recarga de aquíferos com cotas entre 20 e 30 m, que podem está associada ao topo das morfologias, no entanto, a proximidade com o nível de base do rio Piauí, estabelece uma recarga direcionada aos fluxos locais e que podem em curto período de tempo serem destinadas as fontes superficiais.

Quanto ao fluxo de água subterrânea, pode-se inferir que existe uma tendência em direção às áreas de descarga e em locais com a presença de falhas estruturais, a título de reflexão o cenário destes processos relacionados às águas subterrâneas tem reflexo sobre a realidade do uso dos recursos hídricos. Com base no mapeamento dos poços tabulares disponibilizados pela CPRM (2023), o maior número de perfurações e usos da água ocorrem nas áreas de descarga.

Figura 5.6. Mapa nível estático da BHRP



Fonte: Santana, 2023.

### 5.2.2 Serviço de Suporte

Quanto aos serviços de suporte, refere-se aos recursos disponibilizados pela geodiversidade para desenvolvimento das atividades antrópicas, assim como os solos, o relevo e a litologia, que permitem o crescimento de plantas e microrganismos e provisão de *habitats* para biodiversidade e assentamentos humanos.

Na bacia hidrográfica do rio Piauí foram identificadas vinte e oito unidades pedológicas, distribuídas em oito classes de solo e suas associações, entre Argissolos, Espodosolos, Planossolos, Latossolos, Gleissolos e Neossolos Litólicos. Essa configuração representa a prestação de serviço de habitat, em diferentes escalas e tipos, formando locais apropriados para a sobrevivência de plantas e de animais, auxiliando na manutenção da diversidade biológica, funcional e genética.

Considerando o cenário da vegetação original, os solos dão suporte atualmente para fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, Contatos e Formações Pioneiras (Inventário Florestal Nacional – IFN, 2017). Os contatos citados no levantamento referem-se às áreas de tensão ecológica, onde são identificadas comunidades indiferenciadas, compondo formações florísticas em transições entre dois ou mais tipos de vegetação.

Os fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual estão presentes com expressividade nas encostas, vertentes e cabeceiras de drenagem do Tabuleiro Costeiro e nas serras e superfícies de cimeira do Tabuleiro do Rio Real. São porções de vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração, que encontram-se pressionadas pela agricultura e pecuária. Em solos como Neossolo Litólico, presentes no Tabuleiro do Rio Real, a vegetação apresenta espécies herbáceas-arbustivas na subunidade de Serras Baixas e Morros. Na área dos Planossolos ocorrem plantas lenhosas de baixo porte. A condição da cobertura vegetal está associada também aos índices pluviométricos, que tendem a serem menores no seu alto curso, no entanto, deve-se destacar que na subunidade Superfície Estrutural de Cimeira a altitude favorece a umidade, o porte arbóreo se assemelha daquele encontrado no Tabuleiro Costeiro (Figuras 5.7 e 5.8).

A combinação de solos profundos e evoluídos como o Argissolos e a boa disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros possibilita uma maior capacidade de suporte para a biodiversidade.

**Figura 5.7.** Vegetação na Superfície Estrutural de Cimeira - Tabuleiro do Rio Real



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 5.8.** Floresta Estacional presente no Tabuleiro Costeiro



Fonte: Santana, 2019.

Além de suporte para a produção primária, os solos abrigam distintos tipos de cultivos agrícolas. Como já mencionado, os municípios da bacia têm sua economia alicerçada na agricultura e na pecuária extensiva. A maior parcela da sua área é utilizada com cultivos temporários, permanentes e gramíneas destinados ao uso de pastagem. O uso e ocupação das terras está intimamente condicionado ao tipo de solo, nas áreas com predomínio de Argissolos e Latossolos, onde a agricultura permanente é predominante.

A intensa utilização dos Argissolos e Latossolos pela agricultura está relacionada aos seus aspectos e elevada evolução pedogenética, que amplia sua potencialidade de utilização, mesmo tratando-se, na sua maioria, de solos distróficos que necessitam continuamente de correções e inserção de fertilizantes. De acordo com Zaroni e Santos (2021), os Argissolos apresentam maior suscetibilidade aos processos erosivos em razão da sua textura, que reflete nas condições de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Na bacia hidrográfica do rio Piauí estes solos apresentam predomínio de textura média/argilosa, que possuem maior vulnerabilidade a erosão (Quadro 5.3).

No contexto dos solos, deve-se destacar dois elementos de influência: o clima e os recursos tecnológicos. As precipitações pluviométricas na bacia estão concentradas nos municípios mais próximos ao litoral, que possuem aptidão agrícola em relação aos solos como Itabaianinha, Boquim, Pedrinhas, Salgado e Itaporanga D’Ajuda e Arauá, neste sentido, a ocorrência das precipitações também impulsionam as atividades produtivas e a sua dinâmica.

Quando ocorrem alterações no índice quantitativo das precipitações, ou na concentração cronológica quando há ampliação no período de estiagem, as atividades produtivas são afetadas com perdas na produção. Na análise da situação de estiagem realizada em 2018 pela EMBRAPA para alguns municípios sergipanos, foram avaliados os municípios de Simão Dias, Lagarto e Riachão do Dantas.

**Quadro 5.3.** Textura dos Latossolos e Argissolos da BHRP

UNIDADE	TIPO DE SOLO	TEXTURA
<b>PAd5</b>	Argissolo Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAd26</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAd7</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAd35</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAd36</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAd20</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>LAd25</b>	Latossolo Amarelo Distrófico	média e argilosa
<b>PVAd2</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>PVAe22</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	média/argilosa
<b>PVAe7</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	média/argilosa
<b>PVAe41</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	arenosa/média e média/argilosa
<b>PVAd2</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	média/argilosa
<b>LAd25</b>	Latossolo Amarelo Distrófico	média e argilosa
<b>PVAd19</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	arenosa/média e arenosa/argilosa
<b>PVAe7</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	média/argilosa

Fonte: IBGE, 2010.

Dados apresentados avaliaram a situação de diferentes demandas e sua condição para o panorama das estiagens no primeiro semestre do ano (Quadro 5.4). Para a agricultura foi avaliada a situação dos cultivos, milho e feijão. Para o município de Lagarto estimou-se uma previsão de perda de 60% da produção do milho, a situação crítica esteve localizada nos limites com o município de Simão Dias, em função da irregular distribuição das chuvas que ficou entorno de 270 mm, acumulada de abril a 15 de julho, necessitando de 600 mm. Se comparado aos anos de 2016 e 2017, o período chuvoso foi significativamente reduzido (Tabela 5.5).

**Quadro 5.4.** Síntese das situações de estiagem no municípios

Situação	Lagarto	Riachão do Dantas	Simão Dias
<b>Volume das Aguadas, Tanques e Açudes</b>	Não compromete abastecimento	90%	Não foram identificados problemas
<b>Situação Milho e Feijão</b>	Previsão 60% de perda	Não tem previsão de perda	Milho – 20 a 50% de perda Feijão – 60% de perda
<b>Situação Pastagem</b>	Até o momento suporte forrageiro garantido	Encontra-se com 80% de suporte	Normal, mas solos com baixo teor de água
<b>Situação Rebanho bovino para corte</b>	Normal, mas a partir de outubro, sem chuva, vai complicar	Desenvolvimento satisfatório	Sem problemas até o momento
<b>Situação Rebanho bovino para leite</b>	Normal, mas perdurando a estiagem vai complicar	Desenvolvimento satisfatório	Sem problemas até o momento
<b>Água para Consumo Humano</b>	Não tem problema significativo	Algumas comunidades não possuem água encanada, dependendo das chuvas	Não existe reclamação

Fonte: EMBRAPA/SE, 2018.

**Tabela 5.5.** Índice pluviométrico no município de Lagarto

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2016	156,2	28,1	18,6	50,1	178,1	152,9	56,3	47,4	42,5	13,1	3,8	35,5	782,5
2017	0,0	3,0	32,0	154,0	315,4	180,0	113,4	68,4	266,2	70,7	4,6	68,3	1275,9
2018*	6,7	25,5	54,1	73,4	87,3	145,8	27,3*	-	-	-	-	-	420,1

Fonte: EMBRA. Escritório Local Lagarto. (\*) primeira quinzena julho, 2018.

Para o município de Simão Dias a estimativa de perda foi de 20 a 50% para o milho e de 60% para o feijão. No mês de julho de 2018, o volume das chuvas até a primeira quinzena foi de 18 mm, nos anos de 2016 e 2017 a média mensal foi de 54,2 e 123,8 mm,

respectivamente (Tabela 5.6). No município de Riachão dos Dantas, mesmo com a redução das chuvas previstas para o mês de junho, não foi estimada a perda de produção para as culturas de milho e feijão, o que pode estar associado à concentração das chuvas nos meses de março a maio em relação aos outros municípios (Tabela 5.7).

**Tabela 5.6.** Índice pluviométrico no município de Simão Dias

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2016	128,8	6,3	1,3	20,5	196,1	119,3	54,2	37,7	30,0	0,8	11,5	23,4	629,7
2017	0,0	11,0	36,8	106,9	260,9	140,6	123,8	73,3	318,6	94,1	24,7	48,6	1239,2
2018*	3,8	32,8	57,0	37,1	72,3	109,8	18,4*	-	-	-	-	-	331,2

Fonte: EMBRA. Escritório Local Simão Dias. (\*) primeira quinzena julho, 2018.

**Tabela 5.7.** Índice pluviométrico no município de Riachão dos Dantas

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2016	106,3	59,0	52,9	33,9	206,3	131,8	73,3	59,3	40,1	37,3	2,3	46,4	848,6
2017	3,1	26,2	70,3	141,9	206,2	170,7	129,8	81,5	266,0	61,7	19,4	102,6	1279,1
2018*	20,8	83,4	64,3	134,3	128,8	151,9	20,7*	-	-	-	-	-	604,0

Fonte: EMBRA. Escritório Local Riachão dos Dantas . (\*) primeira quinzena julho, 2018.

Nos municípios constituintes da bacia, há semelhança na diversidade pluviométrica naquilo que se refere ao ano de 2016, extremamente seco, seguido do ano de 2017 com totais anuais mais elevados. Isto denota homogeneidade na pluviosidade.

Quanto aos recursos tecnológicos, salienta-se o Perímetro Irrigado Piauí, que utiliza os recursos hídricos superficiais em um sistema de irrigação, permitindo amplo cultivo de hortaliças e frutíferas durante todo o ano.

O serviço de suporte atribuído aos solos para as atividades produtivas, além do clima, também recebe influência dos aspectos do relevo como a declividade. Nos Tabuleiros Costeiros, onde estão os solos com aptidão agrícola mais significativa, o relevo foi compartimentado em topos subhorizontais e vertentes dissecadas em colinas e espigões, que possuem um padrão na distribuição dos seus usos.

Nos topos das feições prevalecem os cultivos temporários (milho, abacaxi, feijão, mandioca, feijão, amendoim, batata-doce, amendoim e outros) e os cultivos permanentes de

frutíferas, prioritariamente ocupados pela citricultura. Enquanto as vertentes, na sua maioria, são ocupadas por pastagem natural e plantada. Nas serras com a presença de Argissolos observa-se que existem áreas pontuais com plantios temporários, mesmo com a limitação da declividade.

Os serviços ecossistêmicos na paisagem rural revelaram sistemas de uso adaptados pelos condicionantes ambientais e ao cenário de tecnologias disponíveis, que formam uma estrutura interdependente, explícita na produtividade de áreas mais desenvolvidas em contrapartida aos espaços à margem de tecnologias e de capital.

Para o relevo pode-se evidenciar diferentes serviços relacionados à plataforma, como relevo plano (0-3%) nos Tabuleiros Costeiros, que favoreceram a ocupação urbana da maioria dos municípios da área de estudo. As sedes municipais de Pedrinhas, Arauá, Umbaúba, Boquim e Salgado estão assentadas sobre estas morfologias, que permitem estabilidade nas edificações, apenas Santa Luzia do Itanhy tem sua sede inserida em maior proporção sobre o relevo ondulado (3-8%). As localidades e povoados seguem o mesmo padrão de ocupação (Figuras 5.9; 5.10; 5.11 e 5.12). No Tabuleiro do Rio Real as sedes de Lagarto (Superfície Aplainada Conservada), Simão Dias (Superfície Aplainada Suavemente Ondulada) e Riachão do Dantas (Superfície Colinosa) também estão situadas, predominantemente em relevo plano (0-3%). Essas características proporcionam estabilidade relacionada aos eventos de desastres naturais nas áreas urbanas da bacia hidrográfica.

Figura 5.9. Declividade das sedes de Estância e Arauá

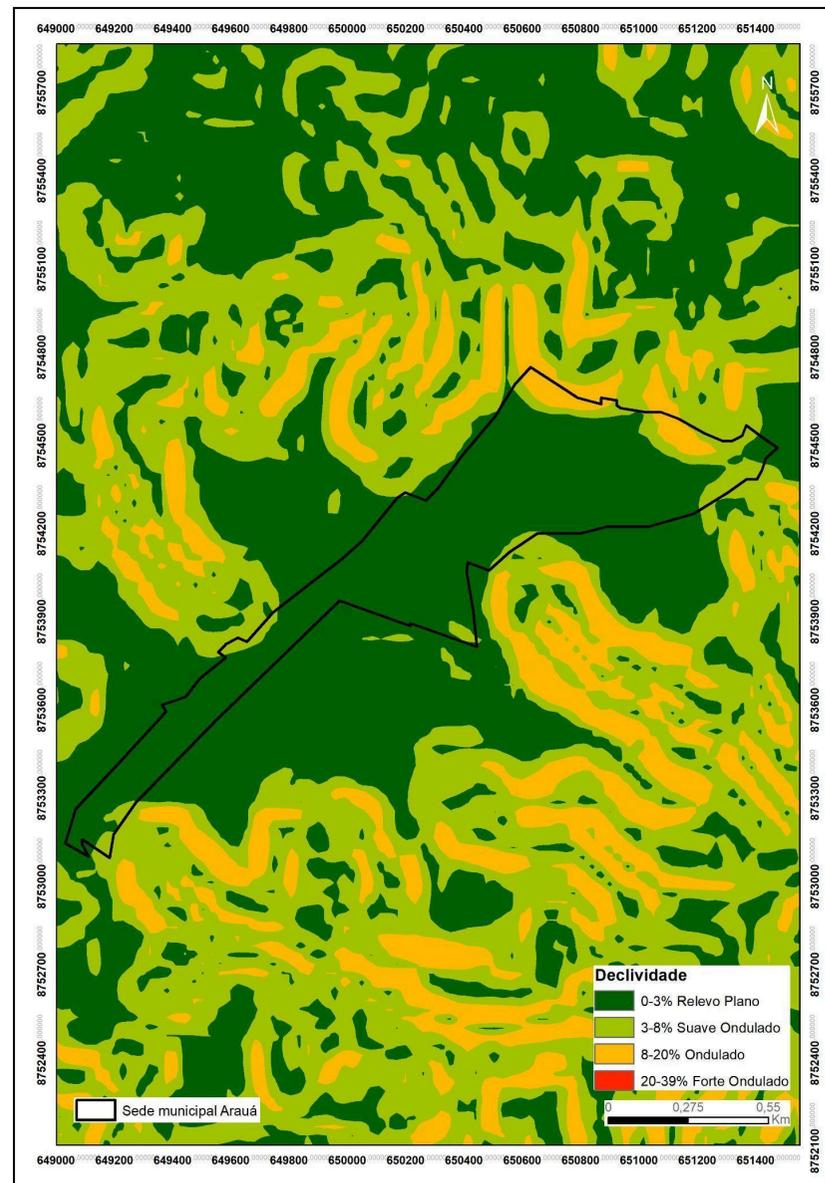
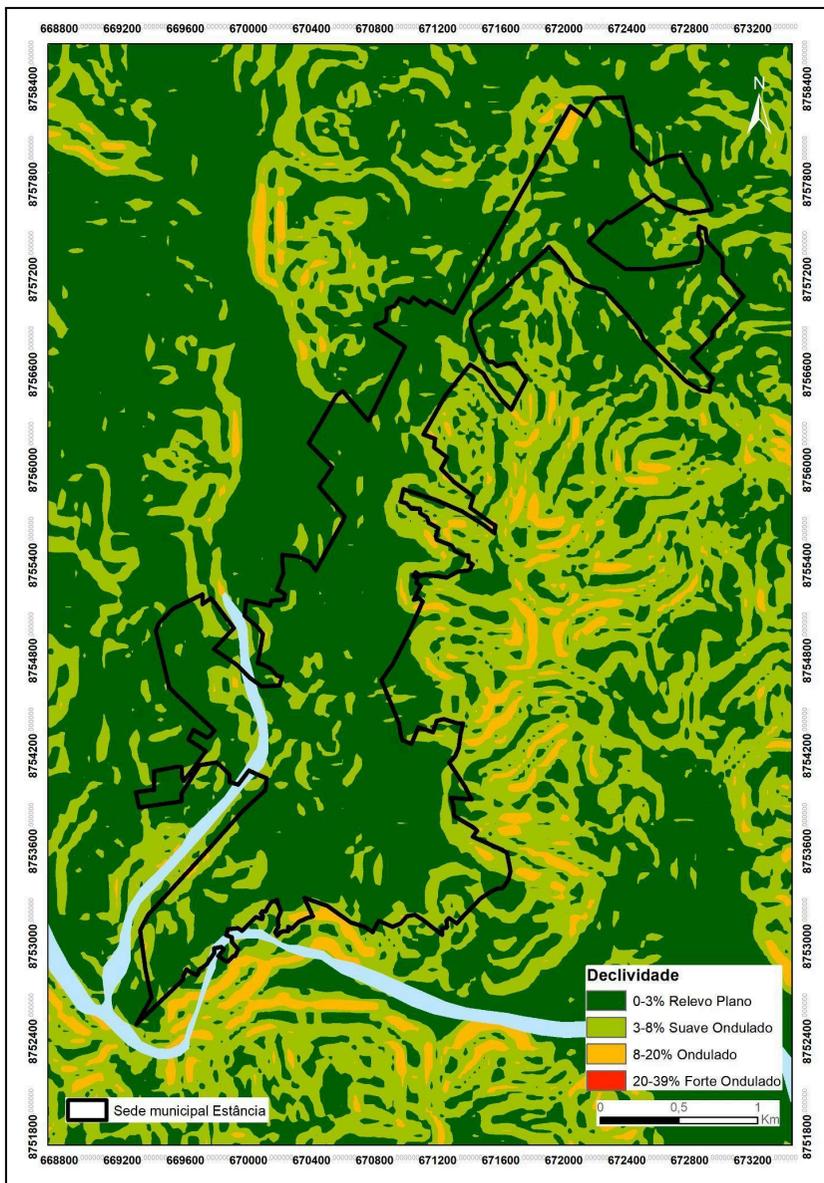


Figura 5.10. Declividade das sedes de Pedrinhas e Salgado

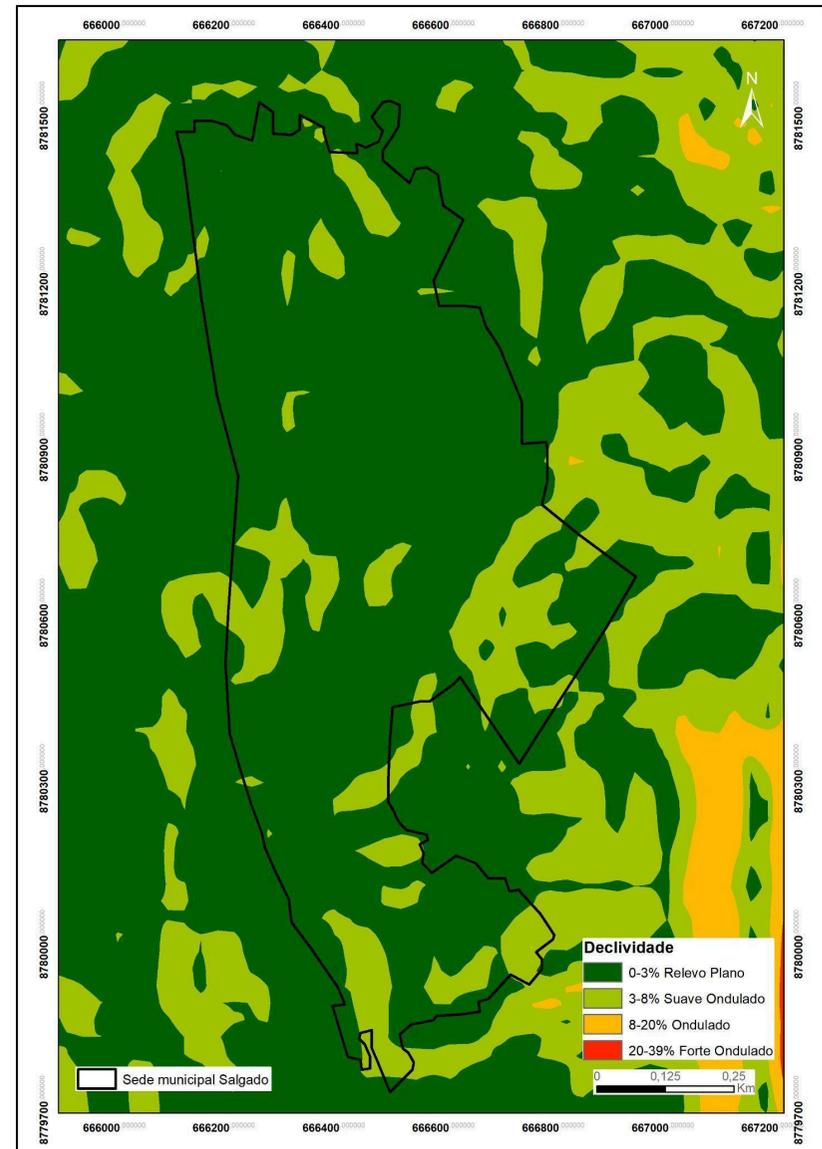
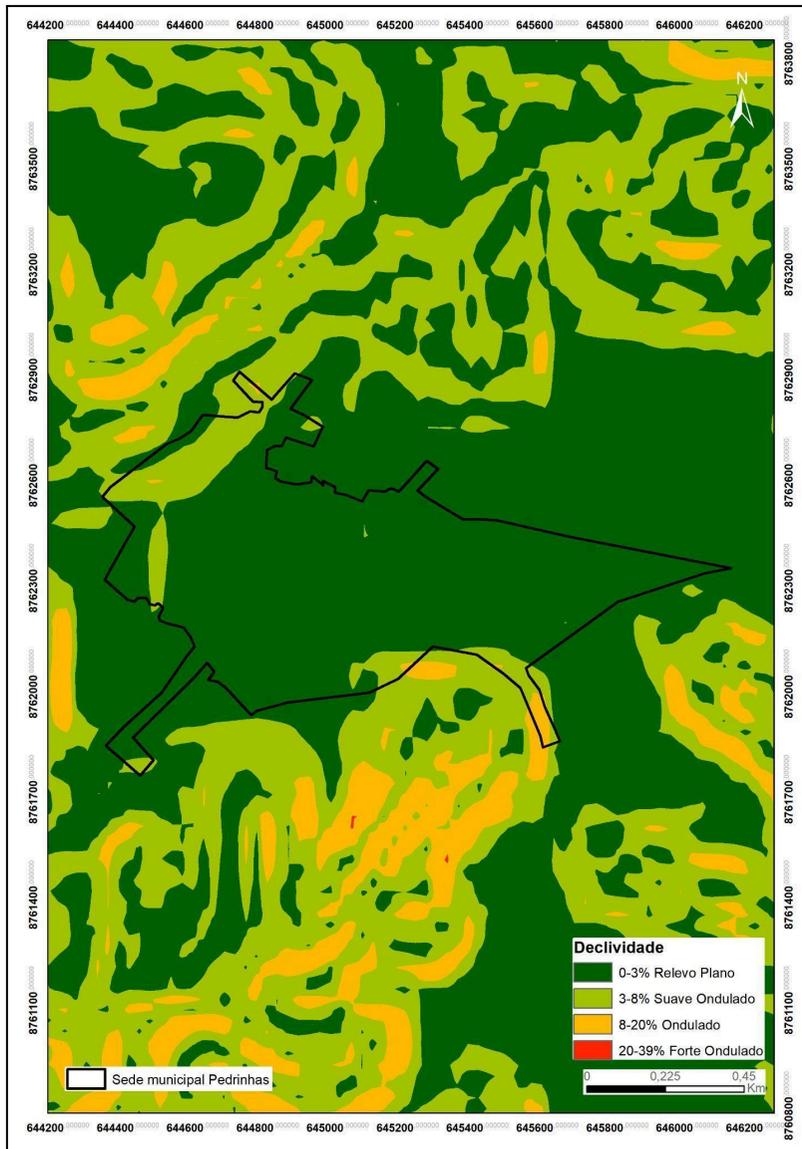


Figura 5.11. Declividade das sedes de Santa Luzia do Itanhhy e Umbaúba

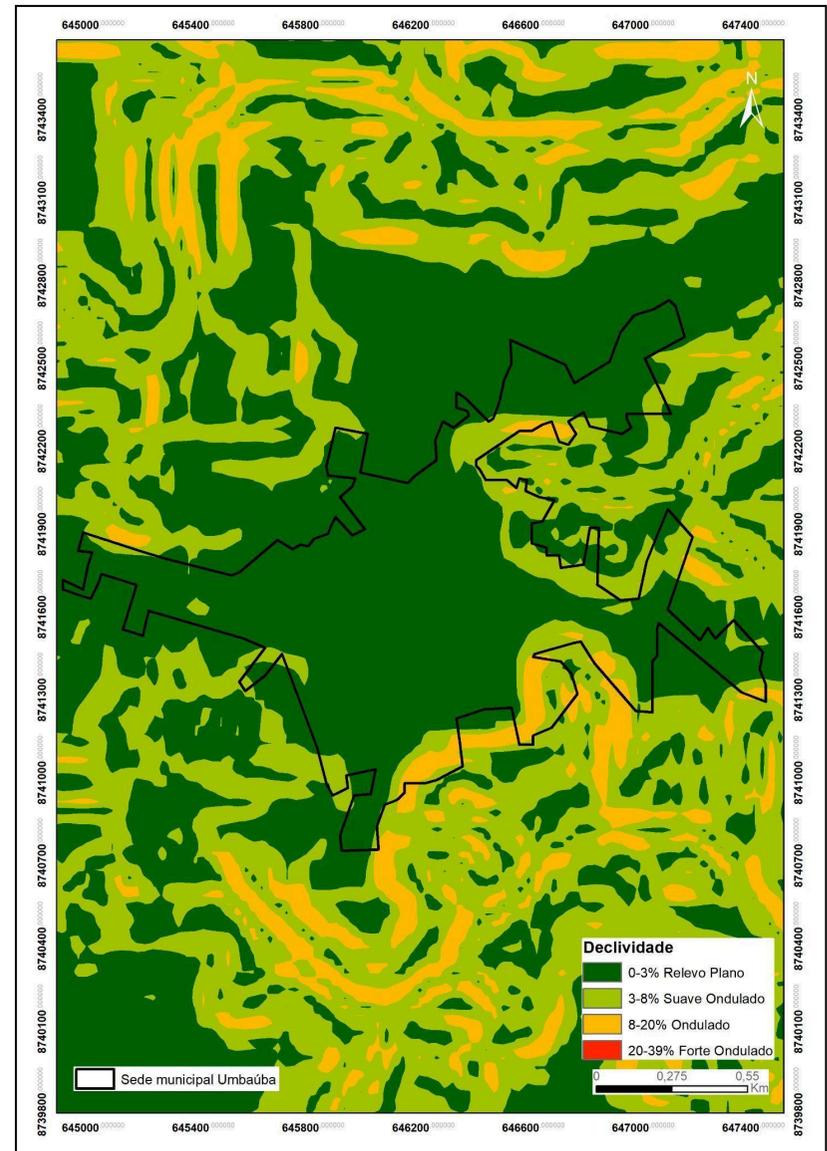
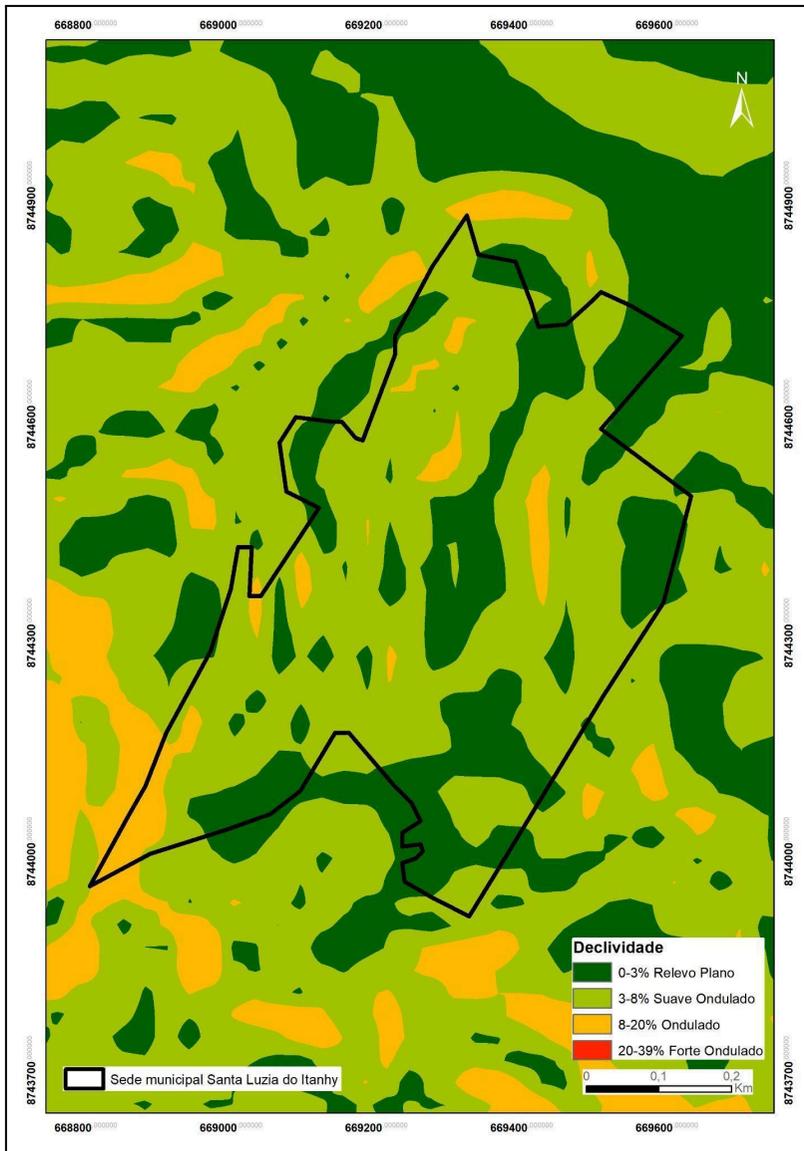
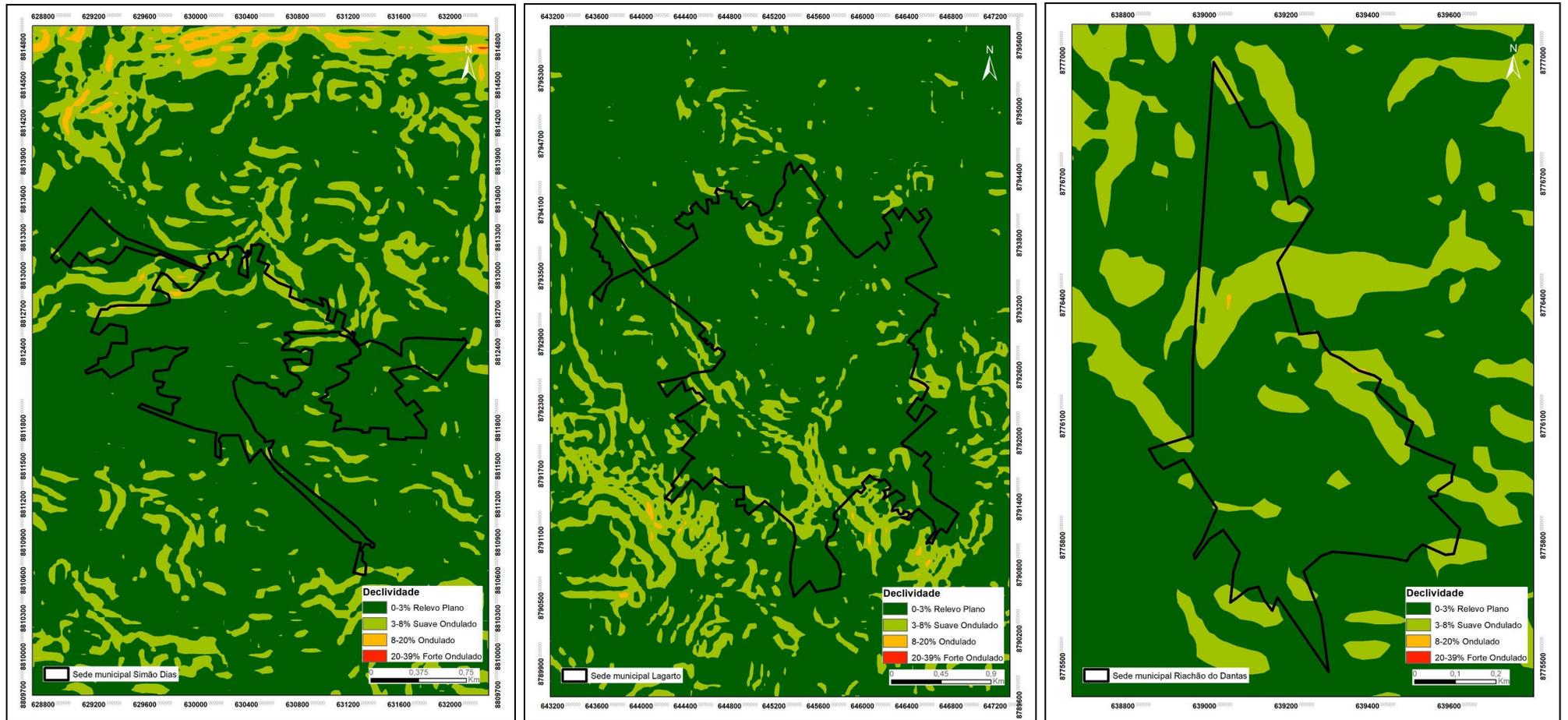


Figura 5.12. Declividade das sedes municipais de Simão Dias, Lagarto e Riachão do Dantas



Durante os trabalhos de campo pode-se identificar que o município de Umbaúba tem ampliado suas ocupações sobre as vertentes das superfícies subhorizontais, resultado do crescimento em sua malha urbana (Figura 5.13).

**Figura 5.13.** Ocupações se expandindo sobre vertentes dos topos subhorizontais em Umbaúba/SE



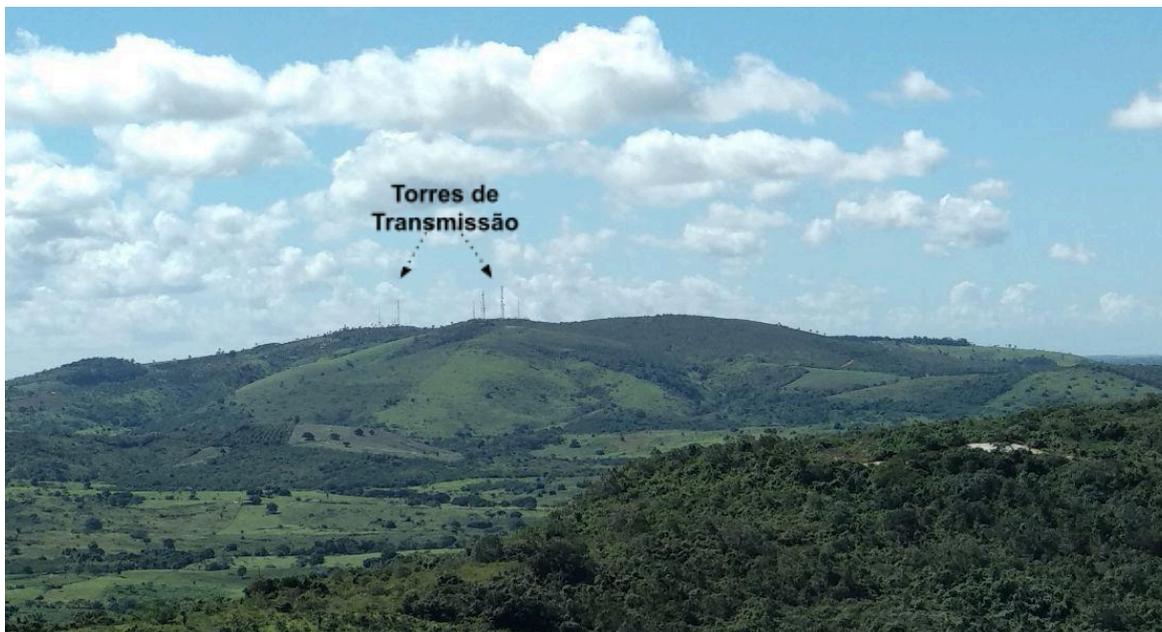
Fonte: Santana, 2023.

No Tabuleiro do Rio Real, as serras e a superfície estrutural de cimeira estão submetidas ao suporte de algumas atividades antrópicas específicas. Na serra da Pioneira, no município de Itabaianinha, existem torres de transmissão que foram instaladas devido a sua altitude de 340 m, a maior em relação às áreas adjacentes em um raio de 19.000 km<sup>2</sup>, e que engloba as sedes municipais de Pedrinhas e Itabaianinha (Figura 5.14).

Na Superfície Estrutural de Cimeira não foram identificadas formas de uso específicas, no entanto, a área está em processo de licenciamento ambiental para inserção do Parque Eólico Palmas dos Ventos (6.324,8 hectares) e uma Linha de Transmissão (52,7 Km). A escolha locacional para instalação do empreendimento considerou a direção predominante e velocidade do vento, através dos dados do Mapeamento Eólico do Brasil, do Estado de Sergipe, dados de satélite obtido pelo programa *WindPro 2.6* EMD International A/S1, dados

de relevo e medições efetuadas por torres anemométricas instaladas na área (EIA, 2016) (Figura 5.15).

**Figura 5.14.** Torres de transmissão sobre Serra Pioneira no município de Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2019.

**Figura 5.15.** Torre anemométrica instalada na superfície estrutural de cimeira município de Riachão do Dantas/SE



Fonte: Santana, 2023.

Além do potencial dos ventos, a instalação do empreendimento é viável pelas características do relevo plano no topo da Superfície Estrutural de Cimeira. A implantação do empreendimento não representa um potencial degradador dos componentes abióticos da paisagem, apenas no seu aspecto visual. Para a flora e fauna representa um atributo de alteração de habitats e fonte de alimentos pelo processo de supressão da vegetação para a alocação das turbinas eólicas.

As últimas notícias vinculadas ao parque eólico datam de 2016, no entanto, alguns populares que residem no povoado Palmares, onde ocorrerá a instalação de parte dos aerogeradores, afirmam que o projeto segue em andamento. Segundo lideranças locais já houve a regularização das propriedades que serão arrendadas para inserção do empreendimento.

Quanto aos aspectos litológicos pode-se evidenciar o serviço de suporte de *habitats* para espécies da fauna e flora como os paredões expostos em vales fluviais e afloramentos rochosos em serras, que abrigam espécies específicas como a bromélia rupícola ou macambira-de-flecha (*Encholirium spectabile*), que não são encontradas em ambientes de solos argilosos.

A espécie é endêmica do Brasil, estando presente no nordeste brasileiro nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Forzza et al., 2014). De acordo com Souza e Dedá (2015), essa é a única espécie do gênero *Encholirium* registrada para Sergipe. É popularmente conhecida como “macambira” e “macambira-de-flecha”, encontrada na fisionomia da Caatinga. Na BHRP a espécie foi identificada no município de Pedrinhas, em uma paredão rochoso do Complexo Granulítico, situado na margem do rio Carnaúba (Figura 5.16).

Em estudo realizado por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), no município de Santa Maria, semiárido nordestino, pode-se identificar que a macambira-de-flecha constitui *habitat* favorável para os animais que vivem na área, criando um ambiente com temperaturas amenas e maior umidade.

**Figura 5.16.** Macambira-de-flecha em afloramento rochoso na margem do rio Carnaúba Pedrinhas/SE



Fonte: Santana, 2019.

O ambiente atrai pequenos invertebrados, como formigas, cupins e besouros, até anfíbios, lagartos, serpentes e aves, bem como, mamíferos de pequeno e de médio porte, criando uma rede de interações. A pesquisa ressalta também que a macambira serve de alimento para espécies herbívoras, através dos seus tecidos, como folhas, partes internas e flores, além de néctar e pólen em abundância, sobretudo nos períodos de seca na região, quando a escassez de recursos se potencializa (Agência Bori, 2021). Além dessa espécie,

foram identificadas indivíduos de outros gêneros de bromélia, no topo da serra da Pedra Branca em Itabaianinha e na serra do Cruzeiro em Simão Dias (Figura 5.17).

Em ambientes cársticos, formados por rochas carbonáticas e morfologias de cavernas, são originados *habitats* específicos para determinadas espécies. No município de Simão Dias foram identificadas as Cavernas Abismo de Simão Dias, Toca da Raposa, Gruta do Pórtico, Furna do Tonho, Furna do Bié e Furna do Lixo.

**Figura 5.17.** Espécie de bromélia em afloramento rochoso na serra do Cruzeiro, Palmares e Pedra Branca



Fonte: Santana, 2019, 2022 e 2023.

De acordo com o levantamento realizado, apenas a caverna Toca da Raposa teve mapeamento das espécies da fauna, mais especificamente de invertebrados cavernícolas. Santana et. al., (2010), identificaram um total de 112 indivíduos, distribuídos em quinze morfoespécies. A presença da fauna foi associada a depósitos de guano de morcegos, que

costumam ocupar os espaços, e possibilitando a manutenção de outras espécies, via produção de matéria orgânica para alimentação.

### 5.2.3 Serviço de Provisão

O serviço ecossistêmico de provisão está relacionado aos recursos renováveis e não renováveis que são fundamentais à vida e à sociedade. De acordo com Brauman et. al. (2007), o abastecimento de água é um serviço de provisão oferecido pela natureza, por entender que a água é um recurso de alta relevância na manutenção e na efetivação das atividades antrópicas.

Nesta condição, a água pode ser utilizada no próprio manancial (*in situ*), assim como extraída e transportada para outras regiões, estando presente em grande parte da cadeia produtiva do homem (Brauman, 2015).

Portanto, o serviço de provisão relacionado a geodiversidade refere-se aos recursos hídricos, as características da geologia e geomorfologia que repercutem nas condições de disponibilidade e manutenção da água. Quanto à geodiversidade da área de estudo, foi priorizada a disponibilidade dos recursos hídricos na dinâmica das atividades humanas, tanto de utilização doméstica como nos de usos pelas atividades econômicas

O estado de Sergipe é abastecido por mananciais predominantemente superficiais (45 sedes), que abastecem aproximadamente de 500 mil habitantes (28% da população urbana), contemplados na sua maioria pelo manancial do rio São Francisco. Os mananciais subterrâneos, de forma exclusiva, aprovacionam 20 sedes com 156 mil habitantes. As demais sedes (10) são abrangidas pelos dois tipos de manancial (ANA, 2021). Na bacia hidrográfica do rio Piauí o abastecimento é variado, contando com dezenove mananciais subterrâneos e oito superficiais, incluindo a Barragem Dionísio Machado, totalizando vinte e sete pontos de captação hídrica.

As demandas hídricas da bacia são atendidas por estações de tratamento e reservatórios populares na responsabilidade da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), com exceção de Estância que possui SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto).

Do quantitativo geral dos pontos de captação de água, vinte e cinco estão inseridos no Tabuleiro Costeiro associado à alta densidade de drenagem dos cursos d' água perenes predominantes na subunidade Superfície Dissecada em Colinas e Espigões (Figura 5.18). No entanto, é no rio Piauitinga, situado na Superfície Dissecada em Colinas e Espigões, que está a maior reserva de água, com 3.150 mil m<sup>3</sup>. No alto curso da bacia também existe uma área

com alta densidade de drenagem, contudo, os rios são de caráter intermitente na sua maioria e contribuintes hídricos dos cursos d' água do médio e baixo curso.

Os municípios de Itabaianinha, Umbaúba, Lagarto e Simão Dias são abastecidos pelo sistema integrado Piauitinga. As captações superficiais ocorrem diretamente no rio e na Barragem Governador Dionísio Machado, situado em Lagarto. A captação de água acontece através de uma adutora, que atualmente está em processo de ampliação (Figura 5.19). Os demais municípios da bacia como Pedrinhas (Riacho Areias), Boquim (Riacho Grilo), Itaporanga D'Ajuda (Rio Fundo) e Arauá (Riacho Brejo) possuem sistema isolados de abastecimentos (Figura 5.20).

Além da captação pública, o levantamento do CPRM/SEPLANTEC/SRH expõe que, os recursos subterrâneos são utilizados através de 900 poços tubulares registrados, destes 683 estão perfurados sobre o Grupo Barreiras concentrados na sub-bacia do rio Piauitinga. De acordo com a Superintendência Especial de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SERHMA) no primeiro trimestre de 2022, as autorizações de uso da água na bacia hidrográfica do rio Piauí foram de 5.221,95 m<sup>3</sup>/h, deste total 2.591,61m<sup>3</sup>/h correspondem aos recursos da sub-bacia do rio Piauitinga.

Em toda a bacia os recursos hídricos subterrâneos são utilizados para o Abastecimento Comercial e Serviços, Abastecimento Industrial, Abastecimento Público, Consumo Humano, Abastecimento Animal e Irrigação, no entanto, a demanda por água se concentra sobre os recursos superficiais.

Algumas localidades, como povoados Muniz e Triunfo, em Simão Dias, as atividades são estritamente dependentes dos recursos hídricos subterrâneos com o uso de poços comunitários administrados pela prefeitura municipal para atender as demandas da comunidade local.

Figura 5.18. Mapa da densidade de drenagem da BHRP

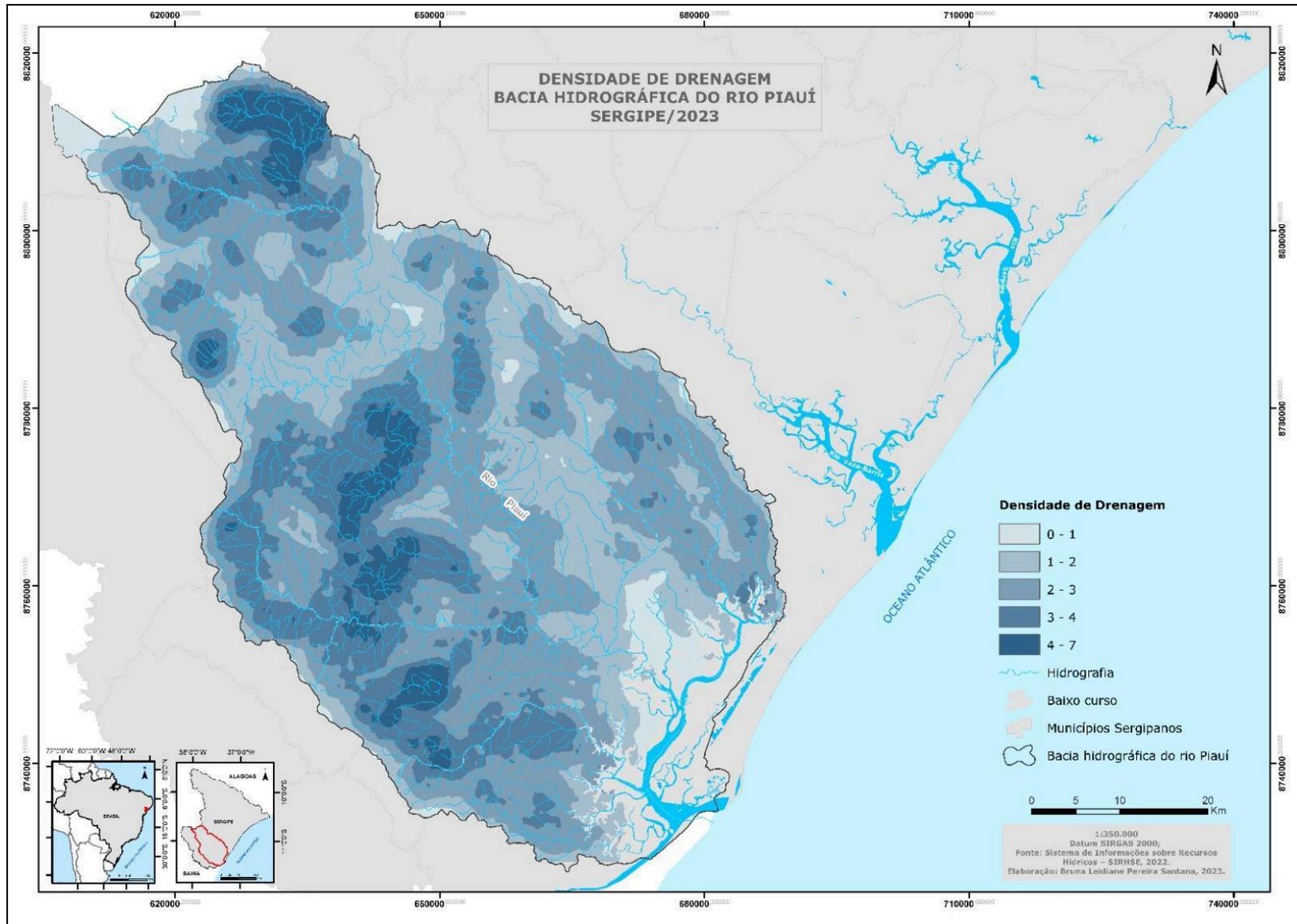
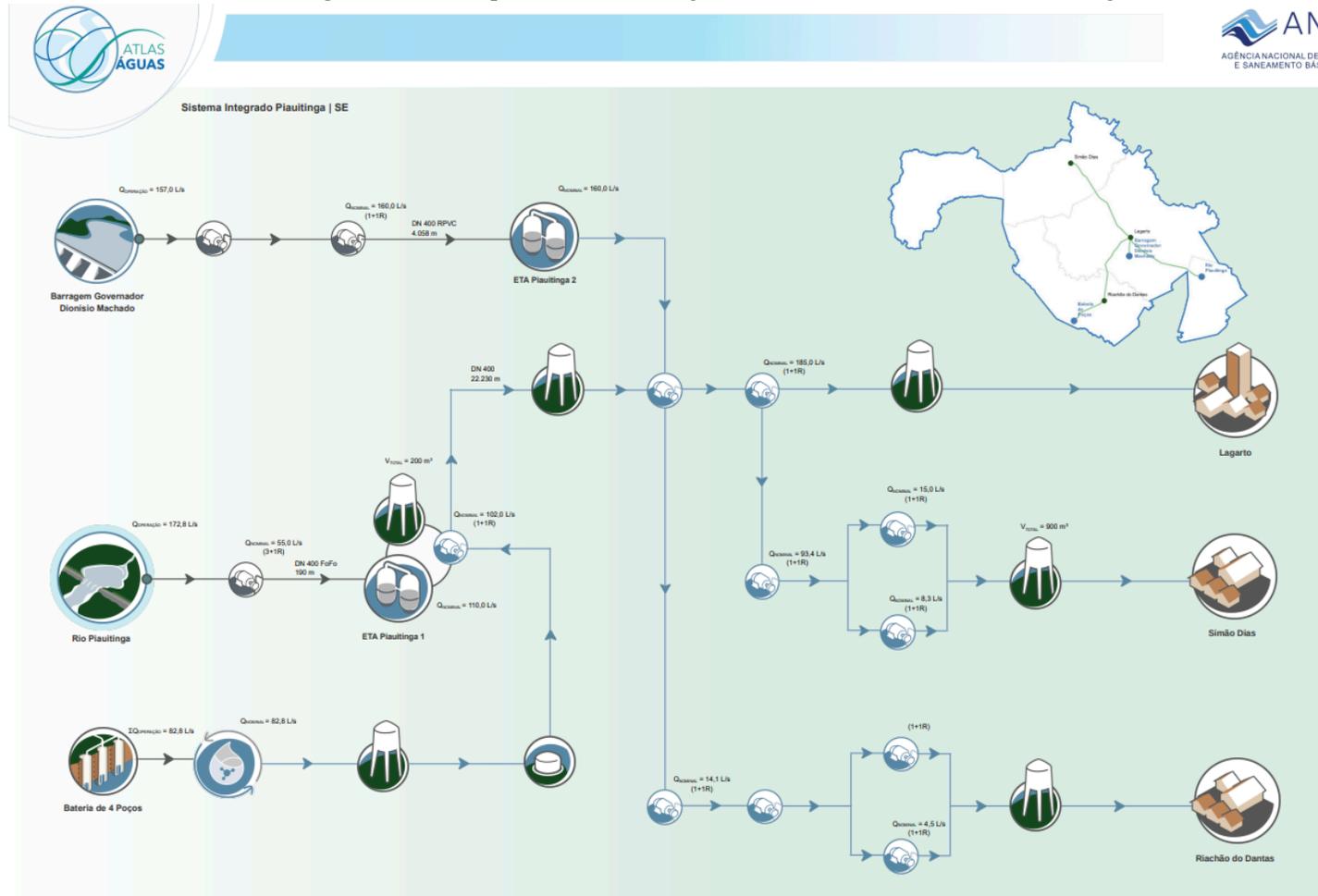
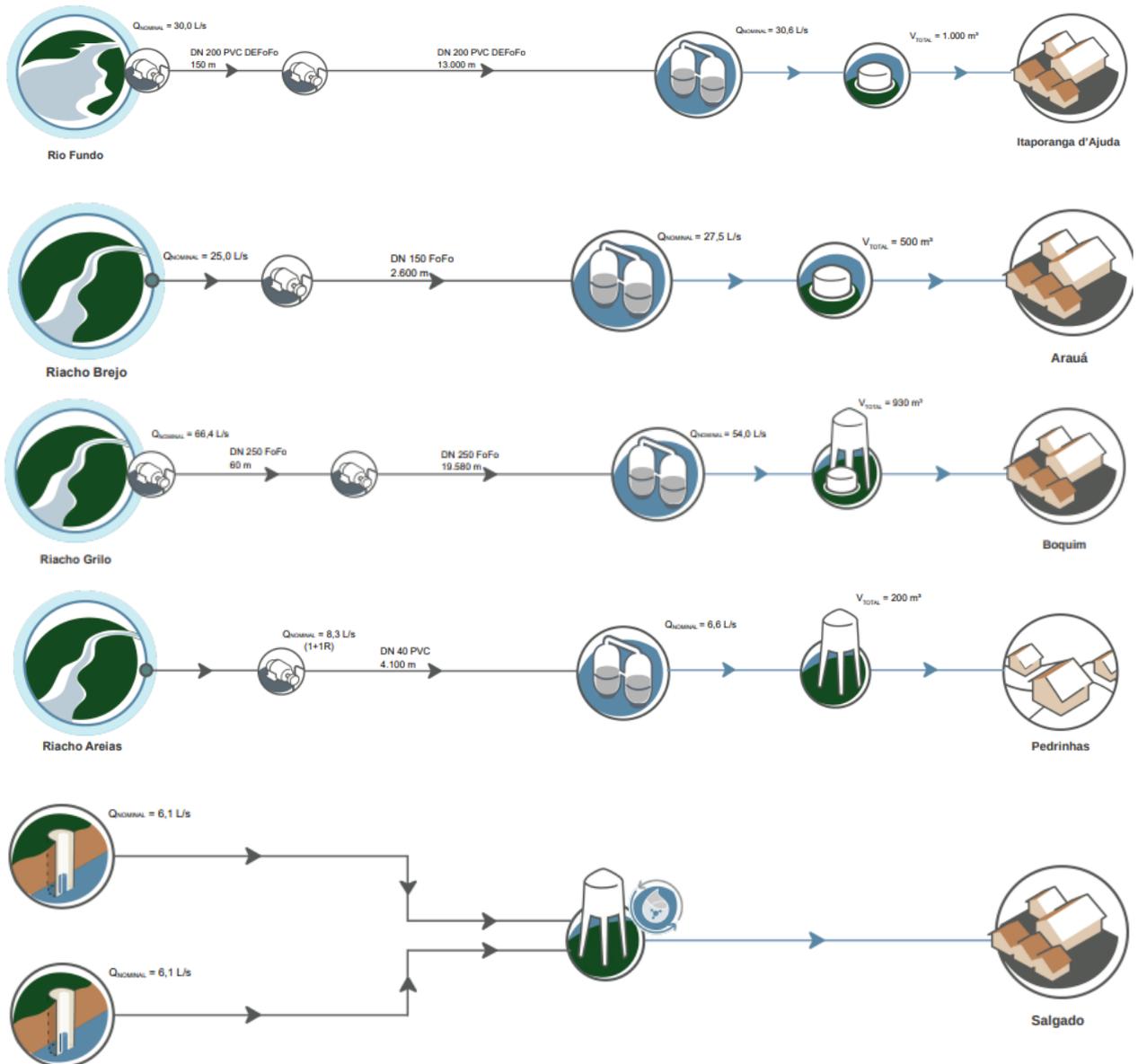


Figura 5.19. Croqui do sistema integrado de abastecimento do rio Piauitinga



Fonte: ANA, 2023.

**Figura 5.20.** Croqui dos sistemas de abastecimento isolados na bacia hidrográfica do rio Piauí



Fonte: ANA, 2023.

O serviço ecossistêmico de provisão associado a disponibilidade e usos múltiplos dos recursos hídricos, conforme dados levantados, se concentram na sub-bacia do rio Piauitinga, que demonstra acentuados processos erosivos e ocupação do solos por atividades produtivas, principalmente a pecuária extensiva representada amplas áreas ocupadas por pastagens (Figura 5.21).

**Figura 5.21.** Evidência de intensa antropização e processos erosivos no baixo curso do rio Piauitinga - Estância/SE





Fonte: Santana, 2023.

Os recursos hídricos da BHRP também são disponibilizados em obras que alteram a estrutura dos canais de drenagem e, conseqüentemente, na dinâmica das suas vazões como barragens para formação de reservatórios. Ao longo da bacia existem dois grandes reservatórios criados com a construção de barragem, com finalidade de abastecimento humano e irrigação, sendo eles, o reservatório Dionísio Machado, situado no município de Lagarto e o reservatório Taboca no município de Simão Dias.

O reservatório Dionísio Machado foi construído pelo Governo do Estado de Sergipe na década de 1980, em um trecho de confluência entre os rios Piauí e Jacaré. Os usos mais significativos são o abastecimento humano, correspondendo a 80% do abastecimento no município, e manutenção do perímetro irrigado do rio Piauí (Lima, 2015). Com volume de 15.000.000 m<sup>3</sup> COHIDRO (2013).

A água do reservatório possibilita o desenvolvimento da agricultura irrigada, que situa-se a leste da margem esquerda da barragem, denominado perímetro irrigado do rio Piauí. De acordo com a COHIDRO (2013), o perímetro tem 1.106 hectares, constituído por 539 propriedades, deste total 331 são irrigáveis totalmente e 90 possuem irrigação parcial. As principais culturas exploradas são: amendoim, batata-doce, fumo, mandioca, pimentão, repolho, tomate e viveiros de citros.

O reservatório Taboca foi construído em 1914 pelo barramento do rio Taboca e está localizado no município de Simão Dias. O material da barragem é de terra com um volume de

115.000 m<sup>3</sup> e foi construído para atender o abastecimento humano e práticas de irrigação da localidade. Atualmente está inserido ao sistema integrado do rio Piauitinga.

Para os municípios BHRP pode-se destacar alguns indicadores do Atlas Águas (ANA, 2021), pertinente a segurança hídrica urbana, que se estabelece a partir da água disponível em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades humanas e econômicas e à conservação os ecossistemas aquáticos, com um nível admissível de risco considerando a secas e cheias (Figuras 5.22; 5.23 e 5.24).

Os mananciais de Arauá, Boquim, Estância, Itabaianinha, Pedrinhas, Santa Luzia do Itanhy e Umbaúba possuem alta vulnerabilidade e conseqüentemente mínima eficiência de produção de água, já que quanto maior a vulnerabilidade menor é a sua produção. Com exceção de Itabaianinha, que apresentou média eficiência da distribuição de água, as demais sedes urbanas possuem baixa eficiência. Pedrinhas expressou segurança hídrica de mínima, sendo o município de menor cobertura do Estado de Sergipe, com apenas 35, 20% (Figuras).

Para os municípios de Lagarto, Riachão do Dantas, Salgado e Simão Dias, os mananciais foram classificados com média vulnerabilidade, baixa e mínima eficiência de produção e distribuição da água.

Os parâmetros em evidência demonstram que a conjuntura dos recursos hídricos na bacia apresentam lacunas, tanto na sua disponibilidade natural para o cumprimento das demandas de uso, quanto nos aspectos relacionados à sua preservação, um indicativo da necessidade de ações direcionadas a sua gestão.

**Figura 5.22.** Contexto da segurança hídrica de Arauá, Boquim, Estância e Itabaianinha



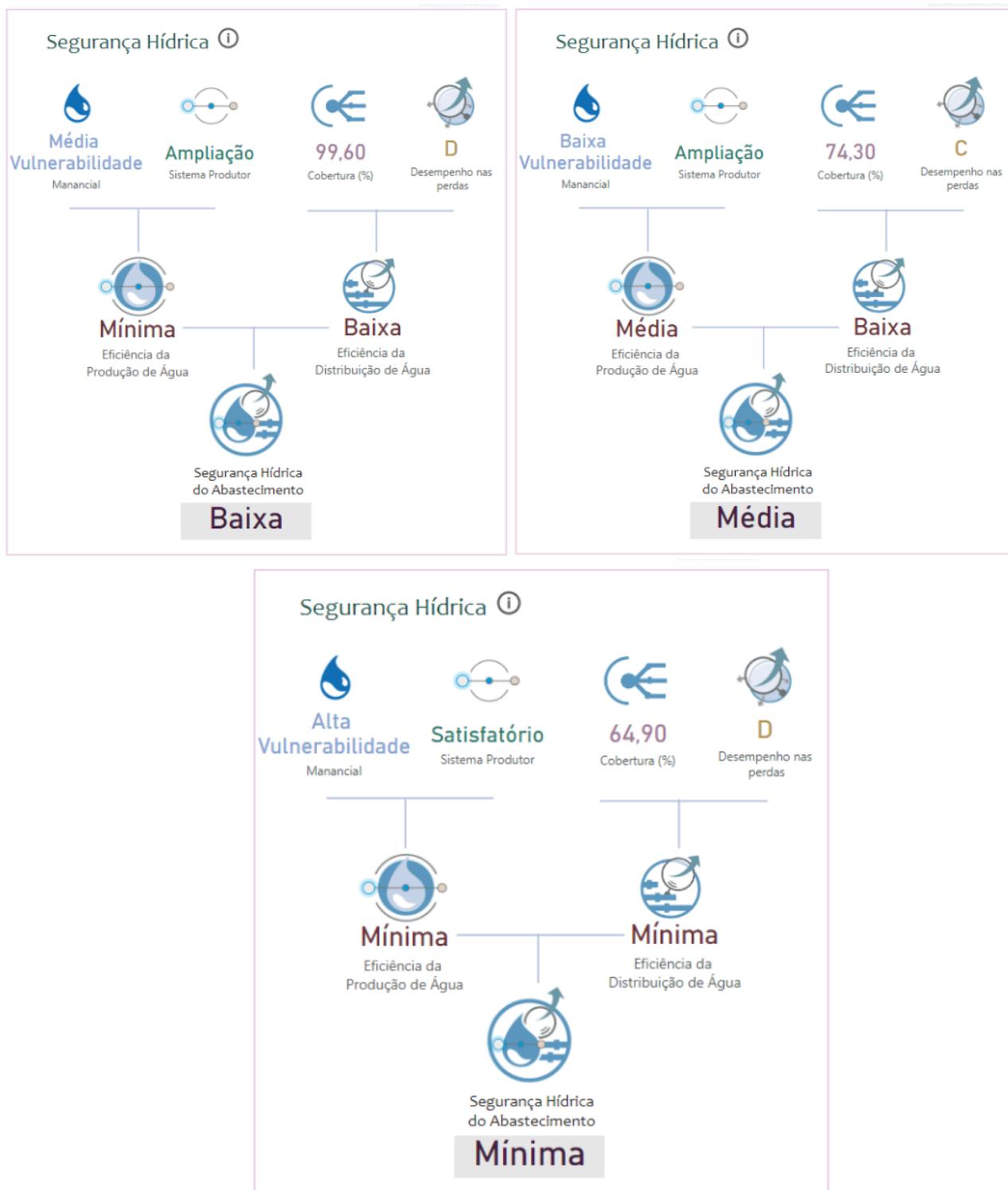
Fonte: ANA, 2021.

**Figura 5.23.** Contexto da segurança hídrica de Lagarto, Pedrinhas, Riachão do Dantas e Salgado



Fonte: ANA, 2021.

**Figura 5.24.** Contexto da segurança hídrica da área urbana de Simão Dias, Santa Luzia do Itanhy e Umbaúba



Fonte: ANA, 2021.

Além dos recursos hídricos, o serviço de provisão na BHRP se estabelece pela ocorrência e disponibilidade de materiais de construção e recursos minerais. De acordo com a SIGMINE (2023), o primeiro registro de concessão de exploração mineral na área ocorreu em

1973. Atualmente são registrados 193 processos na Agência Nacional de Mineração (ANM), em concessão de lavra, autorização de pesquisa, licenciamento, registro de extração, requerimento de pesquisa e lavra, apto para disponibilidade e disponibilidade. Deste quantitativo dezoito possuem concessão para a lavra para a extração de turfa (1), argila (5), Pirita (1), Quartzo (1), Potássio (2), Cobre (1), Granito (1), Siltito (1), Mármore (4) e filito (1), utilizados para recursos minerais energéticos, minerais industriais, insumos para a agricultura, metais não ferrosos e semimetais e material de construção civil.

#### *5.2.4 Serviço de Conhecimento*

De acordo com Rodrigues et al. (2020), o serviço de conhecimento está associado ao fomento da geociências, através dos valores científicos e educacionais da perspectiva abiótica da natureza, direcionando para a proteção e conservação. Diferentes elementos da geodiversidade como a exposição de rochas, perfis de solo, fósseis, são aplicados no contexto da educação, ampliando o conhecimento sobre os processos de origem e evolução da Terra.

Com base no levantamento de trabalhos científicos publicados em artigos nacionais e internacionais, consultas em dissertações e teses, o serviço de conhecimento identificado para a bacia hidrográfica do rio Piauí esteve pautado na quantidade e nas suas temáticas

A maioria dos estudos encontrados abordam o contexto geológico e estudos ambientais sobre as unidades de planejamento da bacia do rio Piauí, como do rio Piauitinga e rio Fundo, que concentram as pesquisas sob tal perspectiva. As duas sub-bacias estão situadas nas áreas de maior adensamento populacional da bacia do rio Piauí e conseqüentemente nas áreas de maior evidência de degradação e uso dos recursos hídricos. Observou-se que nenhum dos trabalhos abrangem a temática no contexto da geodiversidade. No entanto, são fundamentais para compreensão da dinâmica da paisagem, sobretudo da dinâmica hidrogeológica da região (Quadro 5.5).

O serviço de conhecimento pode ser representado também, por projetos que objetivem a divulgação das Geociências e da Geodiversidade. O projeto mais próximo da temática desenvolvido na bacia foi o “Projeto Adote um Manancial” que ocorreu nos municípios de Estância, Boquim, Salgado e Lagarto. O projeto objetivou realizar ações de recuperação florestal nas nascentes e mata ciliar do rio Piauitinga juntamente em consonância com ações de educação ambiental, comunicação e participação da comunidade escolar, instituições públicas e entidades de classe. Como resultado obteve-se a participação de cerca de 1.500 pessoas e o plantio de 30 mil mudas entre os anos de 2008-2012.

**Quadro 5.5.** Estudos e pesquisas levantamentos para o serviço ecossistêmico de conhecimento

<b>ESTUDOS E PESQUISAS DA GEOLOGIA</b>	
<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Estratigrafia e evolução sedimentar de diamictitos e carbonatos neoproterozóicos no domínio Vaza-Barris, Faixa de Dobramentos Sergipana, Nordeste do Brasil.</b>	Alexandre Uhlein; Guilherme Labaki Suckau; Julio Carlos Destro Sanglard e Fabrício Andrade Caxito (2013).
<b>O cráton do São Francisco</b>	Fernando Flávio Marques de Almeida (1977).
<b>Análise tectônica da porção nordeste da Faixa Sergipana, Província Borborema: dupla vergência em resposta a colisão oblíqua entre o Cráton do São Francisco e o Terreno Pernambuco-Alagoas.</b>	Haroldo Monteiro Lima; Márcio Martins Pimentel; Lauro Cezar Montefalco de Lira Santos e Vanildo Almeida Mendes (2017).
<b>Vergência centrífuga residual do sistema de Dobramentos Sergipano.</b>	Benjamim Bley de Brito Neves; Alcides Nóbrega Sial e José do Patrocínio Tomaz Albuquerque (1977).
<b>Nova perspectiva de interpretação tectônica das faixas de dobramentos marginais ao Cráton do São Francisco.</b>	Issamu Endo e Rômulo Machado (1993).
<b>Petrografia de Diques Andesíticos na Região de Arauá, Sul do Estado de Sergipe.</b>	Luiz Henrique Passos (2012).
<b>Geoquímica e isótopos Sm-Nd dos Diques Arauá da porção nordeste do Cráton São Francisco.</b>	Joemir Oliveira Andrade (2019).
<b>Tectonic evolution of the southern part of the Sergipano Fold Belt, northeastern Brazil.</b>	Luiz José Homem D'El-Rey Silva (1992).
<b>Petrografia, litogeoquímica e geocronologia das rochas granulíticas da parte norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Bahia-Sergipe.</b>	Ernande Melo de Oliveira (2014).
<b>As raízes granulíticas do cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Cráton do São Francisco, Bahia-Sergipe, Brasil.</b>	Johildo Salomão Figueiredo Barbosa; Moacyr Moura Marinho; Angela Beatriz de Menezes Leal; Ernande Melo de Oliveira; Jailma Santos de Souza-Oliveira; Roberto Max de Argollo; Cristiano Lana; Rafael Gordilho Barbosa; Leila Tatiane Lopes Santos (2018).
<b>Tectonic evolution of the southern part of the Sergipano Fold Belt, northeastern Brazil</b>	Luiz José Homem D'el-Rey Silva (1992).

<b>Anomalias de fosfato sedimentar nos grupos Vaza-Barris/Miaba, faixa de dobramentos neoproterozóicos sergipana, NE da Bahia, Brasil: controles estratigráficos e correlações.</b>	Edmar da Silva Santos (2018).
<b>Modelo de distribuição de sedimento em área de plataforma marinha: um exemplo do cambriano da faixa sergipana (Formação Lagarto, Domínio Estância, Sergipe).</b>	Pedro Henrique Vieira de Lucca, (2020).
<b>Evolução tectono sedimentar do grupo Estância: suas correlações.</b>	Silva Filho, M.A. Bomfim L.F.C. E Santos R.A. (1978).
<b>Tidal-dominated sandy coast: the Lagarto Formation, Early Cambrian, Sergipe..</b>	Giorgio Basilici e Elson Paiva de Oliveira (2006).
<b>Tectônica tangencial na faixa sergipana</b>	E.F. Jardim de Sá; José Acúrcio Canário de Moraes e Luiz José Homem D'el-Rey Silva (1986).
<b>Fácies sedimentares e modelo de sedimentação da Formação Acauã, Pré-cambriano Superior do Nordeste da Bahia.</b>	Gerson Souza Saes e Geraldo da Silva Vilas Boas (1986).
<b>Estudo Geocronológico do Grupo Estância pelo método do Rb/Sr.</b>	Benjamim Bley de Brito Neves; Koji Kawashita e Everaldo Zeferino Vieira de Mello (1977).
<b>Vergência centrífuga residual no Sistema de Dobramentos Sergipano</b>	Benjamim Bley de Brito Neves; Alcides Sial (1977)
<b>O contexto tectônico do enxame de Diques Arauá por análise de imagens landsat</b>	Teresa Barata, Jussara Sommer, Fernando Carlos Lopes, Adriane Machado, Carlos A. Sommer (2014).

### **ESTUDOS E PESQUISAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS**

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Avaliação morfodinâmica e fragilidade ambiental da paisagem no sistema hidrográfico do rio Arauá/SE</b>	Bruna Leidiane Pereira Santana, (2019).
<b>Análise da influência dos fenômenos El Niño e La Niña na oscilação da precipitação na bacia do rio Piauí, Sergipe</b>	Yuri Batista Ishizawa, Alan de Gois Barbosa, Ludmilson Abritta Mendes (2018).
<b>Geotecnologia aplicada à sub-bacia hidrográfica do Rio Piauitinga e suas relações ambientais</b>	Flávia Dantas Moreira (2008).

<b>Caracterização geo-pedológica das áreas de nascentes na bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil</b>	Leila Thais Soares Magalhães; João Bosco Vasconcelos Gomes; Anderson Nascimento do Vasco1; Antenor de Oliveira Aguiar Netto; Robério Anastácio Ferreira (2012).
<b>A sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga: a complexidade e os desafios de seu uso</b>	
<b>Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, SE</b>	Cássio Filipe Vieira Martins; Diogo dos Santos Gonçalves Bahia; Kenneth Michael Doll; Darlan Teles da Silva (2022).
<b>Impactos das mudanças climáticas e do uso da terra nas perdas de solo da bacia hidrográfica do rio Piauitinga-SE</b>	Robson Batista dos Santos, (2016).
<b>Qualidade dos solos nas áreas de nascentes do alto curso do rio Piauitinga, Lagarto - SE</b>	Magalhães, Leila Thais Soares, (2009).
<b>Qualidade da água nas nascentes do alto curso do Rio Piauitinga-SE e suas relações com as interferências antrópicas</b>	Santana, Neuma Rúbia Figueiredo, (2011)
<b>Reflexo da urbanização nos municípios de Itaporanga d Ajuda e Lagarto-SE possíveis impactos causados na sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga-SE</b>	Aguiar Netto, Antenor de Oliveira; Santana, Neuma Rúbia Figueiredo; Figueiredo, Carla Taciane (2012)
<b>Impactos das mudanças climáticas e do uso da terra nas perdas de solo da bacia hidrográfica do rio Piauitinga-SE</b>	Robson Batista dos Santos (2016)
<b>Ordem e desordens socioambientais na bacia inferior do rio Piauí, em Sergipe</b>	Lima, Elder dos Santos, (2012)
<b>Caracterização Geoambiental da Sub-Bacia do rio Fundo</b>	José Ailton Castro Fontes (2010).
<b>Caracterização de nascentes na sub – bacia hidrográfica do rio Piauitinga, município de Estância, Sergipe</b>	Crislaine Costa Calazans, Robério Anastácio Ferreira, Gilmar da Silva Freire, Glauber Santos Pereira, Renata Silva Mann, Juliana Lopes Souza, Maria Fernanda Oliveira Torres, Valdinete Vieira Nunes (2020)
<b>Preservação no entorno das nascentes na sub-bacia do rio Piauitinga no município de Lagarto-Sergipe/Brasil: uma proposta para educação ambiental</b>	José Wellington Rodrigues Bomfim, Uendel Souza Almeida

	Maria dos Prazeres Nery Araújo Santana (20090)
<b>Estimativas de Perdas de Solo para Diferentes Cenários de Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga-SE</b>	Robson Batista dos Santos; André Quintão de Almeida & Weslei Almeida Sant (2019)

Organização: Santana, 2023.



**INVENTARIAÇÃO E VALORIZAÇÃO  
DOS GEOSÍTIOS**  
Seção VI

## 6 Inventariação e Valorização dos Geossítios

A estrutura da pesquisa consistiu em um panorama da composição biofísica que integra a bacia hidrográfica do rio Piauí, a partir da definição de unidades paisagem que pudessem agregar suas peculiaridades, partindo-se da geomorfologia associada a geologia, pedologia, recursos hídricos, clima e atividades produtivas. Considerando o cenário em evidência foram avaliados os índices de geodiversidade através da quantificação dos seus elementos e para retratar os processos de interdependência, conexão e valorização optou-se por avaliar os serviços ecossistêmicos no contexto da bacia.

Por fim, as seções anteriores puderam subsidiar a inventariação e avaliação das áreas representativas da geodiversidade, neste caso, foram selecionados cinco geossítios que pudessem evidenciar uma parcela dos ambientes que compõem suas unidades de paisagem. O principal parâmetro de definição dos geossítios foi sua composição abiótica, nível de conservação e potencialidade turística, educativa, científica e cultural (Quadro 6.1).

**Quadro 6.1.** Geossítios inventariados na BHRP

Geossítios	Subunidade de Paisagem
Serra da Pedra Branca	Serras Baixas e Morros
Serra do Cruzeiro/Cabral	Serras Baixas e Morros
Caverna Toca da Raposa	Superfície Dissecada em Colinas
Nascente do rio Piauí	Superfície Estrutural de Cimeira
Serra dos Palmares	Superfície Estrutural de Cimeira

Fonte: Santana, 2023.

### 6.1 Serra da Pedra Branca

A Serra da Pedra Branca está localizada no município de Itabaianinha, no médio curso do rio Piauí com coordenadas centrais em UTM (632096 m E e 8761889 m S), sobre substrato rochoso do Complexo Gnáissico-Migmatítico, onde predomina um conjunto de pequenas serras, como a Serra da Pioneira. A estrutura do geossítio é marcada pela presença de vegetação original herbácea-arbustiva, com exceção do topo e do paredão íngreme, principal ponto de visitação, conhecido como mirante.

A denominação “Serra Branca” foi atribuída por essa exposição rochosa com predomínio de coloração esbranquiçada, perceptível à distância, conforme ilustração a seguir (Figura 6.1 e 6.2).

**Figura 6.1.** Vista panorâmica da Serra da Pedra Branca - Itabaianinha/SE



Fonte:

**Figura 6.2.** Paisagem da subunidade Superfície Pediplanada e Serra da Pedra Branca - Itabaianinha/SE



Fonte: Santana, 2023.

O local permite a visualização de diferentes formas de relevo, com destaque para serras isoladas com aspectos de inselbergs, que surgem na paisagem sobre a extensa área pediplanada (Figura 6.3). Também é possível a identificação do uso e ocupação do solo, com predomínio de ampla ocupação por pastagem sobre o relevo plano e fragmentos de vegetação nativa pela nas feições de declividade acentuada.

**Figura 6.3.** (a) Vista panorâmica no sotavento da serra. (b) Vista panorâmica a barlavento da serra



Fonte: Santana, 2018.

Nos últimos anos a serra se tornou ponto turístico local. O acesso é possível através de estreitas estradas sem pavimentação. Em 2018, a prefeitura municipal realizou uma ampliação na sua via principal para impulsionar o atrativo, neste mesmo ano observou-se que não existiam edificações na serra, apenas pequenas residências nas adjacências. Em um campo realizado em 2020, pode-se identificar a proliferação de residências nas margens da via de acesso ao topo (Figura 6.4).

**Figura 6.4.** Residências em construção na Serra da Pedra Branca



Fonte: Santana, 2023.

No entanto, mesmo com a ampliação das ocupações o acesso ao local é limitado pelas condições das estradas, que são estreitas, sem asfalto e com um grande volume de fragmentos rochosos expostos.

Os relatos referentes ao turismo na área foram atribuídos às trilhas realizadas por grupos de ciclismo, contemplação da vista panorâmica, tanto do Pediplano Sertanejo como das serras residuais que surgem na paisagem com suas particularidades e beleza cênica. Neste sentido, o local pode ser considerado uma referência para o conhecimento geomorfológico, pois é possível visualizar *in situ* uma das formas mais características do Estado de Sergipe.

No contexto cultural, o geossítio possui relevância em festividades religiosas quando, anualmente ocorre a tradicional caminhada da “Quinta-Feira Santa”. De acordo com relatos existe um projeto para construção de uma capela no topo da serra. Alguns elementos deste aspecto são visualizados na paisagem (6.5).

**Figura 6.5.** Cruz para construção de capela na Serra da Pedra Branca



Fonte: Santana, 2018.

A atividade turística na área ainda é incipiente, configurada predominantemente pela população local e dos municípios próximos, contudo o geossítio apresenta relevância ambiental, cultural, turística e religiosa em relação às morfologias que integram as subunidades Serras Baixas e Morros. Indica-se que apenas o local do mirante seja instigado as visitas turísticas, considerando que a área total da Serra é 5 km<sup>2</sup> e abriga um fragmento considerável de vegetação nativa e algumas nascentes dos afluentes do rio Arauá, em um contexto de intenso uso dos solos pela agropecuária e extração mineral.

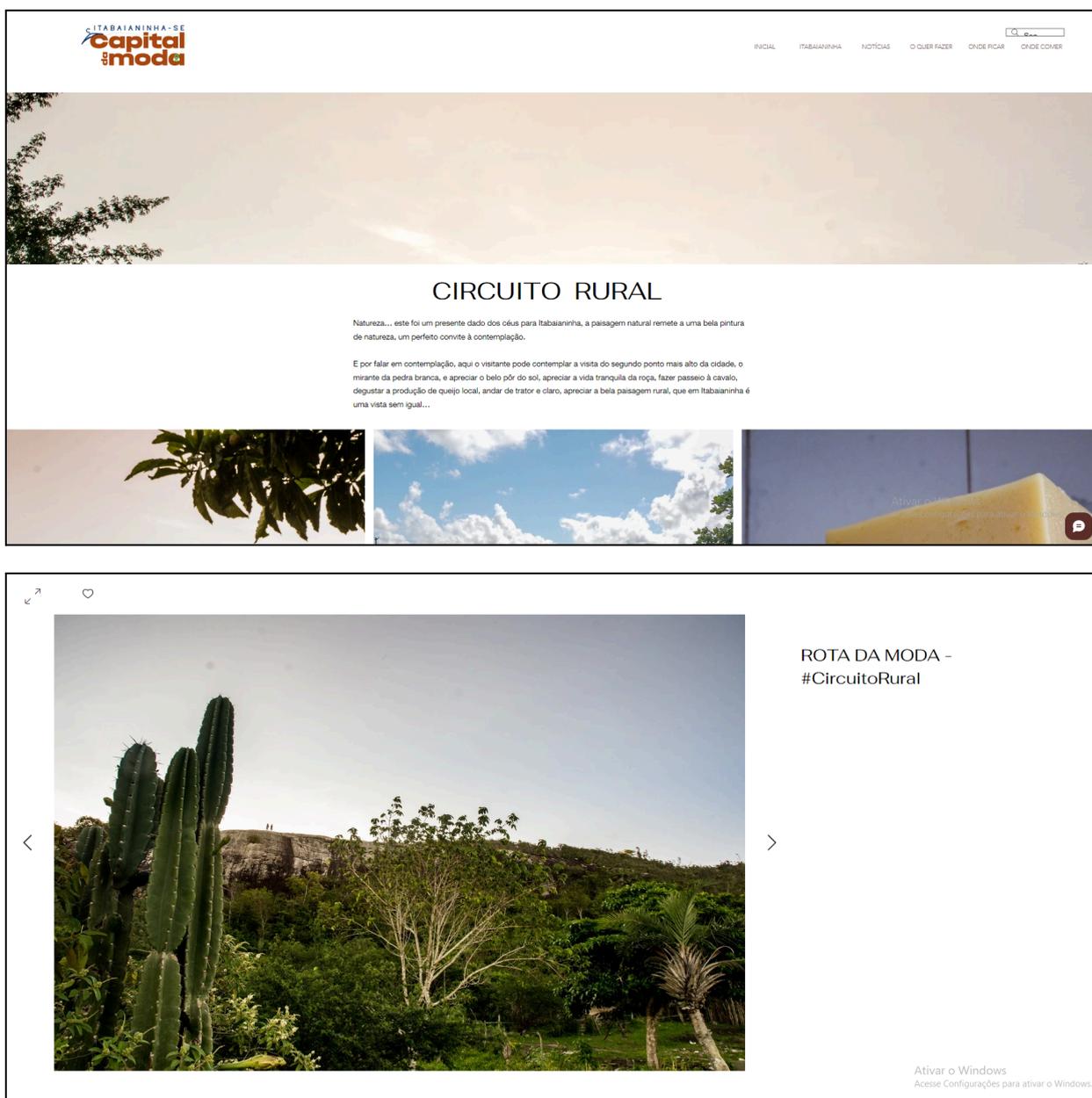
Em 2022, a prefeitura de Itabaianinha iniciou uma proposta turística desenvolvida em parceria com a Secretaria Municipal de Indústria, Comércio e Turismo. O objetivo do município é aproveitar os potenciais turísticos para transformá-los em atrativos e na sequência ofertar na prateleira turística do estado, fomentando mais rendimento econômico.

Atualmente, Itabaianinha integra o Programa “Vai Turismo”, da Confederação Nacional do Comércio, desenvolvido pelo Sistema Fecomércio em Sergipe, o objetivo é entender as demandas do município e elaborar relatórios técnicos.

O projeto é impulsionado pelo Polo da Moda, que é o grande chamariz turístico da proposta, denominada “Rota da Moda”, que se constitui na principal atração turística compartimentada em alguns circuitos, entre eles estão: circuito das cerâmicas, circuito da moda, circuito de experiência e circuito rural, que contempla o mirante da Pedra Branca, segundo ponto mais alto do município.

Além do Mirante da Serra Branca, o circuito rural conta com a degustação do requeijão do Povoado Ilha, Visita a Beneficiadora de Laranja e Fazenda Movido a Leite (Figura 6.6 e 6.7).

Figura 6.6. Imagens do circuito rural no site da prefeitura de Itabaianinha/SE



Fonte: <https://www.turismoitabaianinha.com>.

**Figura 6.7** Circuito rural do município de Itabaianinha/SE



Fonte: <https://www.turismoitabaianinha.com>.

A proposta de integração do geossítio ao roteiro turístico do município contempla somente a possibilidade de contemplação do pôr-do-sol como natureza. Não foi encontrada nenhuma referência pertinente a geologia e geomorfologia como elementos de maior destaque na área. Com os pesos atribuídos ao geossítio destacou-se os valores educacional, cultural, estético e turístico.

**Figura 6.8.** Ficha de inventariação geossítio serra da Pedra Branca

Ficha de Inventariação						
<b>Geossítio</b>	Serra da Pedra Branca					
<b>Cidade/UF</b>	Itabaianinha/SE					
<b>Coordenadas geográficas</b>	UTM 632096 m E e 8761889 m S (Ponto central)					
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input checked="" type="checkbox"/> Mirante <input checked="" type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa					
Enquadramento geológico-geomorfológico geral						
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico	<input type="checkbox"/> Cristalina	<input checked="" type="checkbox"/> Metamórfico	<input type="checkbox"/> sedimentar		
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input type="checkbox"/> Cárstico	<input type="checkbox"/> Glaciário	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> outro		
	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Periglaciário	<input type="checkbox"/> Tectônico			
	<input type="checkbox"/> Granítico	<input checked="" type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Vertente			
Interesse por conteúdo						
<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfologia	<input type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input type="checkbox"/> Hidrológico			
<input type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input checked="" type="checkbox"/> Cultural			
<input type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro				
Valores da Geodiversidade						
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input checked="" type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso						
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input checked="" type="checkbox"/> difícil	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> fácil	<input type="checkbox"/> muito fácil	
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input checked="" type="checkbox"/> muito boa	
<b>Vulnerabilidade e à deterioração</b>	<input type="checkbox"/> fraca		<input checked="" type="checkbox"/> moderada		<input type="checkbox"/> avançada	
Povoações						
O Geossítio está a 10 km da sede municipal de Itabaianinha. A localidade mais próxima é o povoado Alto, que fica a 4 km de distância.						

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).

## 6.2 Serra do Cruzeiro

A Serra do Cruzeiro, conhecida também como Serra do Cabral, está localizada no município de Simão Dias, (UTM 633381 m E / 8813556 m S). A distância entre a sede municipal e o geossítio é de 6 Km e o acesso pode ser realizado pela BR-179 no sentido do município de Pinhão.

Sua evolução morfológica ocorreu sobre a Formação Itabaiana constituída por conglomerados com clastos do embasamento, metarenitos e quartzitos médios a grossos, quartzitos finos, filitos às vezes negros, metarenitos conglomeráticos no topo, que foram identificados na subunidade Serras Baixas e Morros.

A ação dos processos modeladores do relevo originou uma feição alongada de aproximadamente 4 Km de extensão e altitude de 425 metros. Na borda da serra existem cabeceiras de drenagem de diferentes proporções, onde nascem cursos de água de 1ª ordem, que drenam no sentido dos canais fluviais afluentes do rio Piauí, como o rio Caiçá. Deste modo, o local se materializa como um importante setor de abastecimento hídrico para os rios locais.

A Serra do Cruzeiro possui uma vista panorâmica de diferentes pontos, alcançando as superfícies aplainadas intercaladas pela presença de outras serras e superfície de cimeira, bem como, a paisagem da sede de Simão Dias, situada sobre o Domo esvaziado de Simão Dias. (Figura 6.9).

**Figura 6.9.** Vista panorâmica da Serra do Cruzeiro, Simão Dias/SE





Fonte: Santana, 2022.

Sobre o geossítio é possível observar afloramentos litológicos com boas condições de visualização e acesso para qualquer tipo de público. Nas vertentes e topo da serra existe uma grande exposição de rochas em superfície e integradas aos perfis dos Neossolos Litólicos, que são evidentes nos cortes da estrada que dão acesso ao local. Esses corpos rochosos apresentam diferentes aspectos relacionados à interferência do intemperismo físico e químico (Figura 6.10 e 6.11).

**Figura 6.10.** Exposição rochosa na Serra do Cruzeiro





Fonte: Santana, 2022.

**Figura 6.11.** Exposição rochosa na Serra do Cruzeiro, Simão Dias



Fonte: Santana, 2022.

Sobre a serra existem diferentes tipos de estruturas: residências, área de recreação, mirante e equipamentos de serviço municipal. As poucas residências existentes aproveitaram o maciço rochoso exposto como suporte das edificações (Figura 6.12).

**Figura 6.12.** Residência sobre maciço rochoso da Serra do Cruzeiro



Fonte: Santana, 2022.

Além das residências já fixas, existem outras em processo de construção, ocupando a borda da serra (Figura 6.13). A ocupação pelas residências descaracteriza a paisagem natural, sobretudo pela supressão da vegetação nativa.

**Figura 6.13.** Residências em processo de construção na borda da Serra do Cruzeiro





Fonte: Santana, 2022.

Em alguns afloramentos foram identificadas exemplares de bromélias. Os locais com afloramentos são ambientes propícios para espécies da flora como as bromélias esciófitas, que se estabelecem entre rochas (Figura 6.14). As bromélias, de modo geral, apresentam características relevantes em função da sua capacidade de acumular água na sua base de suas folhas (Givnish et al., 2014). Estas condições potencializam a biodiversidade do local, principalmente como moradia de organismos invertebrados, elevando a quantidade de recursos e biomassa disponível para a fauna e flora local (Cavalcante et al, 2021).

**Figura 6.14.** Bromélias entre fragmentos rochosos na Serra do Cruzeiro



Fonte: Santana, 2022.

A área de recreação, denominada ponto do turismo, conta com um restaurante e uma grande estátua da padroeira da cidade, Nossa Senhora Sant'Ana (Figura 6.15). A presença da imagem favoreceu o aumento de visitas na serra, principalmente no mês de julho, quando ocorre a festa da padroeira. Neste período as visitas no local são maiores. A população organiza procissões e romarias até o local. No ano de 2022, o local encontrava-se em obras de manutenção e reforma na responsabilidade da prefeitura municipal de Simão Dias (Figura 6.16).

Devido ao fluxo de pessoas que acessam a serra para diferentes objetivos associados ao turismo com trilhas, procissões e recreação, o acesso ocorre por uma via pavimentada da sua base até o topo. As boas condições de acesso estão associadas também a placas informativas, ambos favorecem a circulação e movimento de pessoas, principalmente do próprio município (Figura 6.17).

**Figura 6.15.** Estátua de Nossa Senhora Sant'Ana na Serra do Cabral



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 6.16.** Placa de identificação da obra de manutenção e reforma da Serra de Cabral



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 6.17.** Estrada de acesso e placa informativa a Serra do Cruzeiro



Fonte: Santana, 2022.

Em comparação aos outros pontos turísticos que foram entendidos como geossítio na BHRP, a Serra do Cruzeiro apresentou as melhores condições estruturais para os visitantes. No entanto, deve-se destacar alguns pontos negativos relacionados a sua ocupação.

Foram observados, que além da ocupação por edificações, o geossítio é alvo de um processo de supressão da vegetação nativa para inserção de pastagem e conseqüentemente recorrentes incêndios (Figura 6.18 e 6.19). Tais usos e práticas comprometem a biodiversidade em razão da redução de áreas naturais para reprodução da fauna e flora. Para

os elementos da geodiversidade os impactos estarão inicialmente relacionados à erosão dos solos pela sua exposição.

**Figura 6.18.** Vista panorâmica da Serra do Cruzeiro, Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 6.19.** Vertentes da Serra do Cruzeiro ocupadas por pastagem e vegetação natural



Fonte: Santana, 2022.

Os elementos apresentados evidenciam o potencial da Serra do Cruzeiro como área representativa da geodiversidade na bacia hidrográfica do rio Piauí, considerando os elementos abióticos como a geomorfologia e geologia, mesmo que a estrutura criada para receber os visitantes não tratem destas temáticas. Desta forma, sugere-se a instalação de placas informativas sobre a evolução geológica e geomorfológica, principalmente por

englobar a Faixa de Dobramentos Sergipana, em uma área que agrega diferentes unidades litológicas e consequente processos de origem distintos, ao longo do tempo geológico.

Considerando os valores da geodiversidade, o geossítio apresentou valores elevados para uso turístico, científico, cultural, educacional e estético.

**Figura 6.20.** Ficha de inventariação geossítio serra do Cruzeiro

Ficha de Inventariação					
<b>Geossítio</b>	Serra do Cruzeiro				
<b>Cidade/UF</b>	Simão Dias/SE				
<b>Coordenadas geográficas</b>	UTM 633381 m E / 8813556 m S (Ponto central)				
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input checked="" type="checkbox"/> Mirante <input checked="" type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa				
Enquadramento geológico-geomorfológico geral					
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico	<input type="checkbox"/> Cristalina	<input checked="" type="checkbox"/> Metamórfico	<input type="checkbox"/> Sedimentar	
	<input type="checkbox"/> Cárstico	<input type="checkbox"/> Glaciário	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> outro	
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Periglaciário	<input type="checkbox"/> Tectônico		
	<input type="checkbox"/> Granítico	<input checked="" type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Vertente		
Interesse por conteúdo					
<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input type="checkbox"/> Hidrológico		
<input type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input checked="" type="checkbox"/> Cultural		
<input type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro			
Valores da Geodiversidade					
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo <input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo <input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input type="checkbox"/> nulo <input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo <input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo <input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso					
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input type="checkbox"/> difícil	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> fácil	<input checked="" type="checkbox"/> muito fácil
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input checked="" type="checkbox"/> muito boa
<b>Vulnerabilidade e à deterioração</b>	<input type="checkbox"/> fraca		<input type="checkbox"/> moderada		<input checked="" type="checkbox"/> avançada
Povoações					
O Geossítio está a 6 Km de distância da sede municipal de Simão Dias e o acesso pode ser realizado pela BR-179 sentido Pinhão.					

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).

### 6.3 Caverna Toca da Raposa

O município de Simão Dias está inserido em área com potencial litológico para a evolução de feições cársticas, predominando a presença de rochas carbonáticas da Formação Olhos d' Água. Conforme levantamento de Macedo (2019), foram registradas ocorrências de oito dolinas, que são feições constituídas pelo processo de dissolução de rocha carbonática em superfície e subsuperfície.

Neste cenário de ambiente cárstico, destaca-se o geossítio Caverna Toca da Raposa (UTM 623233 m E / 8814659 m S), situado no município de Simão Dias, na Chácara Boa Vista, na zona rural. A caverna está registrada na SBE/CNC-Sociedade Brasileira de Espeleologia/Cadastro Nacional de Cavernas, com o número SE-0002.

Os processos de dissolução química atuante na área devem-se ao entalhamento das águas subterrâneas, que seguiu o lineamento preferencial da falha principal. De acordo com Macedo et al, (2021) os registros dos *Scallops* presentes nas paredes laterais da cavidade evidenciam que sua origem esteve atrelada a este processo.

Em decorrência da ação do intemperismo químico sobre as rochas da Formação Olhos d' Água, a cavidade natural possui 305 metros de extensão horizontal, considerada a maior de Sergipe. Segundo Ferreira et al, a feição apresenta quatro compartimentos morfológicos - um pequeno salão, logo após a entrada; um amplo salão alongado; uma ramificação de condutos labirínticos; e um salão final.

Para Santana (2010) a cavidade apresenta três compartimentos que totalizam 130 metros de extensão e 5 m de largura. A entrada da cavidade é estreita e de difícil acesso, o assoalho é pedregoso e possui amplo depósito de guano de morcegos, proveniente da espécie morcegos hematófagos, frugívoros e insectívoros.

Durante a visita na caverna observou-se que o acesso continua difícil. A entrada se encontra em um declive e possui apenas um suporte fragilizado de madeira (Figura 6.21). Após a passagem existe uma espécie de escada esculpida na própria litologia da caverna até o salão principal.

**Figura 6.21.** Entrada da Caverna Toca da Raposa em Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

Atualmente, a visitação da caverna ocorre de duas formas. Para o amplo público o acesso é permitido apenas para o primeiro salão, em função da melhor acessibilidade (Figura 6.22). De acordo com o proprietário da fazenda, onde está inserido o geossítio, nos salões menores a visitação pode ser realizada somente por pesquisadores que estejam devidamente protegidos e que tenham experiência com esse tipo de ambiente, em razão da acessibilidade limitada. Segundo ele, além dos pesquisadores e espeleólogos, alunos de escolas públicas dos municípios de Simão Dias e Paripiranga, no estado da Bahia, acompanhados de professores frequentam o local. O proprietário não cobra nenhuma taxa para os visitantes, mas ressalta que a visita seja agendada com antecedência.

**Figura 6.22.** Feições Cársticas da Caverna Toca da Raposa em Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

Para impulsionar o conhecimento sobre a caverna, Custódio et al (2013) produziram um CD-ROM didático, intitulado “Conhecendo as cavernas de Sergipe - Toca da Raposa”, para turismo virtual. O material produzido foi subdividido em “O que é uma caverna?”, “A Toca da Raposa”, “Passeio virtual”, “Fauna atual & fóssil”, “Publicações”, “Matéria televisiva”, e “Informações sobre o CD-ROM” (Figura 6.23).

Segundo os autores, o artifício tecnológico pode ser utilizado em cursos de Educação Ambiental com a finalidade espeleológica, com ênfase no conhecimento e pela visualização sobre geodiversidade e biodiversidade, que constituem as cavernas.

Mesmo com algumas limitações naturais, diferente de outros tipos de cavernas, na região nordeste e no Brasil, o geossítio está inserido no contexto turístico, educacional e científico da espeleologia, subsidiando trabalhos acadêmicos como artigos, teses e dissertações.

Figura 6.23. Tópico sobre a fauna atual e fóssil da Toca da Raposa



Fonte: Conhecendo as cavernas de Sergipe – Toca da Raposa: O turismo virtual de cavernas como instrumento didático-inclusivo (Custódio et al 2013).

Como enquadramento secundário a Toca da Raposa pode ser classificada como um geossítio de caráter paleontológico. De acordo com a literatura, existem três registros fósseis das espécies - *Glyptodon clavipes*., *Galea spixii* e *Cuniculus rugiceps*.

*O Glyptodon clavipes* foi o primeiro fóssil de mamífero pleistocênico identificado em uma cavidade no estado de Sergipe, classificado como da megafauna, semelhante à tatus gigantes com carapaça resistente a ação de predadores, podendo alcançar até 3 metros de comprimento e pesar uma tonelada (Lacerda, 2020).

Os fragmentos do fóssil da *Galea spixii* foram notados em uma parede da cavidade, a espécie é um roedor (preá) que perdura nos dias atuais, presentes em ambientes abertos dos biomas da caatinga e cerrado do Brasil (Mares & Lanher Jr., 1987). O fóssil do *Cuniculus rugiceps* é o terceiro registro da espécie no Brasil e trata-se de um pequeno roedor que pode ter tido como *habitat* a floresta de Caatinga (Floresta Sazonal) (Silva e Dantas, 2020).

Conforme levantamento preliminar realizado por Santana et. al., (2009), a fauna da caverna abriga atualmente quinze morfoespécies relevadas nos seguintes grupos: Formicidae (44%), Dictyoptera (Blattellidae e Blattidae) (15%), Lepidoptera (Tineidae) (14%), Araneae (Sicariidae, Lycosidae e Pholcidae) (11%), Isopoda (Oniscus sp.) (7%), Coleoptera (Tenebrionidae) (3%), Millipede (2%), Collembola, Acari, Pseudoscorpionida e Diplopoda (1%).

Em relação às fragilidades do geossítio pode-se destacar que a caverna está inserida em uma paisagem formada por colinas cársticas ocupadas, predominantemente, por gramíneas destinadas para a prática da pecuária extensiva. (Figura 6.24 e 6.25). A configuração imposta pela atividade agropecuária compromete a capacidade de sustentação da fauna, podendo fomentar seu afugentamento e interrupção de fluxo gênico, redução da biodiversidade nativa e da biota do solo.

**Figura 6.24** Área de pastagem nas adjacências da caverna Toca da Raposa



Fonte: Santana, 2022.

**Figura 6.25.** Contexto da paisagem onde está inserida a Toca da Raposa em Simão Dias/SE



Fonte: Santana, 2022.

Vale ressaltar que no caso das cavidades localizadas em propriedades privadas, o uso das mesmas dependerá de plano de manejo espeleológico submetido à aprovação do IBAMA. Com isso pontua-se a necessidade da elaboração de um plano de manejo apresentando como parâmetro as diretrizes e orientações técnicas de manejo espeleológico, usando o Termo de Referência para o Plano de Manejo Espeleológico de Cavernas com Atividades Turísticas IBAMA/CECAV (2008).

Quanto aos valores da geodiversidade, o geossítio apresenta elevado potencial para o uso turístico, educacional, científico e estético.

**Figura 6.26.** Ficha de inventariação geossítio caverna Toca da Raposa

Ficha de Inventariação						
<b>Geossítio</b>	Caverna Toca da Raposa					
<b>Cidade/UF</b>	Simão Dias/SE					
<b>Coordenadas geográficas</b>	UTM 623233 m E / 8814659 m S (entrada da caverna)					
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input type="checkbox"/> Mirante <input checked="" type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa					
Enquadramento geológico-geomorfológico geral						
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico <input type="checkbox"/> Cristalina <input type="checkbox"/> Metamórfico <input checked="" type="checkbox"/> Sedimentar					
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Cárstico <input type="checkbox"/> Glaciário <input type="checkbox"/> Fluvial <input type="checkbox"/> outro					
	<input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Periglaciário <input type="checkbox"/> Tectônico					
	<input type="checkbox"/> Granítico <input type="checkbox"/> Residual <input type="checkbox"/> Vertente					
Interesse por conteúdo						
<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfologia	<input type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input type="checkbox"/> Hidrológico			
<input checked="" type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input type="checkbox"/> Cultural			
<input checked="" type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro				
Valores da Geodiversidade						
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso						
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input type="checkbox"/> difícil	<input checked="" type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> fácil	<input type="checkbox"/> muito fácil	
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input checked="" type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input type="checkbox"/> muito boa	
<b>Vulnerabilidade e à deterioração</b>	<input type="checkbox"/> fraca		<input type="checkbox"/> moderada		<input checked="" type="checkbox"/> avançada	
Povoações						
O Geossítio está situado na Fazenda Manoel Roque, uma propriedade particular no povoado Raposa, que fica há 8 km de distância da sede municipal.						

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).

#### **6.4 Nascente do rio Piauí**

A nascente do rio Piauí está situada no município de Riachão do Dantas, na subunidade Superfície Estrutural de Cimeira (UTM 615940.74 m E / 8796212.76 m S). Durante as pesquisas notou-se que existem divergências quanto à localização da nascente. Alguns trabalhos apontam que o rio Piauí inicia seu curso no Estado da Bahia, na divisa com o município de Simão Dias. Entretanto, é o rio Jacaré que tem sua nascente em outro estado, e conflui com o Piauí no município de Lagarto.

Entretanto, o acesso à nascente ocorre pelo povoado Palmares, onde a população local costuma acompanhar os visitantes, já que o geossítio está inserido em um fragmento de vegetação nativa, integrante de uma propriedade agropecuária (Figura 6.27). Conforme relatos dos moradores do povoado, o proprietário da fazenda doou uma parte do terreno para a construção de uma via de acesso pública para se chegar à nascente.

A vegetação de porte arbóreo que protege o local possui evidências de antropização, principalmente pela presença de espécies exóticas como a bananeira. Atualmente as condições de gestão relacionadas à conservação são limitadas à propriedade particular no contexto das diretrizes ambientais, como Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal.

**Figura 6.27.** Estrada de acesso a nascente do rio Piauí



Fonte: Santana, 2023.

De acordo com o mapeamento CPRM (2002), no entorno da nascente foi perfurado um poço tubular para a dessedentação animal, encontrando-se atualmente paralisado. O poço não foi identificado no trabalho de campo.

A nascente surge em cota altimétrica de 570 m sob afloramentos da Formação Palmares e relevo ondulado com declividade entre 8% e 20%. A drenagem segue o lineamento de uma falha indiscriminada, conformando um vale encaixado.

Diferente dos geossítios anteriores, a nascente foi o que apresentou os menores pesos dos valores cultural e científico para a bacia. Além disso, a área foi escolhida para representar a geodiversidade hidrográfica da bacia, considerando a importância dos recursos hídricos destacados pelos serviços ecossistêmicos. Na prática o geossítio recebe com frequência pesquisadores, estudantes e visitantes de níveis acadêmicos distintos (Figura 6.28).

**Figura 6.28.** Nascente do rio Piauí sobre Formação Palmares



Fonte: Santana, 2023.

**Figura 6.29.** Ficha de inventariação geossítio caverna Nascente do rio Piauí

Ficha de Inventariação						
<b>Geossítio</b>	Nascente do rio Piauí					
<b>Cidade/UF</b>	Riachão do Dantas/SE					
<b>Coordenadas geográficas</b>	UTM 615940.74 m E / 8796212.76 m S					
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input type="checkbox"/> Mirante <input checked="" type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa					
Enquadramento geológico-geomorfológico geral						
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico	<input type="checkbox"/> Cristalina	<input type="checkbox"/> Metamórfico	<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentar		
	<input type="checkbox"/> Cárstico	<input type="checkbox"/> Glaciário	<input checked="" type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> outro		
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Periglaciário	<input type="checkbox"/> Tectônico			
	<input type="checkbox"/> Granítico	<input type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Vertente			
Interesse por conteúdo						
<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfologia	<input type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input checked="" type="checkbox"/> Hidrológico			
<input type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input type="checkbox"/> Cultural			
<input type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro				
Valores da Geodiversidade						
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input checked="" type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input checked="" type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input checked="" type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso						
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input type="checkbox"/> difícil	<input checked="" type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> fácil	<input type="checkbox"/> muito fácil	
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input checked="" type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input type="checkbox"/> muito boa	
<b>Vulnerabilidade à deterioração</b>	<input type="checkbox"/> fraca		<input type="checkbox"/> moderada		<input checked="" type="checkbox"/> avançada	
Povoações						
O Geossítio está situado a 4.6 km de distância do povoado Palmares no município de Riachão do Dantas.						

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).

## 6.5 Serra dos Palmares

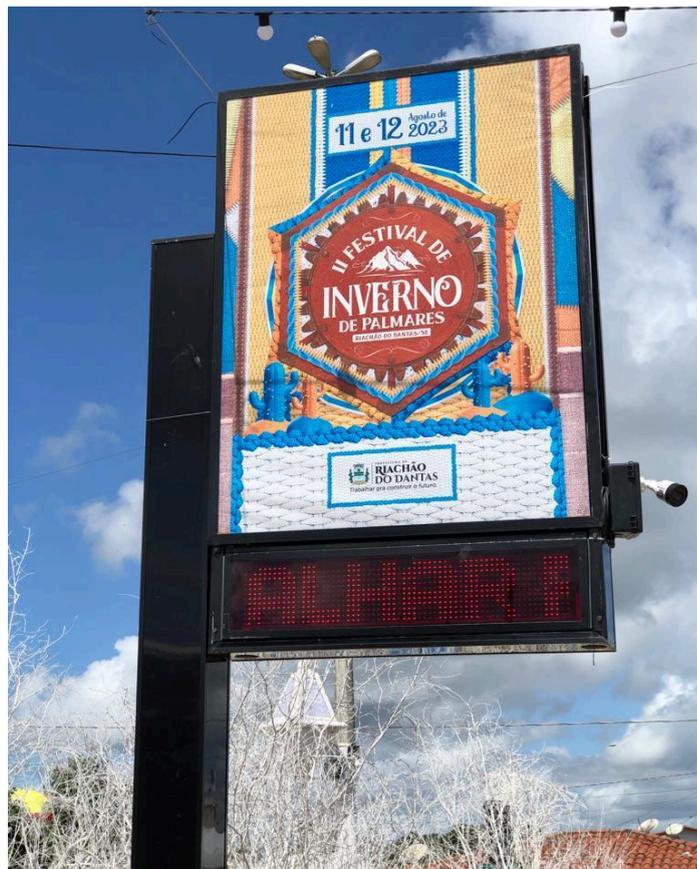
A serra dos Palmares integra a subunidade Superfície Estrutural de Cimeira no município de Riachão do Dantas (UTM 616853.12 m E / 8791721.63 m S). Na localidade está assentado o povoado Palmares, uma das mais antigas e históricas povoações de Sergipe.

Sua ocupação data de 1.590, quando uma fazenda foi vendida aos Carmelitas, que fundaram a localidade. Assim como ocorreu no povoado Forras, seu vizinho, criado para

abrigar escravos alforriados. O povoado Forras tornou-se uma comunidade quilombola, reconhecida pela Fundação Palmares (jlpolitica, 2022).

Além do reconhecimento histórico associado a sua formação cultural, o povoado Palmares é destaque no estado pelas suas condições climáticas. No período do inverno a localidade apresenta as menores temperaturas de Sergipe com registros 10 °C justificado pela altitude de 450 m. O fluxo turístico se potencializou em função do frio e a prefeitura municipal, em parceria com a Secretaria de Turismo, criou o Festival de Inverno de Palmares, o único do gênero em Sergipe. A finalidade do evento é valorizar a riqueza histórica, gastronômica e cultural, através do declínio térmico, como atrativo natural. A importância do festival foi reconhecida através do Projeto de Lei 73/2023, que a declara de Interesse Cultural do Estado de Sergipe (Figura 6.30).

**Figura 6.30.** Estrutura do II Festival de Inverno do Povoado Palmares





Fonte: Santana, 2023.

Em tal perspectiva, o geossítio apresenta potencial relativo aos aspectos culturais e turísticos favorecidos pela sua estrutura geológica, climática e geomorfológica. A Serra dos Palmares também é atrativa pela ótica educacional e científica, pelas vistas panorâmicas e pela diversidade de afloramentos rochosos (Figura 6.31 e 6.32).

**Figura 6.31.** Paisagem do Geossítio Serra dos Palmares





Fonte: Santana, 2023.

**Figura 6.32.** Afloramentos rochosos na paisagem do Geossítio Serra dos Palmares



Fonte: Santana, 2023.

O uso das terras no geossítio restringe-se à agricultura familiar e à pecuária com pastagens conservadas. Nos últimos anos a subunidade Superfície Estrutural de Cimeira é alvo de estudos e projetos para a instalação do Parque Eólico Palmas dos Ventos. De acordo com a população local a implantação dos aerogeradores serão implantados nas proximidades do povoado, por ser uma das áreas de maior potencial dos ventos.

A instalação do empreendimento representa um potencial conflito com as atividades relacionadas geoturísticas pela conseqüente descaracterização da paisagem e supressão da vegetação nativa. Em contraponto a infraestrutura das vias de acesso e da prestação de serviços como restaurantes e pousadas podem ser ampliadas.

A infraestrutura para a estadia de turistas é incipiente. Não existem pousadas no povoado ou proximidades, no entanto, foi identificado a construção de um complexo de chalés de alto padrão (Figura 6.33).

**Figura 6.33.** Chalés em construção na serra dos Palmares



Fonte: Santana, 2023.

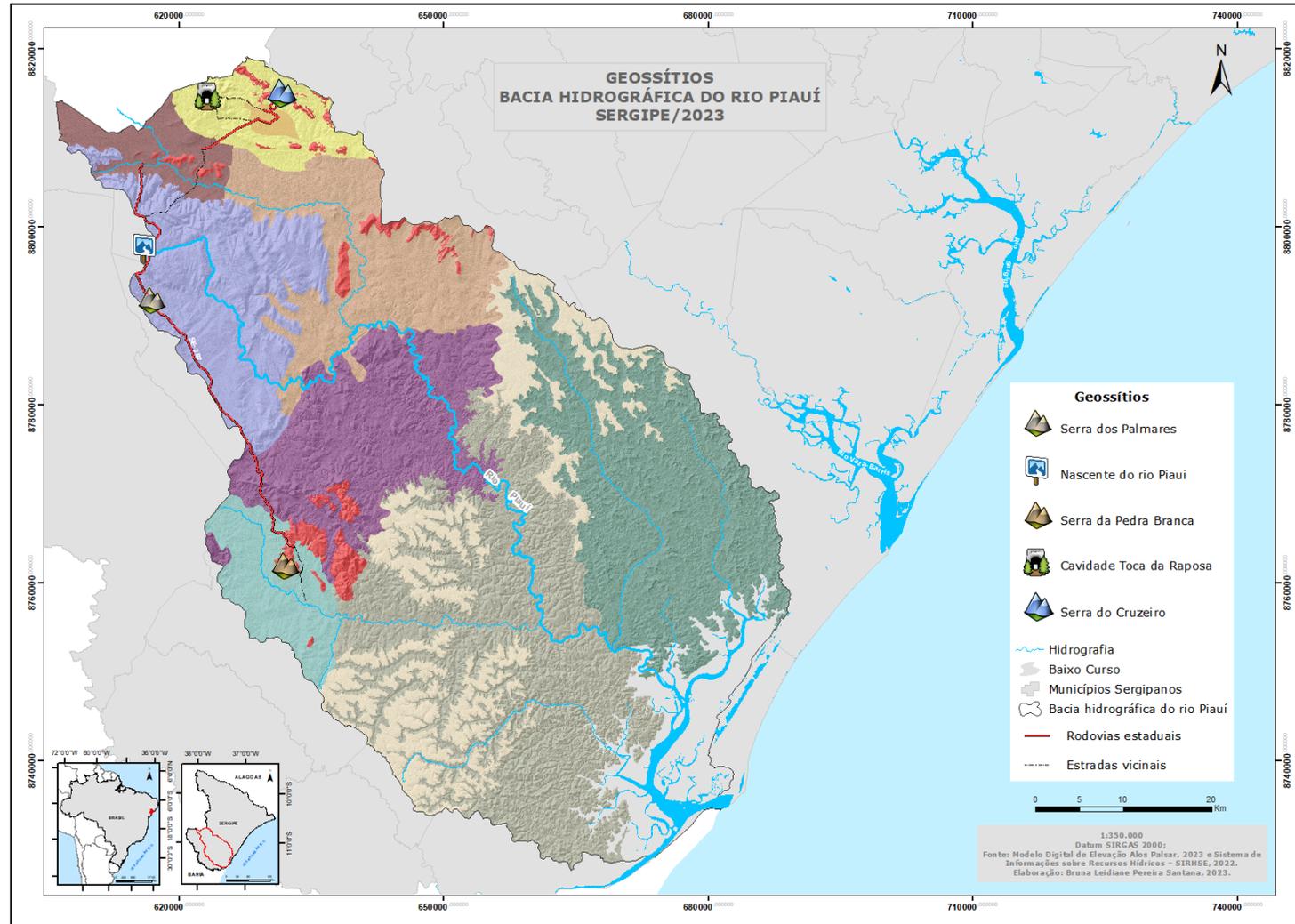
**Figura 6.34.** Ficha de inventariação geossítio Serra dos Palmares

Ficha de Inventariação						
<b>Geossítio</b>	Serra dos Palmares					
<b>Cidade/UF</b>	Riachão do Dantas/SE					
<b>Coordenadas geográficas</b>	UTM 616853.12 m E / 8791721.63 m S					
<b>Tipo do Geossítio</b>	<input type="checkbox"/> Ponto <input type="checkbox"/> Seção <input type="checkbox"/> Mirante <input checked="" type="checkbox"/> Área <input type="checkbox"/> Área Complexa					
Enquadramento geológico-geomorfológico geral						
<b>Geologia dominante:</b>	<input type="checkbox"/> Plutônico	<input type="checkbox"/> Cristalina	<input type="checkbox"/> Metamórfico	<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentar		
	<input type="checkbox"/> Cárstico	<input type="checkbox"/> Glaciário	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> outro		
<b>Categoria temática geomorfológica:</b>	<input type="checkbox"/> Eólico	<input type="checkbox"/> Periglaciário	<input type="checkbox"/> Tectônico			
	<input type="checkbox"/> Granítico	<input checked="" type="checkbox"/> Residual	<input type="checkbox"/> Vertente			
Interesse por conteúdo						
<input checked="" type="checkbox"/> Geomorfologia	<input checked="" type="checkbox"/> Tectônica	<input type="checkbox"/> Petrologia	<input type="checkbox"/> Hidrológico			
<input type="checkbox"/> Paleontologia	<input type="checkbox"/> Mineralogia	<input type="checkbox"/> Geofísica	<input checked="" type="checkbox"/> Cultural			
<input type="checkbox"/> Estratigrafia	<input type="checkbox"/> Geoquímica	<input type="checkbox"/> Mineiro				
Valores da Geodiversidade						
<b>Científico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Educacional</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Cultural</b>	<input checked="" type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input checked="" type="checkbox"/> muito elevado
<b>Estético</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input checked="" type="checkbox"/> médio	<input type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
<b>Turístico</b>	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> muito baixo	<input type="checkbox"/> baixo	<input type="checkbox"/> médio	<input checked="" type="checkbox"/> elevado	<input type="checkbox"/> muito elevado
Potencialidades de uso						
<b>Acessibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito difícil	<input type="checkbox"/> difícil	<input type="checkbox"/> moderada	<input checked="" type="checkbox"/> fácil	<input type="checkbox"/> muito fácil	
<b>Visibilidade</b>	<input type="checkbox"/> muito fraca	<input type="checkbox"/> fraca	<input type="checkbox"/> moderada	<input type="checkbox"/> boa	<input checked="" type="checkbox"/> muito boa	
<b>Vulnerabilidade à deterioração</b>	<input checked="" type="checkbox"/> fraca		<input type="checkbox"/> moderada		<input type="checkbox"/> avançada	
Povoações						
O Geossítio está situado a 35 Km de distância da sede municipal de Riachão do Dantas. O acesso acontece pela BR-349, rua Padre Zau Barbosa de Souza e rua Bertulino Alves						

Fonte: Adaptado de Brilha (2005) e Pereira (2006).

Com base nos valores aplicados na análise dos geossítios identificados na bacia hidrográfica do rio Piauí, pode-se inferir que os maiores pesos estão associados a valores científicos, educacional e turístico.

Figura 6.35. Localização dos Geossítios da BHRP



Fonte: Santana, 2023.

## CONCLUSÃO

A proposta da tese de aplicar as principais metodologias nas análises da geodiversidade demonstrou eficácia para a BHRP, considerando o cenário de inexistência de estudos desta natureza para a área. O desdobramento da análise sistêmica enquanto abordagem adotada, permitiu uma leitura da realidade a partir da interação, dinâmica e processos da estrutura abiótica da paisagem, associando as formas de uso e ocupação das terras, na configuração atual de componentes como os recursos hídricos, os solos e o relevo, precedidos pelo clima.

A tese da pesquisa descrita na seção I consistiu, primordialmente, que diante dos múltiplos ambientes da paisagem da BHRP, existem locais com especificidades naturais e/ou socioculturais, que podem ser avaliados na perspectiva da valorização turística, educacional, científica, cultural e econômica. No caminho trilhado no desenvolvimento do estudo, acredita-se que os objetivos foram alcançados, particularmente no que diz respeito, a análise da geodiversidade pelas metodologias definidas.

Durante a etapa de levantamento de dados secundários notou-se um *déficit* na literatura sobre geomorfologia e pedologia. Para os recursos hídricos existem mais pesquisas relacionadas à degradação ambiental, principalmente das unidades de planejamento que apresentam intenso uso e ocupação das terras como o UP do rio Fundo e Piauitinga.

Outro ponto relevante no contexto ambiental é o predomínio de publicações das áreas que estão mais próximas ao litoral. Por outro lado, para a geologia foram identificados inúmeros trabalhos acadêmicos, não especificamente para a BHRP, mas para as unidades geológicas que abrangem seus limites. Deve-se destacar as produções direcionadas para a Faixa de Dobramentos Sergipana.

Neste âmbito, o levantamento bibliográfico demonstrou que existe uma discrepância na produção científica, que dificulta avanço de outros tipos de pesquisa. Ainda é necessário o enfoque na construção de dados básicos e de mapeamento com maiores detalhes e homogeneização de escala.

Tratando-se de representação cartográfica, a aplicação da metodologia de quantificação que gerou os índices da geodiversidade foi efetivada a partir de mapas com escalas diferentes, o que pode ter favorecido um componente em relação a outro. No entanto, o emprego da metodologia para o reconhecimento inicial da geodiversidade da área foi eficiente na perspectiva da análise proposta. Acredita-se que a sua aplicabilidade nas unidades de planejamento podem revelar outras possibilidades e diversidade de resultados.

A heterogeneidade abiótica da BHRP foi analisada pela compartimentação das unidades de paisagem, considerando como componente central a geomorfologia. Assim foram mapeadas as seguintes unidades de paisagem. O Tabuleiro do Rio Real subdividido nas subunidades Colinas e Morros Baixos, Serras Baixas e Morros, Superfície Estrutural de Cimeira, Superfície Dissecada em Colinas, Superfície Aplainada Conservada e Superfície de Aplainamento Cárstica, e o Tabuleiro Costeiro com as subunidades Superfície Subhorizontal, Superfície Dissecada em Colinas e Espigões, Superfície Dissecada em Colinas e Espigões Alongados.

Com a compartimentação constatou-se que a diversidade geológica constituída por rochas magmáticas e sedimentares, do Cráton do São Francisco e Faixa de Dobramentos Sergipana no Tabuleiro do Rio Real condicionou a diversidade das morfologias pela atuação de climas pretéritos, configurando ambientes com superfícies de cimeira, serras, morros, superfícies aplainadas, dissecadas em colinas e pediplanos, do mesmo modo atuação destes fatores originaram uma cobertura pedogenética variada, entre Argissolos, Planossolos, Neossolos e Cambissolos com múltiplas possibilidades de ocupação e usos.

A ampla ocupação das subunidades por atividades produtivas como a agricultura, pecuária e extração mineral reflete na baixa ocorrência dos elementos da biodiversidade como fauna e flora. Fragmentos de maior representatividade da vegetação original são encontrados nas serras e superfícies de cimeira, em função do baixo potencial agrícola dos solos e da declividade acentuada nas suas vertentes. Na Superfície Estrutural de Cimeira as porções de vegetação de contato entre a Floresta Estacional Semidecidual e a Caatinga, visualmente estão em um bom estado de conservação, porém, em processo de pressão pela expansão das pastagens.

No contexto das áreas de interesse para a geodiversidade o Tabuleiro do Rio Real apresentou os mais elevados índices da avaliação quantitativa e os cinco geossítios identificados estão situados sobre a unidade. Os geossítios Caverna Toca da Raposa, Serra da Pedra Branca, Serra do Cruzeiro e Nascente do Rio Piauí foram inventariados e atribuídos os valores científico, educacional, geoturístico, estético e cultural. Os geossítios representam interesses para geomorfologia, geologia, recursos hídricos e clima.

É importante destacar que, diferente de outros estados nordestinos, Sergipe não registra projetos que fomentem a geoconservação, e, apenas a Caverna Toca da Raposa dispõe de estudos mais elaborados que podem subsidiar ações direcionadas para a conservação da geodiversidade e biodiversidade. No aspecto turístico, pode-se ressaltar a recente atuação da

Prefeitura Municipal de Riachão do Dantas em potencializar o geoturismo na Serra dos Palmares, agregando o clima como atrativo.

Considerando incipientes as ações voltadas para a geodiversidade na BHRP, sugere-se a ampliação de estudos com essa abordagem para sua posterior aplicabilidade, principalmente para a litologia, pela diversidade de ocorrência.

Para os geossítios inventariados propõe-se a inserção da melhoria nas estruturas de acesso, a implantação de painéis geoturísticos/geodidáticos, que consistem em uma importante fonte de informação geocientífica à comunidade acadêmica e para os visitantes em geral, e sobretudo, um recurso de valorização e divulgação.

Ainda, em relação às unidades de paisagem, o Tabuleiro Costeiro se estabelece com feições morfológicas esculpidas sobre o Grupo Barreiras, que possibilitou a evolução de um amplo mosaico de Argissolos e Latossolos. A configuração estrutural de relevo plano, solos com elevada aptidão agrícola e disponibilidade hídrica, resultou em ampla ocupação pela agricultura temporária e permanente.

Na unidade não se identificou áreas para a proposição de geossítios, no entanto, a avaliação dos serviços ecossistêmicos revelaram-se de forma mais expressiva, com ênfase para o serviço de provisão atribuído aos recursos hídricos, que abriga os mananciais utilizados na distribuição pública de água na bacia.

No contexto das interferências antrópicas sobre a geodiversidade, chama-se a atenção para os cursos d' água da unidade, pelos impactos associados aos processos erosivos, interrupção do seu fluxo natural e desmatamento das suas margens. Sobre tal aspecto é fundamental a articulação de medidas de gestão a nível estadual que possam atuar na reversão ou diminuição destes fenômenos considerando reverberação sobre a qualidade e disponibilidade hídrica a longo prazo das sociedades humanas e ecossistemas da BHRP.

Acredita-se que estudos realizados e produtos gerados pela pesquisa cujo os resultados constituem uma importante contribuição: para planejadores ambientais, pois podem subsidiar a formulação de planos de Ordenamento e Gestão do território; para os gestores públicos, oferecendo uma base para apoiar a tomada de decisão no trato das questões referentes uso e ocupação do solo; e para os pesquisadores interessados nos estudos geoambientais.

Por fim, conclui-se pela relevância da bacia hidrográfica do estado e por seus componentes abióticos diversos, inventariados como subsídio a valorização, plural e singular, articulada em elementos ambientais, sociais, culturais e econômicos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA F.F.M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7:349-364, 1977.
- ALMEIDA F.F.M., HASUI Y., BRITO NEVES B.B., FUCK R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews* 18, 1-29, 1981.
- ANDRADE, J.O. Geoquímica e isótopos Sm-Nd dos Diques Arauá da porção nordeste do Cráton São Francisco. 2019.
- ARAÚJO FILHO, J. C., LOPES, O. F., DE OLIVEIRA NETO, M. B., NOGUEIRA, L. R. Q., BARRETO, A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região dos tabuleiros costeiros e da baixada litorânea do Estado de Sergipe**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. (Boletim de Pesquisa).
- AQUINO, A. R. **Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher. p. 112, 2017.
- BACCI, DDLC, PIRANHA, JM, BOGGIANI, PC, Del Lama, EA, & Teixeira, W. Geoparque: estratégia de geoconservação e projetos educacionais. *Geologia USP. Publicação Especial*, 5, 07-15, 2009.
- BARBOSA, J. S. F.; PEUCAT, J. J.; MARTIN, H. Geocronologia das rochas granulíticas da parte sul do Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá. **Uma Síntese.(em preparação)**, 2003.
- BEZERRA, F. H. R. et al. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. Amsterdam, v. 14, p. 61-75, 2001.
- BENTO, L. C. M.** ; PEREIRA, D. S. . As interações entre o clima e a geodiversidade: uma abordagem teórica emergente. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016, Goiânia. XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2016. v. XII. p. 102-112.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, 2004.
- BRASIL. Rio de Janeiro/Vitória. Brasília: Ministério das Minas e Energia – Secretaria Geral, v.32. (Projeto RADAMBRASIL – Levantamento de Recursos Naturais),1983.
- BRILHA, J. B. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage, 2005.
- BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

BRITO, M. C.; FERREIRA, C. de C. M. **Paisagem e as diferentes abordagens geográficas.** Juiz de Fora, Revista Geografia, v. 2, n.1, p. 1-10, 2011.

BRITO NEVES B.B., Fuck R.A., Pimentel M.M. The Brasiliano collage in South America: a review. *Brazilian Journal of Geology*, 44(3):493-518, 2014.

BRITO NEVES B.B., SANTOS E.J., SCHMUS W.R.Q. Tectonic history of the Borborema Province. In: Umberto Cordani;Edson José Milani; Antonio Thomaz Filho; Diogenes de Almeida Campos (Org.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, pp. 151-182, 2000.

BRITO NEVES B. B., SIAL A. N., ALBUQUERQUE J. P. T. Vergência centrífuga residual no sistema de Dobramentos Sergipano. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(2), 102-114, 1977a.

BARBOSA, J. S. F. et al. As raízes granulíticas do cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Cráton do São Francisco, Bahia-Sergipe, Brasil. *Revista do Instituto de Geociências*, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 10-128, 2018.

CAÑADAS, Enrique Serrano; FLAÑO, Purificación Ruiz. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la asociación de geógrafos españoles**, n. 45, p. 79-98, 2007.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova síntese de mente e matéria** . HarperCollins, 1996.

CARVALHO, A. M. Galopim.Geomonumentos. **Uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do Património Natural. Liga de Amigos de Conímbriga (Ed.)**, 1999.

CARVALHO, B. E. M. Geomorfologia e Geodiversidade do litoral piauiense para fins de Geoconservação. *Revista de Geociências do Nordeste*, 2, 1250-1258, 2016.

CARCAVILLA, L.; LÓPEZ, J.; DURÁN, J. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España; 2007.

CARCAVILLA, L. Geoconservación. Editorial La Catarata e Instituto Geológico y Minero de España, 126 p, 2012.

CARVALHO, M.J, OLIVEIRA, E.P., DANTAS, E.L., MCNAUGHTON, N. Evolução tectônica do Domínio Marancó -Poço Redondo: registro das orogêneses Cariris Velhos e Brasiliana na margem norte da Faixa Sergipana. Submetido ao III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, 2005.

CONSELHO, DA EUROPA. Carta Europeia do Ordenamento do Território. **Lisboa: Ministério do Planeamento e da Administração do Território**, 1988.

COSTA, Jodival Mauricio da. **Ação, espaço e território: elementos para pensar uma política de ordenamento territorial.** Maranhão, Revista de Políticas Públicas, p. 15-24, 2012.

COSTA, O. A.; SANTOS, D. N. dos. Influência da ZCAS e ZCIT e seus efeitos de inundações nas bacias hidrográficas no estado de Sergipe, abril de 2010. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, 4, Aracaju. Anais eletrônicos... Aracaju: Embrapa, CPTAC, 2011. 23 a 25 de março de 2011, Aracaju/SE.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2007. **Mapa de Geodiversidade do Brasil:** escala 1:2.500.000, Legenda Expandida + CD-ROM. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 68p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapeamento hidrogeológico e de relevo, escala: 1:1.000.000, 2013. Disponível em: <http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapeamento geológico, escala: 1:100.000, 2013. Disponível em: <http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** Editora Blucher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. A geografia física no estudo das mudanças ambientais. **Geografia e meio ambiente no Brasil.** São Paulo: Hucitec, p. 334-345, 1995.

CRUZ, M. A. S., DE AMORIM, J. R. A., JUNIOR, L. R. N., & GALINA, M. H.. Estimativa da precipitação anual média e avaliação de sua influência na produção de milho no polo produtivo de Sergipe. In: **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE). SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORAMENTO REMOTO.** 2014.

DANTAS, Marcelo Eduardo; SHINZATO, Edgar; DO BRASIL, CPRM–Serviço Geológico. Origem das paisagens do estado de Sergipe. **Geodiversidade do estado de Sergipe.** Salvador: CPRM, 2017.

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

DAVISON, I. Acreção de terrenos e a colisão oblíqua do Proterozóico Superior na Faixa Sergipana In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 1º. Salvador. Boletim, Salvador, SBG. p. 87-89, 1987.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; DE MEDEIROS, Sebastião Carlos; DE JESUS CUNHA, Cleidinilson. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 1, p. 17-34, 2014.

DE CARVALHO, A.M G. **Geomonumentos: uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do Património Natural.** 1999.

D'EL-REY SILVA, L.J.H. Tectonic evolution of the southern part of the Sergipano Fold Belt, northeastern Brazil. Unpublished PhD Thesis, Royal Holloway University of London, England, 257p, 1992.

D'EL-REY SILVA, L.J.H. Tectonic evolution of the Sergipano Belt, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 25: 315-332, 1995a.

D'EL-REY SILVA, L.J.H. The evolution of basement gneiss domes of the Sergipano Fold Belt (NE Brazil) and its importance for the analysis of Proterozoic basins. *J. South Amer. Earth Sci.*, 8: 325-340, 1995b.

DIAS, L.C; FERREIRA, G. C. A geoconservação sob a ótica legislativa: uma análise comparativa de leis nacionais e internacionais sobre a proteção do patrimônio geológico. *Geociências (São Paulo)*, v. 37, n. 1, p. 211-223, 2018.

FERREIRA, V.de O. **A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados.** Uberlândia, GeoTextos, 2010.

Galopim de Carvalho, A.M. Geomonumentos – Uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do património natural. Editado por Liga dos Amigos de Conimbriga, 1999.

GATTI, B.A **A construção da pesquisa em educação no Brasil.** Brasília: Plano Editora, 2002.

GARCÍA-CORTÉS A.; URQUÍ L.C. Documento metodológico para la elaboración del inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG). Version 11, 12-03-2009. Instituto Geológico y Minero de España, 2009. Disponível em: <http://www.igme.es/internet/patrimonio/>.

GRANDGIRARD, Vincent. Géomorphologie et gestion du patrimoine naturel: la mémoire de la Terre est notre mémoire. *Geographica Helvetica*, v. 52, n. 2, p. 47-56, 1997.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** John Wiley & Sons, 2004.

GRAY, M. Geodiversity: a new paradigm for valuing and conserving Geoheritage. In: *Geoscience Canada*, Vol 35, n2, 2008.

GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.* John Wiley & Sons, 2ª Ed. 2013.

KOZLOWSKI, S. The concept and scope of geodiversity. *Przeład Geologiczny*, 52(8/2): 833-837. Disponível em: [http://www.pgi.gov.pl/pdf/pg\\_2004\\_08\\_2\\_22a.pdf](http://www.pgi.gov.pl/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf). 2004

HAESBAERT, R.; LIMONAD, E. O território em tempos de globalização. **Revista do Departamento de Geografia, UERJ, RJ**, v. 5, p. 7-19, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de Dados de Informações Ambientais. 2019. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base Cartográfica Contínua do Brasil 1:250 000 – BC250. 2ª Ed. - versão digital com banco de dados geográfico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE: Rio de Janeiro, 2015.

JARDIM DE SÁ, E.F. A Faixa Seridó (Província Borborema NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 803p, 1994.

JARDIM DE SÁ, E.F. MORAES, J.A.C., SILVA, D.H.L.J. Tectônica tangencial da Faixa Sergipana. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, 3: 1246-1529, 1986..

MACEDO, Heleno dos Santos. Ambientes cársticos em Sergipe: vulnerabilidade e instrumentos para sua gestão. 2019. 403 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019.

MANTESSO-NETO, V. Geodiversidade, geoconservação, geoturismo, patrimônio geológico, geoparque: novos conceitos nas geociências do século XXI. In: **VI Congresso Uruguayo de Geologia**. 2010.

MEIRA, S. A.; MORAIS, J. O. Os conceitos de geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação: abordagens sobre o papel da geografia no estudo da temática. *Boletim de Geografia*. v.34, 129-147, 2016.

MEDEIROS, C. A. F., GOMES, C. S. C. D., NASCIMENTO, M. A. L. Gestão em Geoparques: desafios e realidades. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 9(2), 342-359, 2015.

MORAES, A. C. R. Ordenamento territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico. **Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial**, 2005.

MODICA R. As Redes Europeia e Global dos Geoparques (EGN e GGN): Proteção do Patrimônio Geológico, Oportunidade de Desenvolvimento Local e Colaboração Entre Territórios. *Geol. USP. Publ. Esp.*, 5:17-26, 2009.

NUNES, F. C. Contando histórias de Tabuleiros Costeiros: aproximações de sistemas pedológicos e geomorfológicos no Litoral Norte da Bahia. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

OLIVEIRA E.P., BUENO J.F., MCNAUGHTON N.J., SILVA FILHO A.F., NASCIMENTO R.S., DONATTI-FILHO J.P. Age, composition, and source of continental arc- and syn-collision granites of the Neoproterozoic Sergipano Belt, Southern Borborema Province, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 58:257-280, 2014.

OLIVEIRA E.P., TOTEU S. F., ARAÚJO M. J., CARVALHO M. J.; NASCIMENTO R. S., BUENO J. F., MCNAUGHTON N., BASILICI, G. Geologic correlation between the Neoproterozoic Sergipano belt (NE Brazil) and the Yaoundé belt (Cameroon, Africa). *Journal of African Earth Sciences*, 44, p. 470-478, 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, T. R. Geologia do extremo nordeste do Cráton do São Francisco. Dissertação (Mestrado). Salvador: Instituto de Geociências – UFBA, 1990.

OWEN, D.; PRICE, W.; REID, C. Gloucestershire cotswolds: geodiversity audit & local geodiversity action plan. Gloucester: Gloucestershire Geoconservation Trust, 2005.

PANIZZA M.; PIACENTE S. Geomorphological assets evaluation. In: Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., Suppl, 1993.

PANIZZA, M. Geomorfologia aplicada à análise de riscos e à cultura do território. In: APGEOM. Geomorfologia, ciência e sociedade. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Vol. 3, Coimbra, APGeom. p. 227-236 , 2006.

PEREIRA, R. G. F. A.. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). Tese (Doutoramento em Ciências. Área de conhecimento em Geologia). Escola de Ciências, Universidade do Minho, Portugal. 2010.

PEREIRA, A. Ramos et al. As formas de relevo como componente da geodiversidade e da estruturação da paisagem. O exemplo em Marvão e Portalegre. **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, v. 3, p. 179-184, 2006.

PEREIRA, L.S. e FARIAS, T. da S. Um histórico sobre a geoconservação no Brasil e no mundo: uma prática possível? In: SEABRA, G. (org) Educação Ambiental & Biogeografia. Ituiutaba: Barlavento. Vol.II. 2016.

RABELO, T. O., DA SILVA, M. D. V., DOS REIS RIBEIRO, N., LIMA, Z. M. C., & DO NASCIMENTO, M. A. L. NOVAS ABORDAGENS GEOGRÁFICAS: teorias e métodos em Geografia física aplicados aos estudos da Geodiversidade. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 21(2), 1132-1153, 2019.

RADAMBRASIL, Projeto. **Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Projeto Radambrasil, 1973.

REYNARD, E. - Géomorphosites et paysages. In: Géomorphologie. Relief, processus, environnement 3, 181-188. - Reynard, E. (2005b) - Geomorphological sites, public policies and property rights. Conceptualization and examples from Switzerland. II Quaternário. 2005a.

REYNARD, E. Geomorphological sites, public policies and property rights. Conceptualization and examples from Switzerland. II Quaternário, 2005b.

RIVAS V., RIX K., FRANÉS E., Cendero A.m Brunnsden D. 1997. Geomorphological indicators for envi Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. *Geomorphology*, 1997(18):169-182

ROSS, J. L. S. Análise empírica dos ambientes naturais antropizados. Laboratório de Geomorfologia. **Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo**, 1993.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 1998.

SANTOS, Thereza Carvalho. Algumas considerações preliminares sobre Ordenamento Territorial. **Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial**, 2005.

SANTOS, R. A. D., MARTINS, A. A., NEVES, J. P. D., & LEAL, R. A.. *Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe*. CPRM; CODISE, (1998).

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B. B. Província Borborema. In: ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. (coords.) o Pré-Cambriano do Brasil São Paulo, Edgard Blücher. p. 123-186, 1984.

SAQUET, M. A. **As diferentes abordagens do território e a apreensão do movimento e da (i)materialidade**. Florianópolis, Geosul, p. 55-76, 2007.

SEMARH - Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Serviços de instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas previstas em pontos de monitoramento nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Japarutuba, Sergipe, Vaza Barris, Piauí e Real, localizadas no estado de Sergipe. Relatório de Consistência nº 2. Aracaju: SEMARH; 2015.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*. v.62, 140-147, 2007. DOI: 10.5194/gh-62-140-2007.

SHARPLES, C. Concepts and principles of geoconservation. Tasmanian Parks & Wildlife Service website. [http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf), 2002.

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

SCIFONI, S. **A construção do patrimônio natural**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2006.

SCHOBENHAUS, C., SILVA, C. R. D. O papel do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques e na conservação do patrimônio geológico. CPRM, 2012.

SPINOLA, Victor Torres. Mapeamento da vulnerabilidade natural dos carstes do município de Simão Dias, Sergipe. 2018.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1977.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44, 2017.

TEIXEIRA, Wilson et al. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brazil. **Tectonic Evolution of South America**, 2000.

TRICART, J. ecodinâmica. In: **Série recursos naturais e meio ambiente**. SUPREN/IBGE, 1977.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. **GEOSSISTEMAS**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 10, 2006.

TROMPETTE, R. Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African-Brasiliano aggregation of South America and Africa. Rotterdam, A.A. Balkema, 1994..

UCEDA, A.C. **Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración**. In: Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible, J.P. Suárez-Valgrande (Coord.), Soria, 22–24 Septiembre 1999, Serie Monografías, Ministério de Medio Ambiente, España, pp. 23–37, 2000.

UHLEIN, Alexandre et al. Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Cráton do São Francisco. **Geonomos**, 2011.

VAN SCHMUS W.R., OLIVEIRA E.P., SILVA FILHO A.F., TOTEU S.F., PENAYE J., GUIMARÃES I.P. Proterozoic links between the Borborema province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt. Geological Society of London, Special Publication, 294, 69-99, 2008.

VAN SCHMUS W.R., KOZUCH M., BRITO NEVES B.B. Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: Insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences* 31, 227-252, 2011.

VALE, C. C. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia e com o estudo da paisagem. *Entre-Lugar*, 3(6), 85-108, 2012.

VEIGA, A. T. C. A geodiversidade eo uso dos recursos minerais da Amazônia. **Terra das Águas**, v. 1, p. 88-102, 1999.

VEIGA, T. A geodiversidade do cerrado. [S.l.: s.n.], 2002. Disponível em: . Acesso em: 25 jan. 2010.

VIEIRA, A; CUNHA, L. Patrimônio geomorfológico–de conceito a projecto. O Maciço de Sicó. 2006.

VIANA, Maria Somália Sales; DE SOUZA CARVALHO, Ismar. **Patrimônio paleontológico**. Interciencia, 2021.

VON BERTALANFFY, Ludwig. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

XAVIER S. J., CARVALHO F. L. M. 2001. Índice de Geodiversidade da Restinga da Marambaia (RJ): um exemplo do geoprocessamento aplicado à Geografia Física. Recife: *Revista de Geografia*, 1:57-64.