



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

**GEODIVERSIDADE, GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO
GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE E ADJACÊNCIAS**

Recife

2019

MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

**GEODIVERSIDADE, GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO
GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE E ADJACÊNCIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em geografia.

Área de concentração: Regionalização e Análise Regional

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa

Coorientador: Prof. Dr. François Bétard

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

C331g Carvalho Neta, Maria de Lourdes.
 Geodiversidade, geoconservação e geovalorização no Geopark Mundial
 UNESCO Araripe e adjacências / Maria de Lourdes Carvalho Neta. – 2019.
 218 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa.

Coorientador: Prof. Dr. François Bétard.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de
Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2019.

Inclui referências e anexo.

1. Geografia. 2. Geologia. 3. Geodiversidade. 4. Geoconservação. 5. Bacias
sedimentares. 6. Geopark Global UNESCO Araripe. I. Corrêa, Antônio Carlos de
Barros (Orientador). II. Bétard, François (Coorientador). III. Título.

910 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2020-249)

MARIA DE LOURDES CARVALHO NETA

**GEODIVERSIDADE, GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO
GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE E ADJACÊNCIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de doutora em geografia.

Aprovada em: 06/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Côrrea (Orientador – Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho (Examinador Externo)
Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Simone Cardoso Ribeiro (Examinadora Externa)
Universidade Regional do Cariri

Profa. Dra. Vanda Carneiro de Claudino Sales (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico esta tese a todes que sonham e
persistem para alcançar seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Aos muitos que, de alguma forma, colaboram para a concretude desta tese.

Muitíssimo obrigada!

Ppgeo URCA Osvaldo Idalécio **Eduardo**
 (in memoriam)
 Léo Xanda Rémi Gegua Victor May Labgeo Diamantino Joana Bandeira
 Funcap Daniely Flávia Lima Francisca Adriana Layla Karina Rafael Capes
 Sarah Antonio Carlos Simone Ivan Mari Francois Bétard Serginei
 Archimedes Fátima Marcos Eduardo Veras Daniela Juliana Elaine Andressa Jean-Pierre
 Melanie Degeo Prodig Bruna Maria Vanda Tios Mickaëlle Yvette Karla
 Jorge Geopark Araripe Artur Sá Alessandra Wemerson Cartaxo Ismar Leandro Nivaldo
 Juliana Sá Lima Jr Carla Ricardo Aymeric Janete Sinara
 Flávia Jorge Eduardo Lucas Ana
 Eduardo Karine Thiago Gabriel
 Brilha João

LEGENDA

- | | |
|--|------------------------------------|
| ■ Instituições de fomento | ■ Família |
| ■ Banca de avaliação | ■ Amigos |
| ■ Orientação da tese | ■ Camaradas da UFPE |
| ■ Pesquisadores de diferentes instituições | ■ Parceiros da França |
| ■ Professores, alunos e ex-alunos da URCA | ■ Colaboradores do Geopark Araripe |

RESUMO

O objetivo da tese é avaliar e cartografar a geodiversidade (ou seja, a variabilidade do mundo abiótico) em diferentes escalas na área Geopark Global Araripe (e na escala macrorregional - bacia do Araripe, e localmente - geossítios), com o objetivo de propor ferramentas de assistência à gestão, conservação e à valorização territorial. Oficialmente credenciado pela UNESCO em 2006, o Geopark Araripe é um território de 3441 km², localizado no sul do Ceará nas proximidades do limite com o Estado de Pernambuco, em uma bacia sedimentar Mesozóica, ao longo da zona de *rift* Cariri-Potiguar. Ele corresponde ao território de 6 municípios - Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri - e tem a particularidade de incluir uma área urbana de 450.000 habitantes em rápido crescimento (Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha). O Geopark Global UNESCO Araripe é reconhecido internacionalmente pelo seu patrimônio paleontológico excepcional, composto de diversas assembléias de fósseis notavelmente preservados de paleoflora e paleofauna do Cretáceo, da separação Brasil-África. Este trabalho pretende contribuir na ampliação do conhecimento das outras facetas da geodiversidade, com ênfase sobre a diversidade de formas de relevo, de solos e de águas, tanto qualitativa como quantitativamente, e na avaliação das ameaças sobre elas, no intuito de orientar as ações futuras de geoconservação. Por fim, o estudo ainda deve permitir a proposição de formas de ações educativas e de gestão sobre as tipologias de formas estudadas.

Palavras-Chave: Geodiversidade. Geoconservação. Geopatrimônio. Geopark Mundial UNESCO Araripe.

ABSTRACT

The objective of the thesis is to evaluate and map the geodiversity (ie the abiotic world variability) at different scales in the Araripe World Geopark area (at the macroregional scale - Araripe basin, and locally - geosites), with the purpose of proposing tools for management, conservation and territorial enhancement assistance. Officially accredited by UNESCO in 2006, the Araripe Geopark is a 3441 km² territory located in southern Ceará near the Pernambuco State border, in a Mesozoic sedimentary basin, along the Cariri-Potiguar rift zone. It corresponds to the territory of 6 municipalities - Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Old Mission, Nova Olinda and Santana do Cariri - and has the particularity of including an urban area of 450,000 fast-growing in habitants (Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha) . The UNESCO Araripe Global Geopark is internationally recognized for its exceptional paleontological heritage, made up of several remarkably preserved fossil assemblies of Cretaceous paleoflora and paleofauna, the Brazil-Africa separation. This work intends to contribute to the qualitative and quantitative knowledge expansion of the other facets of geodiversity (reliefs, soils, water), and to the assessment of threats in order to guide future actions of geoconservation. It should also allow for the proposition of forms of educational actions in terms of geosciences, environment and risks for the local population and visitors of the growing Geopark.

Keywords: Geodiversity. Geoconservation. Geoheritage. Araripe UNESCO Global Geopark.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do recorte de estudo: bacia sedimentar do Araripe e adjacências	22
Figura 2 - Espacialização e estratigrafia da bacia sedimentar do Araripe.....	23
Figura 3 - Espacialização do Geopark Mundial Global UNESCO Araripe e dos seus 9 geossítios abertos à visitação	25
Figura 4 - Conceitos e termos relevantes para a pesquisa e conexão entre eles - geodiversidade, geoconservação, geopatrimônio, geoparques e geoturismo	31
Figura 5 - Mapeamentos resultantes de Pereira et al (2013), Araújo e Pereira (2017) e Bétard (2017).....	51
Figura 6 - Fluxograma ilustrativo das etapas do método de avaliação da geodiversidade.....	53
Figura 7 - Geoparks membros da RGGN e sua distribuição nos países.....	67
Figura 8 - Produtos personalizados: dobrlôssauro e jogo americano e identificação de entidade colaboradora: Hotel Iu-á, localizado em Juazeiro do Norte.....	70
Figura 9 - Exemplo de atividades realizadas pelo Geopark Araripe para estudantes de diferentes níveis escolares.	71
Figura 10 - Ilustração de geoprodutos comercializados na sede do Geopark Araripe.	71
Figura 11 - Fluxograma representativo das etapas de pesquisa	72
Figura 12 - Procedimentos para o cálculo dos índices: A ilustra-se a grade de referência adotado; B etapa de cruzamento das informações; C exemplo de como se dá a contabilização das dos atributos no mapa temático; D variação de cores conforme o valor dos índices calculados; E exemplo de contagem/representação dos valores nos mapas de índices.	78
Figura 13 - Mapa da diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	83
Figura 14 - Sequências deposicionais da Bacia Sedimentar do Araripe (ASSINE, 2007).....	85
Figura 15 - Exploração do Calcário Laminado, Santana do Cariri/Ceará.....	90
Figura 16 - Rejeitos da Pedra Cariri, Santana do Cariri/CE.....	91
Figura 17 - Índice de diversidade geológica da bacia do Araripe e adjacências e seus subíndices	95
Figura 18 - Representação da hipsometria e da declividade do relevo da bacia do Araripe e adjacências.....	100
Figura 19 - Mapa de unidades geomorfológicas da bacia do Araripe e adjacências.....	103
Figura 20 - Planalto Sedimentar do Araripe e suas unidades morfoesculturais: Cimeira estrutural, escarpa rochosa e encosta, Santana do Cariri/Ceará.....	104

Figura 21 - Tipologia de escarpas erosivas ao redor do Planalto do Araripe. A1: <i>Cuesta</i> com vista para os vales; A2: <i>Cuesta</i> com vales profundos encaixados, mas sem amplo vale; B1: <i>Glint</i> com vista para vales e superfícies exumadas; B2: <i>Glint</i> e escarpa composta.....	105
Figura 22 - Depressão periférica vista da rampa de voo de parapente, Juazeiro do Norte	106
Figura 23 - Planície aluvial do Rio Salamanca em Barbalha	107
Figura 24 - Maciço residual e a superfície sertaneja, Farias Brito	108
Figura 25 - Superfície sertaneja, com a presença de colinas. Vista a partir de mirante do geossítio Ponte de Pedra (Nova Olinda).....	109
Figura 26 - Índice de geomorfodiversidade da bacia do Araripe e adjacências.....	110
Figura 27 - Mapa de hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	115
Figura 28 - Esboço esquemático dos sistemas aquíferos do Planalto do Araripe	120
Figura 29 - Índice de hidrodiversidade da bacia do Araripe e adjacências	122
Figura 30 - Mapa de diversidade pedológica da bacia sedimentar do Araripe	124
Figura 31 - Índice de pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	129
Figura 32 - Índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.	131
Figura 33 - Zonas de proteção, uso do solo e degradação da terra na bacia sedimentar do Araripe	134
Figura 34 - Índice de ameaças à geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe	136
Figura 35 - Índice de sensibilidade final da bacia sedimentar do Araripe	138
Figura 36 - Diversidade Geológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe	141
Figura 37 - Fósseis expostos no Museu de Paleontologia de Santana do Cariri.	142
Figura 38 - Unidades geomorfológicas do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.....	145
Figura 39 - Diversidade Hidrográfica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.	146
Figura 40 - Diversidade Pedológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.....	148
Figura 41 - Índice de Diversidade Geológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe ...	149
Figura 42 - Índice de Diversidade Geomorfológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.	151
Figura 43 - Índice de Diversidade Hidrológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.	152
Figura 44 - Índice de Diversidade Pedológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe ..	154
Figura 45 - Índice de geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe	155
Figura 46 - Zonas de proteção, usos do solo e degradação da terra do Geopark Mundial da UNESCO Araripe	158

Figura 47 - Índice de ameaças à geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe	160
Figura 48 - Índice de sensibilidade ambiental do Geopark Mundial da UNESCO Araripe...	162
Figura 49 - Colina do Horto em Juazeiro do Norte/CE, onde está instalada a estátua de Padre Cícero.....	168
Figura 50 - Matacões expostos ao longo da trilha do Santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto	169
Figura 51 - Pedra Pecado, trilha do santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto	171
Figura 52 - Microformas de relevo em rochas graníticas na trilha do Santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto, Juazeiro do Norte/Ceará: A – <i>split rock</i> ; B – <i>Boulder</i> ou matacões; C, D e E – <i>Castle koppies</i> e <i>Nubbins</i>	172
Figura 53 - Geossítio Cachoeira de Missão Velha, no município homônimo.....	173
Figura 54 - Geossítio Floresta Petrificada, município Missão Velha.....	174
Figura 55 - Geossítio Batateiras, Crato	176
Figura 56 - Geossítio Parque dos Pterossauros	177
Figura 57 - Geossítio Riacho do Meio	178
Figura 58 - Geossítio Ponte de Pedra, Nova Olinda.....	179
Figura 59 - Geossítio Ponte de Pedra após a colocação da estrutura de sustentação	181
Figura 60 - Geossítio Pontal de Santa Cruz, Santana do Cariri	182
Figura 61 - Localização dos geossítios do Geopark Araripe abertos à visitação e geomorfossítios identificados na pesquisa.....	184
Figura 62 - Algumas das geoformas identificadas no Planalto sedimentar do Araripe.	185
Figura 63 - Geoformas resultantes do recuo da escarpa no planalto do Araripe.....	186
Figura 64 - Pináculos Rochosos – Morro 3 irmãos, Mauriti	187
Figura 65 - <i>Pedestal rock</i> – Pedra do Chapéu, Mauriti	188
Figura 66 - <i>Balancing rock</i> – Pedra Redonda, Farias Brito	189
Figura 67 - <i>Castle Koppies</i> – Pedra do Sino, comunidade do Convento, Potengi	190
Figura 68 - Pedra do Letreiro, Mauriti	190

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de geoparks (intervalo de 2000 a 2018).....	65
Gráfico 2 - Ocorrência mineral na Bacia do Araripe e adjacências	89
Gráfico 3 - Quantificação dos valores dos geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.	166

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais metodologias de avaliação da geodiversidade e do geopatrimônio.....	49
Quadro 2 - Relação das litologias da bacia sedimentar do Araripe, os principais fósseis encontrados e o valor do potencial paleontológico atribuído	96
Quadro 3 - Potencial hidrogeológico relacionado à litologia	119
Quadro 4 - Unidades de Conservação presentes no território do Geopark UNESCO Araripe.	156
Quadro 5 - Informações básicas dos 26 geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.	164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de resultados obtidos no Google para os termos patrimônio geológico, geoheritage e geopatrimônio.....	44
Tabela 2 - Número de ocorrência de litologias por pixel na bacia sedimentar do Araripe.....	94
Tabela 3 - Número de ocorrência de minerais por pixel na bacia sedimentar do Araripe.....	97
Tabela 4 - Índice de diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e intervalos de valores correspondentes.....	97
Tabela 5 - Classes hispométricas do recorte da bacia sedimentar do Araripe e adjacências..	99
Tabela 6 - Classificação das formas de relevo pela declividade.....	101
Tabela 7 - Diversidade hipsométrica da bacia sedimentar do Araripe	111
Tabela 8 - Diversidade morfológica da bacia sedimentar do Araripe	112
Tabela 9 - Índice de diversidade geomorfológica da bacia sedimentar do Araripe.....	113
Tabela 10 - Ocorrência mineral no Geopark Mundial UNESCO Araripe	143

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
CAC	Cinturão das Águas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CRAJUBAR	Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha
DAAD	Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FLONA	Floresta Nacional
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GeoPed	Grupo de Estudos em Geomorfologia e Pedologia
GeoSGB	Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil
GEOSSIT	Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade
GEQUA	Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro
GGN	Rede Global de Geoparques
GILGES	Global Indicative List of Geological Sites
GMUA	Geopark Mundial da UNESCO Araripe
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IUGS	International Union of Geological Sciences
LIG	Local de Interesse Geológico
MA	Avaliação dos Ecossistemas do Milênio
MDT	Modelo Digital de Terreno
MINEROPAR	Minerais do Paraná
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas

PRODIG	Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique
PROGEO	Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico
REG	Rede Europeia de Geoparques
RGGN	Global Geoparks Network
RH	Regiões Hidrográficas
RIGS	Sítios Geológico-Geomorfológicos Regionalmente Importantes
RMCari	Região Metropolitana do Cariri
SECITECE	Secretária de Ciências e Tecnologia do Ceará
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SIGEP	Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos
SIGSAB	Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro
SINDUSGESSO	Sindicato da Indústria do Gesso
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UC	Unidade de Conservação
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UG	Unidade de Geodiversidade
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
URCA	Universidade Regional do Cariri
USGS	United States Geological Survey
UVA	Universidade Estadual Vale do Acaraú

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Localização e caracterização regional do setor de estudo.....	21
1.2	Objetivos.....	26
1.2.1	Objetivo Geral	26
1.2.2	Objetivos Específicos:	26
1.3	Problemas e tese da pesquisa	27
1.4	Estrutura do texto.....	28
2	REVISÃO CONCEITUAL - GEODiversidade, GEOconservação, GEOvalorização e tantos outros GEOs: do quê estamos falando?	30
2.1	GEODiversidade: que diversidade é essa?	31
2.1.1	Os valores da geodiversidade	35
2.1.2	Ameaças à geodiversidade.....	41
2.2	Patrimônio geológico ou geopatrimônio: debate necessário?	43
2.2.1	Geossítios, sítios de geodiversidade, geomonumentos, geomorfossítios e demais locais de relevante interesse.....	46
2.3	Avaliação da geodiversidade.....	48
2.4	GEOconservação: o quê conservar e como conservar?	55
2.4.1	Algumas iniciativas de geoconservação	58
2.4.2	Geoturismo	61
2.5	Os Geoparques Mundiais da UNESCO.....	63
2.5.1	O Geopark Mundial UNESCO Araripe.....	68
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS	72
3.1	Levantamentos bibliográficos e cartográficos	73
3.2	Mapeamentos da geodiversidade.....	75
3.2.1	Mapeamento qualitativo da geodiversidade	75
3.2.2	Mapeamento quantitativo da geodiversidade	76
3.2.2.1	Quantificação da geodiversidade	76
3.2.2.2	(Re)Avaliação do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe	79
3.3	Trabalhos de campo	80

4	A GEODIVERSIDADE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE E ADJACÊNCIAS.....	81
4.1	A Diversidade Geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	81
4.1.1	Diversidade litológica/litoestratigráfica da bacia do Araripe e adjacências	82
4.1.2	Diversidade mineralógica da bacia do Araripe e adjacências	88
4.1.3	Diversidade paleontológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	92
4.1.4	Índice de diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências ...	94
4.2	A geomorfodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.....	98
4.2.1	Diversidade hipsométrica e declividades do relevo da bacia do Araripe e áreas adjacentes.....	99
4.2.2	Diversidade morfológica da bacia do Araripe e adjacências.....	102
4.2.3	Índice de geomorfodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências ..	109
4.3	A Hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe	114
4.3.1	Diversidade Hidrogeológica da bacia do Araripe e adjacências	118
4.3.2	Índice de hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	121
4.4	A Pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	123
4.4.1	Diversidade pedológica da bacia sedimentar do Araripe	125
4.4.2	Ocorrência de Paleossolos nas áreas adjacentes a bacia sedimentar do Araripe .	127
4.4.3	Índice de pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	128
4.5	Índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências	130
4.6	Ameaças à geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências..	133
4.7	Índice de sensibilidade ambiental da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.....	137
5	A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK GLOBAL DA UNESCO ARARIPE E SEU GEOPATRIMÔNIO	140
5.1	Análise qualitativa e quantitativa da geodiversidade do Geopark Araripe.	140
5.2	Índice de Geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.....	147
5.3	Índice de Ameaças à geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.....	156
5.4	Índice de sensibilidade ambiental do Geopark Global da UNESCO Araripe	161

5.5	O Geopatrimônio do Geopark UNESCO Araripe.....	163
5.5.1	O inventário do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.....	163
5.5.2	Caracterização do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe...	167
5.5.2.1	<i>Colina do Horto</i>	167
5.5.2.2	<i>Cachoeira de Missão Velha</i>	172
5.5.2.3	<i>Floresta Petrificada do Cariri</i>	174
5.5.2.4	<i>Batateiras</i>	174
5.5.2.5	<i>Pedra Cariri</i>	175
5.5.2.6	<i>Parque dos Pterossauros</i>	177
5.5.2.7	<i>Riacho do Meio</i>	178
5.5.2.8	<i>Ponte de Pedra</i>	178
5.5.2.9	<i>Pontal de Santa Cruz</i>	181
5.6	Ampliando os olhares sobre o geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO e áreas adjacentes.....	182
5.6.1	Contexto geológico-geomorfológico 1 – encosta do planalto sedimentar do Araripe	183
5.6.1.1	<i>Relevos de recuo</i>	183
5.6.1.2	<i>Relevos residuais</i>	186
5.6.2	Contexto geológico-geomorfológico 2 – depressão	187
6	LIMITES E POSSIBILIDADES PARA GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO TERRITÓRIO DO GEOPARK ARARIPE E ÁREAS ADJACENTES: CONSIDERAÇÕES FINAIS	191
6.1	Limites e possibilidades para geoconservação	191
6.1.1	No nível da bacia sedimentar do Araripe	191
6.1.2	No nível do Geopark Mundial UNESCO Araripe.....	193
6.1.3	No nível do geopatrimônio	194
6.2	Limites e possibilidades para geovalorização.....	194
6.2.1	Perspectivas de geoeducação	194
6.2.2	Perspectivas para o geoturismo	195
	REFERÊNCIAS.....	197

ANEXO A – Lista de Geoparks Globais da UNESCO (Referência, outubro de 2019).....	215
---	------------

1 INTRODUÇÃO

Esse estudo apresenta uma análise da geodiversidade (*i.e.*, a variabilidade da natureza abiótica: GRAY, 20103; BÉTARD, 2017) da bacia sedimentar do Araripe e adjacências. Indubitavelmente, a temática de pesquisa vem experimentando uma crescente no Brasil e no mundo. No entanto, no país, ainda é incipiente a existência de um inventário sistemático do patrimônio geológico, bem como ações voltadas para a sua gestão e conservação (*i.e.*, geoconservação: SHARPLES, 1993, 1995).

Tratando do contexto nacional, conforme Lima et al (2016), as iniciativas ligadas à geoconservação começaram no final da década de 1990, com a instituição da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP). No início do século XXI, as ações direcionaram-se para a divulgação de locais de interesse geológico, através da instalação de painéis interpretativos em diversos estados brasileiros. Os geocientistas envolveram-se na organização de cursos específicos na temática e de congressos, no fomento à pesquisa, entre outras. Estas iniciativas possibilitaram um primeiro avanço com relação à pesquisa e divulgação das Geociências para públicos especializados e sociedade em geral.

Pensando no contexto do Geopark Global da UNESCO Araripe (localizado no setor leste da bacia sedimentar do Araripe), os estudos se debruçam, principalmente, no viés geológico e, sobretudo paleontológico. Os demais elementos da geodiversidade da região ainda carecem de pesquisas mais aprofundadas e, tanto quanto os aspectos já ressaltados, também merecem atenção por parte dos pesquisadores. Nossa proposta surge com o intuito de contribuir no preenchimento dessa lacuna.

Esta pesquisa foi motivada, inicialmente, pela atuação profissional na região do Cariri cearense, iniciada em março de 2011. As vivências proporcionadas por esta atuação, somadas às inquietações acadêmicas relacionadas ao entendimento da evolução da paisagem regional e, da temática de geodiversidade e geoconservação foram os pontapés iniciais. Neste contexto de inquietações, optou-se pelo desafio de contribuir com a inserção do olhar geográfico e, sobretudo geomorfológico, sobre as paisagens do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

A proposição inicial tinha por objetivo trabalhar exclusivamente sobre o recorte do referido geoparque. No entanto, com a ampliação da revisão da literatura e visitas de campo, resultou na ampliação do recorte espacial sobre a proposta de forma a abranger também as áreas adjacetes ao Geopark Araripe.

1.1 Localização e caracterização regional do setor de estudo

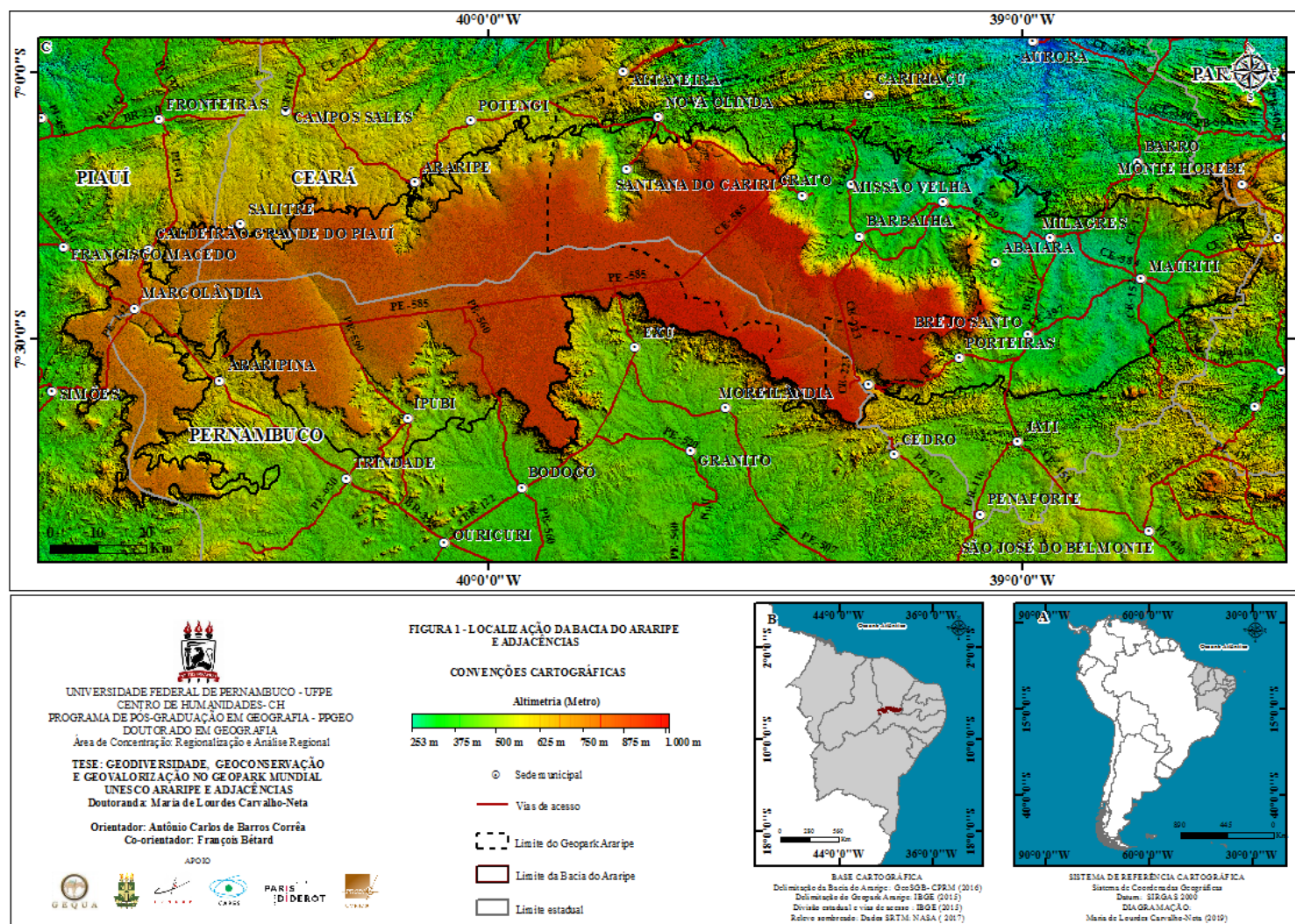
O recorte de estudo engloba a bacia sedimentar do Araripe e adjacências, compreendendo uma área de aproximadamente 30.124,00 km², com cerca de 267 km de comprimento Leste-Oeste e 113 km Norte-Sul. A área abrange setores do sul do estado do Ceará, noroeste do estado de Pernambuco e leste do Piauí. (figura 1).

De acordo com Matos (1992), a origem da bacia do Araripe está associada à formação do oceano Atlântico Sul. É delimitada, aproximadamente, pelas coordenadas geográficas: 38°30' a 41°00' de longitude Oeste de Greenwich e 7°00' a 7°30' de latitude Sul, abrange uma área de aproximadamente 11.000 km² (AGUIAR et al, 2006). Trata-se da mais extensa das bacias interiores do Nordeste (ASSINE, 2007). Seu embasamento é caracterizado por granitos, gnaisses, migmatitos, quartzitos e outras rochas de baixo grau metamórfico (clorita-xistos, filitos e mármore) (CARVALHO, FREITAS, NEUMANN, 2012), estando inserida em terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (BRITO NEVES et al, 2000).

A Província Borborema, por sua vez, é composta por diversos terrenos arqueanos e proterozóicos, que agrupam litologias metamórficas e ígneas, ocorrendo, sobre este substrato pré-cambriano, várias bacias sedimentares paleozóicas e cretáceas (MAIA; BEZERRA, 2014). Entre essas, se destaca a do Araripe.

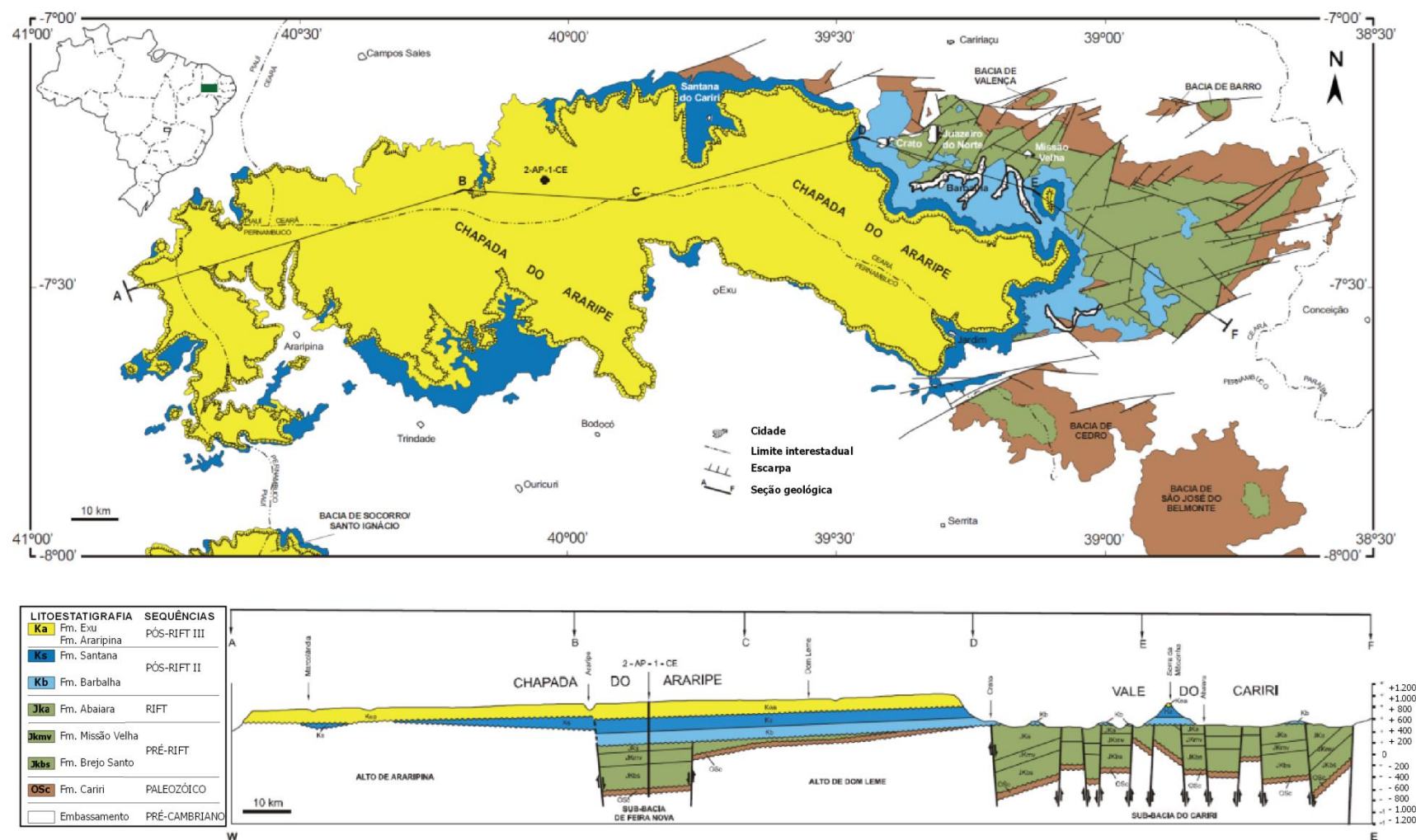
A bacia do Araripe se divide em duas sub-bacias: a do Cariri (ou Crato, para CARVALHO, FREITAS, NEUMANN, 2012) e a de Feira Nova que são estruturadas por falhas de direção nordeste (NE) e oeste-noroeste (W-NW). Como se observa na Figura 2, a bacia sedimentar do Araripe estende-se para leste (E), para além dos limites atuais da chapada/planalto, ocupando a depressão do Vale do Cariri (sub-bacia do Cariri) onde afloram unidades das sequências paleozóica, pré-rifte e rifte. O planalto sedimentar do Araripe é formado por unidades das sequências pós-rifte (Aptiano/Cenomaniano), cujos estratos apresentam atitude sub-horizontal, com leve caimento para oeste. As sequências pós-rifte recobrem em discordância angular unidades das sequências mais antigas ou repousam diretamente sobre o embasamento cristalino, sendo a segunda configuração comum na porção oeste da bacia (ASSINE, 2007). Este planalto ocupa uma área de 9.000 km² e, se estende 190 km de E para W, entre as longitudes 39°00'e 40°50'W e as latitudes 7°05' e 7°39'S. As altitudes deste diminuem suavemente de leste (1.002 m) para oeste (800m), enquanto sua largura média permanece bastante constante (~30-40 km, até 50-60 km na zona central e

Figura 1 - Localização do recorte de estudo: bacia sedimentar do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 2 - Espacialização e estratigrafia da bacia sedimentar do Araripe



Fonte: Assine (2007).

partes ocidentais) (PEULVAST; BÉTARD, 2015). O desnível médio do topo até a sua base pode chegar a 300m (CEARÁ, 2012).

O planalto sedimentar do Araripe, assim como os demais enclaves úmidos no semiárido Nordestino, é considerado paisagem de exceção no Nordeste do Brasil e representa ambiente de grande riqueza biológica (AB'SABER, 1999). De acordo com Souza (2007) a área está submetida a clima subúmido com precipitações médias anuais de 900 mm.

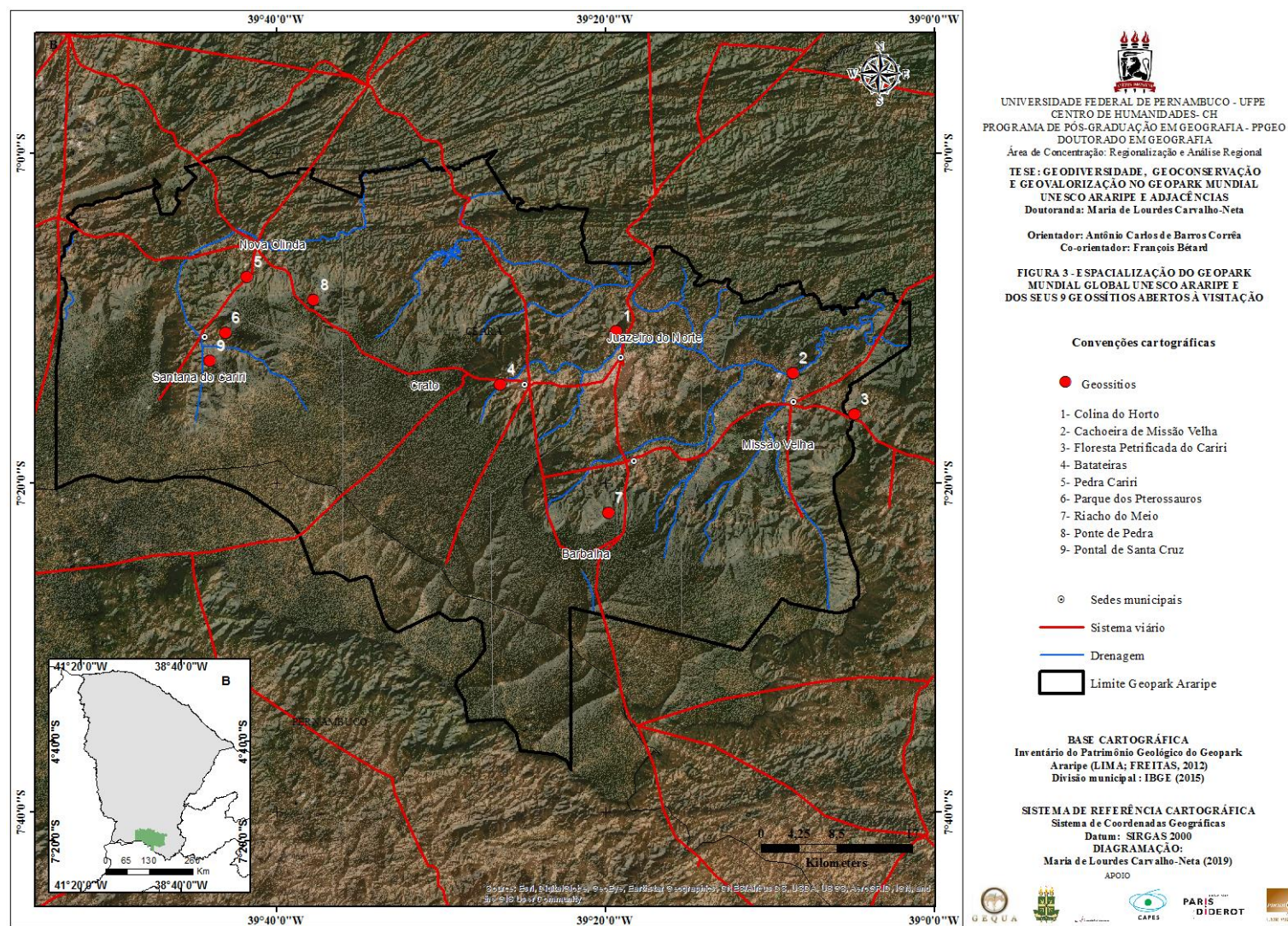
No setor mais a leste da bacia sedimentar do Araripe identifica-se o clima subúmido, caracterizado por apresentar temperaturas variando de 20°C a 27°C e precipitações médias entre 1000mm-1100mm. O clima subúmido seco, tropical ou subtropical engloba a maior parte da área de estudo. Caracterizado por temperaturas de 20° a 27°C e precipitação média sendo delimitada entre as isoietas de 700mm-900mm. Nos setores mais ao sul e oeste do recorte de estudo, identifica-se o clima semiárido, tropical ou subtropical, definido com precipitações médias entre 500mm-1000mm e temperaturas médias entre 21-28°C.

Bétard, Peulvast e Magalhães (2011) apontam tratar-se de uma área de contato entre Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. E, a despeito do caráter rarefeito desse tipo de ambiente em meio às imensas extensões semiáridas, e/ou por isso mesmo, estas áreas enfrentam muitas pressões à sua diversidade.

A bacia do Araripe é conhecida mundialmente por seu patrimônio paleontológico. A área possui registros fósseis abundantes e diversificados da época do Cretáceo Inferior. Este reconhecimento foi a justificativa para a promoção de parte da bacia como o primeiro Geopark Mundial da UNESCO das Américas e do Hemisfério Sul – o Geopark Araripe, no ano de 2006. No entanto, estudos recentes sobre formas de relevo, solos e mudanças na paisagem na região revelaram que a geodiversidade regional não se limita à geologia e paleontologia. Bétard et al (2018) consideraram a bacia como um *hotspot* da geodiversidade, ou seja, um ponto de elevada geodiversidade potencialmente ameaçado.

O Geopark Global da UNESCO Araripe situa-se na mesorregião do Sul Cearense, com extensão de aproximadamente 3.758,68 km², entre os paralelos 07°10'12" e 07°31'48" de latitude sul e os meridianos 39°04'12" e 39°55'48" de longitude a oeste de Greenwich. O território do Geopark Araripe compreendendo os municípios de: Barbalha, Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri. É integrante da Rede Mundial de Geoparques-GGN e, atualmente, apresenta 9 (nove) geossítios abertos ao público, são eles: 1 Colina do Horto, 2 Cachoeira de Missão Velha, 3 Floresta Petrificada do Cariri, 4 Batateiras, 5 Pedra Cariri, 6 Parque dos Pterossauros, 7 Riacho do Meio, 8 Ponte de Pedra e 9 Pontal de Santa Cruz (figura 3).

Figura 3 - Espacialização do Geopark Mundial Global UNESCO Araripe e dos seus 9 geossítios abertos à visitação



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Alguns dos geossítios inventariados apresentam relevante interesse científico, como o Parque dos Pterossauros, a Floresta Petrificada do Cariri e a Pedra Cariri. Outros se destacam também por apresentar, além do interesse geológico, interesse histórico-cultural, como os geossítios Colina do Horto, Ponte de Pedra, Cachoeira de Missão Velha e Pontal de Santa Cruz; ou pelo elevado interesse ecológico, como o Riacho do Meio e o Batateiras (CEARÁ, 2012). Peulvast et al (2009) asseveram entretanto que alguns desses geossítios apresentam acentuado valor geomorfológico.

A compartimentação natural (geológico/geomorfológica) não obedece à divisão territorial imposta pela delimitação do Geopark Mundial UNESCO Araripe (GMUA). E, por este trabalho buscar uma análise mais ampla da geodiversidade, sob um enfoque que privilegie as formas de relevo, a presente proposta lança mão de uma abordagem em diferentes níveis. Inicialmente, parte-se do recorte da bacia sedimentar do Araripe e áreas adjacentes, propondo um olhar mais amplo sobre a geodiversidade da área, contemplando análises qualitativas e quantitativas. No segundo momento, foca-se no contexto do GMUA, onde se realizou igualmente à etapa anterior, uma avaliação qualitativa e outra quantitativa espacial (da geodiversidade). Por fim, o estudo se encerra com uma análise no nível do geopatrimônio, também embasada em (re)avaliações qualitativas e quantitativas. Os resultados alcançados indicam setores relevantes para a conservação e, são dados exemplos de como pode ser promovida a geoconservação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências, com foco sobre as formas de relevo, visando contribuir para a ampliação dos conhecimentos sobre a temática na área, com intuito de facilitar o desenvolvimento de ações de gestão e uso do geopatrimônio.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Apresentar uma análise qualitativa da geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências;

- Expor um índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe;
- Discutir sobre a geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe;
- Exibir um índice de geodiversidade para o Geopark Mundial da UNESCO Araripe;
- Apresentar formas de relevo de particular interesse cênico e paisagístico presentes na área de estudo;
- Valorar o geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe e áreas adjacentes;
- Discutir sobre as ameaças sofridas pelo geopatrimônio do recorte de pesquisa;
- Realizar uma caracterização deste geopatrimônio para fins de geoturismo e geoconservação.

1.3 Problemas e tese da pesquisa

No desenvolvimento da pesquisa, considerou-se que:

- A bacia sedimentar do Araripe apresenta setores de elevada geodiversidade. Esta geodiversidade vem sofrendo ameaças e precisa ser protegida;
- A geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências, incluindo o território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe, não é bem conhecida;
- Existem outros setores na bacia sedimentar do Araripe e adjacências, para além dos limites do Geopark UNESCO Araripe, que apresentam relevante geodiversidade e merecem ser conservados;
- O território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe é um dos setores que apresenta elevada geodiversidade na área de pesquisa. No entanto, a grande diversidade não se restringe ao patrimônio geológico/paleontológico, já razoavelmente bem conhecido;
- Atividades que proponham o geoturismo podem ser um dos caminhos para a proteção da geodiversidade da área, bem como, pode proporcionar o desenvolvimento sustentável de forma ampla.

Nesse contexto, defende-se que o conhecimento sobre a geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe (incluindo o território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe) apresenta outros aspectos relevantes, para além do geológico e paleontológico. O conhecimento sobre a temática pode ser um facilitador para a valoração, divulgação e/ou conservação do geopatrimônio da área. A proteção da geodiversidade do recorte de estudo se faz necessária, visto que, este patrimônio sofre grandes ameaças, seja pelas mudanças recentes no uso da terra e/ou pela exploração indiscriminada dos recursos naturais, sejam pelas atividades turísticas. O incremento de ações de geoconservação no território do Geopark

Mundial da UNESCO Araripe pode facilitar o desenvolvimento sustentável local, além de servir como “modelo” para os outros setores de elevada geodiversidade no contexto da bacia sedimentar do Araripe, e de outras áreas.

1.4 Estrutura do texto

O texto é estruturado em 6 (seis) capítulos. Inicia-se com esta introdução. Os capítulos 2 e 3 apresentam, respectivamente, a estrutura conceitual e metodológica da tese. Os capítulos 4 e 5 apresentam uma análise multiescalar da avaliação da geodiversidade e do geopatrimônio. As considerações finais encerram a tese, exibindo uma discussão geral dos resultados alcançados.

No capítulo 2, mostra-se uma revisão dos conceitos mais relevantes para a pesquisa. Aborda-se temas como a geodiversidade, seus elementos, valores e as ameaças sofridas pelo geopatrimônio. Nesse contexto, faz-se um levantamento das ações de proteção desta geodiversidade, ou seja, da chamada geoconservação. Tratando desta, apresentamos também alguns vocábulos relacionados, tais como geopatrimônio, geossítios, geomonumentos e geomorfodiversidade. Expõem-se, de forma breve, as principais iniciativas de geoconservação desenvolvidas no Brasil e no Mundo. Dentre essas iniciativas, destaca-se o projeto de criação de Geoparks chancelado pela UNESCO. Encerra-se o capítulo apresentando um pouco do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

No capítulo 3, os procedimentos técnicos e o embasamento metodológico para o cumprimento dos objetivos propostos são expostos. As etapas da pesquisa se organizaram em três sub-etapas: 1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos, 2 Mapeamentos da geodiversidade e; 3 Trabalhos de campo, onde se fez a checagem/validação das informações, bem como análise do geopatrimônio da área de pesquisa.

O capítulo 4 apresenta a geodiversidade do recorte da bacia sedimentar do Araripe. Inicia-se por uma caracterização da bacia e do contexto regional onde ela está inserida e, posteriormente se detalha a geodiversidade da área, caracterizando cada um dos elementos da geodiversidade. Posteriormente, a análise quantitativa da geodiversidade é apresentada por meio da aplicação de um índice de geodiversidade a partir da metodologia de Bétard (2017), atualizada por Bétard e Peulvast (2019). Em seguida, são calculados e apresentados ainda os subíndices de diversidade geológica, geomorfodiversidade, hidrodiversidade e pedodiversidade. Por fim, apresenta-se também o índice de ameaças à geodiversidade da bacia do Araripe, bem como o índice de sensibilidade ambiental do recorte.

O capítulo 5 tem como foco o território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe. Apresenta-se a geodiversidade do território, de forma qualitativa e quantitativa. A quantificação segue a mesma metodologia da etapa anterior. Posteriormente, se propõe uma reavaliação do seu geopatrimônio.

O capítulo 6 apresenta uma discussão geral acerca dos resultados alcançados, onde são realizadas ponderações sobre as implicações do estudo para geoconservação e para geovalorização na área. As referências indicam os materiais que, de alguma maneira, embasaram a análise aqui apresentada. Em anexo, consta a lista de geoparks reconhecidos pela UNESCO.

2 REVISÃO CONCEITUAL - GEOdiversidade, GEOconservação, GEOvalorização e tantos outros GEOs: do quê estamos falando?

Neste capítulo busca-se apresentar o “estado da arte” ou “estado do conhecimento” dos conceitos que fundamentam a pesquisa, alertando que esses ainda são muito novos no âmbito das ciências geográficas e, portanto, por vezes incompreendidos pelos cientistas e público em geral. O uso recorrente do prefixo “geo” acaba por confundir e até mesmo afastar um número grande de pesquisadores e não pesquisadores das temáticas relacionadas. Muito se detém na crítica, ao afirmar que o emprego do “geo” é apenas mais um modismo, se esquivando assim de avançar nas leituras, no entendimento dos elementos envolvidos e da relevância do tema.

É fato que ao longo dos últimos 20 anos, o número de trabalhos científicos que fazem uso do tal prefixo GEO cresceu de forma considerável. Esses são, sem dúvida, mais concentrados nos países Europeus. Tomando por exemplo as publicações em língua portuguesa, têm-se as contribuições do professor José Brilha, da Universidade do Minho (em língua portuguesa), tais como o livro: “Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica”, publicado no ano de 2005. Acredita-se que a partir da disseminação desta literatura, em vernáculo, muitos estudos passaram a ser desenvolvidos no Brasil. Soma-se a isto, o reconhecimento por parte da UNESCO do Geopark Araripe, no ano de 2006; assim como o projeto Geoparques da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

Cabe destacar as contribuições de outros pesquisadores e/ou publicações para a divulgação da temática, tais como: Sharples (1995), Stanley (2000), Gray (2004; 2005; 2013), Zwoliński (2004), Reynard e Panizza (2005), Pereira (2006), Pralong (2006), Panizza (2007), Lima (2008), Pereira et al (2008), Nascimento et al (2008), Reynard (2005; 2008), Mantesso-Neto (2010), Garcia-Cortés e Carcavilla-Urquí (2009), Bento (2011), Bétard (2017), Reynard e Brilha (2018), entre tantos outros. No nosso país, ressaltam-se as iniciativas desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, resultando em diferentes publicações (SILVA, 2008; SCHOBENHAUS; SILVA, 2010; 2012). Estas vêm inspirando um número crescente de pesquisas, tanto de trabalhos de conclusão de curso, quanto dissertações de mestrado e/ou teses de doutorado. Tais publicações serviram como fontes de pesquisas para a revisão conceitual ora apresentada.

Esta revisão privilegia termos relevantes para a nossa análise. A figura 4 apresenta alguns desses termos e tenta ilustrar em forma de diagrama as relações existentes entre eles, a

saber: os conceitos de geodiversidade, geoconservação, geopatrimônio, geoparques e geoturismo.

Figura 4 - Conceitos e termos relevantes para a pesquisa e conexão entre eles - geodiversidade, geoconservação, geopatrimônio, geoparques e geoturismo



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

É sabido que, dependendo do olhar (formação) de cada pesquisador, um ou outro conceito pode e tem recebido maior atenção. Outros termos e conceitos podem ser esquecidos, ou agregados, como os geomorfossítios, o patrimônio geomorfológico, ambos abordados principalmente pelos geocientistas geógrafos, como é o nosso caso. No entanto, nosso esforço inicial é de proporcionar uma leitura mais ampla da geodiversidade, não priorizando nenhum valor ou olhar específicos. Dessa forma, a revisão conceitual se inicia pelo termo geodiversidade.

2.1 GEODiversidade: que diversidade é essa?

O aparecimento do vocábulo geodiversidade se deu pela primeira vez na Austrália, em particular na Tasmânia, e recebeu maior reconhecimento, mesmo que nem sempre a compreensão adequada, a partir de meados da década de 1990 (ZWOLIŃSKI, 2004).

Araújo e Pereira (2017) escrevem que, o conceito de geodiversidade, bem como qualquer outro que é desenvolvido no núcleo do conhecimento científico, passou e ainda

passará por um processo de autoafirmação. De acordo com os autores, o conceito ainda não teve uma implementação completa, mesmo no domínio das Geociências, já que só surgiu pela primeira vez em 1991, durante o Encontro Internacional de Geoconservação e, posteriormente, em 1993 no Reino Unido, durante a Conferência Malvern sobre Geologia e Conservação da paisagem. Nesta, o termo foi introduzido por Sharples com o objetivo de integrar os recursos abióticos na abordagem da natureza (GRAY, 2005; BENTO, 2011; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2014).

Silva (2006) acredita que o despontar desta designação, em 1993, tenha sido impulsionado pela realização, no Rio de Janeiro, da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (conhecida como Convenção do Rio ou Eco92), em Junho de 1992. Segundo Nieto (2001) e Araújo e Pereira (2017), as referências mais antigas sobre o termo são encontradas nas obras de Sharples (1995), Eberhard (1997) e Fishman et al (1998). Mansur (2018) aponta que o termo passou a integrar documentos oficiais na Austrália, no ano de 1996, colocando-o lado a lado a biodiversidade nas diretrizes de conservação de sítios naturais.

Zwolinski et al (2018) apontam que o reconhecimento do termo por um público científico mais amplo e pela sociedade de maneira geral ainda está em um estágio inicial, provavelmente devido à falta de uma abordagem conceitual e metodológica. Isto inclui uma caracterização formal da terminologia e uma sistematização de técnicas e ferramentas para promover o conhecimento da geodiversidade.

Sharples (1995) define a geodiversidade como a diversidade de características geológicas (rocha), geomorfológicas (relevo) e do solo, assembleias, sistemas e processos. Esta definição inclui implicitamente processos hidrológicos e climáticos (atmosféricos), na medida em que estes estão envolvidos em processos geológicos, formações geomorfológicas e solos. Eberhard (1997) considera que a geodiversidade inclui evidências para a história da Terra (evidências de vidas passadas, ecossistemas e ambientes) e uma série de processos (biológicos, hidrológicos e atmosféricos) atualmente atuando em rochas, formas de relevo e solos (SHARPLES, 2002).

Para Stanley (2000) é a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que integram paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que fornecem a estrutura para a vida na Terra. Ela é também o elo entre as pessoas, paisagens e sua cultura através da interação da biodiversidade com os solos, minerais, rochas, fósseis, processos ativos e o ambiente construído.

Zwoliński (2004) alerta que o termo geodiversidade é equivalente à biodiversidade, que é usado para denotar diversidade de espécies, genética e ecossistemas. O autor ressalta que a única similaridade é que ambos envolvem uma diversidade de fenômenos e além dessa semelhança, nenhuma outra analogia entre a natureza dos processos ecológicos e geomórficos é expressa ou implícita. Sobre isto, Pereira (2006) escreve que o termo geodiversidade foi proposto por comparação com o termo biodiversidade, que diz respeito à diversidade biológica do planeta e à necessidade da sua preservação. Geólogos e geomorfólogos começaram a usar este termo na década de 1990 para descrever a diversidade no âmbito da natureza abiótica, procurando, desde então, compensar a ênfase dada aos aspectos biológicos nas políticas de valorização e proteção da natureza.

Tanto a geodiversidade como a biodiversidade são dois elementos dinâmicos da “diversidade natural”, com múltiplos elos e complexas relações entre eles. Elementos e dinâmicas abióticas são considerados importantes, não só para sustentar a vida, mas também para apoiar a funcionalidade de sistemas terrestres e marinhos e a conservação de habitats e paisagens (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007). No entanto, de maneira mais efetiva, a proteção dos aspectos bióticos (ou biodiversidade) nas áreas de conservação sempre foi prioritária em detrimento dos elementos abióticos.

Bento (2011) aponta que esta maior valorização e divulgação da biodiversidade podem ser identificadas pelo grande número de referências ao patrimônio natural que se limita à descrição de aspectos relacionados à fauna e a flora. Como consequência, há um relativo descaso por parte da sociedade com o patrimônio abiótico (ou geodiversidade), o que acaba gerando problemas ambientais e destruição de locais de interesse e valores diversos. Atenta-se ainda para a ambiguidade de atitudes que, ao negligenciaram a geodiversidade e sua conservação, põem em risco o próprio suporte da biodiversidade e da vida como um todo. Este desequilíbrio gerado na evolução e no aprimoramento do conhecimento sobre conservação da biodiversidade e da geodiversidade acarretou um grande distanciamento no que diz respeito ao processo de elaboração e implantação de estratégias de conservação dos valores excepcionais do patrimônio natural (LIMA, 2008).

A definição mais popular de geodiversidade foi apresentada pela Carta de Patrimônio Natural da Austrália, em 2002 (ZWOLÍNSKI, 2004). Para esta, a geodiversidade contempla a diversidade de geologia (rocha), geomorfologia (formas de relevo) e características do solo, assembleias, sistemas e processos. Incluem ainda, evidências da vida passada, dos ecossistemas e ambientes da história da terra, também como uma gama de recursos

atmosféricos, hidrológicos e processos biológicos atuando atualmente em rochas, formas de relevo e solos.

Gray (2004) escreve que a geodiversidade pode ser definida simplesmente como a diversidade geológica (rochas, minerais, fósseis), geomorfológica (relevos, processos físicos) e as características do solo, incluindo suas relações, propriedades, interpretações e sistemas. Na revisão do conceito, em 2013, o autor fez a inclusão da diversidade hidrológica (GRAY, 2013).

Adotando a definição da *Royal Society for Nature Conservation do Reino Unido*, Brilha (2005) aponta que a geodiversidade traduz-se na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem os relevos, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra.

O Serviço Geológico do Brasil (CRPM, 2006; SILVA, 2008) a definiu como a natureza abiótica (meio físico) constituída por uma gama de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, solos, águas, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra. Panizza (2007) entende a geodiversidade como “a variedade de ambientes geológicos e geomorfológicos considerados como a base para a diversidade biológica da Terra”.

Para Serrano e Ruiz-Flaño (2007), o termo se refere ao mosaico de paisagens e diversidades culturais do espaço geográfico e as complexidades territoriais em diferentes escalas (locais, distritos e regiões) relacionadas aos habitats humanos. O conceito, portanto, realmente se refere à “diversidade geográfica” (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007).

Pereira et al (2008) consideram que a geodiversidade engloba não só minerais e rochas, mas também fósseis, solos, formas de relevo e processos geológicos ativos que lhes dão origem. Assim, a geodiversidade pode ser considerada como a principal causa para a variedade de ambientes onde a vida surgiu e evolui. A biodiversidade é desta forma, favorecida pela geodiversidade, visto que se beneficia das variações das características das rochas e do relevo, sendo este determinado pelo tipo de material rochoso, tectônica e clima.

Para alguns autores, como aponta Nascimento et al (2008), o conceito de geodiversidade é mais limitado, estando relacionado apenas aos minerais, rochas e fósseis, enquanto que para outros o termo é mais amplo, integrando também os processos que podem estar atuando na sua gênese. Os autores apontam que, de forma simples, a geodiversidade consiste em toda a variedade de minerais, rochas, fósseis e paisagens que ocorre no Planeta Terra.

Nesta pesquisa, trata-se, ainda dos termos geodiversidade *intrínseca* e *extrínseca*. Como destaca Borba et al (2016), Panizza (2009) observa essas duas dimensões. A geodiversidade intrínseca trata da variedade de feições que um local ou área apresenta em seu interior; A extrínseca está relacionada há um conjunto de características que torna um elemento geológico/geomorfológico realmente singular em relação a outros de mesmo contexto. Nas palavras de Bétard (2017), a geodiversidade intrínseca relaciona-se a complexidade e variabilidade específica da região e, a extrínseca diz respeito à comparação da geodiversidade daquele local com outros locais e/ou outras regiões.

Zwoliński (2004) indica que o termo geodiversidade é comumente usado em dois significados, um mais simples e, o outro mais amplo. Meira (2016) também indica a existência duas linhas de pensamento principais. E isto pode ser observado na gama de definições aqui apresentadas. O primeiro refere-se ao alcance total, ou diversidade, de geologia, de geomorfologia e do solo, e trata geodiversidade como uma propriedade objetiva, neutra em termos de valor de um verdadeiro sistema ou geossistema (ZWOLINKI, *op. cit.*). Nos termos de Meira (2016), este olhar interpreta a paisagem como uma síntese da geodiversidade, como os apresentados anteriormente, incluindo os elementos e processos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, edáficos, climáticos e alguns a ação antrópica. Este olhar é o que nos acompanha ao longo desta tese.

O segundo significado transmite a ideia de que a geodiversidade se refere especificamente a geossistemas particulares que são em si mesmos diversos ou complexos e, portanto, não se aplicam a sistemas que são uniformes ou têm baixa diversidade interna. (ZWOLINKI, *op. cit.*). Para Meira (2016), trata-se de uma linha mais restrita, que concebe a geodiversidade enquanto a diversidade geológica de uma determinada área. Como mencionado anteriormente, o olhar que adotamos nesta pesquisa refere-se à diversidade de geologia, de geomorfologia, do solo e da hidrografia. Tendo como norte principal a definição de Gray (2013), apresentada nas páginas anteriores.

2.1.1 Os valores da geodiversidade

A fim de fundamentar a necessidade de conservação da geodiversidade, diversos autores têm tentado evidenciar os seus valores e interesses (BRILHA, 2005). A atribuição desses valores tem sido utilizada internacionalmente, no intuito de fornecer parâmetros que visem a geoconservação. Visto que, o ato de proteger e de conservar algo se justifica porque

lhe é atribuído algum valor, seja ele econômico, cultural, sentimental ou outro (BRILHA, *op. cit.*).

Apresentam-se aqui os principais valores da geodiversidade considerados, principalmente, nas publicações de Sharples (2002), Gray (2004; 2013), Brilha (2005) e Nascimento et al (2008). Seguindo os exemplos de Gray (2004) e Brilha (2005), faz-se um esforço no intuito de associar alguns destes valores à realidade do Cariri Cearense e do Nordeste brasileiro.

Vários autores tentaram delinear o valor da natureza ou a justificativa para a conservação da natureza, como aponta Gray (2004). O autor indica que Wilson (1994) reconheceu dois tipos principais de valor nos recursos físicos da Terra: o valor econômico na exploração dos recursos físicos do planeta e o valor cultural do patrimônio na proteção do recurso estético e de pesquisa do ambiente físico (WILSON, 1994 *apud* GRAY, 2004). Outros autores apontam quatro grupos de valores: intrínseco; cultural e estético; econômico; e científico e educativo.

Sharples (2002) considera os valores intrínseco (ou de existência), ecológico (ou processo natural) e os valores humanos (ou herança geo-antropocêntrica). Gray (2004) e Brilha (2005) consideram os valores: intrínseco; cultural e estético; econômico; educativo e de pesquisa; e, o funcional. Em 2013, Gray acresce os serviços ecossistêmicos à sua análise. Silva (2008) aponta os valores intrínsecos à cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico.

Ainda sobre esses valores, Sharples (*op. cit.*) escreve que os geossítios podem servir de evidência científica do desenvolvimento passado da Terra e da evolução da vida na terra; indicar locais de importância para pesquisa e educação; recursos que nos inspiram por suas qualidades estéticas ou por causa das percepções que nos fornecem sobre a natureza, origem da Terra e da vida na terra; características significativas de lazer ou turismo (por exemplo, montanhas, falésias, cavernas, praias, etc); recursos que formam a base das paisagens que têm contribuído para o 'senso de lugar' do humano e comunidades; recursos que desempenham um papel nos valores culturais ou espirituais dos seres humanos (por exemplo, cavernas e montanhas sagradas).

O valor intrínseco reflete um valor próprio, de existência, independente de ter utilidade ou não para os seres humanos. É considerado o mais subjetivo dos valores (GRAY, 2004). Esta subjetividade advém da dificuldade de quantificação e da sua ligação com as perspectivas filosóficas e religiosas de cada sociedade e cultura (BRILHA, 2005).

O valor cultural revela-se nas inúmeras relações que existem entre a sociedade e o mundo natural que a rodeia, no qual ela está inserida e ao qual ela pertence. É o valor atribuído pela sociedade em algum aspecto do ambiente físico por razões sociais e/ou com significados para a comunidade local (GRAY, 2004). É originário da forte interdependência entre o desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico que o rodeia (BRILHA, 2005; NASCIMENTO et al, 2008). É quando um determinado aspecto geológico é explicado pela população com base em justificativas transcendentais. Gray (2004) sugere a utilização do termo geomitologia. Neste propósito, no Cariri cearense, podemos fazer referência aos exemplos das Lendas da Mãe d'água e da Pedra da Batateira (município do Crato).

Sobre as referidas lendas, Cariry (2008) indica que não se sabe precisar o momento que elas surgiram. Ele escreve que:

Os remanescentes das tribos Cariri, alocados na Missão do Miranda, guardaram codificados, na sua sensibilidade, intuição e memória, a evocação da “lagoa encantada” - lugar mítico das suas origens. Para eles, todo o vale do Cariri era um mar subterrâneo. Debaixo da terra dormia a Serpente d'Água, cujo imenso caudal era represado pela “Pedra da Batateiras”, ao sopé da chapada do Araripe. Precisamente, onde hoje está situada a Matriz do Crato, erigida sob a invocação de N.S. do Belo Amor, era a cama da baleia (na simbologia cristã: o peixe que guia a arca nas águas do dilúvio). Os pajés Cariri profetizavam que a “Pedra da Batateiras” iria rolar, todo o vale do Cariri seria inundado e as águas, em fúria, devorariam os homens maus que tinham roubado a terra e escravizado os índios. Quando as águas baixassem, a terra voltaria a ser fértil e livre e os Cariri voltariam para repovoar o “Paraíso”. (CARIRY, 2008, Caderno 3, Jornal Diário do Nordeste).

Limaverde (2015) também apresenta a referida lenda. A autora acrescenta que, quando da sua infância, em tempos de chuvas intensas no Crato, que esultava nas enchentes do rio Granjeiro a lenda da Pedra da Batateira era contada e recontada. Segundo a qual se a Pedra da Batateira “chegasse a rolar com a fúria das águas, a Mãe d'Água destaparia a nascente e toda a água do lago encantado da Chapada do Araripe, inundaria a cidade do Crato”.

Com o passar dos anos, a lenda passou por modificações, mas segue no imaginário das pessoas. Guimarães e Dumoulin (2009) indicam que:

Para os romeiros que chegavam a Juazeiro, a profecia da grande enchente era inquietante, pois significava que Juazeiro ia também ser inundado. Surgiu então, a “boa nova” de que o Padre Cícero amarrara a “pedra da Batateira” com grossas correntes de ferro e teria pedido a proteção da Mãe do Belo Amor. A pedra só iria rolar no final dos tempos e Juazeiro seria suspenso no céu para que as águas passassem devorando as iniquidades do mundo. (GUIMARÃES, DUMOULIN, 2009, p.13).

Outra perspectiva do valor cultural da geodiversidade, mencionada por Brilha (2005) são as questões arqueológicas e históricas. Como exemplo, podemos fazer referência aos diferentes objetos utilizados pelos antepassados Kariris e encontrados na região, no Sítio Santa Fé, na área rural do Crato, como demonstram os trabalhos de Limaverde (2006, 2015).

A construção de estruturas defensivas em locais geomorfológicamente favoráveis é um claro exemplo do valor histórico que alguns locais apresentam (BRILHA, 2005). Também o nome dado a algumas localidades pode estar claramente relacionado com aspectos geológicos ou geomorfológicos, como por exemplo, o do Distrito do Caldas (Barbalha), o Distrito da Ponta da Serra (Crato), a comunidade Serra do Mãozinha (Porteiras).

Brilha (*op. cit.*) faz referência, ainda, a outros aspectos culturais que surgiram na dependência das características geológicas locais. Por exemplo, no desenvolvimento de alguns artesanatos específicos, dependendo dos materiais disponíveis. Nesse contexto, podemos apontar o uso comum da chamada pedra cariri nas construções.

Seguindo os valores que podem ser atribuídos à paisagem, tem-se o valor estético. Este valor estético é atribuído a todas aquelas paisagens geológicas e/ou geomorfológicas que causam um deslumbramento de seu público, que são alvo de atividades de lazer, contemplação ou inspiração artística (NASCIMENTO et al, 2008). A atribuição de um valor estético à geodiversidade é também uma atitude subjetiva e não passível de quantificação. Enquanto que, para a maior parte das pessoas, a observação de paisagens naturais constitui uma atividade de lazer bastante consensual, decidir sobre se uma paisagem é mais bela do que outra é algo inevitavelmente discutível. E é inegável que todas as paisagens naturais possuem algum tipo de valor estético (BRILHA, 2005).

No entanto, discordamos deste autor quando afirma que grande parte do deslumbramento do público pelo contato com a natureza advém dos aspectos geológicos. Na nossa leitura, esse fascínio decorre inicialmente da contemplação dos aspectos geomorfológicos. Os roteiros de excursões turísticas organizadas por empresas especializadas, os passeios de lazer em família, o local escolhido para efetuar as tão atuais “*selfies*”, têm em comum o fato de se tratarem de locais de marcada exuberância geomorfológica. Assim, enxergamos na diversidade geomorfológica da região do Cariri, representada pelo Planalto sedimentar do Araripe e as feições a ela associadas, um campo vasto para a popularização das Geociências, e do conhecimento geocientífico, bem como para proporcionar a sensibilização das pessoas no tocante à proteção do patrimônio natural.

A referida feição de relevo, juntamente com os fósseis encontrados na região, encantou desde longas datas, naturalistas, tais como: João da Silva Feijó (que esteve no Ceará

entre 1799-1816), George Gardner (se instalou no Crato em setembro 1838) e Francisco Freire Alemão (permaneceu pelas terras caririenses entre 1859-1860) (CUNHA, 2012)¹.

Conforme aponta Cunha (2012), Feijó descreveu, mapeou e fez coletas de objetos ligados a História Natural, permanecendo cinco dias em terras da *Serra dos Cariris Novos*. Este, em carta datada de 11 de dezembro de 1800, discorre sobre o lugar no qual localizou as coleções de peixes petrificados e onde as notícias também denotam sua existência. Gardner, intelectual escocês, chegou ao sul do Ceará jovem (com 26 anos de idade), morando durante cinco meses na cidade de Crato, período no qual se dedicou, principalmente, a estudos geológicos e botânicos. Este naturalista descreveu lugares e pessoas com os quais se deparou ao explorar a “Serra do Araripe”. Já Freire Alemão, passou pelas terras do Cariri em uma estadia de três meses, convivendo com os representantes da vida e cultura do sul cearense (CUNHA, op. cit.).

O reconhecimento do valor econômico da geodiversidade é algo mais objetivo e compreensível. Como estamos habituados a atribuir um valor econômico à praticamente todos os bens e serviços, pelo que compreendemos facilmente que as rochas, os minerais, os fósseis tenham também o seu valor econômico (BRILHA, 2005). A atribuição deste valor está ligada à total dependência do homem perante os materiais geológicos para atividades como produção de energia, construção civil, fabricação de uma infinidade de produtos, extração de água subterrânea, gemas para joalheria, entre outros (NASCIMENTO et al, 2008).

Brilha (op. cit.) relata da necessidade de minerais não metálicos e metálicos para produzir um conjunto de produtos e bens dos quais nos tornamos dependentes. Da mesma forma, os materiais geológicos são absolutamente essenciais em todas as obras de construção civil. O autor indica vários exemplos, desde as águas subterrâneas aos diferentes minerais e rochas. Por fim, fala da utilização de gemas e fósseis em joalheria, além do comércio, algumas vezes ilegal, de amostras mais ou menos raras de minerais e fósseis para fins de coleções privadas. Embora ilegal, o já tão relatado tráfico de fósseis na região do Cariri é também uma forma de atribuição de um interesse econômico à geodiversidade, normalmente com valores elevados.

¹ Detalhes dos relatos dessas expedições podem ser consultados nas seguintes publicações: FEIJÓ, J. da S. **Memória sobre a Capitania do Ceará e outros trabalhos**. Ed. Fac-simile de Separatas de artigos da Revista do Instituto do Ceará. Fortaleza: Fundação Waldermar Alcântara, 1997. (Biblioteca Básica Cearense); GARDNER, G. **Viagem ao interior do Brasil** (1836-1841). São Paulo, EDUSP/Belo Horizonte, Itatiaia, p. 79 – 108, 1975; ALEMÃO, F. F. **Diário de viagem de Francisco Freire Alemão – Crato – Rio de Janeiro, 1859-1860**. V. 4. Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria da Cultura do Estado do Ceará, 2007; _____. **Diário de viagem de Francisco Freire Alemão – Fortaleza – Crato, 1859**. V. 3. Fortaleza: Museu do Ceará/Secretaria da Cultura do Estado do Ceará, 2006.

O valor funcional da geodiversidade pode ser encarado sob duas perspectivas: i) o valor da geodiversidade *in situ*, de caráter utilitário para o Homem. Refere-se à valorização da geodiversidade que se mantém no local original, ao contrário do valor econômico da geodiversidade depois de explorada e, ao valor desta geodiversidade enquanto substrato para a sustentação dos sistemas físicos e ecológicos na superfície terrestre. Este valor pode estar relacionado à característica natural que determinado elemento tem, o tornando único (BRILHA, 2005). Nascimento et al (2008) apontam também esses dois aspectos. O primeiro pode ser exemplificado por meio do suporte para a realização das mais variadas atividades humanas (construção de barragens, estradas, cidades e outros) ou no armazenamento de certas substâncias (turfa, água subterrânea, aterros, etc). O segundo é remetido às populações de animais e/ou plantas em locais cuja geodiversidade definiu as condições ideais para sua implantação e desenvolvimento. A quantificação deste valor funcional pode tornar-se, mais uma vez, uma tarefa complicada (BRILHA, *op. cit.*).

O valor científico tem como base o acesso e, posterior, estudo da geodiversidade, tanto em âmbito fundamental quanto aplicado. A investigação fundamental ajuda-nos a conhecer e interpretar a geodiversidade e a reconstituir a longa história da Terra. A investigação de caráter aplicado contribui para melhorar a relação da espécie humana com a geodiversidade, quer ajudando a viver em zonas potenciais de risco (vulcânico, sísmico, etc.) quer monitorando e controlando o impacto sobre o ambiente das nossas agressivas atividades, como por exemplo, a industrial (BRILHA, 2005). O mesmo autor acrescenta que o valor científico dos elementos da geodiversidade está diretamente relacionado à sua importância no apoio ao presente e ao conhecimento futuro de como a geosfera funciona e interage com outros sistemas terrestres, a saber: biosfera, hidrosfera e atmosfera (BRILHA, 2016).

O valor educativo está intimamente relacionado à educação em Ciências da Terra. Ela pode ocorrer como atividades educativas formais (ensinos fundamental, médio e superior), quanto a atividades educativas não formais, dirigidas ao público em geral (não escolar). Os trabalhos de campo apresentam um valor educativo extraordinário, particularmente para o público em geral, porque ajuda na conscientização e valorização dos ambientes naturais da Terra (BRILHA, 2005; NASCIMENTO *et al*, 2008).

O valor ecossistêmico se baseia nos resultados da Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (MA), realizada entre 2001 e 2005, pelo ex-secretário-geral da Organização das Nações Unidas (ONU). A MA tratou-se de uma avaliação feita por 1306 cientistas internacionais sobre o valor da natureza para a sociedade em escala global. Demonstrou a importância dos ecossistemas para o bem-estar humano e descobriu que muitos dos serviços

que estes ecossistemas fornecem estão sendo perdidos ou degradados. A MA classificou bens e serviços ecossistêmicos em quatro categorias, a saber: 1 - Regulamentador serviços; 2 - Serviços de suporte; 3 - Serviços de abastecimento (Alimentos - plantas, animais; Fibra - por exemplo, madeira, lã, algodão; Combustível - por exemplo, madeira; Recursos genéticos; Bioquímicos e farmacêuticos; Recursos ornamentais - por exemplo, conchas, flores; Água doce) e; 4 - Serviços culturais. Os serviços ecossistêmicos tratam-se, dessa maneira, dos benefícios, bens e serviços, que a sociedade obtém da natureza e que precisam ser gerenciados de forma sustentável para que continuem disponíveis para futuras gerações. No caso da natureza não viva, a referência pode ser feita a esses benefícios como “serviços ecossistêmicos abióticos” ou “serviços geossistêmicos” (GRAY, 2018).

Nem sempre todos os valores da geodiversidade apresentados são considerados. Tal fato se deve, por um lado, à dificuldade de mensuração identificada em alguns destes valores, como já mencionado. Por outro lado, pode estar relacionada à formação inicial dos geocientistas, que pode exaltar um determinado valor ou excluir outro. Somam-se a isto, os objetivos das pesquisas e publicações que envolvem os inventários, seja eles de cunho científicos e/ou de construção de um dossiê de proposta de Geoparque, por exemplo. Dependendo do foco e da experiência dos agentes envolvidos, certamente pode ser atribuído um peso maior ou menor a determinado tipo de valor. No intuito de diminuir a subjetividade inerente ao processo de valoração da geodiversidade ou geoavaliação, alguns autores não mediram esforços de realizar estudos e desenvolver metodologias que orientem este processo.

Zwoliński (2004) nos alerta que como a geodiversidade é valorada dentro desta variedade de perspectivas (intrínseca, ecológica, geopatrimonial, bem como científica, educacional, social, cultural, turística), ela deve ser submetida à geoconservação, pelo que é possível definir geossítios para as gerações presentes e futuras. Essa medida pode salvaguardar parcelas importantes da geodiversidade que são ameaçadas por diferentes atividades.

2.1.2 Ameaças à geodiversidade

A geodiversidade inclui muitas características e processos de valores significativos que são sensíveis à perturbação, que podem ser degradados se não são especificamente gerenciados (SHARPLES, 2002). Tratando da sensibilidade da geodiversidade em relação às ameaças sofridas, Sharples (*op. cit*) demonstra preocupação ao equívoco generalizado, que ainda prevalece entre alguns gestores territoriais, de que rochas e formas de relevo são

bastante robustas, de modo que nenhuma gestão especial ou proteção de seus valores é necessária.

A “robustez” referida é válida para alguns recursos, no entanto, há muitos aspectos da geodiversidade que são altamente sensíveis a perturbações, tais como: importantes sítios paleontológicos ou minerais de limitada extensão, cujo valor científico pode facilmente estar sendo destruído por escavações descontroladas ou excesso de admiração de colecionadores; sistemas cársticos ativos e geoformas fluviais cujos processos se encontram em andamento podem ser degradados pela extração de vegetação ou uso excessivo na bacia hidrográfica (SHARPLES, 2002).

Como destaca Mansur (2018), quase a totalidade das ameaças antrópicas à geodiversidade advém do desconhecimento, por parte da população e dos governantes, da sua importância, da ausência de planos e programas de ordenamento territorial que considerem sua existência. De maneira geral, a raiz dessas ameaças está no conflito dos interesses econômicos para o uso das terras, por vezes, incompatível com a conservação da geodiversidade. Lima et al (2016) avaliam que o desafio para a conservação do patrimônio natural no Brasil se assenta, justamente, na compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico e natural.

A geodiversidade encontra-se ameaçada em diversos níveis e distintos graus. Verifica-se desde a degradação da paisagem natural à destruição circunscrita a um pequeno afloramento. Neste aspecto, não existem grandes diferenças no tocante às ameaças para com a geo ou a biodiversidade (BRILHA, 2005). Entre as atividades que geram riscos ou ameaças incluem-se: exploração de recursos geológicos, desenvolvimento de obras e estruturas, gestão das bacias hidrográficas, atividades florestais, crescimento da vegetação, desflorestamento e agricultura, atividades militares, pressões recreativas e turísticas, coleta de amostras geológicas para fins não científicos e analfabetismo/ignorância cultural (BRILHA, 2005; GRAY, 2013).

Partindo das principais ameaças apontadas pelos autores referenciados acima, buscamos fazer uma contextualização para a realidade da bacia sedimentar do Araripe, destacando alguns dos riscos sofridos pela geodiversidade do recorte de pesquisa.

A exploração dos minerais é uma atividade importante economicamente para o país. Na região do Araripe essa realidade não é diferente. Como detalharemos na segunda parte desta tese, a área é uma das maiores produtoras de gipsita. Além disso, observa-se de maneira geral a exploração para a infraestrutura e construção civil. Ainda no tocante à exploração dos

recursos, identificam-se ameaças ao componente hidrológico. Parcelas do Cariri Cearense, sobretudo Crato e Barbalha, conhecidas por sua abundância em fontes naturais possui intervenções diretamente nas suas nascentes.

Vê-se também que o crescimento urbano e a pressão por recursos naturais exigidos pelas cidades de médio e grande porte também ameaçam a geodiversidade. Nesse contexto, destacam-se as três maiores cidades do Cariri Cearense: Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, que caracterizam a conurbação CRAJUBAR. Têm-se ainda notícias sobre a coleta de amostras geológicas para fins científicos ou não. Essas coletas, muitas vezes, incluem os mais variados registros fósseis. Não é raro identificar pessoas descumprindo a lei de proibição de venda de fósseis, localmente conhecidos como “peixeiros”.

Não há dúvida de que, como bem expõe Gray (2013; 2018), os avanços nas pesquisas científicas e a exploração dos recursos naturais resultam, regularmente, em descobertas de novos fósseis, minerais, tipos de relevo, entre outras. Por outro lado, as atividades humanas estão certamente, destruindo, danificando ou poluindo a geodiversidade antes que ela possa ser estudada.

Como salienta Brilha (2005), a identificação destas ameaças não depende da erradicação total e definitiva de todo os tipos de problemas. O padrão de vida da sociedade contemporânea força a utilização da geodiversidade e, em alguns casos, a sua destruição. No entanto, faz-se necessário estabelecer um equilíbrio entre o uso e a sua conservação. Esta conservação deve priorizar o chamado geopatrimônio.

2.2 Patrimônio geológico ou geopatrimônio: debate necessário?

Inicia-se o tópico questionando se o debate entre os vocábulos geopatrimônio e patrimônio geológico é realmente necessário. Para alguns geocientistas, sobretudo geólogos, essa discussão é supérflua. No entanto, devido o desconforto na adoção do termo patrimônio geológico, especialmente pelos geógrafos, avaliou-se que o uso dessas terminologias exige, no mínimo, uma reflexão.

A primeira questão é entender que, seja geopatrimônio ou patrimônio geológico, o conceito não deve ser encarado como sinônimo de geodiversidade. Como distingue Nascimento et al (2008), o patrimônio (para estes, geológico) é apenas uma pequena parcela da geodiversidade expondo características especiais e que, por conseguinte, deve ser conservado. É representado pelo conjunto de sítios geológicos (ou geossítios). Dessa forma, a geodiversidade compreende os elementos abióticos como um todo (BRILHA, 2015),

enquanto o patrimônio restringe-se àqueles que adquirem relevância/valor excepcional de acordo a avaliação humana (BRILHA, 2016).

Seguindo a mesma lógica de Mansur (2018) ao apresentar o número de aparições relacionadas aos termos que nomeiam esse tópico, a partir de uma pesquisa expedita no Google, em março de 2019, para os termos: “patrimônio geológico”, “*geoheritage*” e “geopatrimônio” e “*geological heritage*”, obteve-se os seguintes resultados (tabela 1).

Tabela 1 - Número de resultados obtidos no Google para os termos patrimônio geológico, geoheritage e geopatrimônio

TERMO	NÚMERO APROXIMADO DE RESULTADOS
<i>Geological heritage</i>	Aproximadamente 40.500.000 resultados em 0,47 segundos
Patrimônio geológico	Aproximadamente 14.000.000 resultados em 0,37 segundos
<i>Geoheritage</i>	Aproximadamente 309.000 resultados em 0,39 segundos
Geopatrimônio	Aproximadamente 24.400 resultados em 0,20 segundos

Fonte: Google (Consulta realizada em março de 2019)

Vale frisar que a diversificação dos olhares a cerca da temática e ampliação das pesquisas pode resultar no aparecimento e/ou divulgação (ampliação no número de citações) de outros termos. Na tabela 1 percebe-se a discrepância entre o uso dos termos. Identifica-se a supremacia da recorrência dos termos “*geological heritage*” e “patrimônio geológico”, com respectivamente, 40 milhões e 500 mil e, 14 milhões de recorrências. O termo *geoheritage* figura com 309 mil citações, enquanto geopatrimônio aparece com modestas 24.400 citações.

Mesmo com um número inferior de aparições, Mansur (*op. cit.*) alerta que o uso do termo geopatrimônio vem sendo defendido especialmente por geomorfólogos como um termo mais abrangente, que vem ganhando força entre os autores de língua portuguesa. Demonstra ainda, a reduzida produção sobre a temática em países como o Brasil e Portugal. No entanto, as pesquisas em desenvolvimento vão auxiliar na ampliação do uso do termo.

Sobre o conceito em si, Brilha (2018) considera o patrimônio geológico como um conceito guarda-chuva. No intuito de ampliar este olhar e, talvez (?) minimizar o desconforto da adoção do termo pelos não geólogos, outros autores preferem adotar o termo geopatrimônio. Brilha (*op. cit.*), em comunicação oral, nos lembra de que o vocábulo na literatura internacional *geoheritage*, traduzido em português como “geopatrimônio”, refere-se ao “patrimônio geológico”. Assim, mesmo usando termos diferentes, estaríamos tratando da mesma riqueza.

O mesmo autor, em 2005, apontou como integrantes do patrimônio geológico os elementos notáveis que constituem a geodiversidade, englobando, os patrimônios paleontológico, mineralógico, geomorfológico, petrológico, hidrogeológico, entre outros. Nascimento et al (2008) detalham que o patrimônio geológico compreende os minerais, as rochas e os fósseis presentes em afloramentos ou em coleções de museus, incluindo também o relevo, que no seu conjunto guardam a história da evolução da Terra por processos cuja escala temporal é de milhões (e até bilhões) de anos. Associado a este patrimônio existe o patrimônio da história da mineração, ou patrimônio mineiro, uma atividade historicamente importante no Brasil.

Nesta mesma linha, Lima e Vargas (2014) pontuam que o patrimônio geológico é constituído de elementos notáveis da geodiversidade. Portanto, esta diversidade de elementos também nos permite vislumbrar os distintos tipos de patrimônio, de acordo com o elemento destacado, como por exemplo: patrimônio mineralógico, petrológico, paleontológico, geomorfológico, estratigráfico, patrimônio tectônico, entre outros.

Gray (2018) nos lembra de que a definição usual de "patrimônio" se refere a itens precursores herdados ou do passado. No entanto, a geoconservação, como praticada no presente, aplica-se aos processos atuais geomorfológicos ou geológicos, à topografia recentemente formada, aos sedimentos e solos.

O termo *geoheritage* (em português, geopatrimônio) refere-se àquelas porções da geodiversidade identificada da Terra que são consideradas dignas de conservação por causa de sua importância (GRAY, *op. cit.*). Assim, *geoheritage*, segundo o autor mencionado, seria o termo apropriado para aplicar a estas características modernas, bem como às mais antigas que sobrevivem até os dias atuais.

O termo patrimônio geológico é mais restrito. Na mesma linha, Lopes (2017) sugere ser mais adequada a utilização do termo geopatrimônio por agrupar os aspectos geológicos (minerais, rochas e fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos), hidrológicos, climatológicos e do solo respeitando as especificidades de cada um, tais como seus conceitos e métodos.

Neste trabalho, adotamos o termo geopatrimônio. Este, formado por um conjunto de sítios representativos da geodiversidade de um determinado local ou região.

2.2.1 Geossítios, sítios de geodiversidade, geomonumentos, geomorfossítios e demais locais de relevante interesse.

Cabe registrar que, ao longo dos anos, e dependendo do autor, têm sido atribuídos diferentes nomes aos sítios representativos do geopatrimônio: geotopos, geossítios, geomonumentos, local de interesse geológico (LIG), sítios de geodiversidade, sítio de relevante interesse, para destacar alguns.

O termo consagrado é geossítio. Estes são tratados por Brilha (2005) como local de elevado interesse geológico pelo seu valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, econômico, cultural, estético. Além do conteúdo geológico, também podem apresentar elevado interesse ecológico, arqueológico, histórico e cultural (CEARÁ, 2012).

Para Brilha (2016), só deve ser considerado patrimônio geológico (aqui chamado de geopatrimônio) quando o valor científico for reconhecido com precisão pela comunidade científica nacional e/ou internacional. Os locais ou sítios que são importantes recursos para educação, turismo ou identidade cultural das comunidades devem ser chamados de “sítios da geodiversidade”. O autor acrescenta que o termo "sítio de geodiversidade" já está sendo usado no Reino Unido, principalmente como substituto da designação anterior de Sítios Geológico-Geomorfológicos regionalmente importantes (RIGS).

Inclui-se nesse contexto, o termo geomonumento. Pereira (2006) expõe que a palavra deriva do termo “geological monument” e foi introduzido em Portugal por Carvalho (1999). Brilha (2016) assinala que os sítios com alto valor turístico também podem ser assim denominados, e que este termo já é usado para promover sítios para o público em geral em alguns países. Muitos autores adotam o termo geomonumento como sinônimo de geossítio, ponto ou local de interesse geológico (MANSUR, 2018).

Os sítios geomorfológicos ou geossítio de caráter geomorfológico, também denominados de geomorfossítios ou locais de interesse geomorfológico (MOURA, 2015) tratam-se de formas de relevo a que podem ser atribuídas um determinado valor. Podem ser tanto feições individuais, quanto paisagens mais amplas. Além da importância cênica, os geomorfossítios são registros da história do planeta, motivo pelo qual devem ser resguardados da ação antrópica acelerada (BRILHA, 2005; SCHOBENHAUS; SILVA, 2010).

De acordo com Reynard (2005), o termo geomorfossítios foi introduzido por Panizza (2001), a fim de qualificar paisagens para o qual um valor pode ser atribuído. Trata-se de formações geomorfológicas que adquiriram um valor científico, cultural/histórico, estético e/ou social/econômico devido à percepção humana ou exploração (PANIZZA, 2001).

Os geomorfossítios podem ser simples objetos geomorfológicos ou paisagens mais amplas e pode ter sido modificada, danificada, e até mesmo destruída pelos impactos das atividades humanas (REYNARD; PANIZZA, 2005). O seu é pouco conhecido pelo público e por cientistas de outras disciplinas, daí a necessidade de promovê-los publicamente, desenvolver métodos de avaliação e definir seus valores científico, cultural, estético e socioeconômico e, finalmente, protegê-los sob um enquadramento jurídico adequado (REYNARD; PANIZZA, *op. cit.*; PIETRO, 2013).

Sharples (2002) nos alerta que a degradação dos relevos, solos e águas gerará impacto sobre as espécies e comunidades biológicas que vivem dentro ou sobre eles. No entanto, a geoconservação não deve realizar apenas sobre a importância dos sistemas abióticos e também na conservação dos sistemas biológicos.

A preocupação a cerca da degradação do relevo é bastante recente. Uma das evidências disto é que até o ano de 2011, a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos-SIGEP não contavam com nenhum grupo especializado em Geomorfologia (CLAUDINO-SALES, 2010; LOPES e BRITO, 2012). Atualmente, a União da Geomorfologia Brasileira-UGB juntamente com 12 outras instituições integram a comissão, fato que vem respaldar ao reconhecimento de sítios geomorfológicos e sua geoconservação.

Pelo avanço e crescente número de pesquisas, foram surgindo várias ramificações dos vocábulos empregados. Em síntese, dependendo das características mais relevantes dos sítios, estes podem ser denominados de sítios geomorfológicos ou geomorfossítios, quando tratar-se de importantes feições geomorfológicas, ou que os processos de sua formação sejam entendidos na paisagem; os sítios pedológicos ou pedossítios, quando forem às características do solo as mais relevantes e, assim, pode se adequar a todos os elementos da geodiversidade.

Sobre estes avanços do conhecimento científico, Brilha (2016) esclarece que um determinado “sítio” pode perder seu valor científico no futuro ou uma nova ocorrência pode ganhar o status de geossítio (deixando assim, de ser classificado como sítio de geodiversidade). Contudo, uma ocorrência particular ainda pode ser considerada um geossítio, se tratar-se de um registro significativo para a história do conhecimento geológico.

Levando em consideração o exposto e avaliando a resistência e/ou confusão que o emprego simplesmente do termo “sítio” pode causar, sobretudo nas áreas rurais do território brasileiro, fizemos a opção de adotar os seguintes termos: geossítios (para os locais já inventariados, abertos à visitação e reconhecidos pela comunidade científica e local, como no caso dos geossítios do GMUA); sítios de diversidade, acrescido da sua especificidade (seja ela geomorfológica, pedológica ou hidrológica), para os geomonumentos ainda não inventariados

e/ou, até o momento, ainda não reconhecidos como tal. O reconhecimento desses locais como geomonumentos, geossítios ou sítios de diversidade deve ser guiado por uma avaliação. Questão a ser tratada na sequência.

2.3 Avaliação da geodiversidade

Zwolinski et al (2018) alertam que apesar do amplo uso do conceito de geodiversidade na literatura, pouco progresso foi feito em seu mapeamento e sua avaliação. Os autores acrescentam que, muitos pesquisadores reconheceram genericamente a importância de um processo de avaliação da geodiversidade, mas nos últimos anos, apenas alguns autores abordaram questões metodológicas relativas à avaliação da geodiversidade e sua visualização.

A avaliação da geodiversidade pode ser particularmente relevante para conscientizar sobre a sua importância para estudos ecológicos, territoriais e paisagísticos, e entender sua relevância para o desenvolvimento humano. Os procedimentos que a envolvem são relativamente subjetivos e dependem do conhecimento e experiência do observador e, ao mesmo tempo, são selecionados e adaptados ao objeto ou fenômeno que está sendo analisado (ZWOLINSKI et al, 2018).

Os métodos de avaliação da geodiversidade podem ser qualitativo, quantitativo ou quali-quantitativo. Esta avaliação pode ainda se dar em relação a uma área contínua ou espacial - no nível de geodiversidade - e, a nível pontual – ou seja, em relação ao geopatrimônio. Alguns dos principais métodos foram expostos em Ruchkys et al (2018). Incluímos outros métodos, que podem ser vistos no quadro 1.

Os mapeamentos de caráter qualitativo se concentram na descrição e análise dos valores da geodiversidade. Nessa abordagem, destaca-se a contribuição de Gray (2004; 2013). As análises quantitativas, no intuito de mensurar sua riqueza e abundância, têm se devolvido graças à utilização de ferramentas de geoprocessamento. A quantificação da geodiversidade tem permitindo, por exemplo, identificar em um dado território, novas áreas potenciais para geoconservação, na educação e no desenvolvimento do geoturismo (PEREIRA; RUCHKYS, 2016; ARAÚJO; PEREIRA, 2017).

Segundo Pereira (2006), a avaliação quantitativa vem sendo considerada como um complemento à inventariação, servindo para detalhar o conhecimento dos geossítios e, principalmente, estabelecer valores de comparação entre eles. É importante o destaque de que, dependendo do objetivo/olhar do pesquisador, pode ser feita a escolha por uma ou outra

metodologia. Vale apontar que este tipo de avaliação da geodiversidade foi precedido de experiências com a quantificação da biodiversidade, que usa índices como, por exemplo, os de *Shannon* e de *Simpson* para seu cálculo (PEREIRA, 2014; BÉTARD, 2017).

Quadro 1 - Principais metodologias de avaliação da geodiversidade e do geopatrimônio

ESCALA	ABORDAGEM	BASE	REFERÊNCIAS
GEO DIVERSIDADE	Qualitativo	Descrição dos valores da geodiversidade: baseado em valores, crenças, representações, hábitos. Utiliza a descrição dos valores da geodiversidade.	Gray (2004; 2013)
	Quantitativo	Índices: Baseado no cálculo de índices de geodiversidade.	Kozłowski (2004), Serrano, Ruiz Flaño (2007), Hjort e Luoto (2010), Xavier-da-Silva et al. (2001), Silva (2012), Benito-Calvo et al. (2009), Ondicol et al. (2010), Manosso e Ondicol (2012), Pereira et al (2013), Pereira (2014), Arruda e Barreto (2015), Araujo e Pereira (2017), Bétard (2017). Bétard; Peulvast (2019)
GEO PATRIMÔNIO	Qualitativo	Inventário: baseado na inventariação de sítios que compõem o geopatrimônio de uma determinada localidade	SIGEP (2002; 2009; 2013), Ruchkys (2007), Lima (2008)
	Quantitativo	Avaliação quantitativa: baseado na atribuição de valores considerando diferentes critérios para os sítios que compõem o geopatrimônio de determinada localidade	Uceda (1996; 2000), Rivas et al. (1997), Garcia-Cortés et al. (2000), Brilha (2005; 2015), Pereira (2006;2010) Garcia-Cortés e Carcavilla Urquí (2009), Lima et al (2010), Reynard et al (2016)
		Classificação de relevância: a partir da atribuição de valores aos geossítios é possível classifica-los quanto à relevância: local, regional, nacional ou internacional	Brilha (2005), Brilha (2016)

Fonte: Atualizado pela autora de Ruchkys et al. (2018)

Exemplos de métodos que permitem uma avaliação do geopatrimônio são demonstrados em Brilha (2005), Pereira (2006), Forte (2008), Pereira et al (2007), Lima (2008), Garcia-Cortés e Carcavilla-Urquí (2009), Bento e Rodrigues (2011), Borba (2011), Meira (2016), para citar alguns. Dentre as publicações que apresentam análises quantitativas

de áreas contínuas ou espaciais, citam-se: Kozłowski (2004); Carcavilla-Urquí et al (2007); Serrano, Ruiz-Flaño (2007); Benito-Calvo et al (2009); Ruban (2010); Zwolinski (2010); Pereira et al (2013); Manosso e Nóbrega (2016); Pereira e Ruchkys (2016); Santos et al (2017); Araújo e Pereira (2017); Bétard e Peulvast (2019).

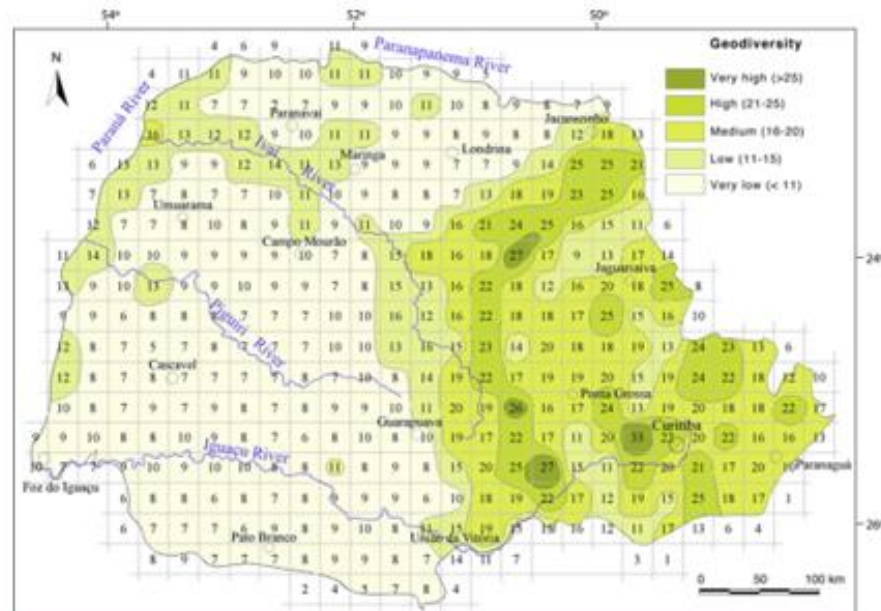
Bétard (2017) aponta que as primeiras tentativas de quantificação foram da biodiversidade e remontam os anos 1990. Entre os indicadores mais simples e mais antigos utilizados está o cálculo da riqueza de espécies (N) que indicam o número de espécies presentes em um determinado ambiente. Como esta medida corresponde a uma visão muito restritiva da diversidade, outros indicadores têm sido propostos ao longo dos anos. Entre os mais conhecidos, aponta-se o cálculo orientado pelos índices de diversidade específica de Shannon-Weaver (1949). O qual permite considerar tanto a riqueza de espécies quanto a abundância relativa das espécies ("equitabilidade") em um determinado conjunto (BÉTARD, 2017).

Kozłowski (2004) utilizou os elementos litologia, relevo, solos, águas superficiais e uso do solo na elaboração do Atlas da Geodiversidade da Polônia. Serrano e Ruiz Flaño (2007), mensuraram a geodiversidade da Espanha por meio de um índice que relaciona a variabilidade dos elementos abióticos com um coeficiente de rugosidade do relevo e as unidades de paisagem onde esses elementos estão distribuídos. Hjort e Luoto (2010), adaptando a metodologia de Serrano e Ruiz-Flaño (2007), calcularam o índice de geodiversidade para as paisagens de altas latitudes, no norte da Finlândia.

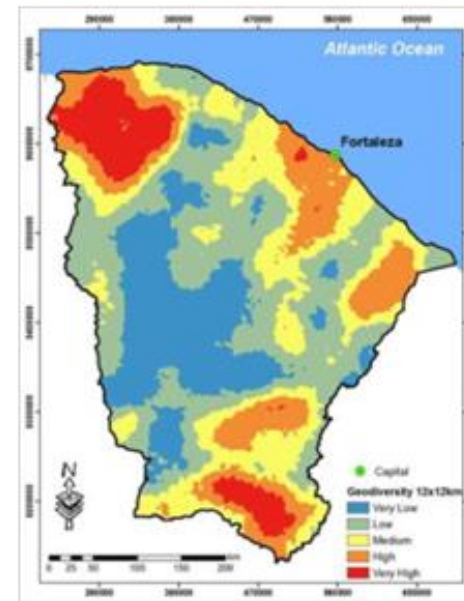
No Brasil, os autores apontam o pioneirismo nas pesquisas de Xavier-da-Silva et al (2001), que geraram índices de geodiversidade específica, múltipla e múltipla ponderada, para a bacia do rio Guandu, no Rio de Janeiro com análise integrada dos seguintes elementos abióticos: solos, geomorfologia, litologia, alinhamentos geológicos e geomorfológicos; além da fitoecologia. Destacam ainda a contribuição da temática em trabalhos mais recentes, tais como: Silva (2012), Manosso e Ondicol (2012), Arruda (2013), Pereira (2014) e os mapas estaduais de geodiversidade gerados pela CPRM. (PEREIRA; RUCHKYS, 2016).

A avaliação da diversidade pode ser dividida em dois elementos: o primeiro diz respeito à "riqueza", ou seja, o número de objetos presentes em cada pixel ou célula (por exemplo, o número de diferentes tipos de solo de acordo com certa classificação); o segundo é a "uniformidade" (um conceito que se refere à abundância relativa de cada objeto, por exemplo, a área relativa ocupada por cada tipo de solo) (IBANEZ, 1995). A evolução da informática e das tecnologias da informação permitiu uma melhoria significativa na definição de uma estrutura conceitual para a avaliação da geodiversidade (ZWOLINSKI et al, 2018).

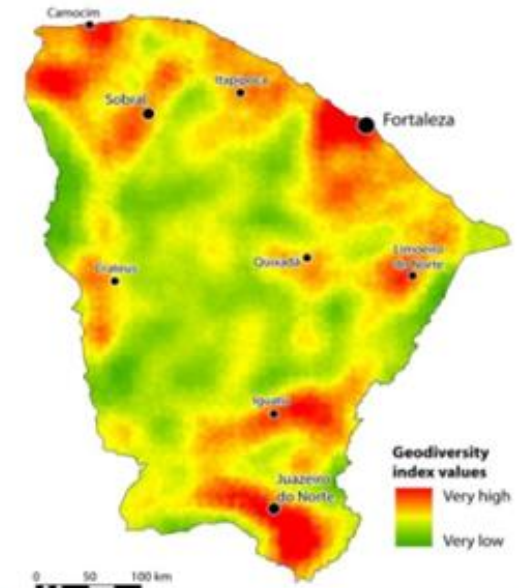
Figura 5 - Mapeamentos resultantes de Pereira et al (2013), Araújo e Pereira (2017) e Bétard (2017)



PEREIRA et al (2013)



ARAÚJO; PEREIRA (2017)



BETARD (2017)

Fonte: Organizado pela autora, 2018.

Neste trabalho, foram analisadas detalhadamente as metodologias de Pereira et al (2013), de Araújo e Pereira (2017) e Bétard (2017). Os resultados alcançados por estas metodologias são ilustrados na figura 5. Como referenciado acima, existem diversas outras metodologias que propõem uma avaliação quantitativa da geodiversidade. Essas podem adotar critérios diferenciados.

Pereira et al (2013) propuseram um mapeamento quantitativo da geodiversidade do Estado do Paraná, Brasil. A metodologia baseia-se na definição de índices numéricos parciais calculados em diferentes mapas representando os elementos da geodiversidade. A metodologia é baseada no uso de bases cartográficas de escalas variáveis entre 1:500.000 e 1:650.000. Levando em conta a dimensão da área do Paraná e as escalas dos planos de informações. Os autores propuseram uma grade de 25x25km, resultando em 371 quadrados/pixels, no intuito de permitir a diferenciação mais precisa dos resultados. Neste método (PEREIRA et al, 2013), o índice de geodiversidade resulta da soma dos cinco índices parciais (ou subíndices) seguintes: (1) geológico; (2) geomorfológico; (3) paleontológico; (4) pedológico; (5) ocorrências minerais. O componente hidrológico não era considerado e, avalia-se que é atribuído um peso amplo ao componente geológico, considerando que, além do subíndice 1, o 3 e o 5 também se tratam de características geológicas. Este método foi revisado por Araújo e Pereira (2017).

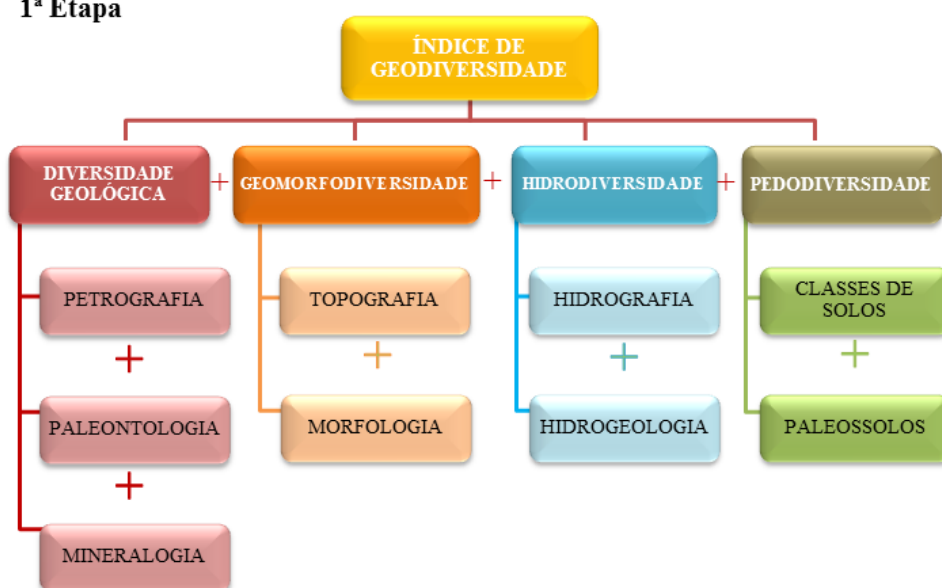
Araújo e Pereira (*op. cit.*) aplicaram a metodologia pra o Estado do Ceará. Considerando a dimensão estado e as escalas dos mapas (variáveis entre 1:250.000 e 1:600.000), basearam-se na superposição de uma malha regular de 12x12km. O cálculo do índice é resultante da soma dos cinco índices parciais (ou subíndices) apresentados por Pereira et al (2013) - (1) geológico; (2) geomorfológico; (3) paleontológico; (4) pedológico; (5) ocorrências minerais – acrescido do índice de diversidade dos recursos hídricos (6). Mesmo acrescentando o componente “hidrologia”, a nosso ver, a metodologia continua atribuindo um peso maior à componente geológica.

Levando em consideração que o objetivo do cálculo do índice de geodiversidade é expressar, da maneira mais equilibrada possível, todos esses aspectos sem enfatizar qualquer elemento particular de geodiversidade, como dito por Pereira et al (2013), a metodologia de Bétard (2017), a nosso ver, expressa claramente este equilíbrio entre os elementos. Isto, considerado pelo mesmo peso/valor atribuído aos diferentes componentes desta geodiversidade (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia). Bétard (2017), tal como Araújo e Pereira (2017), apresentou uma proposta de cálculo de índice de geodiversidade para o Estado do Ceará. O tamanho da grade utilizado foi de 10x10km e os mapas fonte,

apresentam escalas de 1:500.000. Baseado nos mesmos princípios (noção de riqueza ou "variedade") e ferramentas de estatísticas espaciais como as desenvolvidas por Pereira et al (2013) e Araújo e Pereira (2017). O método envolve o cálculo de quatro índices parciais correspondentes aos quatro principais componentes da geodiversidade (BÉTARD, 2016; 2017). Além do equilíbrio dos diferentes componentes da geodiversidade, a metodologia engloba uma análise das formas de uso e ocupação e das ameaças à geodiversidade, realizando uma análise espacial em três etapas (figura 6).

Figura 6 - Fluxograma ilustrativo das etapas do método de avaliação da geodiversidade

1ª Etapa



2ª Etapa



3ª Etapa



Fonte: Elaborado pela autora (2018) com base em Bétard (2017).

A 1ª etapa é o cálculo do índice de geodiversidade, resultante do cálculo e soma de 4 índices parciais: diversidade geológica, geomorfodiversidade, hidrodiversidade e pedodiversidade. A (1) diversidade geológica é medida a partir da soma de 3 subíndices de diversidades: petrográfica ou litológica, paleontológica e mineralógica; a (2) geomorfodiversidade é calculada pela adição de 2 subíndices, de diversidade topográfica e morfológica; o índice (3) de hidrodiversidade, resultante da adição de hidrografia (relacionada aos recursos hídricos superficiais) e hidrogeologia (referente à potencialidade das águas subterrâneas) e; a (4) pedodiversidade, resultante da soma da diversidade de solos e ocorrência de paleossolos.

A 2ª etapa propõe o cálculo do índice de ameaças à diversidade ambiental (6). Este índice é baseado na somatória de 3 subíndices: (6.1) nível de proteção; (6.2) tipo de uso do solo e, (6.3) grau de degradação das terras. Como indica Bétard (2016), o grau de ameaça potencial (índice de ameaça) é apresentado numa escala graduada inversamente proporcional ao nível de proteção. Varia de “alto grau de ameaça potencial” em áreas sem qualquer status de proteção, para “baixo grau de ameaça potencial” em áreas com alto nível de proteção (por exemplo, parques nacionais e reservas naturais). Na 3ª e última etapa chega-se ao cálculo do índice de sensibilidade ambiental (7). A estimativa é realizada a partir da multiplicação dos índices de geodiversidade e de ameaças. Este índice identifica e cartografa os setores caracterizados por elevada geodiversidade e grau de ameaças (*hotspot* de geodiversidade). É importante para efetuar as análises sobre o território e traçar estratégias de gestão e geoconservação.

A definição *hotspots* de geodiversidade é orientada pelo conceito de “*hotspot* de biodiversidade” introduzido pela primeira vez em 1988, pelo ecologista britânico Norman Myers. São definidos como áreas geográficas que abrigam níveis muito altos de geodiversidade e de ameaças por atividades humanas (BÉTARD, 2016; BÉTARD, 2017; BÉTARD et al, 2018). Estes *hotspots* ou “áreas críticas” são considerados como os setores mais ricos (ou “geodiversos”). Deve-se ainda, considerar os setores mais ameaçados num dado território, independentemente da escala escolhida, seja ela, regional, nacional ou global (BÉTARD, 2017).

Ao tratar da avaliação na escala do geopatrimônio (ou locais específicos) vamos destacar as contribuições de Brilha (2005; 2016) e Reynard et al (2007; 2016). Sem dúvidas, a mais conhecida e divulgada metodologia de avaliação do geopatrimônio em território nacional é a de Brilha (2005), revista pelo autor em 2016. Essa popularização, além do pioneirismo e da qualidade da mesma, pode ser reforçada por tratar-se de uma produção em

língua portuguesa. Além do fato de muitos pesquisadores brasileiros na temática terem realizado seus cursos de Pós-graduação na Universidade do Minho/Portugal, sob a orientação do Professor José Brilha e/ou sua equipe de trabalho, dessa forma, adotando a referida metodologia. Entre esses trabalhos, destacamos os de Lima (2008), Forte (2008), Pereira (2010).

Outro fator que também poder ser, de certa forma, responsabilizado por esta divulgação é o Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade (GEOSSIT) da CPRM. Trata-se de um sistema de avaliação bem acessível, onde é possível simular a quantificação dos sítios (disponível em: <https://www.cprm.gov.br/geossit/geossitios/simulador>) baseado na referida metodologia (em conjunto com outras), além de efetuar o registro desses. No mesmo site é possível acessar e baixar diferentes publicações sobre o tema. Dentre as pesquisas mais recentes que adotaram o sistema destaca-se a de Moura (2018).

As propostas de avaliação de Emmanuel Reynard ainda são quase desconhecidas, para não dizer desconsideradas, no território nacional. O método foi desenvolvido especificamente para a avaliação do patrimônio geomorfológico numa escala regional, mas, com algumas adaptações, também pode ser aplicado para a avaliação de outros tipos de geossítios. Foi proposto com o objetivo de ser fácil de aplicar (REYNARD et al, 2016). Trata-se de uma revisão do método Reynard et al (2007). O método foi utilizado em diversos estudos regionais na Suíça e em diversas partes do mundo.

A presente tese expõe uma caracterização dos geossítios atualmente abertos à visitação, bem como de novos sítios (geomorfológicos, de geodiversidade). No entanto, não é objeto desta pesquisa reavaliar quantitativamente esses locais.

2.4 GEOconservação: o quê conservar e como conservar?

A origem da geoconservação é um assunto de debate, ao invés de um consenso (BUREK; PROSSER, 2008). Os autores acrescentam que, são tantos os desafios que envolvem a geoconservação, que os pesquisadores têm direcionado seus estudos em superá-los e não em retroceder na história, para entender sua origem.

Em pouco mais de duas décadas tem havido interesse por grupos de especialistas em incorporar a geodiversidade nos esquemas de proteção e conservação (PIETRO, 2013). Nesta perspectiva, um número crescente de países começa a desenvolver iniciativas para reconhecer importantes sítios geológicos, geomorfológicos, paisagens naturais ou culturais dentro de suas

fronteiras (SCHOBENHAUS; SILVA, 2010). De acordo com Bétard (2016) ela foi impulsionada pela necessidade de conservar a geodiversidade considerando seus valores e/ou elementos mais valiosos (ou seja, o geopatrimônio) que enfrentam ameaças internas e externas, principalmente atividades que causam danos ou destruição irreversível de sítios.

Silva (2008) esclarece que, na literatura internacional, o estudo da geodiversidade tem sido aplicado com maior ênfase aos estudos de geoconservação. Nesse sentido, destacam-se os estudos destinados à preservação do patrimônio natural, tais como monumentos geológicos, paisagens naturais, sítios paleontológicos etc. No Brasil, o conceito é desenvolvido praticamente de forma simultânea a outros países, no entanto, com um caráter mais aplicado ao planejamento territorial, ainda que os estudos voltados para a geoconservação não sejam desconsiderados (SILVA, 2008).

A geoconservação dispõe-se conservar a diversidade de recursos e sistemas da Terra e permitir que seus processos continuem a funcionar e evoluir de forma natural (SHARPLES, 1993). O mesmo autor acrescenta que a geoconservação é importante, visto que, a geodiversidade tem uma série de valores (já apresentados) que são importantes e dignos de proteção.

Brilha (2005) propõe que a discussão sobre a conservação da geodiversidade deve se desenvolver no sentido de estabelecer o equilíbrio entre o uso sustentável desta geodiversidade e sua conservação. Estas ações devem ser agrupadas nas seguintes etapas sequenciais: inventariação, quantificação, classificação, conservação, valorização, divulgação e, finalmente, monitorização do patrimônio. Entretanto, o mesmo autor destaca que estas estratégias de geoconservação só devem ser materializadas depois de um apurado e detalhado trabalho de identificação do que é realmente especial e representativo de cada região.

Nas palavras de Burek e Prosser (2008), a geoconservação pode ser definida como uma ação tomada com a intenção de conservar e melhorar características geológicas e geomorfológicas, processos, locais e espécimes. Pelo fato de a conservação bem-sucedida comumente depender do entendimento e valorização do recurso, processo, local ou espécimes a serem conservados, as ações executadas geralmente também incluem atividades promocionais e de conscientização.

Segundo Mansur (2018), o primeiro caso de proteção legal atribuída a um sítio natural correu na Alemanha, em 1668. Trata-se caverna de Baumann, atualmente, um dos geossítios do Harz Geopark. Outro exemplo importante citado pela autora é a criação do primeiro parque dos Estados Unidos, o Parque Nacional de Yellowstone, em 1872. No entanto, a popularização da proteção dos elementos abióticos, ainda não é algo consolidado,

principalmente no território nacional. Para Nascimento et al (2008), a preocupação com a geoconservação trata-se de um pensamento herdado dos primeiros movimentos mundiais conservacionistas como a Conferência de Estocolmo em 1972, porém ganhou maior força na década de 1990.

Sharples (1995; 2002) sintetiza o significado de geoconservação indicando que ela objetiva a preservação da diversidade natural (ou geodiversidade) de expressivos aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de relevo) e de solo, pela manutenção da evolução natural desses aspectos e processos. Fazendo uma atualização a partir do conceito de geodiversidade apresentado por Gray (2013), podemos também incluir a proteção dos elementos hidrológicos neste contexto.

A geoconservação se trata de uma base essencial para a conservação biológica, visto que a geodiversidade fornece a variedade de ambientes e pressões que influenciam diretamente a biodiversidade. Como bem sintetiza Nascimento et al (2008), as ações de geoconservação não pretendem proteger toda a geodiversidade, mas sim o geopatrimônio, de modo a regulamentar seu uso, seja científico, educativo, turístico, entre outros.

Para Brilha (2005), a geoconservação tem por objetivo geral, a utilização e gestão sustentável da geodiversidade. No entanto, o mesmo autor acrescenta não ser viável proteger todos os elementos da geodiversidade, uma vez que esta é essencial para satisfazer as necessidades da sociedade em relação aos recursos naturais. Na verdade, esta conservação deve compreender certos elementos da geodiversidade que evidenciam algum valor excepcional.

A geoconservação pode ocorrer por meio da criação de leis e programas específicos para o geopatrimônio (grifo nosso) e/ou por meio da sensibilização do público sobre a importância deste patrimônio (SHARPLES, 2002), utilizando-o para o turismo (NASCIMENTO et al, 2008). Ela é, sem dúvida, uma atividade dinâmica e em expansão (BUREK; PROSSER, 2008). Nascimento et al (2008) indicavam que as ações de geoconservação deveriam visar implantação em escala mundial de políticas apropriadas de gestão deste patrimônio com propósitos educativos e turísticos.

A conservação do geopatrimônio brasileiro está fortemente relacionada com o conhecimento da sociedade sobre sua real importância científica, educativa e histórico-cultural, bem como o estabelecimento de políticas públicas e mecanismos legais específicos para evitar que as ações antrópicas destruam elementos deste patrimônio de expressivo valor para a história geológica da Terra e que não pode ser recuperado (LIMA et al, 2016).

Wimbledon (1996 *apud* LIMA, 2008) considera que cabe aos geocientistas dar suporte técnico-científico para o desenvolvimento de estratégias de geoconservação. Sobre estas, Pereira (2006) e Lima (2008) apresentam um levantamento detalhado de iniciativas consideradas importantes.

2.4.1 Algumas iniciativas de geoconservação

Na apresentação de um histórico das iniciativas internacionais de conservação da geodiversidade, ou geoconservação, destacam-se as seguintes ações: o programa Patrimônio Mundial da UNESCO, iniciado em 1972; o projeto GEOSITES da década de 1990; a criação, em 1992, da Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico (PROGEO) e o projeto Geoparks da UNESCO (PEREIRA, 2006; LIMA, 2008).

Do programa Patrimônio Mundial da UNESCO, iniciado em 1972, se destaca a realização da Convenção do Patrimônio Mundial. Esta convenção reconhece bens naturais e culturais como patrimônio, integrando: obras-primas, exemplares únicos de manifestações culturais, exemplo de edifícios excepcionais, que contenham fenômenos naturais extraordinários, monumentos geológicos, sítios importantes como testemunhos da história da Terra; áreas de excepcional valor estético e beleza; áreas importantes para a preservação de espécies ameaçadas e relevantes sob o ponto de vista científico ou de conservação (UNESCO, 2019). A Convenção, apesar de tratar apenas de forma indireta do reconhecimento do geopatrimônio, revela-se importante, pois, criou instrumentos legais visando à identificação, proteção e monitoramento dos elementos naturais de valor universal.

Segundo Pereira (2006), em meados da década de 1990 surge o projeto GEOSITES, sob a alçada da *International Union of Geological Sciences-IUGS*. Trata-se da continuação de um projeto anterior denominado *Global Indicative List of Geological Sites (GILGES)*, estabelecido pela UNESCO, pela IUGS e pela *International Union for Conservation of Nature-IUCN*, no sentido de inventariar geossítios com grande importância mundial. Com início em 1996, o projeto Geosites surgiu com o objetivo de organizar um inventário de geossítios de relevância internacional, para suporte de iniciativas de geoconservação nacionais e internacionais.

Tanto o Projeto Geosites, quanto a ProGEO, foram criados de modo a atuar diretamente na elaboração de estratégias para a inventariação e conservação do patrimônio geológico. A ProGEO apresenta como principal objetivo incentivar a Conservação do Patrimônio Geológico e promover uma estratégia de geoconservação nos países europeus.

Lima et al (2016) apontam que o reconhecimento, a promoção e a proteção dedicada ao patrimônio geológico (aqui, entendido como geopatrimônio) no território brasileiro ainda não tem a mesma prioridade que os esforços direcionados aos valores biológicos e culturais. As iniciativas são relativamente recentes, tendo sido iniciadas apenas da década de 90 do século XX.

Algumas das iniciativas são apontadas por Lima (2008), Lopes e Brito (2012) e Oliveira, Pedrosa e Rodrigues (2013), destacando-se: a criação da Comissão dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP); o Programa Geoecoturismo do Brasil; o Projeto Geoparques da CPRM; o Projeto Caminhos Geológicos; o Projeto Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná; o Projeto Caminhos Geológicos da Bahia; o Projeto Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte e as publicações em geral.

Nesse contexto, não se pode minimizar a relevância dos trabalhos desenvolvidos pela CPRM, seja pelas ações dos Serviços geológicos estaduais, seja em parcerias com Universidades, instituições acadêmicas e diferentes órgãos de proteção do patrimônio, seja ele ambiental e/ou cultural (por exemplo: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) e Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e, os eventos que vêm abordando o tema, desde o ano de 2004) (LIMA et al, 2016).

O Projeto Geoparques da CPRM, criado em 2006, representa importante papel indutor na criação de geoparques no Brasil, uma vez que tem como premissa básica a identificação, levantamento, descrição, diagnóstico e ampla divulgação de áreas com potencial para futuros geoparques no território nacional, bem como o inventário e quantificação de geossítios (SCHOBENHAUS; SILVA, 2012). Além do Geopark Araripe, reconhecido pela UNESCO, no Brasil existe a proposta de outros geoparques, a saber: Alto Vale do Ribeira (SP/PR), Morro do Chapéu-BA, Pirineus-GO, Quarta Colônia-RS, Serra da Capivara-PI, Seridó – RN, para citar apenas alguns.

A SIGEP foi instituída em março de 1997. A partir de então, ocupou-se pela primeira vez no Brasil, da identificação, avaliação, descrição e publicação de geossítios, de forma sistêmica e com a participação da comunidade geocientífica (LIMA et al, 2016). A criação da comissão se deu em resposta à Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural adotada pelo Brasil em 1989 (SILVA, 2008).

A comissão recolhia propostas e avaliava as condições de risco e de degradação dos sítios indicados. Deveria também realizar o fomento da pesquisa científica básica e aplicada, a difusão do conhecimento nas áreas das Ciências da Terra, o fortalecimento da consciência conservacionista, estímulo de atividades educacionais, recreativas e turísticas em benefício da

participação e do desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais (CLAUDINO-SALES, 2010).

A suas atribuições principais eram elencar os geossítios brasileiros e gerenciar um banco de dados nacional sobre o tema (LOPES; BRITO, 2012; LIMA et al, 2016). O inventario apresentado seguiu, principalmente, critérios científicos, mas outros tipos de interesses também foram considerados, a exemplo dos interesses educativo, turístico e cultural (LIMA et al, 2016).

As atividades desta comissão encontram-se suspensas desde agosto de 2012. No entanto, o site da SIGEP (<http://sigep.cprm.gov.br/>) dispõe de informações, bem como publicações que podem ser acessadas e baixadas gratuitamente. Na página na internet existe ainda a possibilidade de efetuar o cadastro de sítios de geodiversidade e geossítios, bem como efetuar uma simulação de valoração, a partir de metodologia baseada em Brilha (2016).

Em um contexto mais amplo, em consonância com a UNESCO, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional-IPHAN estabeleceu a chancela da Paisagem Cultural Brasileira (Portaria nº 127, de 30/04/2009). Neste, Paisagem Cultural Brasileira é definida como “uma porção peculiar do território nacional, representativa do processo de interação do homem com o meio natural, à qual a vida e a ciência humana imprimiram marcas ou atribuíram valores”.

O conceito de paisagem cultural brasileira fundamenta-se na Constituição Federal (1988) que, na Seção II, Art. 216, p. 126, dispõe que:

Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem: (EC no 42/2003)

I—as formas de expressão;

II—os modos de criar, fazer e viver;

III—as criações científicas, artísticas e tecnológicas;

IV—as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V—os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

Trata-se de um avanço conceitual na abordagem do patrimônio cultural brasileiro. Visto que, não há mais espaço para a segregação, até então existente, entre natural e cultural. Para Weissheimer (2009):

A chancela é uma espécie de selo de qualidade, um instrumento de reconhecimento do valor cultural de uma porção definida do território nacional, que possui características especiais na interação entre o homem e o meio ambiente. Sua finalidade é atender o interesse público por determinado

território que faz parte da identidade cultural do Brasil (WEISSHEIMER, 2009, p.18).

A adoção do conceito de paisagem cultural como instrumento de preservação do patrimônio, ocorre também em outras partes do mundo (por exemplo, Espanha, França e México), no intuito de viabilizar a qualidade de vida da população e a motivação responsável pela preservação do patrimônio cultural.

A chancela “implica no estabelecimento de pacto que pode envolver o poder público, a sociedade civil e a iniciativa privada, visando à gestão compartilhada da porção do território nacional assim reconhecida”. Dessa forma, também pode contribuir para definir estratégias de geoconservação.

A geoconservação, que objetiva a conservação e gestão do geopatrimônio e dos processos naturais a ele associado (BRILHA, 2005), envolve diferentes atividades. Destas, as que têm mais destaque na promoção da geoconservação, seja nos territórios de geoparques, seja fora deles, é o geoturismo.

2.4.2 Geoturismo

Etimologicamente o termo geoturismo provém dos termos “geo” e “turismo”. O primeiro termo - geo - se refere ao planeta Terra (*Gaia*), e o segundo se relaciona ao gosto pela realização de viagens (DOWLING, 2009; RODRIGUES, 2009). Trata-se de um segmento do turismo que teve sua definição desenvolvida a partir de meados da década de 1990 (PEREIRA; RUCHKYS, 2016).

De acordo com Nascimento et al (2008), embora atividades associadas a este segmento de turismo já ocorressem há muito tempo, a divulgação ampla do termo foi iniciada na Europa após aparecer em uma revista de interpretação ambiental, em 1995, definido pelo pesquisador inglês Thomas Hose.

Hose (1995 *apud* NASCIMENTO et al, 2008) define o geoturismo como capaz de fornecer serviços e facilidades interpretativas que permitam aos turistas adquirirem conhecimento da geologia e geomorfologia de um sítio, além de sua mera apreciação estética. Hose (2000) apresenta uma revisão da definição, apontando ser o geoturismo a oferta de facilidades interpretativas e serviços para promover o valor e os benefícios sociais de lugares e materiais geológicos e geomorfológicos e assegurar sua conservação, para uso de estudantes, turistas e outras pessoas com interesse recreativo ou de lazer.

Dowling e Newsome (2006) também conceituam o geoturismo como um turismo sustentável com foco principal em experimentar as características geológicas, de uma maneira que fomente a compreensão, apreciação e conservação ambiental e cultural.

A discussão do termo no Brasil conta com o pioneirismo das publicações de Ruchkys (2007), que apresenta um retrospecto detalhado do conceito, destacando de maneira pormenorizada as principais publicações que tratam do tema, tanto no âmbito nacional, quanto internacional, e Nascimento et al (2008) que dialogam a cerca das principais definições de geoturismo no mundo, bem como de termos correlatos.

Ruchkys (2007) referiu-se ao geoturismo como um segmento da atividade turística que apresenta o patrimônio geológico como seu principal atrativo e procura a sua proteção por meio da conservação dos seus recursos e da sensibilização do turista. Para isto, utilizam a interpretação deste patrimônio, tornando-o acessível ao público leigo, além de promover a sua divulgação e o desenvolvimento das Ciências da Terra. Como a atividade geoturística está diretamente associada à visitação de locais com significativo patrimônio geológico, para o aproveitamento do potencial, o geopatrimônio precisa estar conservado, e os visitantes e moradores dos locais têm grande responsabilidade na manutenção destas áreas (NASCIMENTO et al, 2008).

Segundo a Minerais do Paraná (MINEROPAR) (2008; 2011), o geoturismo propõe ao visitante um aprofundamento sobre as origens do ambiente e a informação geológica como um dos fundamentos para o conhecimento ambiental. É essencial por inserir as pessoas em uma das principais discussões atuais: a relação do homem com o planeta em que vive. Trata-se de uma forma agradável para moradores e visitantes compreenderem o lugar que vivem e visitam, trazendo a informação do que pode e deve ser aproveitado e contemplado e a história geológica de como tudo se formou.

Rocha (2015) esclarece que o conceito proposto por Hose (1995, 2000) foi considerado pela Associação Portuguesa de Geoturismo como restritiva, uma vez que são levados em consideração apenas os valores geológicos e geomorfológicos, sendo esquecidos os demais valores abióticos. Assim, a Declaração de Arouca (2011) considera o geoturismo como “o turismo que sustenta e incrementa a identidade de um território, considerando a sua geologia, ambiente, cultura, valores estéticos, patrimônio e o bem-estar dos seus residentes”. Nas palavras de Rocha (*op. cit.*), as pessoas, seus usos e costumes, as tradições, a cultura, a etnografia e a gastronomia integram o geoturismo, juntamente com a geologia, que funciona como uma espécie de ciência agregadora.

Para Dowling (2009) trata-se de uma forma colaborativa de turismo em que os elementos da geodiversidade juntos criam uma experiência turística que é mais rica do que a soma de suas partes, atraindo visitantes com interesses diversos. Há o envolvimento da comunidade quando empresas e grupos sociais locais trabalham em conjunto para promover experiências de visitas autênticas e distintas. A atividade pode ainda, fornecer benefícios econômicos para os moradores, tais como: geração de emprego e de renda, serviços e produtos.

Para isso, é necessário que o destino que se pretenda explorar do ponto de vista geoturístico apresente uma estratégia de geoconservação que garanta a sustentabilidade dos locais (BRILHA, 2005). Sobre essas estratégias, Dowling (2009) destaca que o sucesso do geoturismo, em longo prazo, depende da criação de incentivos locais para conservar e proteger as amenidades ambientais.

Brilha (2005) demarca que o geoturismo é uma atividade que se baseia na geodiversidade. O autor destaca algumas vantagens deste segmento em relação a outros, tais como: não estar restrito às variações sazonais, sendo atraente ao longo de todo o ano; não ser dependente dos hábitos da fauna; poder desviar turistas de locais já congestionados; aumentar a oferta de áreas turísticas; e promover o artesanato que usa a matéria prima geológica (argila, minerais, etc) com motivos ligados à geodiversidade.

Com base nas definições apresentadas, consideramos o geoturismo como atividade que apresenta como principal atrativo os elementos da geodiversidade (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia) e busca a sua conservação, fortalecendo a identidade do território e promovendo a sensibilização de geoturistas para o geopatrimônio e o bem estar das populações locais. A UNESCO recomenda que este segmento de turismo seja reconhecido e amplamente difundido e valorizado nos territórios dos seus Geoparques Mundiais.

2.5 Os Geoparques Mundiais da UNESCO

Geoparque trata-se um conceito contemporâneo e inovador de desenvolvimento territorial, fundamentado na ocorrência de geopatrimônio em conexão com os outros aspectos do patrimônio natural e cultural da região, que possibilitam o estabelecimento de estratégias de conservação, educação e promoção do turismo sustentável (LIMA et al, 2016).

O conceito surgiu na Europa, no final do século XX (BRILHA, 2009), e abriu novas oportunidades e entusiasmo para a geoconservação (BUREK; PROSSER, 2008). Quanto à

grafia, se convencionou adotar o termo em inglês - Geopark - para fazer referência aos territórios chancelados pela UNESCO, no entanto, se permite grafar das diferentes formas.

Em 1991, em Digne, na França, realizou-se, sob os auspícios da UNESCO, o 1º Simpósio Internacional de Conservação do Patrimônio Geológico. O evento marcou a instituição da Declaração Internacional dos Direitos da Memória da Terra. De 1991 a 1997 ocorreram à elaboração e aprimoramento do conceito de integração entre o patrimônio e conservação, valorização e o desenvolvimento sustentável, em uma visão global de conexão entre esse patrimônio (MOREIRA; VALE, 2018).

A filosofia na criação de geoparques centrou-se no desenvolvimento de redes que permitissem troca de experiências e promoção conjunta do conceito entre cada um dos membros da rede. Dessa forma, no ano 2000, foi criada a Rede Europeia de Geoparques (REG), contando com a participação de quatro membros, a saber: Geoparque da Floresta Petrificada de Lesvos (Grécia), da Reserva Geológica de Haute-Provence (França), de Vulkaneifel (Alemanha) e o Geoparque de Maestrazgo (Espanha). O reconhecimento por parte da UNESCO da relevância do conceito de geoparque assegurou, desde logo, a sua ligação à REG (BRILHA, 2009).

O estabelecimento dos Geoparques Mundiais da UNESCO através do Programa Internacional Geociências e Geoparques pretende promover o desenvolvimento territorial em áreas onde o geopatrimônio é gerido em um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável (LIMA et al, 2016; UNESCO, 2018; 2019). Estes territórios devem constituir-se com forte envolvimento da sociedade, compromisso dos gestores públicos e colaboração de empreendedores locais, estabelecendo oportunidades de melhoria das condições de vida das populações residentes (BRILHA, 2009; LIMA et al, 2016).

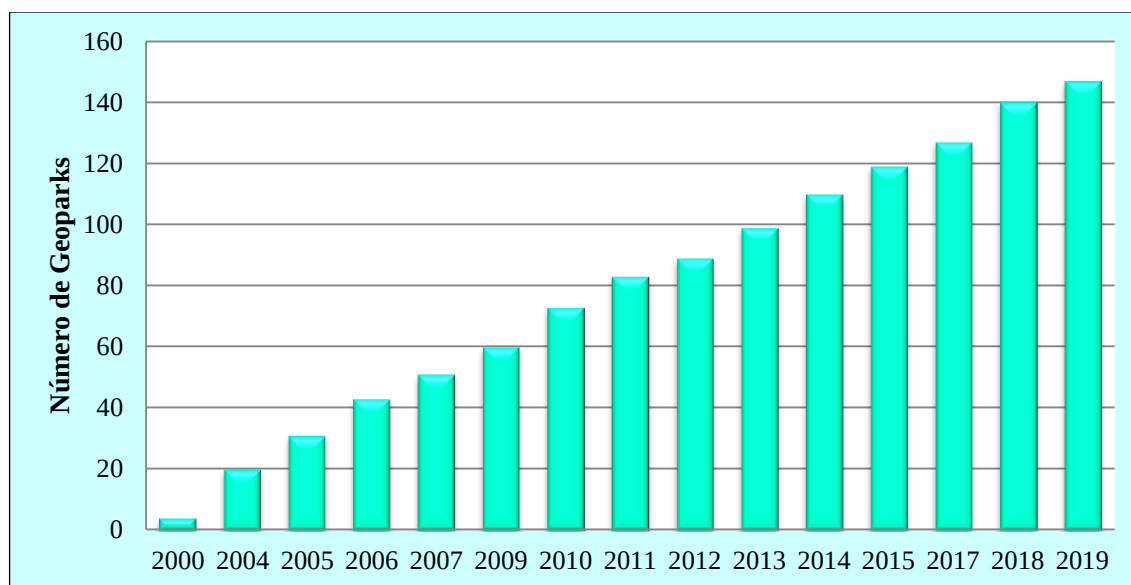
Para isso, os geoparques devem possuir um importante geopatrimônio. Devem também levar em conta outros tipos de patrimônio natural, histórico e cultural, material e imaterial. Este conjunto patrimonial deve ser inventariado, conservado, valorizado, estudado e explicado ao grande público (RUCHKYS, 2007). Os objetivos de criação de geoparques permitem compatibilizar a conservação do patrimônio natural e cultural do seu território, ao mesmo tempo em que impulsionam o desenvolvimento sustentável local.

Para garantir a qualidade dos Geoparques Globais da UNESCO, os territórios passam por um processo de revalidação que envolve a apresentação de relatório e uma vistoria de campo (UNESCO, 2019). A (re)avaliação (ocorre a cada quatro anos sob pena de perder a chancela da UNESCO, caso não cumpram os requisitos exigidos (SILVEIRA et al, 2012).

O Geoparque em avaliação deve submeter: um resumo de uma página a ser ao Secretariado da UNESCO (um ano antes da revalidação); um relatório de progresso seguindo modelo fornecido pela UNESCO, autoavaliação e formulário de avaliação de progresso a ser enviado pelo canal oficial (direcionado à inspeção de campo). A missão de campo será realizada por dois avaliadores para revalidar a qualidade do membro da RGGN. Com base no relatório de avaliação emitido pelos avaliadores em campo, o Geopark avaliado pode receber: "green card" (cartão verde) – com esta avaliação o território renova sua chancela por um período adicional de quatro anos; o "cartão amarelo" será atribuído ao Geopark avaliado que deixe de cumprir os critérios, devendo tomar as medidas apropriadas dentro de um período de dois anos e; se for conferido "cartão vermelho" ao território avaliado, ele perde a chancela da UNESCO (UNESCO, 2019).

Integrados em uma rede de cooperação, os geoparques membros são estimulados a desenvolver variadas formas de colaboração, especialmente nos campos da ciência, educação, gestão, turismo, desenvolvimento sustentável e planejamento regional (LIMA et al, 2016). Eles representam, sem sombra de dúvidas, uma iniciativa bem sucedida em nível mundial. O gráfico 1 ilustra o número crescente de geoparques entre os anos 2000 e 2019.

Gráfico 1 - Número de geoparks (intervalo de 2000 a 2018)



FONTE: Elaborado pela autora a partir dos dados da Global Geoparks Network - <http://www.globalgeopark.org/homepageaux/tupai/6513.htm> e <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/>

No ano 2000, eram quatro geoparques em quatro países europeus formando a REG. Posteriormente, em 2004, 17 geoparques europeus e 8 chineses se reuniram na sede da

UNESCO em Paris para formar a Rede Global de Geoparques (GGN) onde as iniciativas nacionais de patrimônio geológico contribuem e se beneficiam da participação em uma rede global de intercâmbio e cooperação. Durante a 38ª sessão da Conferência Geral da UNESCO em 2015, os 195 Estados Membros da UNESCO ratificaram a criação de um novo rótulo, os Geoparques Globais da UNESCO. Em 2018 eram 140 geoparques espalhados em 38 países do mundo (figura 7), formando a Rede Global de Geoparques Nacionais (RGGN) sob os auspícios da UNESCO. Em abril de 2019, o Conselho Executivo da UNESCO aprovou a designação de oito novos Geoparks. O Conselho também aprovou a extensão de três Geoparques existentes. Com as adições de 2019, o número de Geoparks integrantes da Rede Global de Geoparks da UNESCO² ampliou para o número de 147, especializados em 41 países (UNESCO, 2019). O Brasil está representado nessa rede pelo Geoparque Araripe, o primeiro das Américas, criado em 2006.

A GGN é uma organização sem fins lucrativos, legalmente constituída, com uma taxa anual de filiação. Trata-se de uma rede dinâmica em que os membros se comprometem a trabalhar juntos, trocar ideias de melhores práticas e participar de projetos comuns para elevar os padrões de qualidade de todos os produtos e práticas de um Geoparque Global da UNESCO. Enquanto a GGN como um todo se reúne a cada dois anos, ela funciona através da operação de redes regionais, como a Rede Europeia de Geoparques, que se reúne duas vezes ao ano para desenvolver e promover atividades conjuntas (UNESCO, 2018).

Na avaliação de Moreira e Vale (2018), a criação da RGGN expressa o reconhecimento governamental da importância de gerenciar locais geológicos e paisagens de forma holística. Também fornece um novo status internacional a uma antiga rede de locais de importância geológica, preferencialmente permitindo que a Organização reflita mais de perto sobre os desafios sociais da Ciência da Terra. O sucesso dos geoparks deve-se ao fato de ser um novo meio de se entender a natureza, que tem na comunidade local os principais atores nesse processo. Visto que, um Geopark é antes de tudo, feito para as pessoas, os benefícios advindos da sua criação é o que o torna viável (MOREIRA; VALE, 2018).

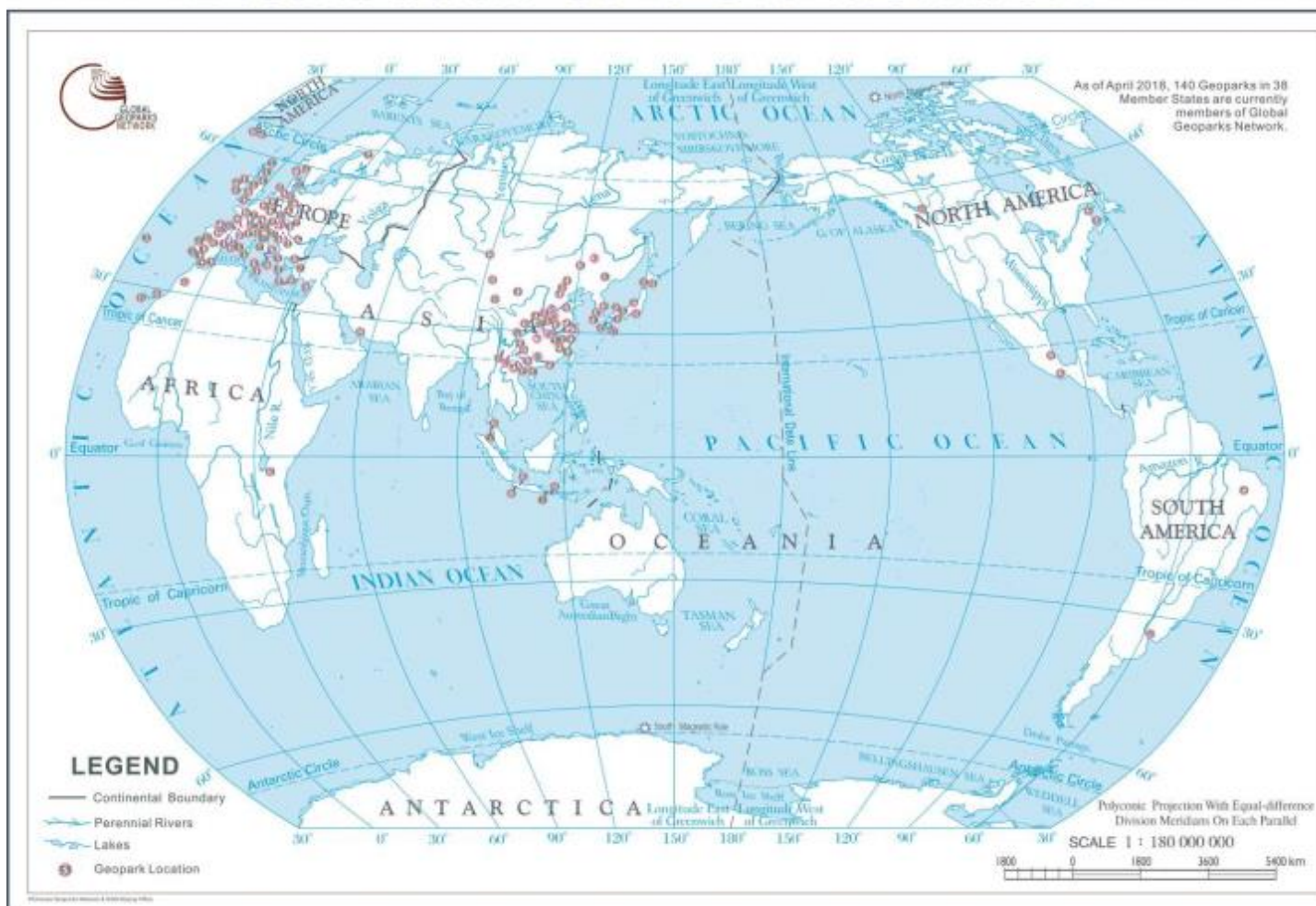
Para a UNESCO (2014), um geoparque integrante da RGGN deve:

- 1) preservar o patrimônio geológico para as gerações presentes e futuras; 2) educar o público em geral sobre questões em ciências geológicas e sua relação com questões ambientais; 3) assegurar um desenvolvimento socioeconômico e cultural sustentável; 4) promover pontes multiculturais para o patrimônio e conservação e a manutenção de diversidade geológica e cultural, utilizando esquemas participativos e co-parceria; 5) estimular a

² O **anexo A** apresenta a lista completa de Geoparks Globais da UNESCO.

Figura 7 - Geoparks membros da RGGN e sua distribuição nos países.

Distribution of GGN Members



审图号: GS (2008) 1895 号

2012年5月

FONTE: Global Geoparks Network, disponível em: <http://www.globalgeopark.org/homepageaux/tupai/6513.htm>

pesquisa; 6) contribuir ativamente para a vida da Rede através de iniciativas colaborativas conjuntas comunicação, publicações, troca de informações, geminação, participação em reuniões, projetos comuns); 7) contribuir com artigos para os boletins informativos da GGN, livros e outras publicações. (UNESCO, 2014, p 6-7).

Observa-se que os objetivos dos geoparques vão além da conservação do geopatrimônio, destacando o envolvimento das pessoas, incluindo ações voltadas à educação ambiental e divulgação das Geociências; apoio a atividades culturais e econômicas sustentáveis; reforçando a importância da cooperação e das parcerias entre os membros para o cumprimento dos objetivos e fortalecimento das pesquisas. Assim, as estratégias de geoconservação devem envolver não apenas os aspectos da geodiversidade desses territórios, e sim, englobar uma estratégia mais ampla de gestão (MOREIRA; VALE, 2018).

Com o intuito de fortalecer ações em parcerias para o desenvolvimento sustentável dos territórios, em maio 2017, foi criada a Rede de Geoparques Mundiais da UNESCO para América Latina e Caribe – RED GEOLAC, tendo sido inicialmente formada por 4 geoparques: Araripe – Estado do Ceará, Brasil; Grutas del Palacio – Departamento de Flores, Uruguai; Comarca Minera – Estado de Hidalgo, México e; Mixteca Alta – Estado de Oaxaca, México.

2.5.1 O Geopark Mundial UNESCO Araripe

Como já mencionado, o Geopark Mundial da UNESCO Araripe está localizado no Sul do Estado do Ceará, na Região Metropolitana do Cariri (RMCariri³). Recebeu a chancela da UNESCO no ano de 2006 e, trata-se de uma iniciativa do Governo do Estado do Ceará por meio da Secretária de Ciências e Tecnologia (SECITECE) e Universidade Regional do Cariri (URCA).

Assim como os demais geoparques integrantes da GGN, o Geopark Araripe mantém um site na internet, acessível pelo endereço <http://geoparkararipe.urca.br/> onde é possível encontrar informações sobre os diferentes geossítios do território, bem como agendar visitas.

Segundo Herzog (2017), a criação do Geoparque do Araripe foi precedida por um processo de ampla oitiva e articulação regional, envolvendo as municipalidades do território, instituições dos poderes públicos estaduais e federais, incluindo-se destacadamente o IPHAN, e ainda a sociedade civil organizada.

³ Nomeação proposta por **Queiroz (2013)**, no intuito de diferenciar a sigla da Região Metropolitana do Cariri de outras regiões metropolitanas pré-existent e já consolidadas que adotam a sigla RMC. Exemplo são as Regiões Metropolitanas de Curitiba e de Campinas.

O território do Geopark Araripe é composto por terras públicas e privadas. Sua paisagem é dominada pelo Planalto sedimentar do Araripe, uma feição geomorfológica extensa, em forma de mesa, que se estende no sentido leste-oeste por aproximadamente 160 quilômetros e, uma grande depressão, o vale do Cariri, que lhes confere características e paisagem únicas (HERZOG, 2017).

Atualmente, apresenta nove geossítios abertos à visitação pública, são eles: Colina do Horto, Cachoeira de Missão Velha, Floresta Petrificada do Cariri, Batateiras, Pedra Cariri, Parque dos Pterossauros, Riacho do Meio, Ponte de Pedra e Pontal de Santa Cruz. Alguns destes apresentam relevante interesse científico, como os geossítios Parque dos Pterossauros, Floresta Petrificada do Cariri e Pedra Cariri. Outros se destacam também por apresentar, além do interesse geológico, interesse histórico-cultural, como os geossítios Colina do Horto, Ponte de Pedra, Cachoeira de Missão Velha e Pontal de Santa Cruz; e outros pelo elevado interesse ecológico, como Riacho do Meio e o Batateiras (CEARÁ, 2012). Outros, de acordo com Peulvast et al (2009) apresentam acentuado valor geomorfológico.

O território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe é marcado por grande geodiversidade. Como indica Herzog (2017), além dos sedimentos do Cretáceo, também se verificam depósitos jurássicos mais antigos, contendo registros de troncos de árvores fossilizadas, que afloram em regiões próximas à cidade de Missão Velha e no município de Brejo Santo. Já a base granítica da bacia do Araripe é encontrada em afloramentos característicos em sua borda - por exemplo, em Juazeiro do Norte, na bastante conhecida colina do Horto do Padre Cícero, e em outras localidades, como nos afloramentos observados ao norte do município de Nova Olinda. A caracterização desta geodiversidade será contemplada no capítulo 5.

O Geopark UNESCO Araripe, em setembro de 2006 comemorou 13 anos de seu reconhecimento. O referido território foi reavaliado e, pela 3ª (terceira) vez consecutiva (2010, 2015 e 2019), recebeu “cartão verde”, renovando sua chancela por mais 4 anos. Vale apontar que foram feitas considerações e apontamentos no que deveria ser aprimorado dentro da gestão do território.

De acordo com Lima et al (2016), a gestão deste patrimônio, têm possibilitado:

- i) proporcionar a população local e aos visitantes, oportunidades de conhecer e compreender os diversos contextos científicos, os ecossistemas da região e a rica diversidade histórico-cultural; ii) fomentar pesquisas científicas, ações educativas e a cooperação entre os atores locais nas estratégias de conservação da natureza na região; iii) incentivar a criação de atividades econômicas, em particular de caráter turístico, com o forte

envolvimento das comunidades e instituições locais; e iv) promover o compromisso entre empreendedores locais e os poderes públicos municipal, estadual e federal, de forma a garantir um contínuo desenvolvimento socioeconômico da região, de modo cultural e ambientalmente sustentável (LIMA et al, 2016, p.72).

Entre as atividades e estratégias desenvolvidas no sentido de alcançar tais êxitos, apontam-se: parcerias entre instituições públicas e privadas de diferentes segmentos (agências de turismo, cultura e artesanato, instituições, instituições educacionais, hotelaria e entretenimento, alimentação) - figura 8; ações de extensão junto à comunidade escolar (figuras 9), através da oferta de cursos e oficinas; apoio à pesquisa através da acolhida de pesquisadores e estudantes de diferentes Universidades do país e do exterior e realização de atividades de campo; realização, participação e exposição em eventos científicos e culturais, sejam nas escalas regional, nacional e internacional; apoio ao desenvolvimento econômico sustentável, através da comercialização de geoprodutos (figura 10).

Figura 8 - Produtos personalizados: Doblôssauro e jogo americano e identificação de entidade colaboradora: Hotel Iu-á, localizado em Juazeiro do Norte.



Fonte: Acervo pessoal da autora (2019).

Figura 9 - Exemplo de atividades realizadas pelo Geopark Araripe para estudantes de diferentes níveis escolares.



Fonte: Acervo do Geopark Araripe (2019).

Figura 10 - Ilustração de geoprodutos comercializados na sede do Geopark Araripe.

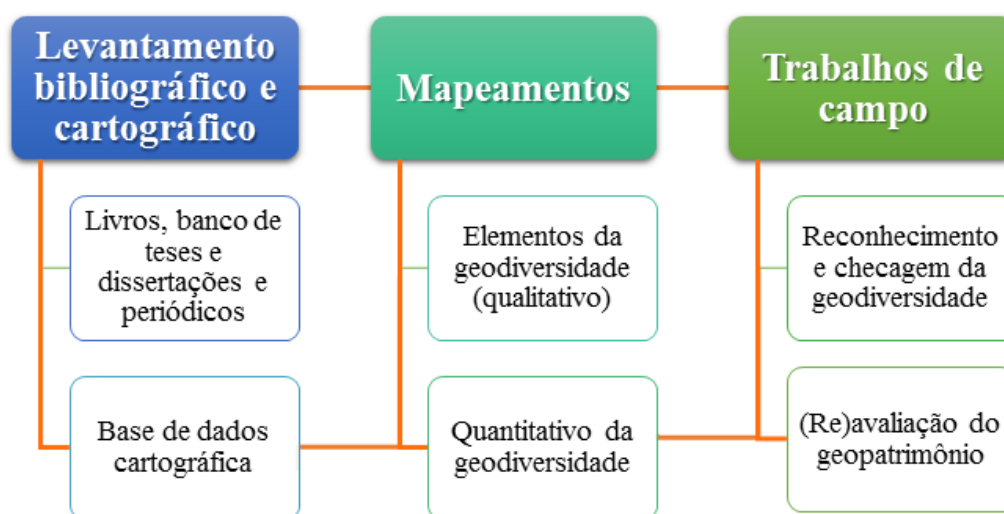


Fonte: Acervo pessoal da autora (2019).

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Este capítulo explicita as etapas que envolveram a realização da pesquisa, foram eles: levantamentos bibliográficos e cartográficos, etapa de gabinete e trabalhos de campos. A figura 11 apresenta um fluxograma que ilustra estas etapas.

Figura 11 - Fluxograma representativo das etapas de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Como pode ser visto na figura 11, a pesquisa foi organizada em três etapas básicas concatenadas. Os levantamentos iniciais contemplaram coletas bibliográficas e de materiais cartográficos. Posteriormente, na etapa de mapeamento, efetuou-se a manipulação dos bancos de dados geográficos, imagens e demais produtos do sensoriamento remoto e elaboração dos mapas dos elementos da geodiversidade. Posteriormente procedeu-se a quantificação da mesma, na hierarquia da bacia sedimentar do Araripe e do Geopark Mundial da UNESCO Araripe, seguida de caracterização no nível do geopatrimônio. Na fase de campo que ocorreu entrelaçada às demais etapas, se realizaram checagens iniciais para identificação e reconhecimento dos elementos da geodiversidade, validação das feições geomorfológicas e análise do geopatrimônio para completar a reavaliação. Vale o registro que o desenvolvimento de cada uma das etapas contribuiu para o sucesso da atividade seguinte. Da mesma forma, à medida que se avançava na pesquisa e se percebia a necessidade de ampliação ou refinamento de algum ponto, e/ou de retroceder em outras etapas isso era realizado. O conjunto de procedimentos é apresentado na continuidade.

3.1 Levantamentos bibliográficos e cartográficos

Pelo caráter de relativo ineditismo da temática de pesquisa, os levantamentos priorizaram a busca em periódicos nacionais e internacionais, banco de teses e dissertações. Os livros que tratam do tema também serviram de fonte de informações para a pesquisa. Cabe destacar a facilidade de disponibilização de alguns destes em formato digital, visto que, as publicações mais proeminentes são internacionais e nem sempre se encontram disponíveis nas bibliotecas públicas de nossas universidades. Cabe também ressaltar a importância de acesso aos principais periódicos possibilitados pelos sistemas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Université Paris Denis-Diderot (Paris 7). Isto permitiu a ampliação dos levantamentos bibliográficos e acesso gratuito a publicações. Os resultados desta fase foram expostos no capítulo anterior a guisa de revisão dos conceitos/estado da arte.

Ainda na fase de levantamentos, destaca-se a busca aos materiais cartográficos. Integra esse conjunto, modelos digitais de terreno (MDT), imagens de satélites, planos de informações georreferenciados, mapas pré-existentes e outros dados descritivos que permitissem a espacialização de fenômenos e elaboração dos mapas temáticos. Recorreu-se aos sites/bancos de dados geográficos dos principais órgãos e instituições responsáveis, tais como: *United States Geological Survey* (USGS), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). Com o propósito de facilitar o acesso a estes materiais por outros pesquisadores, na sequência destacam-se as bases principais e a indicação dos locais de aquisição:

- Modelos Digitais de Elevação-MDE, da missão do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), banda C, resolução 30 m, disponíveis gratuitamente, mediante cadastro, no site “*Earth Explorer*”: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. A página é administrada pela *United States Geological Survey* (USGS) (“Levantamento geológico dos Estados Unidos”);
- Isoietas Anuais Médias Período 1977 a 2006, do Atlas pluviométrico do Brasil (CPRM, 2011). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>;
- Classificação climática do semiárido (INSA, 2014). Arquivo disponível em formato *shapefile* e pdf no endereço eletrônico: <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>;
- Mapa geológico SB 24Y Jaguaribe SW, Escala 1:500.000; Mapa de Geodiversidade do Estado do Ceará da CPRM (2014) e; Mapa hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (2015), com escala 1:1.000.000 disponíveis no Sistema de Geociências do

Serviço Geológico do Brasil - GeoSGB (Novo GEOBANK) no endereço: <http://geosgb.cprm.gov.br/>;

- Plano de informação de Unidades de Conservação (UCs), disponibilizado digitalmente pelo Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC). Este sistema é mantido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e os arquivos encontram-se disponíveis para *download* no endereço: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>;
- Mapas digitais de áreas afetadas pelos processos de desertificação no Semiárido Brasileiro (1998), desenvolvida pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) e disponibilizada no Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro (SIGSAB), no endereço: <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>;
- Mapa de solos da Folha Jaguaribe - SB.24, atualizada e disponibilizada pelo IBGE (2014), em escala compatível a 1:250.000. O material encontra-se acessível para visualização e download no website do “Visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais-INDE”: <http://www.visualizador.inde.gov.br/>;
- Base de mapeamento contínuo (BC250 – IBGE, 2015) na escala 1:250.000, constituída de elementos interpretados de imagens, de dados obtidos em atividades de campo, disponível para *download* em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2017/shapefile/;
- Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil (2000 a 2016), disponibilizada pelo IBGE, na escala de 1:1.000.000. As bases, para o território Nacional e por Unidades da Federação, encontram-se disponíveis no endereço: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=downloads>.
- Mapa geológico do Ceará, disponível no atlas digital (CAVALCANTE et al, 2003) distribuído gratuitamente pela CPRM Fortaleza, escala 1:600.000;
- Mapas do Zoneamento geoambiental do estado do Ceará - parte II mesorregião do Sul cearense (2006) e Mapas do Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense (2012), elaborados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), disponibilizados mediante solicitação/justificativa, via e-mail.

Os materiais supracitados foram manipulados no *software* ArcGIS 10.1, versões licenciadas do Grupo de Estudos em Geomorfologia e Pedologia (GeoPed/URCA) e do Grupo

de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro (GEQUA/UFPE) e, versão 10.4 licenciada pelo *Pôle de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'Information Géographique* (PRODIG/Paris7). Cabe registrar o número farto de tutoriais disponíveis gratuitamente na internet, que permitem o avanço na manipulação dos diferentes dados.

3.2 Mapeamentos da geodiversidade

Esta etapa contemplou a manipulação das bases cartográficas e consequente geração dos mapas. A análise englobou um mapeamento qualitativo e também quantitativo da geodiversidade, no intuito de produzir um diagnóstico mais amplo da geodiversidade do recorte. Vale demarcar que esta abordagem foi possibilitada pela etapa anterior (coleta e compilação de informações cartográficas), bem como, pelo acesso às metodologias de avaliação da geodiversidade a partir dos levantamentos bibliográficos.

3.2.1 Mapeamento qualitativo da geodiversidade

Inicialmente foram elaborados mapas dos diferentes elementos da geodiversidade (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia) da bacia sedimentar do Araripe e, posteriormente, do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

Para além da manipulação das bases cartográficas e análise destas nos concentramos na elaboração de um mapeamento geomorfológico nas duas diferentes escalas de trabalho. As demais bases, indicadas no item anterior, com as respectivas fontes, foram avaliadas como satisfatórias para a proposta de trabalho, visto que, em alguns casos não seria possível efetuar seu refinamento devido ao tempo disponível e/ou as competências necessárias para a realização. Assim, não foi objetivo nosso produzir um novo mapa geológico e/ou pedológico, embora possam ser feitas considerações quanto às escalas das bases e/ou os anos de preparação destes. Desta forma, a revisão posterior desse mapeamento pode e deve ser realizada à medida que as bases forem atualizadas e escalas de maior detalhe venham a ser disponibilizadas.

Sobre o mapa geomorfológico, Ross (2014) esclarece que é um importante instrumento na pesquisa do relevo. Ao tratar do tema, deve-se demarcar que diferentes compartimentações do relevo são propostas, dentre as quais se podem destacar: Demek (1979), Ab'Saber (1969), Ross (1992) e a do IBGE (2009). Para o Estado do Ceará, apontam-se os mapeamentos de Peulvast e Claudino-Sales (2004) e Souza (2007). Especificamente para o Sul do estado, têm-se as classificações de Mont'Alverne et al (1996), Ribeiro (2012),

Lima (2015) e, Peulvast e Bétard (2015). Estes últimos apresentam um mapeamento morfoestrutural da bacia sedimentar do Araripe. A compartimentação aqui apresentada baseou-se em Ribeiro (2012; 2014), Arruda (2013), Lima (2015) e, Peulvast e Bétard (2015).

Posteriormente, realizou-se a hierarquização dos cursos fluviais partir da metodologia de Strahler (1952) para o recorte mais amplo de pesquisa. Nesta metodologia de hierarquização,

os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluências de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente (MACHADO; TORRES, 2013, p. 54).

Especificamente para o território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe, optou-se por efetuar a extração dos recursos hídricos que foram igualmente hierarquizados seguindo a mesma metodologia. Os mapas gerados nesta etapa compõem a segunda parte deste trabalho (capítulos 4 e 5) e serviram de apoio para a quantificação da geodiversidade.

3.2.2 Mapeamento quantitativo da geodiversidade

A etapa de quantificação da geodiversidade foi realizada a partir dos mapas elaborados na etapa anterior. O cálculo dos índices foi orientado pela metodologia de Bétard (2017) e atualizada por Bétard e Peulvast (2019).

Destaca-se a complementaridade das escalas de análise. Iniciou-se com uma avaliação mais ampla do ponto de vista de escala geográfica, ou seja, uma avaliação contínua no espaço da superfície da bacia sedimentar do Araripe. Posteriormente, fez-se a análise da superfície do território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe. Nos dois contextos, foram mapeados os *hotspots* de geodiversidade.

3.2.2.1 Quantificação da geodiversidade

O cálculo do índice de geodiversidade de Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019) considera a abundância proporcional de objetos, que é a maneira mais frequente de estimar a diversidade. O cálculo do índice e subíndices aqui apresentados foram realizados automaticamente em ambiente de Sistema de Informação Geográfico (SIG). Foram elaborados a partir da intersecção das camadas temáticas (geologia, geomorfologia, pedologia

e hidrografia) com um plano de informações contendo uma malha quadricular (*grid*) com dimensões predefinidas.

A sobreposição de uma grade em um mapa é considerada uma ferramenta básica para a avaliação da geodiversidade de qualquer território (PEREIRA et al, 2013). A grade fornece quadrados em que unidades e ocorrências podem ser contadas e a discriminação dos resultados alcançados.

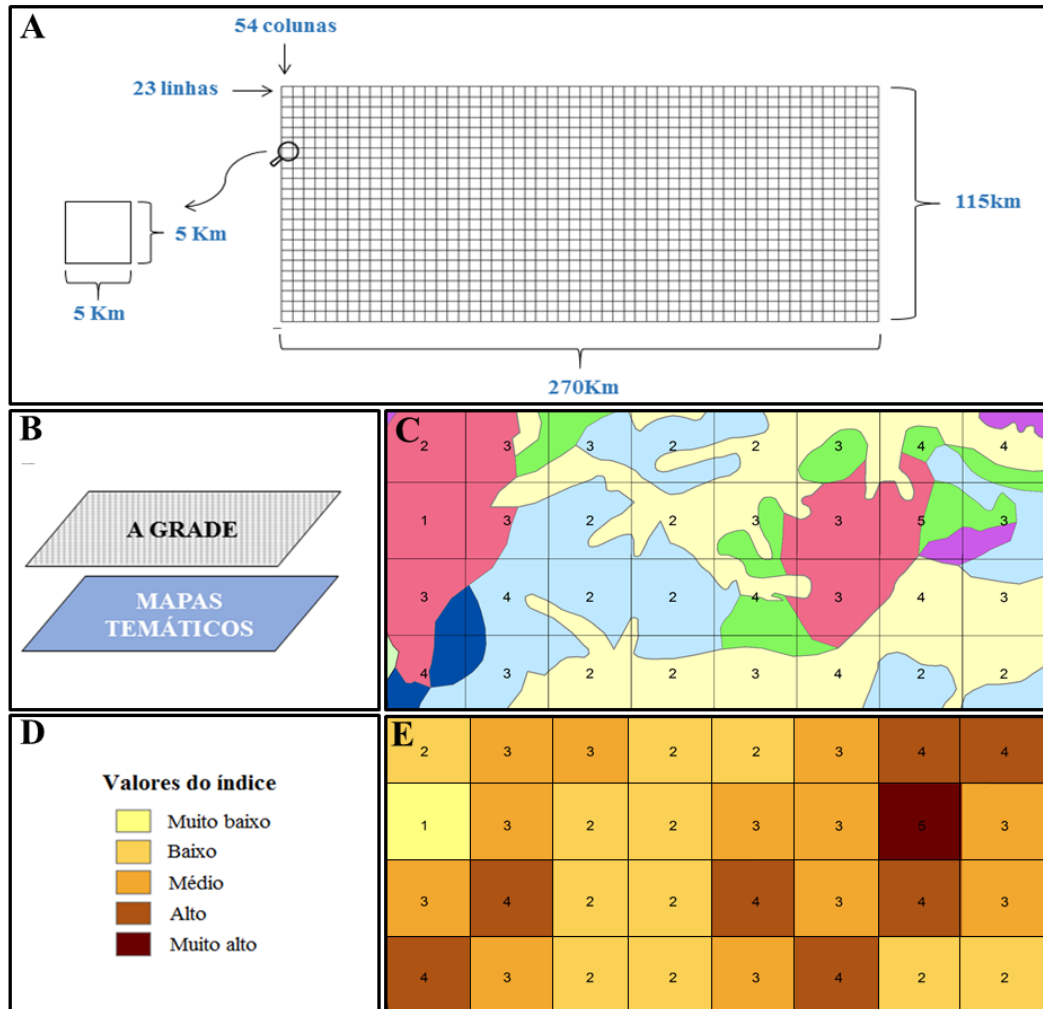
Considerando a dimensão da área da bacia sedimentar do Araripe e arredores, bem como as escalas das bases de dados, realizaram-se testes com grades de diferentes dimensões. A partir disto, adotou-se uma malha de 5km x 5km, da área retangular medindo 270km de extensão (Leste-Oeste) por 115km de largura (Norte-Sul), organizada em 23 linhas e 54 colunas, totalizando 1242 células (figura 12A). Esta malha foi sobreposta aos diferentes mapas temáticos (figura 12B). Seguindo este cruzamento, automaticamente, procedeu-se a contagem do número de ocorrências de atributos espaciais (figura 12C), por exemplo, o número de unidades litológicas, para cada uma das 1242 células. Efetuou-se o procedimento na geração dos quatro subíndices (ou índices parciais), que posteriormente foram somados para a geração do índice de geodiversidade. Os valores foram organizados em até seis classes: nulo (quando aplicável), muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (Figura 12D), referente aos valores anteriormente contabilizados (figura 12E).

Os valores alcançados no cálculo dos índices aqui apresentados foram normalizados, utilizando o classificador *Natural Breaks* (rupturas naturais) em até 6 (seis) níveis, em uma escala de 0 (zero) a 5: nulo (número zero, quando aplicável), muito baixo (medida 1), baixo (valor 2), médio (valor 3), alto (valor 4) e muito alto (medida 5), sendo representados por uma variação na intensidade de coloração (uma gradação de cores), com tons claros representando os valores menos elevados e, os tons mais fortes, ilustrando os valores mais elevados. A mesma classificação se repetiu para chegar-se ao cálculo de sensibilidade ambiental da área, dessa forma, identificando-se os *hotspots* de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.

Seguindo a mesma metodologia (BÉTARD, 2017) procedeu-se a quantificação da geodiversidade do território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe, e posteriormente o mapeamento de sensibilidade ambiental final; ou identificação dos *hotspots* de geodiversidade.

Para este recorte, refinou-se a malha quadriculada para a dimensão de 2,5km x 2,5 km, resultando em 673 células, organizadas em 28 linhas e 38 colunas. O refinamento no tamanho da malha se justifica pela menor dimensão da área a ser representada, a maior

Figura 12 - Procedimentos para o cálculo dos índices: **A** ilustra-se a grade de referência adotado; **B** etapa de cruzamento das informações; **C** exemplo de como se dá a contabilização das dos atributos no mapa temático; **D** variação de cores conforme o valor dos índices calculados; **E** exemplo de contagem/representação dos valores nos mapas de índices.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

escala do mapa de diversidade pedológica, na escala de 1:200.000 (FUNCEME, 2012), as possibilidades de extração de informações hidrológicas em escala compatível e a elaboração do mapa de geomorfodiversidade da área. Para o elemento diversidade geológica, usou-se a base referente ao estado do Ceará, na escala de 1:600.000 (CAVALCANTE et al, 2003).

A partir do mapeamento dos *hotspots* de geodiversidade na escala do território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe partiu-se para a seleção de sítios de diversidade para a avaliação no nível do geopatrimônio; apresentado na segunda parte da Tese, capítulo 5. A interseção destes produtos pode permitir o planejamento de ações para geoconservação e a geovalorização no território do Geopark Araripe. Ações estas que podem servir de modelo para o desenvolvimento de estratégias no recorte da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.

3.2.2.2 *(Re)Avaliação do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe*

Finalizando esta etapa efetuou-se a análise na escala de geossítios. Inicialmente pensou-se em realizar a (re)avaliação dos geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe antecipadamente inventariados por Lima e Freitas (2012). No entanto, levando em consideração a possibilidade clara de expandir os olhares sobre este território, foram considerados novos sítios de geodiversidade. Estes foram identificados tanto por esta pesquisa, quanto por outros trabalhos realizados no mesmo recorte espacial, além daqueles indicados por condutores de trilhas interpretativas no território, realizadores de turismo de aventura e, estudantes do curso de Geografia da URCA provindos dos diferentes municípios da região do Cariri.

De acordo com Lima (2012) a valoração dos 26 sítios inventariados no Geopark Mundial da UNESCO Araripe foi hierarquizada, a partir da metodologia proposta por Brilha (2005). Como a metodologia foi atualizada, bem como as fichas de quantificação foram perdidas por conta da atualização da plataforma GEOSSIT, uma possibilidade seria refazer essa quantificação a luz da metodologia atualizada de Brilha (2016), na nova plataforma GEOSSIT.

Realizou-se uma caracterização dos 9 (nove) geossítios atualmente abertos à visitação do Geopark. No entanto, a análise mais detalhada, nesta escala, contempla parte desses geossítios, sobretudo os que apresentam potencial/valor geomorfológico.

Outros sítios foram agregados à análise. Muitos são os locais que apresentem belas vistas panorâmicas, tais como: Encosta do bairro Seminário e o Santuário Mãe do Belo Amor, localizados no Crato; Rampa de Parapente, na subida para o Horto, em Juazeiro do Norte; Mirante do “Lixão” de Caririaçu, na cidade homônima; Pontal do Padre Cícero, em Farias Brito; Paredão dos Azedos/Vale do Buriti (Vereda) documentado por Guerra (2018), em Santana do Cariri; Parque municipal do Boqueirão, em Campos Sales. Conquanto feições “pontuais”, apontamos algumas das geoformas que atraem a atenção dos moradores e visitantes: Pedra do Chapéu, Pedra do Pinga e micro-cânion, localizados na zona rural de Milagres; Pedra da letra (ou do letreiro) e Morro dos 3 irmãos (Pináculos), localizados em Mauriti; Pedra Redonda, na zona rural de Farias Brito; e a Pedra do Convento, localizada em comunidade homônima, no município de Campos Sales. Dentre esses, selecionamos algumas geoformas que serão caracterizadas no capítulo 5 (item sobre geopatrimônio).

3.3 Trabalhos de campo

As incursões em campo permearam todo o processo de elaboração da tese. Realizaram-se, inicialmente visita a campo para o reconhecimento da área de maneira geral, aos geossítios abertos à visitação do Geopark UNESCO Araripe. Posteriormente ao mapeamento preliminar dos elementos da geodiversidade da bacia do Araripe, sobretudo da geomorfologia, realizou-se novas campanhas para efetuar a validação destas unidades.

Os levantamentos de campo tiveram a colaboração de pesquisadores que desenvolvem trabalhos na área, tais como Jean-Pierre Peulvast e o geólogo vinculado ao Geopark Araripe Idalécio Freitas. Ainda realizaram-se incursões com o Professor e pesquisador Ismar de Carvalho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que realiza trabalhos de campo sistemáticos com os estudantes do Curso de Geologia da referida IES; com estudantes de Graduação e Pós-graduação em Geografia da UFPE, sob a regência do Professor Antônio Carlos de Barros Corrêa (orientador da tese) e; com o Professor Frederico Holanda Bastos da Universidade Estadual do Ceará (UECE). A inserção nestes trabalhos de campo programado pelos professores foi essencial para conhecer o potencial dos locais já considerados por estes pesquisadores como de alto valor didático-educativo.

Efetivaram-se ainda levantamentos de campo com os professores/pesquisadores da URCA, a saber: Simone Cardoso Ribeiro, Juliana Oliveira Silva, Maria Danielly Freire Guerra, Ivan Queiroz e Mickaelle Silva. Além do auxílio de alunos e ex-alunos da URCA e guias de turismo da região.

Os guias de turismo apresentaram as principais trilhas desenvolvidas, sobretudo nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e Santana do Cariri, bem como expuseram nas suas visões, o potencial de cada uma delas. Indicaram ainda, alguns locais que poderiam apresentar algum interesse, destacando o olhar dos visitantes ao realizarem trilhas e se depararem com esses locais. Do ponto de vista dos guias e visitantes, além do aspecto cultural, os pontos indicados se destacam pela beleza cênica. Julgou-se importante considerar o olhar desses diferentes “personagens” para avaliar os locais que de fato já apresentam usos didático/científico ou para fins de lazer/turismo.

4 A GEODIVERSIDADE DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE E ADJACÊNCIAS

Como já mencionado, a bacia sedimentar do Araripe, onde está inserido o Geopark Mundial da UNESCO Araripe, é considerado um *hotspot* de geodiversidade (BÉTARD, 2016; BÉTARD et al, 2018). Com o objetivo de mostrar esta geodiversidade, este capítulo propõe uma avaliação dos diferentes componentes da diversidade abiótica da bacia sedimentar do Araripe. Reitera-se que a definição de geodiversidade condutora de nossa análise é a de Gray (2013).

Considerando a importância da realização de estudos e o desenvolvimento de metodologias de mapeamento e análises dessa geodiversidade, além da abordagem qualitativa, apresenta-se também a quantificação da geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências. A nosso ver, esta cartografia permite gerar muitos questionamentos e desdobramentos. Pode fomentar atividades que vão desde as indicações de locais de relevante interesse para geocientistas e o público em geral, até o planejamento de ações, seja no sentido de explorar o potencial da geodiversidade da área e/ou salvaguardar as mais vulneráveis. Dessa forma, segue-se com considerações de cada elemento da geodiversidade, respectivamente: diversidade geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica.

4.1 A Diversidade Geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Inicia-se pela apresentação da diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe. Essa escolha é apoiada no fato de que a diversidade litológica e estrutural se reflete no desenvolvimento das formas de relevo, na disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como na variedade de coberturas pedológicas (BRANDÃO e FREITAS, 2014).

A diversidade geológica (*stricto sensu*) engloba a variação de rochas, minerais e fósseis, incluindo os seus conjuntos complexos e os processos geológicos que os moldam (GRAY, 2013). Esta diversidade é ilustrada em diferentes publicações. Como referenciado, o valor geológico, sobretudo paleontológico, é o grande responsável pela chancela de parte deste território como Geopark Mundial da UNESCO.

Nesse contexto, as informações são estruturadas em três subtópicos: diversidade litológica e estratigráfica, mineralógica e paleontológica. Alerta-se que a avaliação qualitativa desta diversidade geológica baseia-se na compilação de algumas das publicações mais referenciadas sobre o tema, a saber: Assine (2007), CPRM (2014); Brandão e Freitas (2014),

Bétard et al (2018). A diversidade apresentada é, ainda, baseada na interpretação dos dados disponibilizados pelo GeoSGB/CPRM. A figura 13 traz um mapa da diversidade geológica do recorte de estudo.

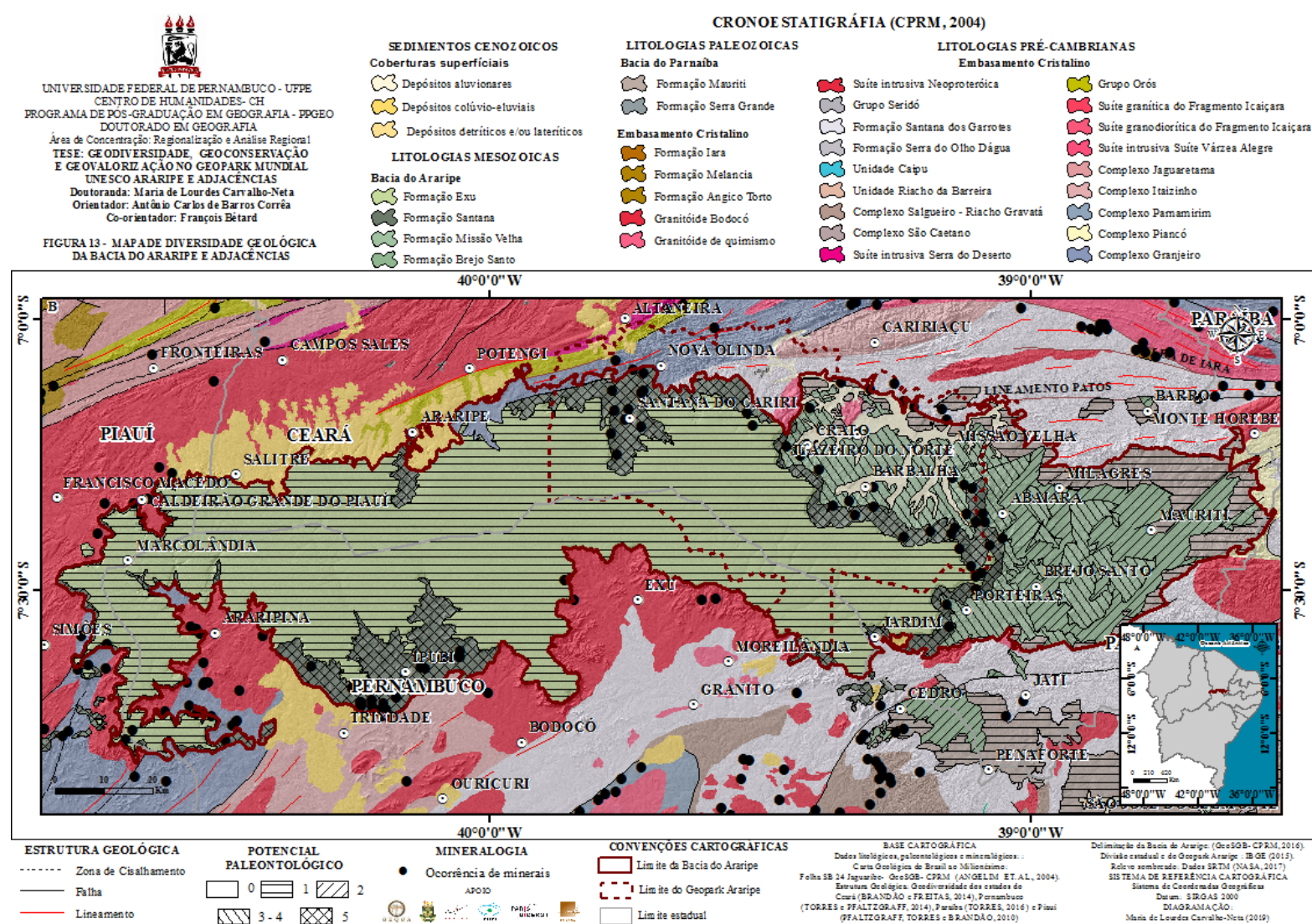
4.1.1 Diversidade litológica/litoestratigráfica da bacia do Araripe e adjacências

Tratando da diversidade litológica, Bétard et al (2018) ressaltam que as três categorias de rochas existentes da crosta terrestre se fazem presentes na região do Araripe. As rochas plutônicas e metamórficas formam a superfície cristalina na depressão sertaneja e também na periferia da bacia sedimentar do Araripe. Quando exposta, esta superfície de discordância erosiva regional de idade Proterozóico-Paleozoico exhibe um complexo conjunto de rochas metassedimentares (filitos, quartzitos, paragneisses, entre outros), metaplutônicas (ortogneisses, anfibolitos) e metavulcânicas (metabasaltos e granitóides pós-tectônicos de composição variada) (BRANDÃO; FREITAS, 2014; BÉTARD et al, *op. cit.*). Estas rochas são afetadas por deformações intensas (com dobras e/ou falhas) com fácies miloníticas e migmatíticas ao longo das principais zonas de cisalhamento neoproterozóicas como, por exemplo, ao longo da zona de cisalhamento Patos (BÉTARD et al, *op. cit.*).

A bacia sedimentar do Araripe desenvolveu na zona transversal da província Borborema, uma vez que essa situação estrutural é responsável pela grande falta de diversidade geológica da área cristalina.

Como podem ser observadas na figura 13, estas litologias pré-cambrianas estão representadas pelas Suítes intrusivas neoproterozóicas, Grupo Seridó, Formação Santana dos Garrotes, Formação Serra do Olho D'água, Unidade Caipu, Unidade Riacho da Barreira, Complexos: Salgueiro-Riacho Gravatá e São Caetano, Suítes: intrusiva Serra do Deserto e Várzea Alegre, granítica do fragmento Icaicara, granodiorítica do fragmento Icaicara, Grupo Óros Complexos Jaguaretama, Itaizinho, Parnamirim, Piancó e Granjeiro (CPRM, 2014).

Figura 13 - Mapa da diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Tratando da geologia da área, Assine (2007) escreveu que a história geológica da Bacia do Araripe é bastante complexa. Seu arcabouço estratigráfico é constituído por sequências estratigráficas, limitadas por discordâncias regionais, que representam o registro fragmentário de embaciamentos gerados em ambientes tectônicos distintos. Cada sequência foi formada num contexto paleogeográfico diferente, integrado a outras bacias adjacentes.

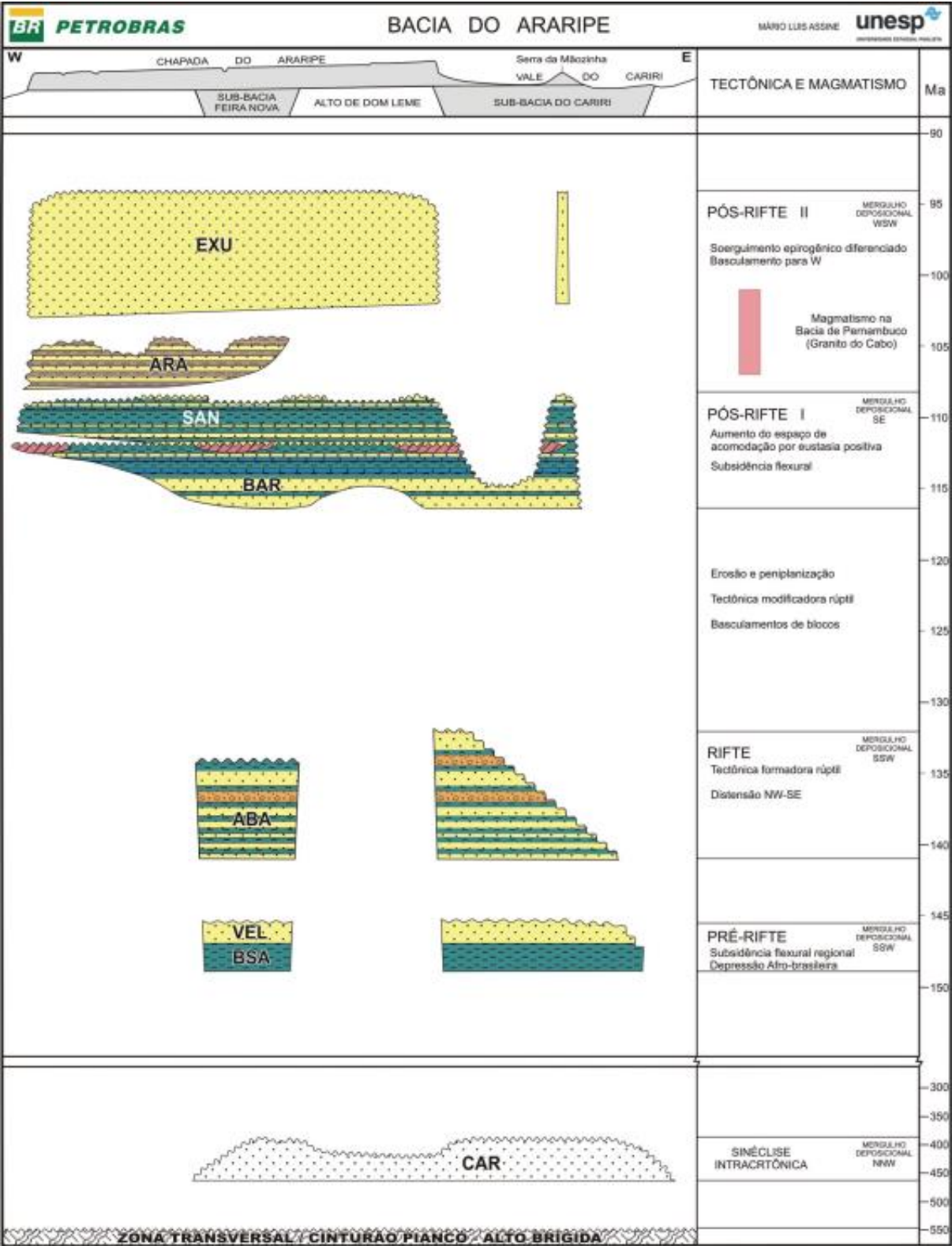
Cabe registrar que, desde os trabalhos iniciais sobre a geologia da bacia do Araripe, sua estratigrafia tem sido revisada por diversos autores, a citar: Small (1913), Beurlen (1962), Ponte e Appi (1990), Ponte e Ponte Filho (1996), Neumann (1999), Assine (2007) e Camacho et al (2017). Adotamos a classificação de Assine (*op. cit.*).

O autor distingue quatro momentos deposicionais distintos (figura 14): 1 Sequência Paleozoica, na qual os depósitos têm relação com os de outras grandes sinéclises paleozoicas; 2 Supersequências *pré-rifte*, que abrange os sedimentos do contexto da Depressão Afro-Brasileira do final do Jurássico; 3 Sequência *rifte*, compreendendo depósitos continentais do Cretáceo Inferior; 4 Supersequência *pós-rifte*, durante o Neoptiano-Eoalbiano, na qual, como resultado de subsidência flexural térmica, ocorrem ingressões marinhas (CARVALHO; FREITAS; NEUMANN, 2012).

A Formação Mauriti (ou Cariri) é a unidade litoestratigráfica da sequência Paleozoica. É composta por arenitos finos a grossos, por vezes conglomeráticos, consolidados, no geral com alto grau de cimentação, compactação e fraturamentos (CPRM, 2014). Os arenitos imaturos que a constitui possuem níveis de conglomerados interpretados como fácies de ambientes fluviais entrelaçados de idade siluriana que recobrem o embasamento cristalino (ASSINE, 2007).

A sequência *pré-rifte* (Mesozoica) foi responsável pela formação da Depressão Afro-brasileira e pela deposição das formações Brejo Santo e Missão Velha. A Formação Brejo Santo, de idade Jurássica superior (~163-145 Ma), possui espessura máxima de 450m. É composta essencialmente por folhelhos e lamitos vermelhos depositados em ambientes lacustres propícios à formação de *red beds*. A Formação Missão Velha, sobreposto à Formação Brejo Santo, é constituída de arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos, conglomerados e abundantes troncos e fragmentos de árvores silicificados, representando uma associação faciológica de planícies fluviais de sistemas entrelaçados. Tem espessura máxima de 200 metros. Os arenitos grosseiros, friáveis, com baixo grau de cimentação e compactação, apresentam elevadas porosidade primária e permeabilidade.

Figura 14 - Sequências deposicionais da Bacia Sedimentar do Araripe (ASSINE, 2007)



Fonte: Assine (2007), onde **EXU**: Formação Exu; **ARA**: Formação Arajara; **SAN**: Formação Santana; **BAR**: Formação Barbalha; **ABA**: Formação Abaiara; **VEL**: Formação Missão Velha; **BSA**: Formação Brejo Santo; **CAR**: Formação Cariri.

A sequência *rifte*, de idade Cretácea inferior (~145-125 Ma), é representada pela Formação Abaiara, que é constituída por folhelhos silticos e siltitos vermelhos com intercalações de arenitos finos, lentes de arenitos quartzosos grossos intercalados com conglomerados e fragmentos de madeira silicificada. As associações faciológicas e o conteúdo fóssilífero indicam sedimentação em ambiente continental de lago raso com frequente recorrência ambiental, sendo substituídos por planícies fluviais de canais entrelaçados. Assine (*op. cit.*) afirma que esta unidade necessita ser mais bem caracterizada.

A supersequência pós-rifte é dividida em 2 diferentes estágios: a pós-rifte I e II. O estágio pós-rifte I (Neoaptiana-Eoalbiana, ~125-105Ma) é constituída pelas formações Barbalha e Santana que constituem um sistema deposicional flúviolacustre sintectônico.

A Formação Barbalha (de idade Aptiana, ~125-112Ma) caracteriza o registro sedimentar inicial da fase Pós-Rifte da Bacia do Araripe, sendo constituída predominantemente por fácies arenosas com intercalações de argilitos avermelhados e amarelados com níveis delgados de conglomerados e folhelhos pretos pirobetuminosos (FAMBRINI et al, 2016). De acordo com Assine (2007), esta Formação compreende dois ciclos fluviais com granodecrescência ascendente. O primeiro ciclo se encerra com um intervalo de folhelhos betuminosos pretos (camadas Batateira). Arenitos grossos e conglomerados fluviais sobrepõem às camadas Batateira em contato erosivo, marcando o início do segundo ciclo. Em direção ao topo, os arenitos se tornam mais finos, com intercalações de folhelhos calcíferos de cor verde que dominam no topo da Formação Barbalha. Este segundo ciclo se encerra com os calcários laminados do Membro Crato, da Formação Santana (ASSINE, 2007).

A Formação Santana é uma unidade predominantemente carbonática, de grande espessura e extensão territorial, constituída em sua porção basal por calcários laminados e margas. Sua porção média é dominada por calcário, gipsita, folhelhos negros e betuminosos, enquanto na parte superior predominam margas e folhelhos cinza-escuros (CPRM, 2014). Constitui-se numa das mais importantes representações do Cretáceo cearense (VIDAL et al, 2005). De origem marinha/lacustre apresenta uma sequência sedimentar estratificada, quase horizontal, com siltitos argilosos, margas com concreções calcárias e bancos calcários, gipsita, calcários laminados, siltitos e folhelhos betuminosos com cerca de 250m de espessura depositada em extensa área. É a unidade mais conhecida pelas suas extensas jazidas de gipsita e por seus jazimentos fóssilíferos. Está subdividida em três membros, da base para o topo: Crato, Ipubi e Romualdo (ASSINE, 2007).

O Membro Crato, com espessura média da ordem de 50 metros, representa uma fácies de um sistema deposicional lacustre. Apresenta camadas calcárias argilosas e sílticas, finamente estratificadas e laminadas, que representam um depósito lacustre de água doce. O Membro Ipubi, composto por bancos estratiformes de gipsita, com intercalações de folhelhos cinza e verde, típicos de ambientes transicionais predominantemente evaporíticos. O conjunto tem, em média, uma espessura de 30 metros e trata-se da unidade de maior interesse econômico na referida bacia. Constituída por camadas de gipsita e de calcários fossilíferos sob condições salinares, devido à ingressão marinha, procedente do Oeste e à forte evaporação sob clima árido (MORAES, 1975; MORALES; ASSINE, 2015). O Membro Romualdo é característico de ambiente lagunar e marinho raso, sua espessura varia entre 2 a 15 metros. É composto por folhelhos e margas fossilíferas, com um horizonte intercalado rico em concreções carbonáticas de dimensões variadas, contendo na sua maioria peixes fósseis de alto valor científico (VERÍSSIMO; AGUIAR, 2005).

A Formação Araripina e a Formação Exu compõem o estágio ou sequência *pós-rifte II*. Os sedimentos da Formação Araripina, proposta por Assine (2007) em substituição à denominação Arajara, é constituída por ritmitos compostos por arenitos finos e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, ocorrendo corpos lenticulares de arenitos médios a grossos.

A Formação Exu é constituída por uma sequência monótona de arenitos vermelhos friáveis, argilosos, em geral caulínicos, de granulometria variável, contendo, muitas vezes, leitões intercalados de arenitos grosseiros a conglomeráticos (MONT'ALVERNE et al, 1996). Esta Formação inclui arenitos médios a grosseiros, mal selecionados, de coloração avermelhada e com intercalações de níveis conglomeráticos (CAVALCANTE et al, 2003). A sua espessura varia de 150 a 200 metros na parte leste do planalto sedimentar do Araripe a cerca de 100 metros na sua extremidade oeste, podendo atingir espessuras maiores nos locais onde a formação recobre os baixos estruturais da bacia tectônica neocomiana (ARRUDA, 2013).

Os sedimentos cenozóicos, representados pelas argilas, areias argilosas cascalhos, os sedimentos argilo-arenosos e depósitos de tálus, predominantemente, estão associados aos depósitos aluvionares, colúvio-eluviais e aos depósitos detríticos e/ou lateríticos.

4.1.2 Diversidade mineralógica da bacia do Araripe e adjacências

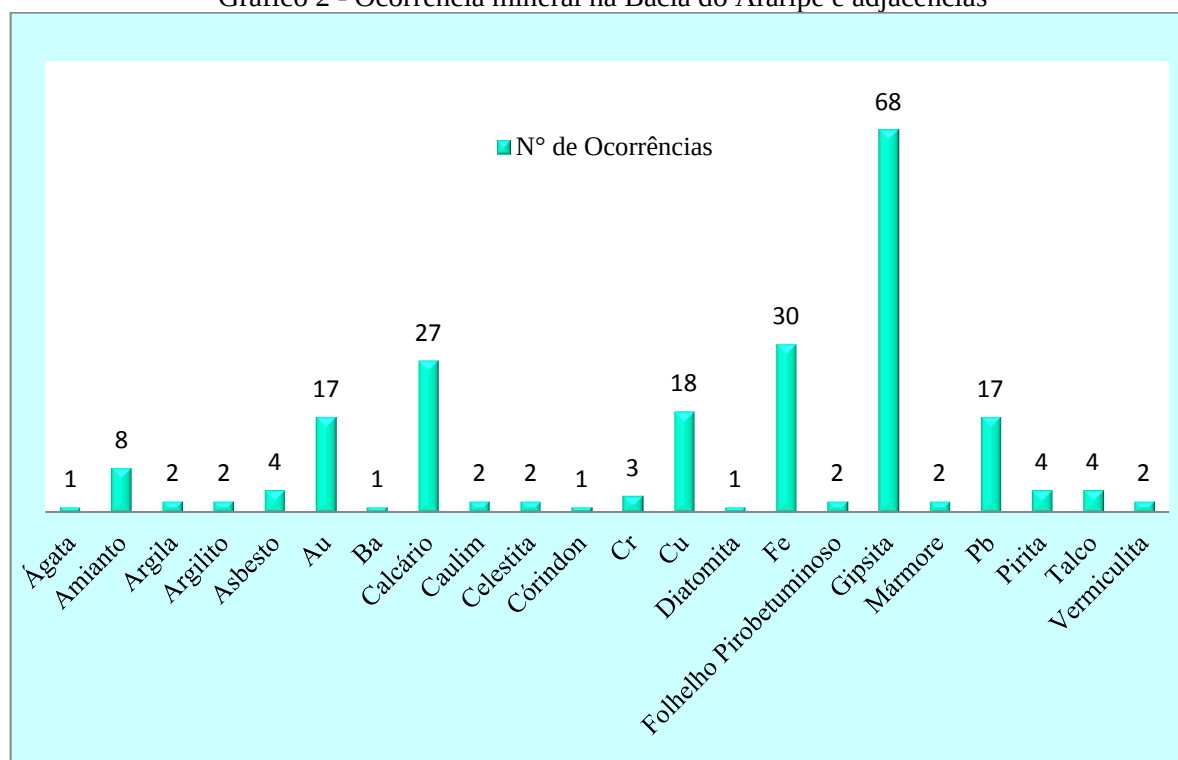
Como observado na figura 13, uma enorme diversidade de minerais caracteriza o complexo ambiente geológico da região da bacia do Araripe, correspondente a vários contextos de formação por uma ampla variedade de processos de mineralização: resfriamento de magma, metamorfismos de baixo a alto grau, precipitação hidrotérmica, meteorização, evaporação de água salina, transporte por agentes erosivos, entre outros (BÉTARD, et al 2017). A análise orientou-se pela base de dados de ocorrência mineral do GeoSGB. Segundo esta, considera-se ocorrência mineral:

qualquer afloramento que represente, em si, um bem de interesse econômico (granito, calcário, areia, etc.), ou que contenha mineral-minério, ou satélite que possa indicar proximidade de concentração de interesse econômico (sulfetos, óxidos, gemas, etc.). A ocorrência pode ser apenas um afloramento ou também uma mina, um depósito, garimpo, dentre outros (GeoSGB, 2018).

Nesse contexto, o embasamento cristalino apresenta a maior riqueza de pedras preciosas, devido à sua grande heterogeneidade petrológica que também participa da alta geodiversidade intrínseca da região do Araripe: ametista, barita, berilo, cristal de rocha, granada, ouro, pirita, rutilo, turmalina, entre outros. Uma variedade de ocorrências minerais também é referida nos mapas geológicos (CAVALCANTE et al, 2003) nas unidades sedimentares da bacia, por sua exploração econômica para usos artesanais ou industriais (minério de ferro, caulinita, montmorillonita, calcita, gesso) (BÉTARD et al, 2017). O gráfico 2 ilustra as principais ocorrências de minérios na região, são eles: Gipsita, Calcário e Amianto (minerais não metálicos) e Ferro, Cobre, Chumbo e Ouro (minerais metálicos). Apresenta-se em seguida uma breve caracterização a partir do banco de dados disponível no GeoSGB, da CPRM.

Os depósitos de gipsita são caracterizados como lentes ou camadas de evaporitos intercalados em folhelhos e calcários da Formação Santana. Sua utilização se dá na fabricação de gesso para agricultura, medicina, cerâmica e revestimento (BRANDÃO, FREITAS, 2014). Na bacia sedimentar do Araripe, Pernambuco detém as maiores jazidas em exploração do Brasil, sendo responsável por 89% da produção nacional, com produção anual de 1.700.000 toneladas. Desse total, 55% são destinados ao gesso, 33% são empregados na fabricação de cimento e 12% são utilizados no setor agrícola (TORRES, PFALTZGRAFF, 2014).

Gráfico 2 - Ocorrência mineral na Bacia do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019) com base nos dados da CPRM (2014).

A gipsita é um mineral de importantes reservas no Brasil inseridas nas bacias sedimentares do Amazonas, do Tocantins, do Parnaíba, Potiguar, do Recôncavo e do Araripe. No entanto, as jazidas que apresentam as melhores condições de aproveitamento econômico (relação estéril/minério e infraestrutura) estão contidas no Araripe. Neste ambiente, o mineral ocorre sob a forma de horizonte descontínuo, atingindo em alguns locais, cerca de 30 m de espessura. A mineração teve início desde a década de 1960 (BEZERRA, 2009). No estado de Pernambuco, as jazidas de gipsita são um fator de desenvolvimento local cuja produção encravada na região semiárida é obtida no chamado Polo Gesseiro do Araripe, que constitui um arranjo produtivo local de base mineral (FIGURA 13). Esse arranjo liderado pelo Sindicato da Indústria do Gesso (SINDUSGESSO) envolve, além das mineradoras, em torno de 152 unidades de calcinação que transformam a gipsita num hemidrato de cálcio, o gesso, e mais 443 unidades de pré-moldados, preparadoras de artefatos de gesso (BEZERRA, 2009). Estes depósitos representam 40% das reservas de gipsita do mundo e sua exploração na Bacia do Araripe corresponde a mais de 90% da produção nacional (CEARA, 2012).

O principal uso do gesso produzido na região do Araripe é na indústria da construção civil. No entanto, para que o gesso esteja apto a este uso, é necessário passar pelo processo de calcinação. Neste processo, a gipsita é submetida a elevadas temperaturas, demandando

elevadas quantidades de energia, que é obtida, principalmente, a partir do consumo de lenha proveniente do Bioma Caatinga, onde o polo gesseiro do Araripe está inserido.

Os calcários estão relacionados à Formação Santana e metacalcários do Grupo Orós. Sua potencialidade de uso está associada à agricultura (corretivo de solo), indústria cimenteira, fabricação de cal, tintas, pisos e revestimentos (BRANDÃO, FREITAS, 2014).

O Cariri cearense se caracteriza como um importante polo mineral, no que tange à sua reserva de calcário laminado. Na região, é conhecido comercialmente como “Pedra Cariri” e vem sendo explorado há mais de 30 anos, sendo as jazidas exploradas para a construção civil, sendo utilizado comumente em pisos e revestimentos de paredes (CEARÁ, 2012). Vidal et al (2005) escrevem que, em algumas pedreiras, a exploração é semimecanizada, através da utilização de máquinas de corte móveis, acionadas por eletricidade, com disco diamantado. Posteriormente, as placas são selecionadas manualmente e transportadas para o beneficiamento nas serrarias onde são esquadrejadas em dimensões compatíveis à sua aplicação. A figura 15 ilustra uma das áreas dessa exploração.

Figura 15 - Exploração do Calcário Laminado, Santana do Cariri/Ceará



Fonte: Daniel Dantas Gomes (2018).

Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, a jazida de calcário laminado abrange cerca de 97 milhões de metros cúbicos, equivalentes a 241 milhões de toneladas, e compreende principalmente os municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda (CORREIA et al, 2005). A atividade de produção da Pedra Cariri se constitui na economia básica destes municípios, visto que a agropecuária tem apenas um caráter de subsistência. Vidal et al (2005) apontam que a extração desse bem mineral vem garantindo a permanência do homem do campo destes municípios. O calcário em tela é formado essencialmente de carbonato de cálcio, e aflora de modo tabular ao longo de rios e riachos, onde processos erosivos os revelam em afloramentos, exibindo uma coloração predominante creme claro, amarelo intenso, por vezes cinza claro, laminação bastante acentuada, raramente com estratificação planoparalela horizontalizada (VIDAL et al, 2005).

Ceará (2012) indica que o rejeito produzido na exploração do calcário laminado vem sendo aplicado na fabricação de cimento. Vidal et al (2005) já apontavam que a atividade de mineração do calcário gerava uma grande quantidade de rejeitos prejudiciais ao meio-ambiente, tanto por formar entulhos, impossibilitando o acesso ao pátio de movimentação, bem como gerando um impacto visual desagradável. Esses rejeitos acumulados são facilmente visualizados nas proximidades do geossítio Pedra Cariri (ver figura 16).

Figura 16 - Rejeitos da Pedra Cariri, Santana do Cariri/CE



Fonte: Acervo pessoal da autora (2017).

As mineralizações de ferro (Fe) apresentam um número considerável de ocorrências ao sul do recorte de estudo, em Pernambuco. O minério dispõe-se associado à metaconglomerados intraformacionais, filitos e metarenitos da Formação Santana dos Garrotes (Grupo Cachoeirinha) (TORRES, PFALTZGRAFF, 2014). Seu uso está associado à fabricação de aço e outras ligas metálicas, componente estrutural de obras de construção civil, metalurgia e várias outras aplicações (BRANDÃO, FREITAS, 2014).

As ocorrências de cobre (Cu) estão identificadas no setor norte de recorte, no Ceará. Caracterizam-se por apresentar filitos grafitos da sequência Vulcano sedimentar do Grupo Cachoeirinha. São utilizados na metalurgia para fios e cabos elétricos, ligas metálicas, equipamentos e máquinas. Tratando do minério ouro (Au), identificou-se um número considerável de ocorrências ao sul da área de interesse, em Pernambuco. Aparecem como veios de quartzo piritoso, encaixados em xistos e filitos da Formação Lavras da Mangabeira, em zona de cisalhamento. Utilizado na indústria joalheira, ativo financeiro (barras de ouro), indústria eletroeletrônica, materiais odontológicos e medicinais (BRANDÃO, FREITAS, *op. cit.*).

Os depósitos de argila da bacia do Araripe ocorrem na Formação Santana, capeando as camadas de gipsita, e se constituem de argilitos e folhelhos laminados de cor verde a avermelhado-escuro (TORRES, PFALTZGRAFF, 2014). Estes depósitos também apresentam sua importância no desenvolvimento econômico da região. A exploração deste recurso mineral ocorre, principalmente, para fins de produção de telhas e tijolos, merecendo ainda especial destaque a utilização deste recurso no artesanato típico da região (CEARÁ, 2012).

A região do Araripe revela ainda um grande potencial para exploração de água mineral. O item 4.3 deste capítulo aborda o potencial hidrogeológico do recorte.

4.1.3 Diversidade paleontológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

A bacia sedimentar do Araripe é conhecida internacionalmente pela excepcional preservação e rico acervo paleontológico que abrange uma área aproximada de 5.000 km² (BACCI et al, 2009). Esse conjunto é composto por fósseis, vestígios de vida preservados nas rochas, que viveram há cerca de 110 milhões de anos. São representantes de antigas faunas e floras de inestimável valor científico, destacando-se vegetais, insetos, moluscos, peixes e pterossauros (CARVALHO; SANTOS, 2005). Carvalho, Freitas, Neumann (2012) indicam que uma revisão de toda esta flora e fauna pode ser encontrada em Lima (1978), Maisey

(1991), Arai, Carvalho e Cassab (2001), Viana e Neumann (2002), Carvalho e Santos (2005) e Martill et al (2007).

Gobbo e Bertini (2013) também fizeram referência à excepcionalidade dos fósseis de peixes do planalto do Araripe, nos quais é possível estudar a estrutura dos tecidos a nível subcelular. Os autores explicam que a preservação dos fósseis da Formação Santana é incomum, por se tratar de um tipo de fossilização que permite uma preservação excepcional de tecidos não resistentes. Neste caso, tecidos moles com detalhes musculares, nervos, vasos sanguíneos, são preservados em sua forma tridimensional. A ocorrência fossilífera representa o local de achado de um exemplar fóssil, tanto animal quanto vegetal (GEOSGB, 2018).

Os materiais fósseis mais antigos são atribuídos aos icnofósseis de invertebrados e vertebrados em afloramentos da Formação Mauriti. De acordo com Carvalho, Freitas e Neumann (2012), os icnofósseis de invertebrados são rastros de possíveis anelídeos e artrópodes, por vezes abundantes, e que mostram padrões morfológicos variados. Os registros de vertebrados compreendem pegadas isoladas atribuídas a Dinosauria. Os troncos silicificados (*Araucarioxylon* sp.) encontrados na Formação Missão Velha resultariam do retrabalhamento de depósitos mais antigos.

Na Formação Brejo Santo, têm-se os coprólitos, fragmentos fósseis do peixe *Mawsonia gigas*, ostracodes, conchostracéos e palinórfos enquanto fósseis mais comuns. Ostracodes, tais como *Bisulcocypris pricei* e *Darwinula oblonga*, assim como associações palinológicas indicativas da Zona *Dicheiropollis* sp. A e *Leptolepidites* ssp (CARVALHO, FREITAS, NEUMANN, 2012).

Na Formação Abaiara, os ostracodes são abundantes, havendo espécies como *Cypridea sellata*, *Cypridea* (Morinínoide) *candeensis*, *Cypridea* (Morinínoide) *grekoffy*, *Tucanocypris camposi* e *Cypridea tucanoensis*, *Paracypridea brasiliensis*, *Cypridea vulgaris*, abrangendo distribuição temporal neocomiana (andares Rio da Serra e Aratu).

A Formação Santana é a que apresenta maior diversidade fossilífera. Comparando os membros Crato e Romualdo, Oliveira (2007) aponta que, em termos de répteis fósseis, as rochas do Membro Crato são relativamente pobres, constituindo-se de restos de pterossauros, lagartos fósseis contendo impressão de tecido mole, crocodilomorfos de pequenas dimensões e tartarugas. Já a fauna de répteis fósseis do Membro Romualdo é mais rica, reunindo, além de tartarugas (pelo menos seis formas distintas), inúmeros exemplares de pterossauros, alguns dinossauros e, mais raramente, crocodilomorfos.

4.1.4 Índice de diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

O índice de diversidade geológica foi calculado a partir da soma dos subíndices: diversidade litológica ou petrográfica, as ocorrências mineralógicas e a potencialidade paleontológica, ilustrado na figura 17 – Índice de diversidade geológica da bacia do Araripe. Sua análise possibilita algumas considerações:

Sobre a diversidade litológica ou petrográfica (17.1) os valores calculados variaram de 1 a 6, estando relacionada à riqueza ou variedade de litologias em cada pixel, ou seja, o valor está diretamente relacionado ao número de litologias identificado automaticamente em cada célula (tabela 2). Dessa forma, como em cada célula foi identificada pelo menos uma (1) litologia, o “valor nulo” ou zero não foi considerado. Observa-se certa homogeneidade ou muito baixa diversidade associada à extensa área coberta pelos arenitos da Formação Exu. Neste contexto, o valor 1 foi computado. Nos setores relacionados ao vale do Cariri, onde se encontram exposição, principalmente, das Formações Cariri e Brejo Santo identificaram-se áreas de diversidade baixa (valor 2) e média (valor 3). Essa diversidade se caracteriza pelas áreas de contato das litologias. No pixel em que se registra o contato é computado o valor 2 ou 3, dependendo do número de litologias associadas. Os setores que apresentam alta diversidade são os que contabilizam 4 litologias por pixel e, os setores de mais ampla diversidade, se contabilizaram entre 5 e 6 tipos litológicos por pixel. Estão associados ao limite das coberturas sedimentares com as cristalinas, bem como aos setores de identificação/exposição de linhas e cristas de intrusões.

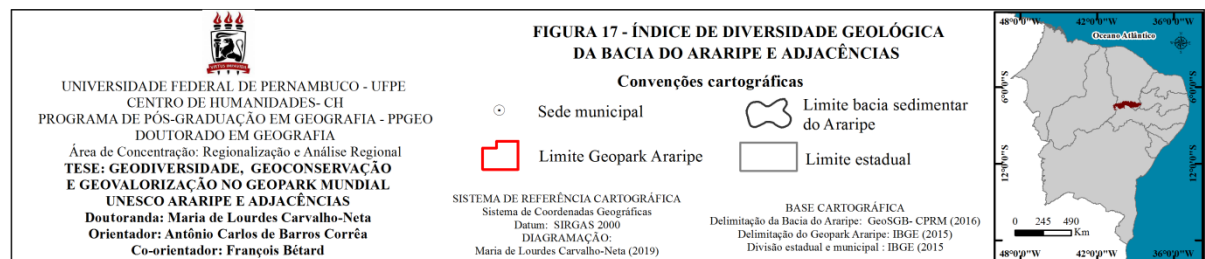
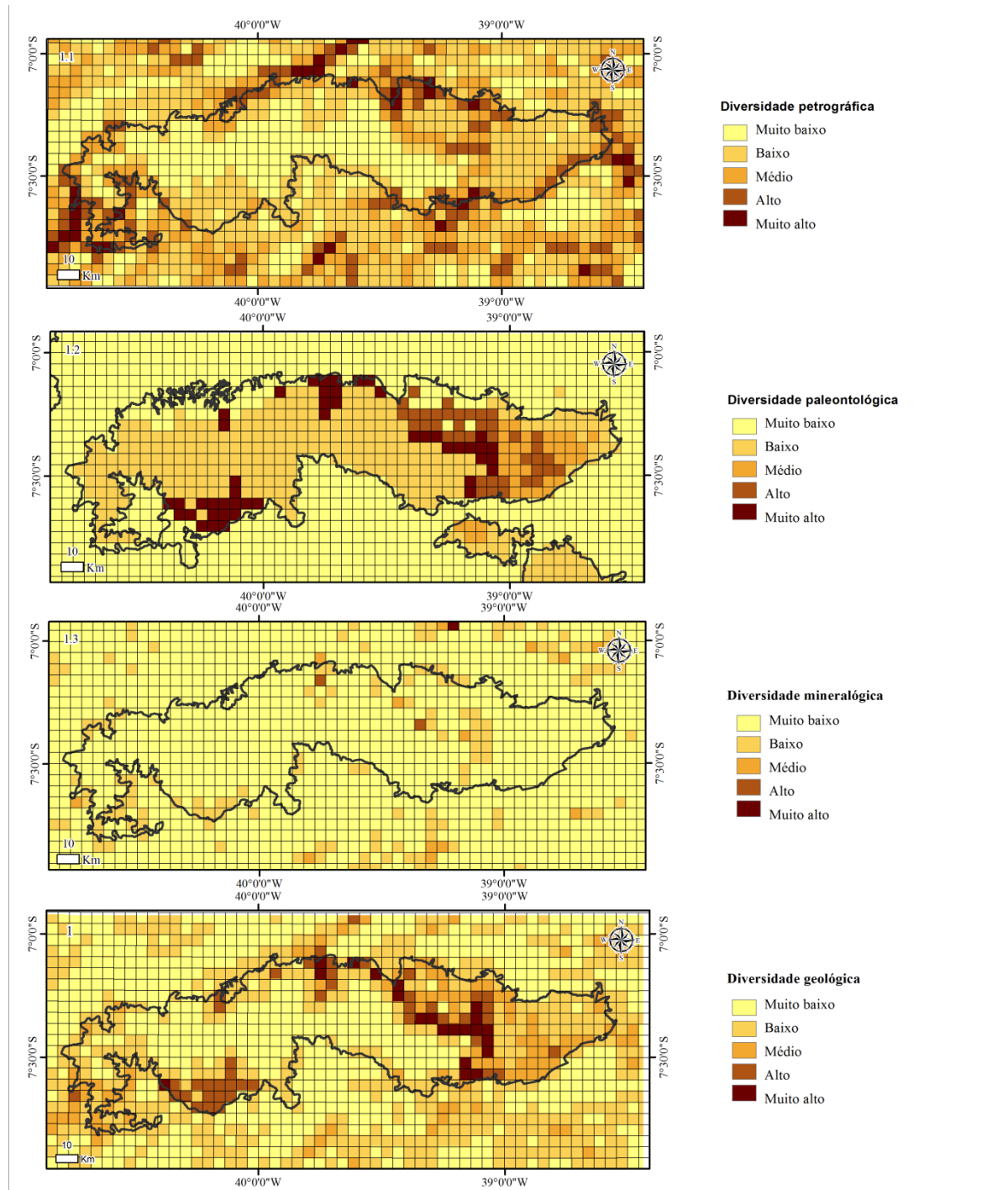
Tabela 2 - Número de ocorrência de litologias por pixel na bacia sedimentar do Araripe

ÍNDICE DE DIVERSIDADE LITOLÓGICA	NÚMERO DE LITOLOGIAS POR PIXEL
Muito baixa	1
Baixa	2
Média	3
Alta	4
Muito alta	5 - 6

Fonte: Organizado pela autora (2019).

A diversidade paleontológica (17.2) considerou as informações presentes na literatura. Dessa forma, com o desenvolvimento de novas pesquisas e identificação de novos fósseis e reavaliação do potencial fossilífero por parte dos pesquisadores, essa avaliação pode e deve ser atualizada. Os valores considerados para o subíndice de diversidade paleontológica variaram de zero (0 – não fossilífero) a cinco (5 – muito fossilífero).

Figura 17 - Índice de diversidade geológica da bacia do Araripe e adjacências e seus subíndices



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

As áreas cristalinas (ígneas e metamórficas), considerando os processos de gênese e evolução que não permitem a formação de fósseis foram consideradas como de potencialidade nula, ou seja, atribuiu-se o valor “zero”. Nos setores da bacia do Araripe percebe-se uma diferenciação da potencialidade paleontológica ou fossilífera relacionada às camadas de deposição. Carvalho, Freitas e Neumann (2012) fazem uma apresentação dos fósseis da bacia do Araripe de maneira bastante ilustrativa. O quadro 2 mescla as informações apresentadas por estes autores com dados de ocorrências fossilíferas da CPRM.

Quadro 2 - Relação das litologias da bacia sedimentar do Araripe, os principais fósseis encontrados e o valor do potencial paleontológico atribuído

LITOLOGIAS	PRINCIPAIS FÓSSEIS	POTENCIAL FOSSILÍFERO
Formação Santana - Membro Crato	Restos de pterossauros, lagartos contendo impressão de tecido mole, crocodilomorfos de pequenas dimensões e tartarugas. Peixe (<i>Dastilbe elongatus</i> , <i>Dastilbe crandalli</i>)	5
Formação Santana – Romualdo	Tartarugas, pterossauros (<i>Tupandactylus imperator</i>), dinossauros e crocodilomorfos.	
Formação Abaiara	Ostracodes - <i>Cypridea sellata</i> , <i>Cypridea</i> (Morininoidea) <i>candeensis</i> , <i>Cypridea</i> (Morininoidea) <i>grekoffi</i> , <i>Tucanocypris camposi</i> , <i>Cypridea tucanoensis</i> , <i>Paracypridea brasiliensis</i> , <i>Cypridea vulgaris</i>	3
Formação Brejo Santo	Coprólitos, peixe <i>Mawsonia gigas</i> , ostracodes, conchostracéos e palinóforos.	2
Formação Missão Velha	Troncos silicificados (<i>Araucarioxylon</i> sp.)	4
Formação Mauriti	Ícnofósseis de invertebrados e vertebrados	1

Fonte: Organizado pela autora a partir de Carvalho, Freitas, Neumann (2012).

O valor 1, correspondente à baixa potencialidade, foi atribuído a Formação Exu e a Formação Mauriti. Em ambas, são identificadas raras ocorrências de fósseis. As camadas da Formação Brejo Santo foram consideradas de média potencialidade fossilífera, sendo atribuído o valor 2. À Formação Abaiara, atribuiu-se o valor 3. Pela exuberância de troncos fossilizados e um número considerável de vertebrados, atribuiu-se o valor 4 à Missão Velha, ou seja, considerou-se a camada como de alta diversidade paleontológica. Pela excepcionalidade e abundância de fósseis encontrados na Formação Santana foi atribuído o valor 5, ou seja, muito alta diversidade. Cabe o registro que não se realizou uma diferenciação entre as camadas de cada uma destas formações.

Sobre a diversidade mineralógica (17.3), aponta-se que os valores variaram de zero, quando não se identificou ocorrência mineral de considerável valor econômico, ao valor 4, número máximo de ocorrência de diferentes minerais dentro de uma mesma célula.

A tabela 3 apresenta a correspondência da diversidade mineralógica pelo número de ocorrência contabilizado. Cabe registrar que em alguns pixels ou células foi identificada a ocorrência de um mesmo mineral mais de uma vez, no entanto, seguindo o elemento de diversidade, apenas um foi computado.

Tabela 3 - Número de ocorrência de minerais por pixel na bacia sedimentar do Araripe

ÍNDICE DE DIVERSIDADE MINERALÓGICA	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS POR PIXEL
Nulo	0
Baixa	1
Média	2
Alta	3
Muito alta	4

Fonte: Organizado pela autora (2019).

Como visto na figura 17, esses três subíndices são somados gerando o Índice de diversidade geológica da bacia do Araripe e adjacências. Os valores são reclassificados em 5 classes, adotando o classificador “quebra natural”. Os valores variaram de muito baixa – intervalo de 1 a 2; baixa, intervalo de 3 a 4; média diversidade, que considerou valores entre 5 e 6. Os valores de 7 e 8 foram agrupados em alta diversidade e, de muito alta diversidade geológica os valores de 9 a 11 (tabela 4).

Tabela 4 - Índice de diversidade geológica da bacia sedimentar do Araripe e intervalos de valores correspondentes

ÍNDICE DE DIVERSIDADE GEOLÓGICA	VALORES CONSIDERADOS
Muito baixa	1 - 2
Baixa	3 - 4
Média	5 - 6
Alta	7 - 8
Muito alta	9 - 11

Fonte: Organizado pela autora (2019).

A análise da figura 17 confirma o já exposto em diferentes pesquisas, isto é, a alta diversidade geológica, principalmente da bacia sedimentar do Araripe. Porém, nesta escala de

análise, identificaram-se setores de muito baixa diversidade geológica, tal como visto na vasta área de predomínio da cobertura dos arenitos da Formação Exu. O mesmo ocorre em setores fora dos limites da bacia do Araripe. Constatase ainda, o peso da potencialidade fossilífera ou paleontológica para o cálculo de diversidade geológica.

Observa-se que as áreas de mais ampla diversidade geológica integram o Geopark Mundial do Araripe. Esse fato constituiu um argumento central para que esse território fosse chancelado pela UNESCO como tal. No entanto, esta muito alta diversidade também ocorre em outros setores, como nas proximidades dos municípios de Porteira, Jardim e Abaiara, também no sul do Ceará. Outras áreas, por exemplo, situadas no sudoeste do recorte de estudo, nas proximidades de Ipubi, Trindade e Araripina, em território Pernambucano, apresentaram alta diversidade. No estado do Piauí, nas proximidades de Simões, observam-se média e alta diversidade.

4.2 A geomorfodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

A necessidade de a sociedade brasileira ofertar maior atenção para com as paisagens geomorfológicas, em particular, aquelas espetaculares, visando salvaguardá-las como patrimônio foi defendida por Claudino-Sales (2010). Diante disto e, pela importância paisagística do contexto onde está inserida a bacia sedimentar do Araripe, busca-se conhecer a diversidade geomorfológica regional e, dessa forma, contribuir para a geoconservação.

A diversidade geomorfológica (ou geomorfodiversidade) trata-se de uma avaliação das características geomorfológicas de um território, comparando-as de forma intrínseca e extrínseca, levando em conta a escala de investigação, o objetivo da investigação e o nível de qualidade científica (PANIZZA, 2009). O termo geomorfodiversidade é também encontrado em Bétard (2017), Bétard et al (2018) e Bétard e Peulvast (2019). Claudino-Sales (2018) propõe a adoção do termo morfodiversidade e geomorfodiversidade.

A análise da geomorfodiversidade do recorte de estudo, seguindo o proposto por Bétard (2017) partiu da análise da hipsometria e das unidades morfoesculturais identificadas. Estas, por sua vez foram definidas com o auxílio da análise da geologia, curvas de nível, declividade e sombreamento de relevo.

O mapeamento geomorfológico deve preceder a demarcação de sítios geomorfológicos prioritários para geoconservação. Soma-se a isto, a importância de esses geomorfossítios ilustrarem a representatividade da diversidade das formas de relevo desta determinada área (SELLIER, 2009; 2010).

Ao tratar de mapeamento geomorfológico, deve-se demarcar que diferentes compartimentações do relevo são divulgadas, entre as mais citadas, apontam-se: Demek (1979), Ab'Saber (1969), Ross (1992) e a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (2009).

As características geomorfológicas da bacia sedimentar do Araripe e adjacências, as quais colaboram para os altos níveis de morfodiversidade do recorte em diferentes escalas (BÉTARD et al, 2018) são destaque em diversos trabalhos, tais como: Claudino-Sales e Peulvast (2007), Côrrea (*no prelo*), Magalhães et al (2010), Ribeiro (2012; 2014), Lima (2015), Peulvast e Bétard (2015), Cordeiro, Bastos e Maia (2018), Guerra (2019), entre outros. Essas pesquisas, além da proposta de compartimentação geoambiental do Ceará de Souza (2007) auxiliaram neste estudo.

4.2.1 Diversidade hipsométrica e declividades do relevo da bacia do Araripe e áreas adjacentes

As diversidades hipsométrica e de declividades do relevo da bacia sedimentar do Araripe e áreas adjacentes são ilustradas na figura 18. Tratando-se da topografia, identificam-se altitudes variando entre 253m e 1008m, que foram organizadas em 6 (seis) classes (Tabela 5).

Tabela 5 - Classes hipsométricas do recorte da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Nº	CLASSES HIPSOMÉTRICAS	ÁREA (Km²)	ÁREA (%)
1	Entre 253m e 350m	1.285,70	4,268%
2	Entre 351m e 500m	10.711,00	35,557%
3	Entre 501m e 600m	7.520,00	24,964%
4	Entre 601m e 700m	3.815,00	12,664%
5	Entre 701m e 800m	2.152,00	7,144%
6	Entre 800m e 1008m	4.640,00	15,403%
TOTAL		30.123,70	100%

Fonte: Organizado pela autora (2019) a partir de SRTM (2017).

As altitudes mais elevadas são referentes ao planalto sedimentar do Araripe, com maior frequência entre 800m e 1008m. Porém, o topo do planalto, no setor oeste, tem altitudes por volta de 700m. As altitudes intermediárias, entre 500m e 700m estão associadas aos maciços e cristas residuais. As regiões de altitudes menos elevadas estão associadas às depressões sertaneja e periférica, mais representativa entre as cotas de 253m e 500 m.

A análise desta hipsometria se deu a partir da interpretação do MDE da SRTM, resolução espacial 30m. A partir deste, geraram-se os mapas hipsométrico (variação altimétrica – fatiação do relevo) e o sombreado do relevo, no intuito de realçar as feições.

Figura 18 - Representação da hipsometria e da declividade do relevo da bacia do Araripe e adjacências

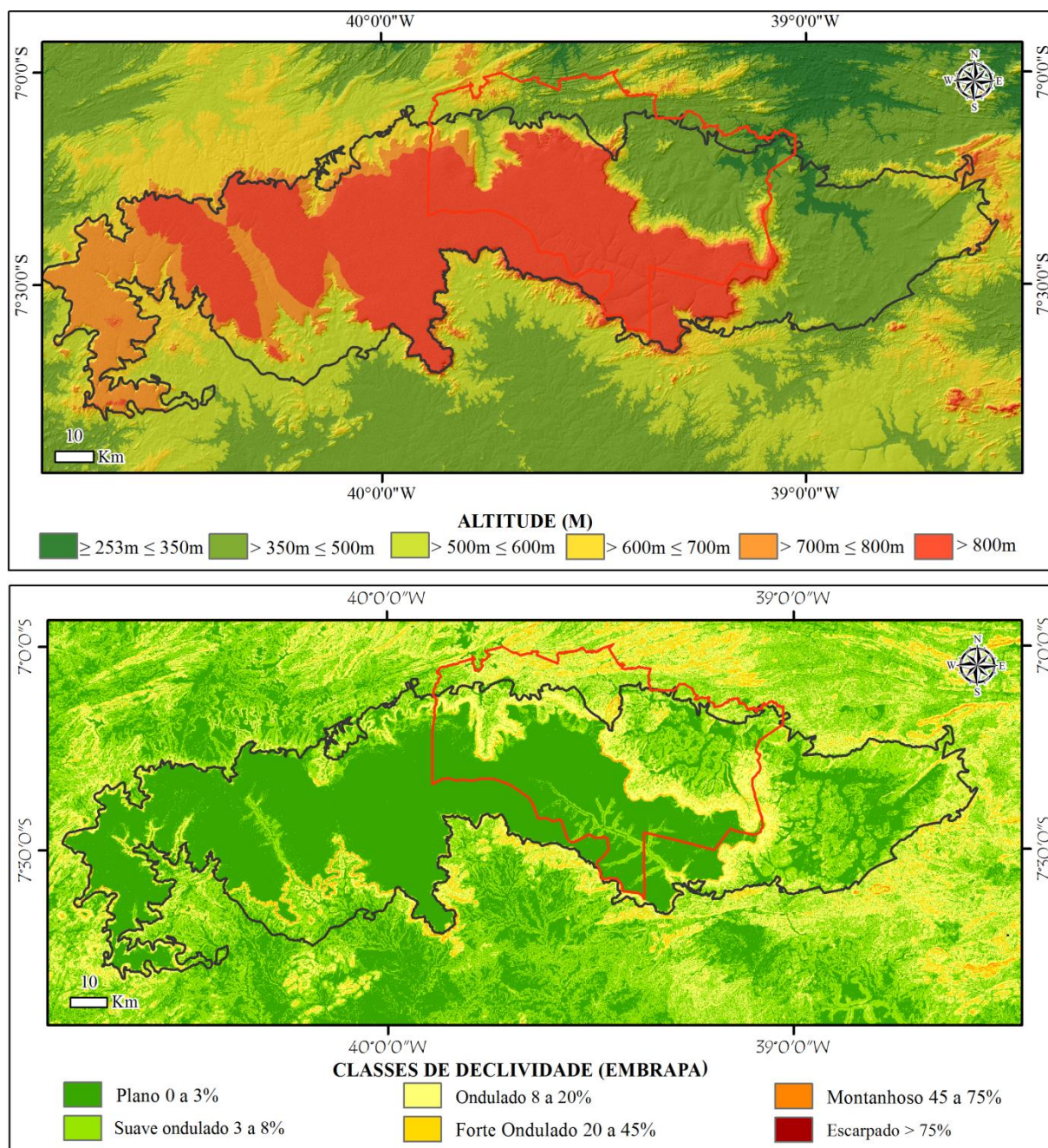


FIGURA 18 - HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE DA BACIA DO ARARIPE E ADJACÊNCIAS

Convenções cartográficas

Limite bacia sedimentar do Araripe
 Limite Geopark Araripe

BASE CARTOGRÁFICA
 Delimitação da Bacia do Araripe: GeoSGB- CPRM (2016)
 Delimitação do Geopark Araripe: IBGE (2015)
 Divisão estadual e municipal : IBGE (2015)

SISTEMA DE REFERÊNCIA CARTOGRÁFICA
 Sistema de Coordenadas Geográficas
 Datum: SIRGAS 2000
 DIAGRAMAÇÃO:
 Maria de Lourdes Carvalho-Neta (2019)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE HUMANIDADES- CH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo
DOCTORADO EM GEOGRAFIA
 Área de Concentração: Regionalização e Análise Regional

TESE: GEODIVERSIDADE, GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO GEOPARK MUNDIAL UNESCO ARARIPE E ADJACÊNCIAS
 Doutoranda: Maria de Lourdes Carvalho-Neta
 Orientador: Antônio Carlos de Barros Corrêa
 Co-orientador: François Bétard

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

De acordo com Florenzano (2008), o relevo sombreado oferece mais possibilidades de interpretação, permitindo, por exemplo, interferências qualitativas sobre declividade, curvaturas e rugosidade do terreno. A partir deste, gerou-se também o mapa clinográfico (ou de declividades do relevo).

A declividade das formas de relevo da área de estudo foi dividida em 6 classes, tendo como referência a classificação do EMBRAPA (2006) e IBGE (2009) que diferenciam o relevo como: plano 0 a 3%; suave ondulado 3 a 8%; ondulado 8 a 20%; forte ondulado 20 a 45%; montanhoso 45 a 75% e; escarpado > 75%. A tabela 6 ilustra a área (em quilômetros quadrados e em percentual) de cada umas destas classes no recorte de pesquisa.

Tabela 6 - Classificação das formas de relevo pela declividade

Nº	CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO	DECLIVIDADE (%)	ÁREA (Km²)	ÁREA (%)
1	Plano	0 a 3%	11.957,71	39,696%
2	Suave ondulado	3 a 8%	11.101,11	36,852%
3	Ondulado	8 a 20%	5.682,26	18,863%
4	Forte ondulado	20 a 45%	1.308,52	4,344%
5	Montanhoso	45 a 75%	73,68	0,245%
6	Escarpado	> 75%	0,42	0,001%
TOTAL			30.123,70	100%

Fonte: Organizado pela autora (2019) a partir de EMBRAPA (2006) e IBGE (2009).

Como se observa, o topo do planalto sedimentar do Araripe e as áreas de planície aluvial, ilustradas pela cor verde escuro apresentam relevo plano, com declividade de 0 a 3%. As áreas em verde claro, representando o relevo suave ondulado, com declives entre 3 e 8%, estão associadas ao pedimento dissecado, depressão moldada por erosão diferencial, e à superfície sertaneja, ao sul do recorte de pesquisa. Os setores de encostas, tanto do planalto sedimentar, quanto dos maciços residuais, apresentam relevo ondulado (8 a 20%) a forte ondulado (20 a 45%). As cores atribuídas a estas declividades são, respectivamente, amarelo claro (creme) e amarelo ouro. Algumas altas encostas, relacionadas às cristas residuais e ao planalto sedimentar apresentam relevo montanhoso (declive entre 45 e 75%), representados pela cor laranja. A cor vermelha, atribuída aos relevos montanhosos, com declives maiores que 75%, foram identificados, representando quase uma linha contínua, limitando a cimeira estrutural do Planalto do Araripe.

4.2.2 Diversidade morfológica da bacia do Araripe e adjacências

Em escala regional e em relação aos padrões morfoestruturais, a área da pesquisa revela uma grande variedade de formas de relevo em diferentes contextos geológicos (sedimentar, metamórfico, granítico, entre outros) (BÉTARD et al, 2018). As unidades morfoesculturais se originaram a partir da influência de processos erosivos e deposicionais influenciados pela geologia regional (ou seja, correlacionados à bacia do Araripe) e ao embasamento pré-cambriano da Província Borborema. A distribuição espacial dessas unidades é apresentada na figura 19 – Mapa de unidades geomorfológicas da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.

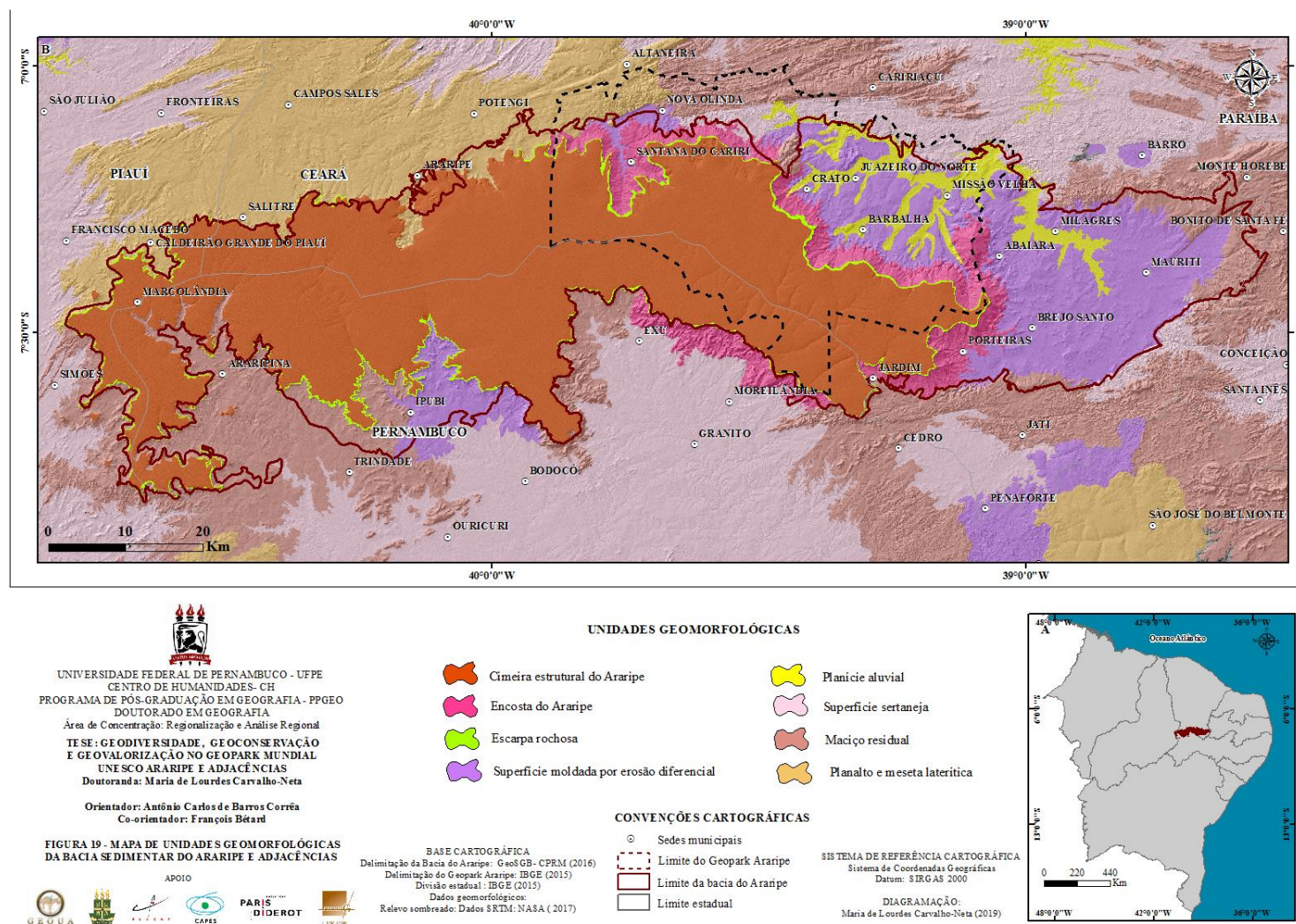
Inicia-se a caracterização pelo Planalto sedimentar do Araripe. Neste contexto, mapearam-se 3 (três) diferentes unidades (Figura 20), são elas: Cimeira estrutural (indicada pela seta laranja); Escarpa rochosa (sinalizada pelas setas em cor vermelha) e Encosta do Araripe (em destaques com a seta marrom).

O termo planalto ou *platô* tem sido usado para definir uma superfície elevada, mais ou menos plana, delimitada por escarpas íngremes onde o processo de degradação supera os de agadação (GUERRA; GUERRA; 2015).

Fazemos a opção de nomear a feição por planalto, como vêm sendo tratado por Côrrea [*no prelo*], Ribeiro (2012; 2014), Lima (2015), mas chamamos a atenção de o relevo mencionado vem, ao longo dos anos, sendo chamado de chapada do Araripe. Corrêa [*op. cit*] considera o planalto do Araripe como um relevo de natureza morfoestrutural, aclinal, formado a partir do preenchimento de uma bacia sedimentar do tipo *rift*. Apresenta um topo notavelmente plano, com cotas constantes, que oscilam em apenas cerca de 50 metros. Alguns setores do planalto se caracterizam como uma chapada.

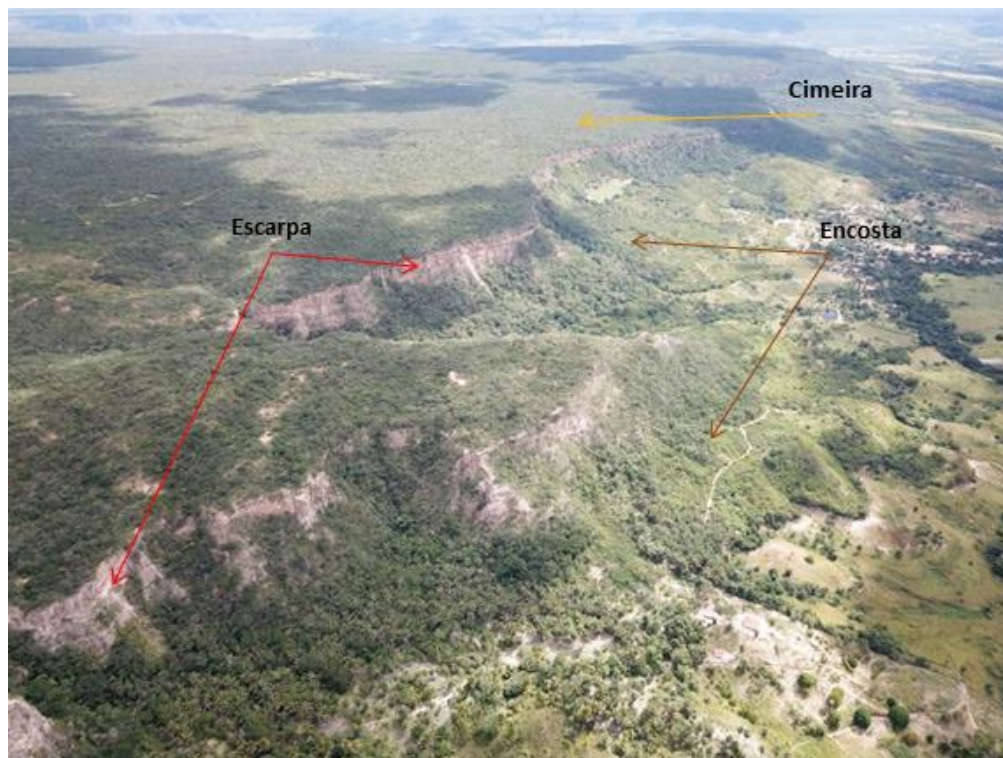
A unidade cimeira estrutural do Araripe apresenta altimetria em torno de 940 metros. Trata-se de uma das superfícies elevadas do interior do nordeste, com declividade bastante reduzida (inferiores a 3%) e dissecação inexpressiva (salvo o vale do riacho Jardim), (RIBEIRO, 2012; 2014). Nos termos de Brandão e Freitas (2014), trata-se de uma superfície estrutural com morfologia tabuliforme desenvolvida em uma estrutura concordante horizontal a sub-horizontal, com topo conservado mergulhando suavemente para oeste, cujos limites encontram-se controlados pela escarpa erosiva abrupta. A cimeira do Araripe está sustentada por arenitos e arenitos conglomeráticos, de idade cretácica, da Formação Exu.

Figura 19 - Mapa de unidades geomorfológicas da bacia do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Figura 20 - Planalto Sedimentar do Araripe e suas unidades morfoesculturais: Cimeira estrutural, escarpa rochosa e encosta, Santana do Cariri/Ceará



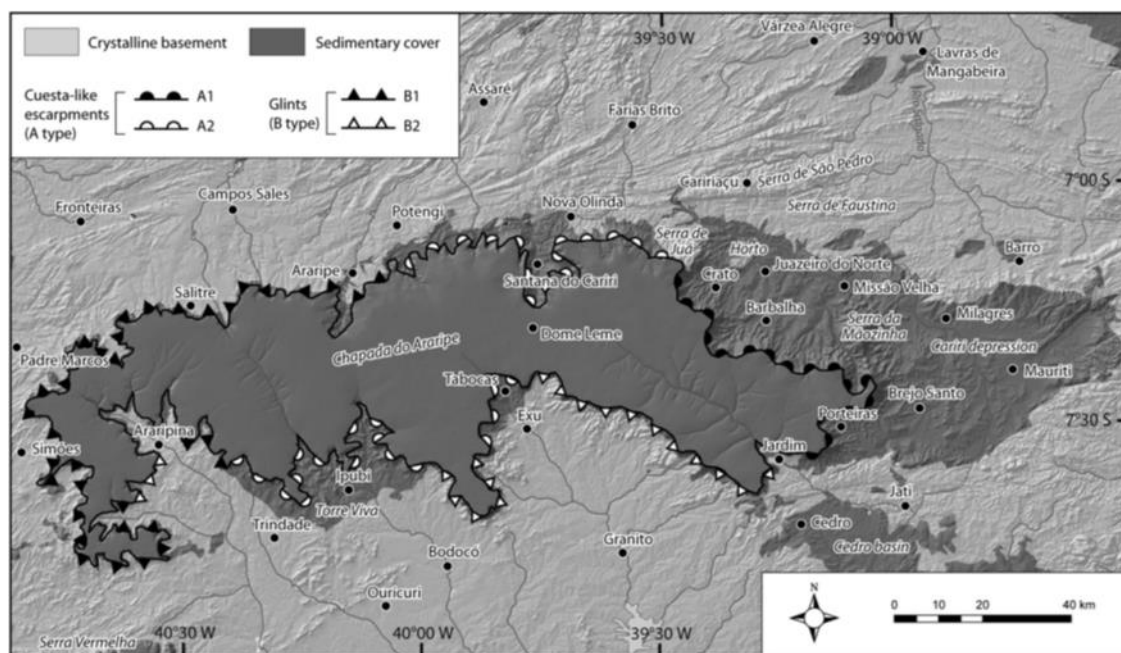
Fonte: Imagem de drone, Daniel Dantas Gomes (2018).

A escarpa rochosa encontra-se disposta a partir da cota de 800m (aproximadamente) e constitui a encosta superior que limita a cimeira estrutural dos setores de média e baixa encosta recobertos, sobretudo, por material coluvial incluindo, dentre estes, depósitos de movimentos de massa (PEULVAST et al, 2011; LIMA, 2015). Destaca-se na paisagem pelo seu contorno irregular e bastante festonado, sobretudo no lado oriental do Planalto.

Geomorfologicamente, uma escarpa trata-se de vertentes com acentuadas inclinações. Guerra; Guerra (2015) caracteriza a escarpa como rampa ou aclave que aparecem nas bordas dos planaltos. Podem ser tectônicas, de origem endógena ou de erosão (SUERTEGARAY, 2003). Como indica Florenzano (2008), as escarpas são rampas ou degraus de grande inclinação, características de bordas de planaltos. De acordo com IBGE (2009), uma escarpa erosiva é um desnível abrupto limitando um tipo de modelado ou forma individualizada decorrente da atuação dos processos erosivos com o recuo das vertentes resultante das alternâncias climáticas (IBGE, 2009). Neste contexto, consideraram-se as áreas onde a declividade do relevo se apresentou igual ou superior a 75%.

A escarpa rochosa do Araripe foi modelada pelos agentes erosivos, se caracterizando como escarpa de erosão com dois tipos morfoestruturais: *glint* e *cuesta* (PEULVAST; BÉTARD, 2015) (figura 23).

Figura 21 - Tipologia de escarpas erosivas ao redor do Planalto do Araripe. **A1:** *Cuesta* com vista para os vales; **A2:** *Cuesta* com vales profundos encaixados, mas sem amplo vale; **B1:** *Glint* com vista para vales e superfícies exumadas; **B2:** *Glint* e escarpa composta



Fonte: Peulvast e Bétard (2015).

Cuesta é um relevo assimétrico que ocorre em bacias sedimentares quando a inclinação das camadas apresenta mergulho fraco das camadas (menor que 30) em sentido único (SUERTEGARAY, 2003; GUERRA; GUERRA, 2015). De acordo com Claudino-Sales (2016), um *glint* é uma cuesta com sopé e parcela da vertente mantido por rochas cristalinas.

Outra unidade geomorfológica associada ao planalto sedimentar do Araripe é a encosta ou vertente. A literatura, de maneira geral, sugere a divisão em média e baixa encostas. Não se considerou essa divisão. A unidade está circunscrita entre as altitudes de 550m (em alguns setores até 450m) até o limite com a escarpa rochosa. O recuo dessas vertentes ocorre por erosão regressiva, como indica Ribeiro (2012; 2014) isso se dá através de processos de intemperismo físico-químico provocando o fraturamento na face rochosa das escarpas. O material desagregado é evacuado por processos de transporte e as vertentes íngremes recuam, paralelamente.

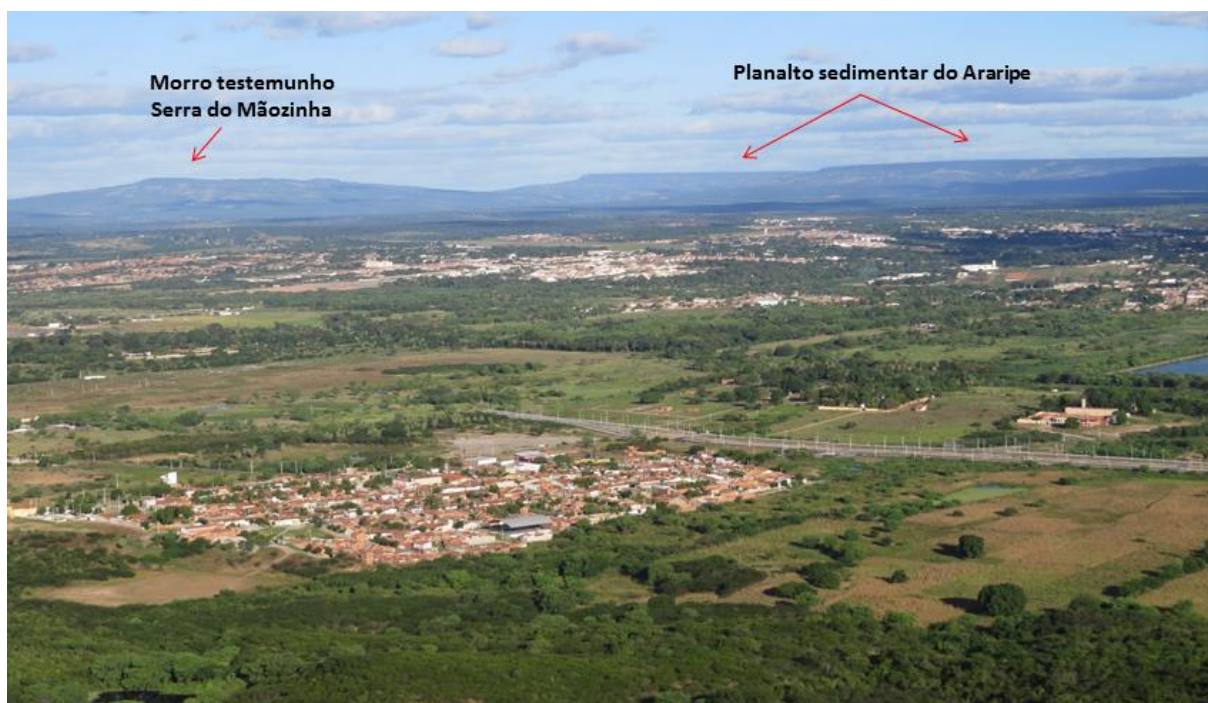
Na encosta do planalto sedimentar do Araripe, são identificadas muitas cicatrizes de escorregamentos. Essas feições ficam evidentes no terreno quando ocorrem movimentos de

massa, diferenciando-se pela forma no plano de ruptura. Essas cicatrizes foram mapeadas no setor leste do planalto por Peulvast et al (2011). Sobre estas cicatrizes, Guerra e Guerra (2015) esclarecem tratar-se de termo adotado para caracterizar as marcas deixadas na superfície. Destacam ainda que a presença dessas cicatrizes nas encostas pode ser relevante para esclarecer a ocorrência de certos processos geomorfológicos. Identificam-se ainda muitos cones de deposição ao longo da encosta do planalto sedimentar do Araripe. Segundo Suertegaray (2003) esta feição se trata de um depósito em forma de leque inclinado que se localiza na base da vertente.

Lima (2015) aponta ainda a ocorrência de depósito de tálus ou glacís, configurada como uma superfície inclinada na base da vertente. Os sedimentos que a compreendem podem ser transportados por ação gravitacional, predominantemente, ou pelas águas de escoamento superficial.

Tratando do contexto da depressão periférica, diferenciaram-se as seguintes subunidades: superfície moldada por erosão diferencial e a planície aluvial. Está posicionada em cotas entre 350 e 450 metros (figura 22).

Figura 22 - Depressão periférica vista da rampa de voo de parapente, Juazeiro do Norte



Fonte: Acervo pessoal da autora, 2018.

Na superfície moldada por erosão diferencial (Figura 22), identificam-se ainda a ocorrência de morros testemunhos e colinas rebaixadas. Como Winge et al (2001) explicam, a erosão diferencial trata-se da atuação direta do processo erosivo sobre cada tipo de rocha. A

rocha mais resistente à erosão resultará na formação ou exibição de relevos proeminentes e, as menos resistentes à erosão, formarão zonas baixas e/ou relevos mais suaves. No contexto da bacia sedimentar do Araripe, observa-se o aparecimento/destaque de alguns morros testemunhos, como é o caso da Serra do Mãozinha, explicado por essa diferença de resistência entre as rochas, com topo, sustentado pelos arenitos resistentes da Formação Exu.

O chamado morro testemunho (ou meseta) é um relevo residual de topo plano, limitado por escarpas, resultante do recuo pela erosão de frente de cuesta ou de outras escarpas de relevos tabuliformes formados em rochas sedimentares ou excepcionalmente em derrames vulcânicos. Ocorre nas depressões periféricas, precedendo frentes de planaltos sedimentares ou sobre estes planaltos, chapadas e tabuleiros, assinalando contato de rochas de resistências diferentes ou limites de recuo de erosão (IBGE, 2009).

Mapeou-se também a subunidade planície aluvial, que é a área de sedimentação fluvial representada por uma porção de terreno predominantemente plano localizado às margens dos rios (SUERTEGARAY, 2003). Trata-se de uma área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial (IBGE, 2009). Na área de pesquisa, esta unidade apresenta maior dimensão no rio Salamanca, curso fluvial que corta o município de Barbalha no setor norte da área de pesquisa (Figura 23).

Figura 23 - Planície aluvial do Rio Salamanca em Barbalha



Fonte: Acervo pessoal da autora (2018).

Para Ribeiro (2012; 2014) são áreas com formas predominantemente planas, com desníveis menores de 20m que ocorrem de forma suavizada, uma vez que a evolução dos vales fluviais pediplanadas se dá na forma de alargamento dos vales e não de sua dissecação, em áreas que variam entre 245 e 350m de altitude. Nas áreas sedimentares, apresentam

superfícies mais amplas, enquanto nas cristalinas, o modelado reflete a resistência maior do substrato rochoso, exibindo desnivelamento menos espaçado, não configurando, porém, nem relevo colinoso nem amorceado. São unidades com deposição fluvial, por vezes muito extensas, em resposta à grande produção de sedimentos oriundos das encostas pelos movimentos de massa, escoamento superficial e pela ação dos próprios rios, uma vez que estes apresentam considerável potencial de descarga, sobretudo no período chuvoso (LIMA, *Op. cit.*).

Na Depressão Sertaneja (figura 24), inserida no contexto das grandes depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste Brasileiro, posicionada em cotas que variam de 250 a 550 metros, individualizaram-se: os maciços residuais e a superfície sertaneja propriamente dita (figura 25).

Figura 24 - Maciço residual e a superfície sertaneja, Farias Brito



Fonte: Acervo pessoal da autora (2018).

A unidade maciço residual trata-se de feições constituídas por rochas pré-mesozoica do tipo granitóide cinzento, em parte com enclaves dioríticos, que ocorrem na borda da Bacia Sedimentar do Araripe, sob forte controle de falhas com direção predominante SO-NE e que, possivelmente, foram exumados pela erosão regressiva que fez recuar a borda do planalto sedimentar (LIMA, 2015). As cristas encontram-se justapostas paralelamente, com regular distribuição espacial, resultado de intensa deformação de caráter rúptil a dúctil do embasamento cristalino. Ocorrem geralmente em terrenos que foram submetidos á intensa atividade tectônica, em especial de cinemática transcorrente ou transgressiva (IBGE, 2009).

A superfície sertaneja em si se caracteriza como uma superfície de topografia plana a suavemente inclinada e dissecada, com baixas amplitudes (geralmente menores que 40m) e baixa declividade. De maneira geral, compreende altitudes entre 350 e 450m.

Figura 25 - Superfície sertaneja, com a presença de colinas. Vista a partir de mirante do geossítio Ponte de Pedra (Nova Olinda)



Fonte: Acervo pessoal da autora (2017).

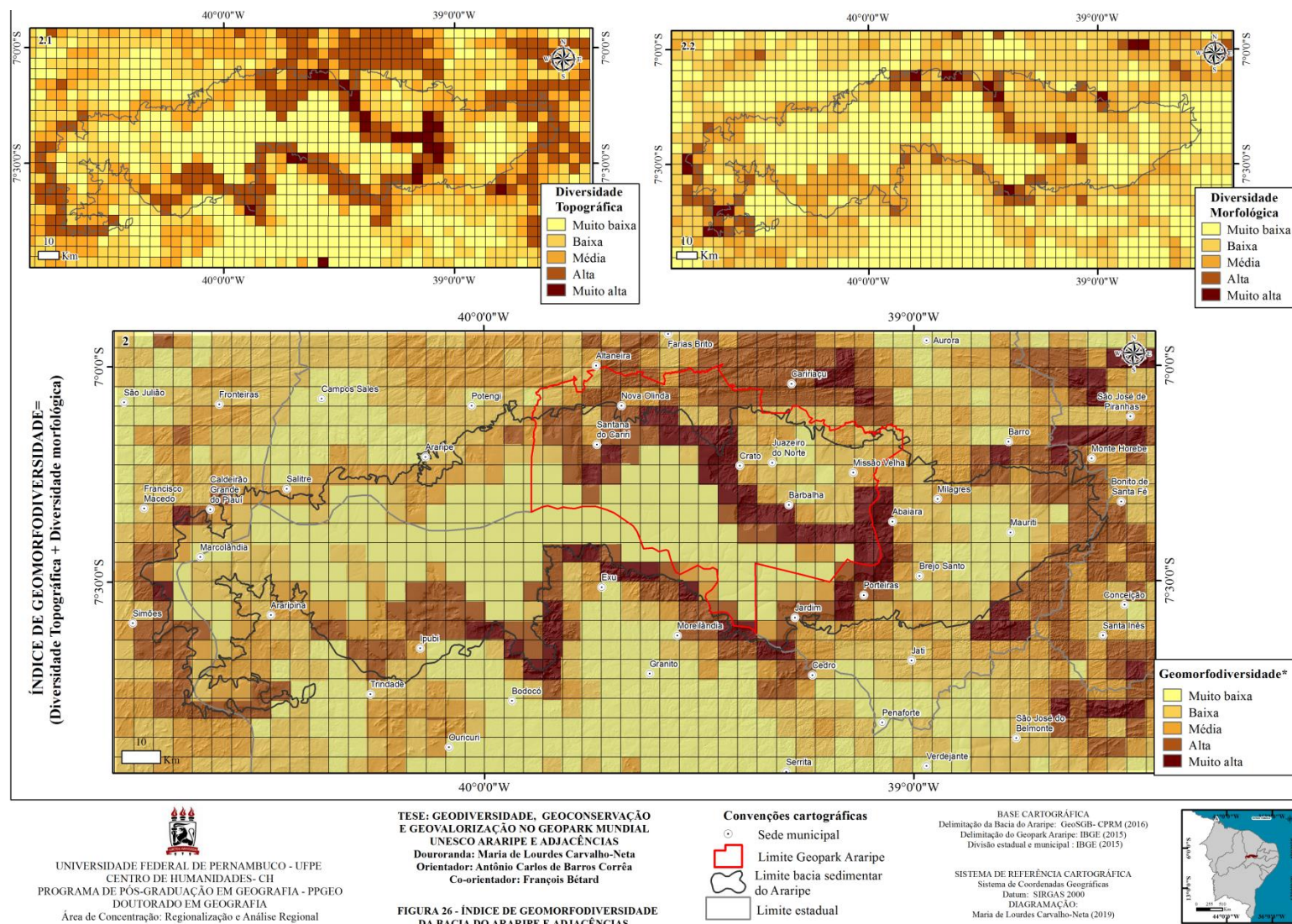
Encerra-se esta caracterização com os planaltos dissecados e mesetas lateríticas, localizados principalmente no setor Noroeste (NW) do recorte de pesquisa. Trata-se de feições com altitudes variando entre 600 e 700 metros de altitude, alcançando 800m em alguns setores. A declividade varia entre plana a suave ondulada e são feições esculpidas em rochas cristalinas, mas sustentadas por uma crosta laterítica. (PEULVAST; BÉTARD, 2015).

4.2.3 Índice de geomorfodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

O índice de geomorfodiversidade foi calculado a partir da soma dos subíndices de diversidade topográfica e de diversidade morfológica. A figura 26 apresenta os resultados.

O subíndice de diversidade topográfica foi gerado a partir do MDE construído a partir do SRTM. Para o cálculo, indicou-se “Range” como tipo de estatística, a qual permite calcular, para cada pixel da grade a diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima no MDE. A amplitude de altimetria variou de 14 a 540m. Estes valores foram organizados em 5 intervalos, utilizando-se o classificador “intervalos iguais”.

Figura 26 - Índice de geomorfodiversidade da bacia do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Dessa forma, considerou-se de muito baixa diversidade hipsométrica (amplitude) variação de 14m a 119,2m, atribuindo-se o valor de índice 1; a de baixa (valor 2) equivale ao intervalo de 119,3m a 224,4 m; De média diversidade, correspondendo ao valor de índice 3, a classe de 224,5m a 329,6m; a alta diversidade, valor 4, considerado é de 329,7m a 434,8 m e, encerrando a classificação, de muito alta diversidade, equivalente ao índice 5, o intervalo entre 434,9m a 540m (tabela 7).

Tabela 7 - Diversidade hipsométrica da bacia sedimentar do Araripe

ÍNDICE DE DIVERSIDADE HIPSOMÉTRICA	INTERVALO DE VARIAÇÃO (EM METROS)	VALOR ATRIBUÍDO
Muito baixa	14 a 119,2m,	1
Baixa	119,3m a 224,4 m	2
Média	224,5m a 329,6m	3
Alta	329,7m a 434,8 m	4
Muito alta	434,9m a 540m	5

Fonte: Organizado pela autora (2019).

Tratando deste subíndice de diversidade topográfica ou hipsométrica, percebe-se que, na escala analisada, as áreas de mais alta diversidade estão relacionadas aos limites entre o e encostas. A amplitude de relevo desses setores varia drasticamente no espaço inferior a 5x5 km (tamanho do pixel). Faz-se essa ponderação, para alertar que dependendo do tamanho da grade considerada, esta variação pode ser maior ou menor.

A análise da figura 26 permite identificar que os setores de maior diversidade hipsométrica estão relacionados aos limites da cimeira estrutural do Araripe com a encosta e a superfície moldada por erosão diferencial. São nesses setores onde verificasse uma maior amplitude do relevo. Já no topo do planalto, caracterizado pelo relevo plano, identificam-se áreas de muito baixa diversidade topográfica. O mesmo se configura para as áreas rebaixadas da superfície sertaneja.

O subíndice de diversidade morfológica foi gerado com o auxílio da carta morfoestrutural da bacia do Araripe produzida por Peulvast e Bétard (2015), e das classificações geomorfológicas apresentadas por Ribeiro (2012; 2014), Lima (2015) e Carvalho-Neta et al (2016). Para o cálculo, considerou-se o táxon de unidades morfoesculturais. Dessa forma, foram consideradas 9 unidades, a saber: Cimeira estrutural do Araripe; Escarpa rochosa; Encosta erosiva do Araripe; Superfície moldada por erosão diferencial; Maciço residual e em cristas; Planalto dissecado e meseta laterítica; Superfície de erosão elevada/ rebordos e patamares do Araripe; Planície aluvial e; Superfície sertaneja. A avaliação deste subíndice segue a mesma lógica da diversidade geológica - o de riqueza, ou

seja, busca identificar a variedade de unidades de relevo identificadas por cada pixel (unidade da grade que mede 5x5km).

O número de unidades morfológicas por pixel variou de 1 a 6. Dessa forma, os valores foram classificados em 5 níveis (ilustrada na tabela 8). Considerou-se o valor 1 de muito baixa diversidade. Os pixels que computaram 2 unidades foram classificados como de baixa diversidade. O valor 3, de média. Considerou-se os setores de alta morfodiversidade o conjunto de células que registraram 4 unidades geomorfológicas e de muito alta diversidade, os que computaram 5 e 6.

Tabela 8 - Diversidade morfológica da bacia sedimentar do Araripe

ÍNDICE DE DIVERSIDADE MORFOLÓGICA	NÚMERO DE UNIDADES	VALOR (ÍNDICE)
Muito baixa	1	1
Baixa	2	2
Média	3	3
Alta	4	4
Muito alta	5 e 6	5

Fonte: Organizado pela autora (2019).

Seguindo a interpretação da figura 26, percebe-se a baixa diversidade relacionada à vasta área representada pela cimeira estrutural do Araripe e pela superfície sertaneja. Diversidade média e alta relacionada à interface de contato entre a cimeira, escarpa e encosta do Araripe. Estas observações reforçam o indicado por Herzog (2017) que, ao falar da relevância geomorfológica da região do Araripe, afirma que o planalto sedimentar é o elemento definidor da paisagem desse território.

O somatório dos dois subíndices gerou o índice de geomorfodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências. Observa-se que, da mesma forma que o recorte apresenta grande diversidade geológica, também apresenta alta diversidade geomorfológica. A quantificação aqui apresentada, confirma o apresentado por Bétard et al (2018).

Os valores computados foram reorganizados em 5 classes, seguindo a mesma lógica apresentada anteriormente (tabela 9). Os valores variaram de 2 a 11. Estes foram novamente reorganizados em 5 classes: na classe de muito baixa diversidade, considerou-se o valor 2; o intervalo de 3 e 4 foi classificado como de baixa geomorfodiversidade. Para a média geomorfodiversidade, consideraram-se os valores variando entre 5 e 6. Para alta, os valores considerados foram 7 e 8. Os valores de 9 a 11 foram agrupados em muito alta diversidade.

Tabela 9 - Índice de diversidade geomorfológica da bacia sedimentar do Araripe

ÍNDICE DE DIVERSIDADE GEOMORFOLÓGICA	VALOR CONSIDERADO (SOMA)	VALOR (ÍNDICE)
Muito baixa	2	1
Baixa	3 e 4	2
Média	5 e 6	3
Alta	7 e 8	4
Muito alta	9 a 11	5

Fonte: Organizado pela autora (2019).

A identificação de um padrão escalonado de paleoformas de várias idades (ex. as paleo-superfícies exumadas infra Paleozóicas e Albianas que margeiam a bacia de Araripe ao noroeste e ao sul, respectivamente) acentua grandemente a geomorfodiversidade extrínseca. De fato, o atual relevo do planalto reflete uma justaposição de elementos altamente contrastados de idades variadas, parcialmente exumados ou ainda enterrados pela cobertura sedimentar, num contexto de inversão da bacia iniciada no Cretáceo Superior (PEULVAST et al, 2008; PEULVAST; BÉTARD, 2015; BÉTARD et al, 2018).

Observa-se que alguns dos setores de mais alta geomorfodiversidade integram o Geopark Araripe. Tal diversidade pode ser ilustrada pelo número considerável de mirantes acessíveis por trilhas no topo da chapada, bem como os geossítios de grande potencial geomorfológico, como é o caso do Pontal e do Horto. Mesmo não sendo percebida nessa escala, uma série de feições de maior detalhe também contribui para a alta morfodiversidade do recorte. A geomorfologia da área atrai, constantemente, pesquisadores das geociências de instituições de todo o território nacional, destacando os do Ceará, Pernambuco e Rio de Janeiro. Este último, tendo a Casa da Pedra/IGEO/UFRJ no que concernem as pesquisas sobre geologia e especificamente, paleontologia.

É relevante frisar que, para além do Geopark UNESCO Araripe, registra-se a muito alta geomorfodiversidade nos municípios limítrofes a este território, tais como Caririaçu, Porteiras, Jardim e Abaiara (no Ceará). Do lado pernambucano a diversidade computada nas proximidades de Exu, Moreilândia e Granito. Setores próximos a Ipubi e Trindade, registram alta diversidade geomorfológica. No Piauí, ganham destaque as proximidades de Francisco Macedo e Simões. Esses setores devem ser mais bem pesquisados, para se conhecer as reais potencialidades e necessidades do ponto de vista da geoconservação.

4.3 A Hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe

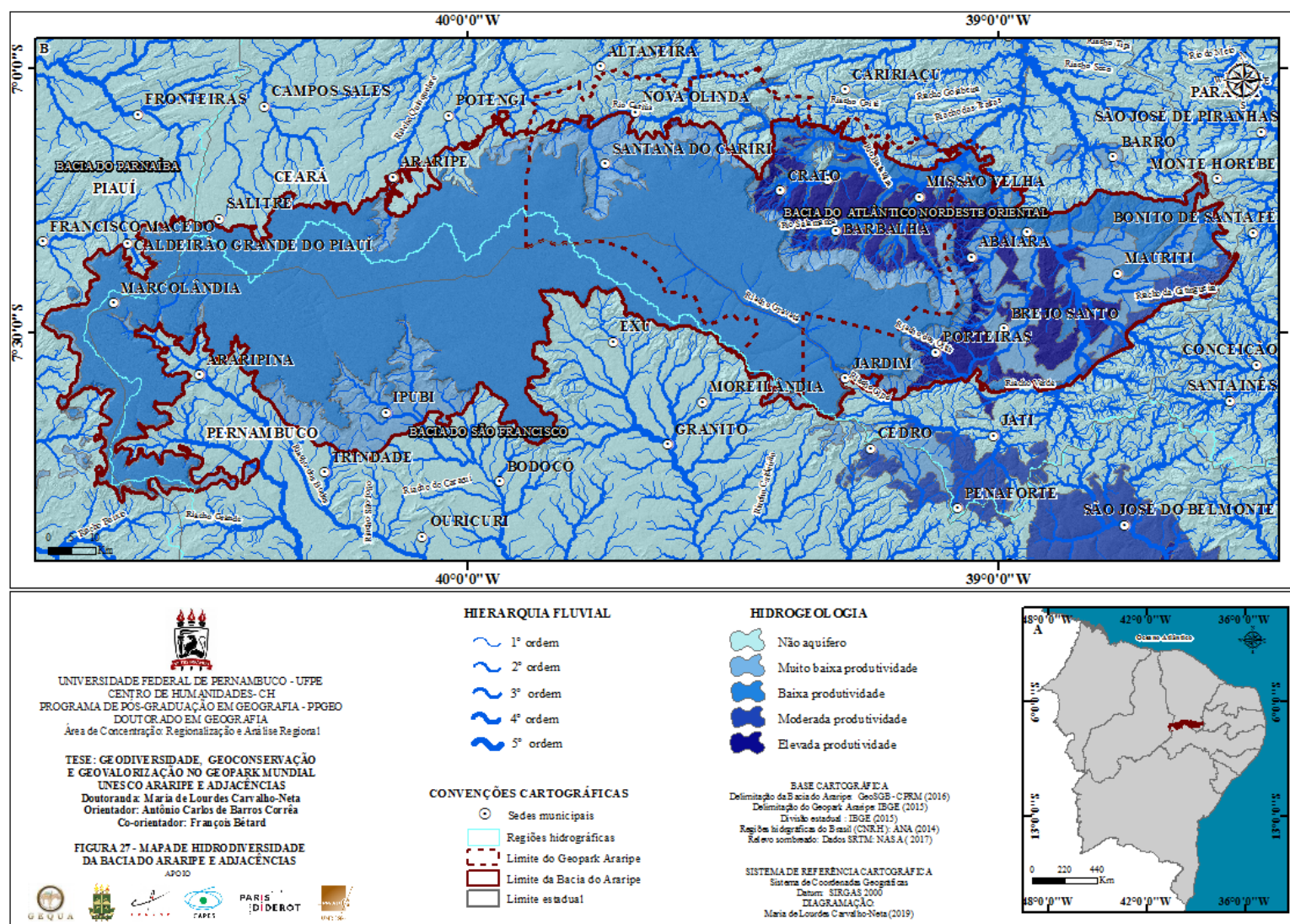
A diversidade hidrológica do Araripe (ou hidrodiversidade) refere-se à variedade de recursos hídricos, tanto superficiais, quanto das suas potencialidades subterrâneas. Sobre isso, Brandrão (2014) aponta que os recursos hídricos, sejam eles superficiais e/ou subterrâneos, dependem dos fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos. Dessa forma, pode-se afirmar que as características de hidrodiversidade dependem da diversidade geológica e geomorfológica. A bacia sedimentar do Araripe, situada entre as bacias hidrográficas do Jaguaribe (norte), São Francisco (sul) e do Parnaíba (oeste), exibe diferentes elementos de águas superficiais devido à geologia variada e às condições geomorfológicas e climáticas contrastantes, contribuindo para a sua alta geodiversidade intrínseca (BÉTARD et al, 2018).

É importante salientar que a hidrologia só foi considerada como elemento integrador da geodiversidade por Gray, em 2013. Publicações anteriores negligenciavam a importância desta para a configuração abiótica. A figura 27 ilustra a hidrodiversidade do recorte.

Outra unidade geomorfológica associada ao planalto sedimentar do Araripe é a encosta ou vertente. A literatura, de maneira geral, sugere a divisão em média e baixa encostas. Não se considerou essa divisão. A unidade está circunscrita entre as altitudes de 550m (em alguns setores até 450m) até o limite com a escarpa rochosa. O recuo dessas vertentes ocorre por erosão regressiva, como indica Ribeiro (2012; 2014) isso se dá através de processos de intemperismo físico-químico provocando o fraturamento na face rochosa das escarpas. O material desagregado é evacuado por processos de transporte e as vertentes íngremes recuam, paralelamente.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a RH do Parnaíba ocupa 3,9% do território brasileiro, abrangendo os Estados do Ceará, Piauí e Maranhão. Em grande parte localizada no semiárido brasileiro, é caracterizada pela intermitência das chuvas, com precipitação média anual muito abaixo da média nacional. O principal uso da água na região é a irrigação. A área de pesquisa abrange parcela da unidade hidrográfica Parnaíba Médio, que apresenta quase totalidade do seu território associada ao Semiárido. A RH do São Francisco ocupa 7,5% do território brasileiro, abrangendo os estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal. A precipitação média anual nesta RH é muito abaixo da média nacional, apresentando frequentes situações de escassez de água. A Unidade hidrográfica desta RH identificada na área de estudo é a São Francisco Submédio. A RH do Atlântico Nordeste Oriental abrange os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do

Figura 27 - Mapa de hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, ocupando 3,4% do território nacional. A densidade demográfica desta região é cerca de 4 vezes maior do que a média brasileira. Quase a totalidade de sua área pertence ao Semiárido Brasileiro, caracterizada por apresentar períodos de estiagens prolongadas e temperaturas elevadas durante todo o ano, sendo a RH com a menor disponibilidade hídrica do Brasil. As unidades hidrográficas representadas no recorte de pesquisa são Jaguaribe e Piranhas (ANA, 2015).

Considerando que apenas os fluxos efêmeros limitam-se à Cimeira do planalto (Formação Exu), incluindo a sua borda do nordeste com o clima mais úmido (> 1.000 mm), muitos rios da depressão periférica ou do Cariri (sub-bacia do rio Salgado) são rios perenes ou semiperenes alimentados pelas numerosas fontes, localizados na base da escarpa de arenito (BÉTARD et al, 2018).

Tratando-se do padrão de drenagem dos cursos fluviais, identificam-se, principalmente rios e riachos intermitentes, ou seja, cursos d'água que escoam durante a estação chuvosa e secam nas estiagens. No entanto, existem também cursos fluviais perenes (ou perenizados), isto é, que contêm água durante todo o tempo. São comuns também os cursos fluviais efêmeros ou temporários, que existem apenas durante ou imediatamente após os períodos de precipitações.

Os cursos fluviais identificados foram hierarquizados a partir da proposta de Strahler (1952). Esta hierarquização reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia hidrográfica. Dentre os principais cursos fluviais do recorte, destacamos os riachos: da Brígida, Caraíba, São Pedro, Brejinho, Conceição, Espírito Santo, dos Bodes, das Tabocas, do Quixabá, Jardim, dos Porcos, Brejo Grande, Curimatã, das Favelas; e os rios: Pajeú, Cariús e Salgado.

Ao analisarmos os padrões de drenagem preponderantes, não podemos esquecer que a rede de drenagem apresenta configurações ou arranjos espaciais dos canais fluviais que refletem a estrutura geológica e a evolução morfogenética da região (MACHADO, TORRES, 2013). No setor da RH do Parnaíba, observa-se um padrão quase paralelo. Na RH do São Francisco, prevalece o padrão dendrítico ou arborescente que predomina em todo setor Sul da área de pesquisa. Na RH do Atlântico Nordeste Oriental identifica-se os padrões dendrítico e de treliça. Como afirma Bétard et al (2018), observa-se forte diferença em termos de densidade de drenagem entre a cobertura de arenito poroso (Formação Exu) e as rochas menos permeáveis da bacia sedimentar e da superfície cristalina, onde se configura uma densa rede de rios intermitentes todas as ordens de rios.

Ribeiro (2012; 2014) indica que pesquisas têm demonstrado que uma das características das chuvas no recorte é a alta intensidade, ou seja, uma alta taxa de descarga pluvial em um curto período de tempo. Esse tipo de precipitação influi diretamente na morfogênese do relevo, sendo a alteração pela erosão proporcional ao grau de proteção do solo propiciado pelas diferentes classes de vegetação e seu adensamento, gerando formas de relevo marcadas pela presença de superfícies aplainadas associadas à *inselbergs*, relevos residuais rochosos.

Observa-se que o escoamento superficial praticamente não existe no Planalto Sedimentar do Araripe devido à alta permoporosidade das rochas da Formação Exu. Nos patamares, sobretudo do setor leste do planalto, uma elevada concentração de fontes perenes e sazonais e de nascentes fluviais, contribui para o espraçamento de vales fluviais que convergem para a área úmida do Cariri cearense. Como aponta Mendonça (2001), devido ao suave mergulho da estrutura geológica, o fluxo principal da água subterrânea ocorre no sentido norte ou nordeste, levando à ocorrência da maioria das fontes para a vertente Norte do setor oriental.

Neste ambiente semiárido com baixa e irregular pluviosidade (400-800 mm), a multiplicação de pequenos reservatórios artificiais (açudes) é um fator humano de aumento da hidrodiversidade de forma intrínseca. Concebido como estratégias de captação de água para mitigar os efeitos de secas recorrentes sobre a agricultura, muitas barragens e açudes integram a paisagem do interior Nordeste brasileiro, sendo considerada indissociável de sua geodiversidade atual (BÉTARD et al, 2018).

Complementando a hidrodiversidade da área, destaca-se que no Ceará, está em implantação o Cinturão das Águas (CAC), que se constitui como um grande sistema gravitatório de canais. Origina-se praticamente no início do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional–PISF no Ceará, em Jati. Permitirá a adução das águas transpostas para a maioria do território cearense, incluindo as regiões mais secas do estado e as com potencial turístico e econômico (ANA, 2015).

Bétard et al (2018) destacam ainda a existência de paisagens hidrográficas impressionantes, tais como a cascata e o cânion do Batateiras e a cachoeira de Missão Velha. A ponte natural ao longo de um riacho intermitente - a Ponte de Pedra e os micro-cânions ativos à montante do rio Salamanca (sudoeste de Barbalha). Devido à raridade dessas características hidrológicas no Nordeste do Brasil, elas podem ser consideradas como elementos de hidrodiversidade extrínseca.

4.3.1 Diversidade Hidrogeológica da bacia do Araripe e adjacências

No contexto da região Nordeste, como expõe Rebouças (1997) diferenciam-se duas situações hidrogeológicas distintas, de extensões semelhantes: 1. O domínio das rochas do substrato geológico cristalino Pré-cambriano, praticamente impermeável e sub-aflorantes; e 2. O das rochas sedimentares, cujas idades vão do Siluriano ao Terciário, nas quais ocorrem importantes horizontes aquíferos, abrangendo principalmente o estado do Maranhão, 80% do Piauí e cerca de metade dos estados do Rio Grande do Norte e da Bahia (REBOUÇAS, 1997).

No tocante ao recorte de estudo, como mencionado do item que trata da diversidade geológica, são identificadas rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. A cobertura sedimentar da bacia do Araripe apresenta uma diversificação litológica caracterizada por sequências alternadas de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, podendo alcançar uma espessura total da ordem de 1.600 m (AGUIAR et al, 2012). Cada um desses tipos de rochas se comporta de uma dada maneira no que concerne à hidrogeologia.

Ao tratar das potencialidades hidrogeológicas dos diferentes tipos de rocha, Peixinho e Feitosa (2008) nos esclarecem que nas rochas cristalinas, onde não existe porosidade primária, a água se acumula nos espaços vazios gerados por fraturas, descontinuidades e dissolução da rocha. Nestes, formam-se aquíferos que variam de baixa a alta potencialidade, em função da limitação do tamanho e descontinuidade dos reservatórios.

No domínio das rochas sedimentares, onde as formações geológicas apresentam porosidade primária intergranular, a água preenche os poros em toda a extensão de ocorrência da rocha, formando grandes aquíferos regionais. Sendo nestes onde se armazena a quase totalidade dos cerca de 10 milhões de km³ de água subterrânea existentes na Terra.

Sobre a disponibilidade de águas subterrâneas no semiárido do Nordeste brasileiro, a ANA (2015) destaca que são áreas de fraco potencial hidrogeológico, tendo em vista a grande presença do embasamento cristalino. Em alguns locais, a produtividade dos poços apresenta vazões muito baixas (inferiores a 3 m³/h) e constata-se elevada salinidade. Em um número considerável de pequenas comunidades, os poços constituem a única fonte de abastecimento disponível. No entanto, como aponta Aguiar et al (2012), na região da bacia do Araripe, o recurso hídrico subterrâneo é a mais importante fonte de água potável para abastecimento público e privado, bem como para inúmeras atividades, tais como práticas agrícolas, industriais e de lazer.

Em se tratando da qualidade dessas águas, no domínio de rochas cristalinas, essa está intimamente associada ao clima, apresentando, em geral, alta salinidade nas regiões

semiáridas e, geralmente, água com teores elevados de carbonatos/bicarbonatos nos calcários. No contexto das rochas sedimentares, em geral, a água apresenta uma boa qualidade físico-química, com baixos teores de sólidos totais dissolvidos. (PEIXINHO; FEITOSA, 2008). O quadro 3 sintetiza a relação entre a litologia e a potencialidade hidrogeológica (CPRM, 2014).

Quadro 3 - Potencial hidrogeológico relacionado à litologia

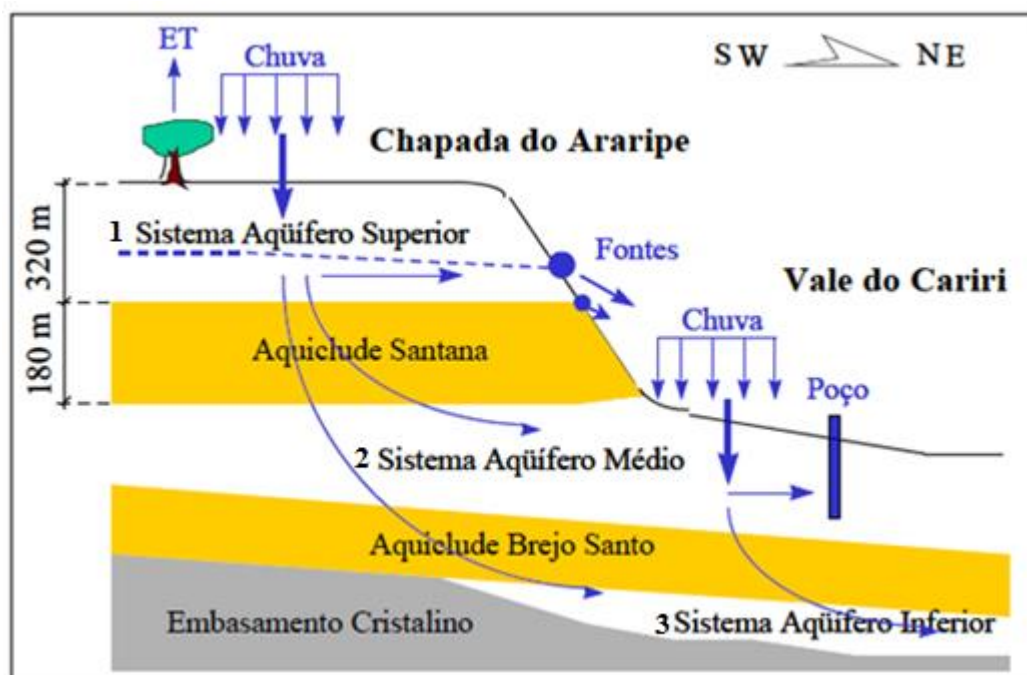
NOME	COMPOSIÇÃO	POTENCIALIDADE
Embasamento Fraturado Indiferenciado	Granitóide, vulcânica, metavulcânica, metassedimento, gnaiss, migmatito, granulito, xisto e quartzito	Pouco Produtiva ou Não aquífera
Formação Brejo Santo	Calcário, folhelho, marga e arenito	Pouco Produtiva ou Não aquífera
Formação Exu	Arenito, siltito e conglomerado	Geralmente muito baixa, porém localmente baixa
Formação Mauriti	Arenito, conglomerado, folhelho e siltito	Geralmente baixa, porém localmente moderada
Formação Missão Velha	Arenito, siltito, calcário e folhelho	Alta
Formação Santana	Calcilutito e marga	Pouco Produtiva ou Não aquífera
Grupo Orós, unidade carbonática	Calcário	Pouco Produtiva ou Não aquífera
Grupo Serra Grande	Arenito fino a grosseiro e conglomerado	Geralmente muito baixa, porém localmente baixa

Fonte: Organizado pela autora com base em CPRM (2014).

Conforme a CPRM (2014) e ilustrado no quadro 3, tem-se: o embasamento cristalino margeia toda a bacia sedimentar do Araripe e ocupa uma grande dimensão do recorte de pesquisa, formado por uma associação de granitóides, rochas vulcânicas, metavulcânicas, metassedimentos, gnaisses, migmatitos, granulitos, xistos e quartzitos. Esta unidade e o Grupo Orós, que se trata de uma unidade carbonática, é considerada de pouca potencialidade ou não aquífera. O Grupo Serra Grande, unidade formada por arenitos de finos a grosseiros e conglomerados aflorantes no extremo oeste da área de pesquisa é considerado como de baixa potencialidade hidrogeológica. A Formação Santana, constituída por calcilutitos e margas, é considerada como pouco produtiva ou não aquífera. Igualmente, a Formação Brejo Santo, formada por calcários, folhelhos, margas e arenitos apresenta pouca potencialidade hidrogeológica. A Formação Exu, composta por arenitos, siltitos e conglomerados, apresenta produtividade baixa. A Formação Mauriti, que engloba arenitos, conglomerados, folhelhos e siltitos, possui produtividade moderada. Já a Formação Missão Velha, composta por arenitos, siltitos, calcário e folhelhos apresenta produtividade alta (CPRM, 2014).

Especificamente sobre os sistemas aquíferos, Veríssimo et al (2007), apontam que o setor leste do recorte de estudo engloba o mais importante sistema aquífero do Estado do Ceará, com as melhores unidades armazenadoras de águas subterrâneas, representadas por três sistemas (figura 28): 1. sistema aquífero superior constituído pelas Formações Exu e Arajara (seção inferior da Formação Exu), com cerca de 320m de espessura; 2. sistema aquífero médio representado pelas Formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha – com espessura estimada em 500m; e 3. sistema aquífero inferior, contendo a base da Formação Brejo Santo além da Formação Mauriti, com espessura entre 60m e 100m (MONT'ALVERNE et al, 1996; MENDONÇA, 2001 ; FEITOSA et al, 2008). Entre esses sistemas aquíferos, destacam-se ainda os aquícludes (ou aquícludos) - formação em que a possibilidade de se encontrar água é grande, mas é incapaz de transmiti-la em condições naturais (CPRM, 2018), são eles: Santana – aproximadamente 180 m de espessura (entre aquíferos superior e médio) e o Brejo Santo – em torno de 400 m de espessura.

Figura 28 - Esboço esquemático dos sistemas aquíferos do Planalto do Araripe



Fonte: Mendonça (2001).

Mendonça (2001) expõe o funcionamento do conjunto desses sistemas aquíferos no planalto sedimentar do Araripe (Figura 28): com a precipitação e, descartando-se o escoamento superficial, parcela é interceptada pelas folhas da vegetação contribuindo para a evaporação e para a evapotranspiração (ET). A maior parcela chega à superfície do solo onde

infiltra rapidamente. Grande parte é interceptada pela vegetação, contribuindo para a evapotranspiração. O restante da água percola através da Formação Exu até a interface com a Formação Arajara (trecho inferior da Formação Exu). Devido à descontinuidade da condutividade hidráulica, forma-se nesta interface uma camada saturada. Desta camada surge, na escarpa, um horizonte de fontes. Outra parcela percola a Formação Arajara e acumula, igualmente pela mudança brusca da condutividade hidráulica, na interface com o aquíclode Santana, formando um segundo horizonte de fontes na interface destas duas formações. Uma pequena fração da água acumulada na camada saturada do sistema aquífero superior percola, apesar da baixa condutividade hidráulica primária do aquíclode Santana, alimentando os Sistemas Aquíferos Médio e Inferior do Vale do Cariri. Esse contexto colabora para a alta hidrodiversidade da área.

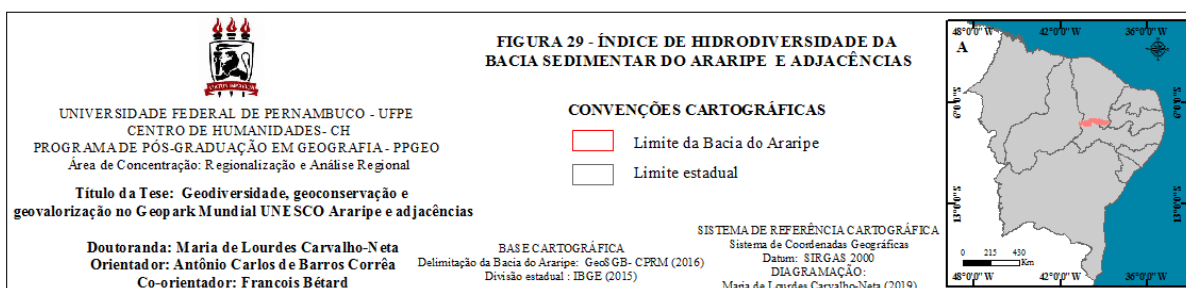
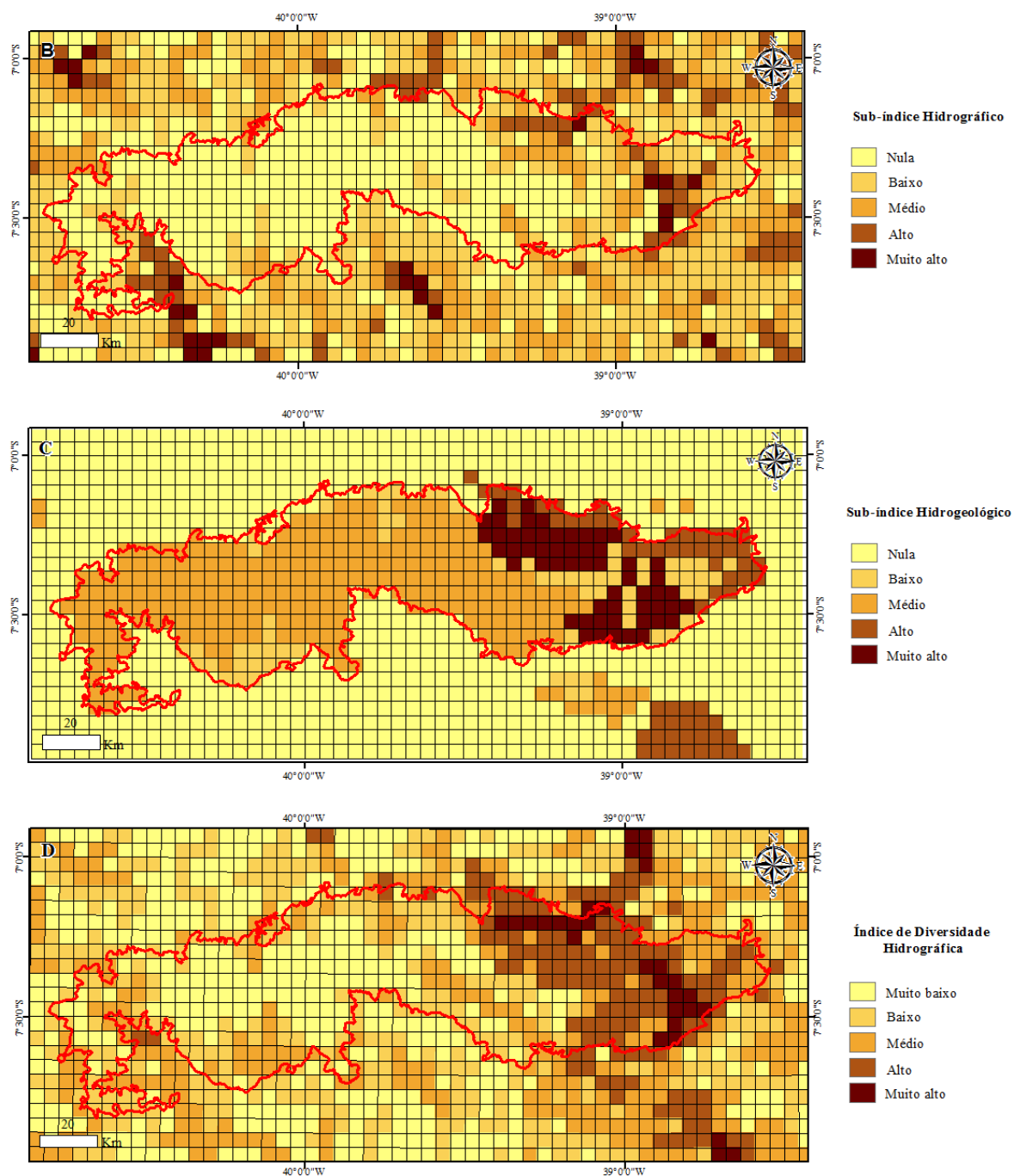
4.3.2 Índice de hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

A figura 29 representa o índice de hidrodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências. As bases utilizadas para este elemento são o mapeamento contínuo (BC250 - IBGE) na escala 1:250.000 e o mapa hidrogeológico do Brasil (2015), com escala 1:1.000.000. Como foi aludido anteriormente, para o cálculo do índice de geodiversidade hidrológica, considera-se tanto a rede hidrográfica superficial, bem como as potencialidades de águas subterrâneas (Tabela 3). Os cursos fluviais foram hierarquizados a partir da proposta de Strahler (1952). Essa hierarquização foi essencial para o cálculo do subíndice da diversidade hidrológica.

A partir da hierarquização, mapearam-se rios de 1ª a 5ª ordem. Seguindo a metodologia de Bétard (2017) o valor atribuído ao curso fluvial tem relação direta com esta hierarquia. Para este elemento, definiram-se 6 classes. O valor zero foi atribuído às células onde inexiste algum curso hídrico. As células onde existem recursos foram organizadas em 5 classes, da seguinte forma: os rios de primeira ordem foram considerados de muito baixa diversidade. Os de 2ª ordem compuseram a baixa diversidade. Os cursos fluviais de ordem 3 são de média diversidade. Os de alta diversidade são de 4ª ordem. E, os de muito alta diversidade são os rios hierarquizados como de 5ª ordem.

Dentre os principais cursos fluviais que drenam o recorte, destacam-se: Rio Salgado, das Cuncas, Batateiras, Cariús, Riacho dos Porcos e Salamanca. A área é ainda drenada por inúmeros riachos e córregos.

Figura 29 - Índice de hidrodiversidade da bacia do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Para o cálculo do subíndice de hidrogeologia, foram atribuídos valores variando de 1 (muito baixa) a 5 (produtividade muito alta). O valor 1 (um) foi designado às coberturas cristalinas, 2 para as coberturas sedimentares pouco produtivas ou não aquíferas da Formação Santana e Brejo Santo; o valor 3, para as coberturas sedimentares da Exu, tidas como produtivamente baixa, porém localmente baixa; o Valor 4 foi atribuído à Formação Mauriti e, à Formação Missão velha, de produtividade alta, foi atribuído o valor 5.

Tratando da hidrogeologia, têm-se a baixa potencialidade do setor de terreno cristalino e da Formação Santana. No entanto, grande parte do recorte apresenta o mais importante sistema aquífero do Nordeste do Brasil, o aquífero Missão Velha, com as melhores unidades armazenadoras de águas subterrâneas do Estado do Ceará (VERÍSSIMO *et al*, 2007).

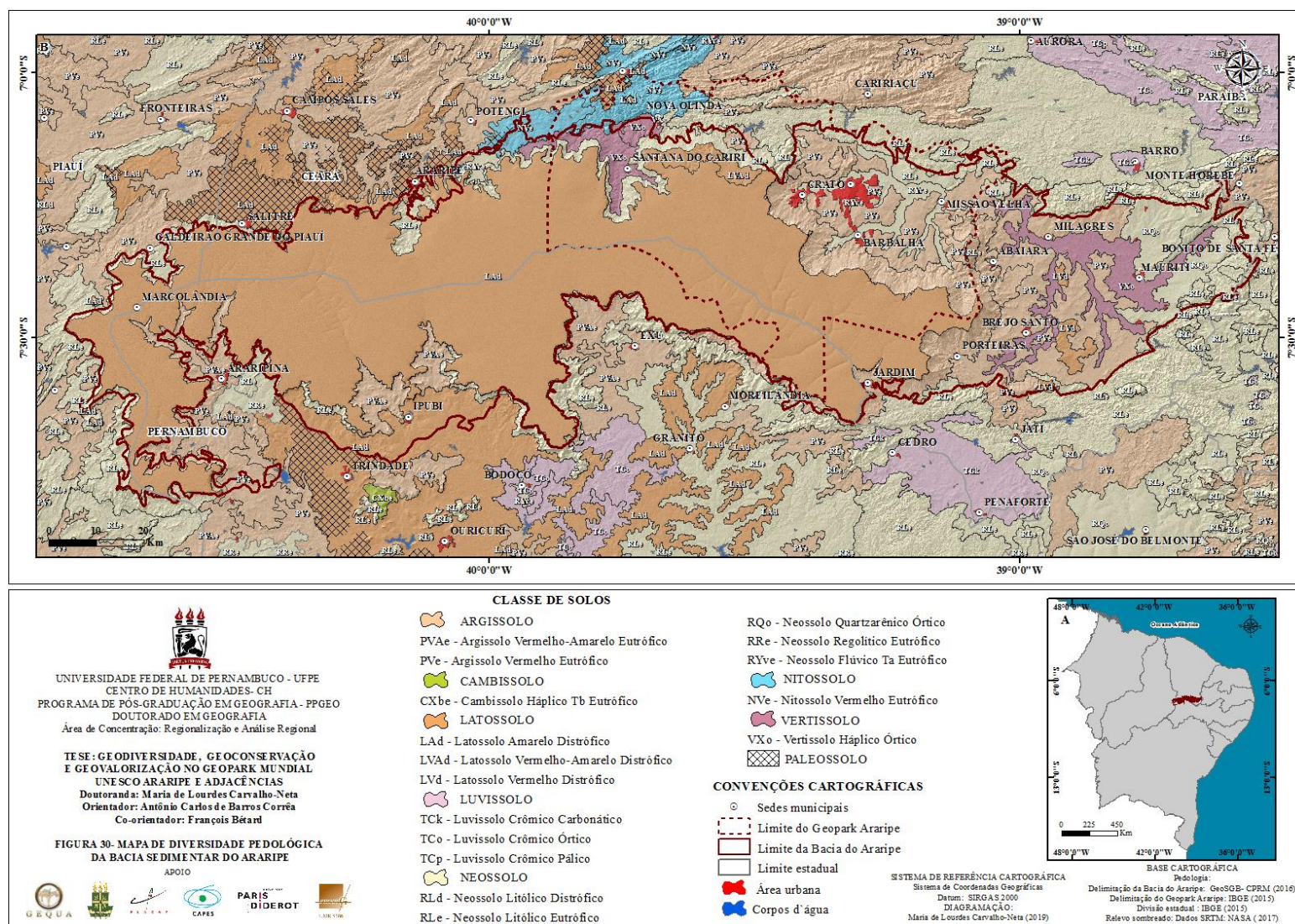
Como pode se observar na figura 29, a seção mais a leste do recorte de estudo, abrangendo parte do Cariri cearense e o Geopark Araripe, é o setor de mais ampla hidrodiversidade. Tal diversidade é justificada pela presença de inúmeros rios e riachos, assim como a concentração dos de maior importância (maior hierarquia, na classificação de Strahler), bem como pela presença do aquífero Missão Velha. Reforça-se que a ampla diversidade do Geopark Araripe também é hidrológica e, não apenas geológica e, sobretudo, paleontológica como foi mostrada ao longo dos anos.

4.4 A Pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Igualmente como o conceito de geomorfodiversidade, a pedodiversidade (ou diversidade de solo) pode ser considerada como um subconjunto de geodiversidade. (BÉTARD *et al*, 2018). Ibañez *et al* (1995) indicam tratar-se de um inventário das várias entidades pedológicas discretas e a análise de seus padrões espaciais e temporais. A dimensão temporal significa que ela inclui implicitamente o inventário de legados pedológicos, ou seja, paleossolos, e os processos pedogênicos que os originaram.

A figura 30 ilustra a diversidade pedológica da bacia sedimentar do Araripe e adjacências. A caracterização da diversidade pedológica se deu a partir da riqueza/diversidade das classes de solos do Mapa da Folha Jaguaribe - SB.24. Segundo o IBGE, foi realizada a atualização das informações do mapeamento realizado pelo projeto RADAMBRASIL, seguindo as normas do Manual Técnico de Pedologia (IBGE,

Figura 30 - Mapa de diversidade pedológica da bacia sedimentar do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

2007), acrescida da ocorrência de paleossolos, orientada pelas informações apresentadas por Cordeiro, Bastos e Maia (2018) e Peulvast e Bétard (2015), que identificaram áreas com presença de crostas lateríticas.

4.4.1 Diversidade pedológica da bacia sedimentar do Araripe

Como visto na figura 30, constata-se uma grande variedade de solos existente no recorte. Tal diversidade é representada pela identificação das seguintes ordens/classes de solos: Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos e Vertissolos. A caracterização apresentada na sequência se baseia nas informações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al, 2013). Bétard et al (2017), apontam que a enorme diversidade de propriedades do solo reflete uma grande variedade de processos pedogênicos atuando nas diferentes configurações geológicas, geomorfológicas e bioclimáticas que caracterizam a bacia do Araripe e adjacências.

Os Argissolos são desenvolvidos sobre rochas sedimentares referentes às Formações Santana e Mauriti e também Xistos, Gnaisses e Migmatitos referentes ao Pré-Cambriano. Trata-se de solos com elevado potencial agrícola, com bons atributos físicos e morfológicos para a agricultura, mas têm alta susceptibilidade à erosão. Compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Possuem profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. São de forte a moderadamente ácidos. Na área de pesquisa identificam-se Argissolos Vermelho - PV e Argissolos Vermelho-Amarelo - PVA.

Os Cambissolos, com baixa representatividade no recorte de pesquisa, tratam-se de solos em geral de pequena profundidade, elevado teor de minerais primários (minerais herdados da rocha), presença significativa de fragmentos de rocha na massa do solo e outros indícios do intemperismo incipiente do solo.

Os Latossolos apresentam boa expressão geográfica no planalto do Araripe, sendo desenvolvidos predominantemente nas Formações Exu e Missão Velha. Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200cm a partir da superfície ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. Trata-se de solos em avançado estágio de intemperização, como resultado de transformações no material constitutivo. Normalmente

são muito profundos e ocorrem em relevo plano e suave ondulado. No recorte, está representado pelo Latossolo Amarelo – LA e Vermelho-Amarelo – LVA. Os Latossolos da Chapada do Araripe são profundos, de baixa fertilidade natural, em geral, arenosos e muito bem drenados.

Os Luvisolos ocupam vastas áreas da depressão sertaneja, estando associados, geralmente a relevo suave ondulado. Desenvolvem-se, principalmente, a partir de rochas dos tipos gnaisses e migmatitos (Pré-cambrianos). Trata-se de solos férteis, moderadamente ácidos a praticamente neutros. Segundo Bétard et al (2018), esses Luvisolos Crômicos formaram-se tipicamente acima de manto fino de intemperismo (“arena”), desenvolvidos a partir de rochas cristalinas, sob condições pedoclimáticas de drenagem baixa.

Os Neossolos, bastante representativos no contexto da depressão sertaneja e da depressão periférica, compreendem solos constituídos por material mineral, por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio insumo de origem (como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica), seja em razão da influencia dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos. São representados pelos Neossolo Litólico – RL, Neossolo Quartzarênico – RQ e Neossolos Flúvicos – RY.

Os Neossolo Litólicos-RL apresentam um conjunto de atributos restritivos ao uso agrícola que ainda são agravados pelo déficit hídrico regional e pela má distribuição das chuvas. O material de origem dos Neossolo Quatzarênicos-RQ, na região, está correlacionado com arenitos ou com sedimentos arenoquartzosos de coberturas cenozóicas. Os Neossolo Flúvicos–RY restringem-se às faixas de deposições junto às margens dos cursos d’água, e estão intensamente cultivados.

Os *Nitossolos* em geral possuem média a alta fertilidade natural, boas condições físicas, bem drenados e sem maiores restrições quanto ao uso de máquinas agrícolas nas áreas de relevo menos acidentado. Apresenta baixa susceptibilidade á erosão, principalmente quando em relevo plano e suave ondulado. A principal limitação quanto ao uso agrícola decorre do elevado déficit hídrico nas áreas onde ocorrem. Atualmente estão bastante cultivados com culturas de ciclo longo e curto, observando-se em alguns trechos, sinais de degradação devido ao uso das terras sem práticas conservacionistas, principalmente quando em relevos mais declivosos. Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa desde a superfície do solo, estrutura em

blocos subangulares ou angulares ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou superfícies de compreensão nas faces dos agregados e/ou caráter retrátil. No setor de estudo, identificou-se Nitossolo Vermelho – NV nas proximidades de Santana do Cariri.

Os Vertissolos compreendem solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, nunca suficiente para caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo. São solos desenvolvidos normalmente em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com predomínio de materiais de granulometria fina e com altos teores de cálcio e magnésio ou ainda são diretamente desenvolvidos de rochas básicas ricas em cálcio e magnésio. Ocorrem distribuídos em diversos climas, dos mais úmidos (mas com estação seca definida) aos mais secos, tendo grande expressão nas bacias sedimentares da região semiárida do Nordeste brasileiro. Quanto ao relevo, estes solos se distribuem em áreas planas ou suave onduladas e, menos frequentemente, sobre encostas e topos de serras ou serrotes. Os Vertissolo Háplicos-VX, identificados na área de estudo, são solos bastante susceptíveis a erosão. Apresentam drenagem imperfeita, com lenta a muito lenta permeabilidade, sendo, portanto, solos bastante susceptíveis à erosão (FUNCEME, 2012).

4.4.2 Ocorrência de Paleossolos nas áreas adjacentes a bacia sedimentar do Araripe

Para a caracterização da pedodiversidade do recorte, levou-se em consideração, ainda, a ocorrência de paleossolos. Um paleossolo é definido como um solo que se formou em uma paisagem do passado (RESTALLACK, 2001). É resultado de condições ambientais pretéritas (LADEIRA, 2010). Eles registram evidências da alteração física, química ou biológica de um material preexistente para uma forma mais estável do intemperismo. Trata-se de registros valiosos de paleoambiente(s) e paleoclima(s) (STINCHCOMB, 2014).

Neste contexto, consideraram-se os locais com ocorrências de crostas lateríticas, considerados como marcadores confiáveis na reconstrução de histórias de denudação e podem ser facilmente correlacionados com paleoclimáticas regionais (TARDY; ROQUIN, 1998 *apud* BÉTARD et al, 2018).

Cordeiro, Bastos e Maia (2017) ao falar das coberturas ferruginosas, partilham da ideia de Peulvast e Bétard (2015) de que foram formadas no Eoceno (~56-34 Ma), resultante do acentuado intemperismo químico ao qual toda a região Nordeste foi submetida durante o

Paleógeno (~63-23 Ma) e, menos intensamente no Neógeno (~23-2,5 Ma). Muitos deles são verdadeiras lateritas *autóctones*, diretamente desenvolvidas a partir das rochas cristalinas pré-cambrianas da superfície, como indicado pela observação de veios de quartzo preservados através dos horizontes crocecionados/endurecidos. Com espessuras superiores a 20-30 metros, os perfis lateríticos compreendem um horizonte lateritizado superior de *carapaça* sobre uma saprolita friável, caulínica (BÉTARD et al, 2018).

Os solos lateríticos, são um grupo zonal de solos que surgem nas regiões intertropicais de clima úmido com estações alternadas. O solo adquire uma coloração avermelhada por causa da concentração do ferro e da lixiviação das bases trocáveis, tornando-o ácido. O processo de laterização consiste numa meteorização intensa do solo ou rocha, com a lixiviação de minerais, primários e uma concentração de hidróxidos de alumínio e de ferro, acompanhados ainda dos outros elementos lateríticos, como: óxido de titânio, manganês etc (GUERRA; GUERRA, 2015).

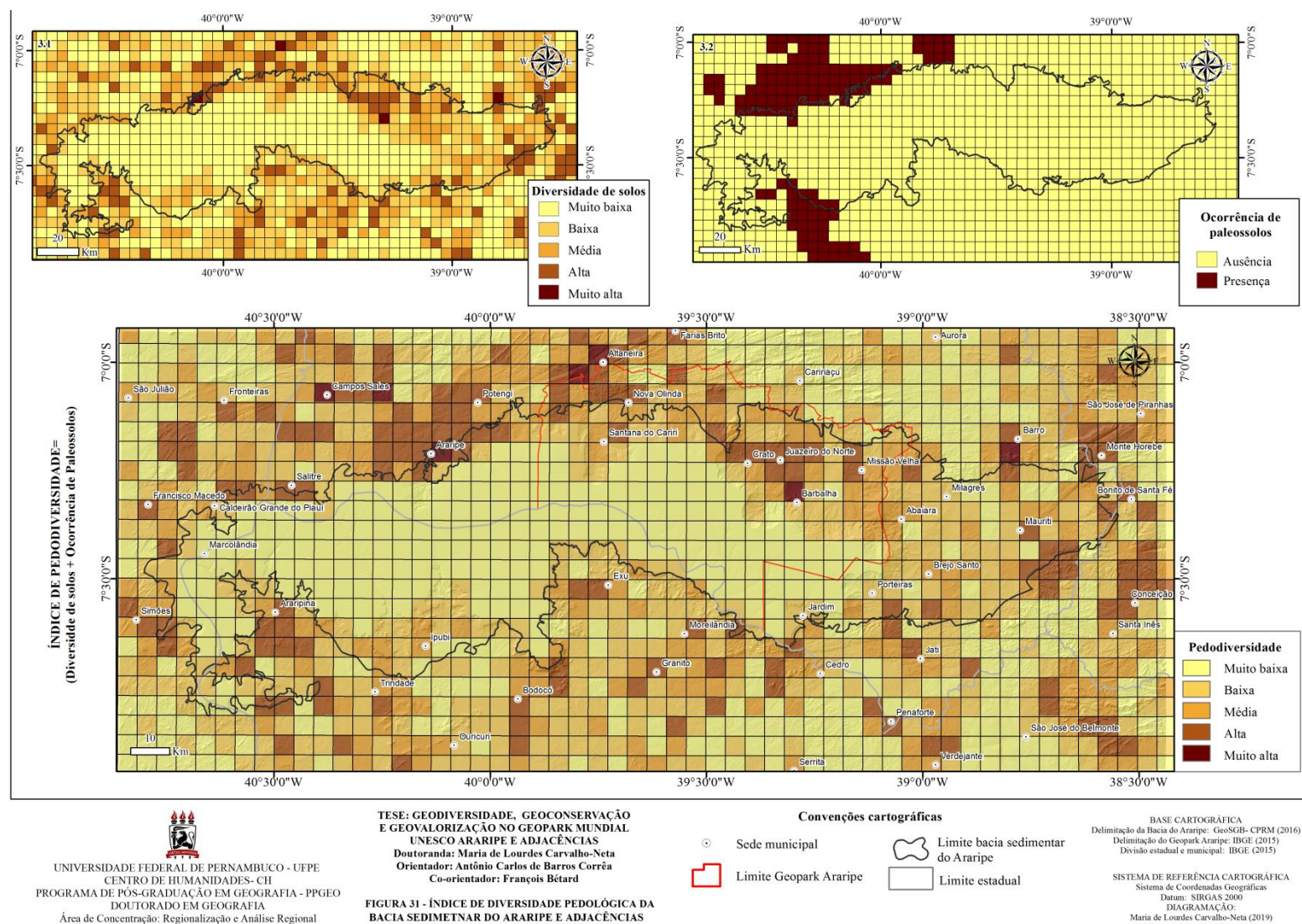
As exposições mais expressivas dos mantos de laterita podem ser observadas, no setor mais setentrional do recorte de pesquisa, sobretudo no setor oeste. São diversos platôs presentes, na porção sudoeste do maciço o Quincuncá, nos arredores do município de Altaneira (CORDEIRO; BASTOS; MAIA, 2017). Esta área de lateritização encontra-se atualmente em grande parte erodida e dissecada pelo atual sistema de drenagem e da antiga frente intemperismo. (BÉTARD et al, 2018). No Nordeste brasileiro, de clima semiárido, é mais difícil se encontrar este tipo de alteração e, por isso mesmo, destaca-se a relevância para a pedodiversidade regional a sua existência/identificação.

4.4.3 Índice de pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

A figura 31 ilustra o índice de pedodiversidade do recorte de pesquisa. Como esclarecido anteriormente, este índice é calculado a partir do somatório da diversidade de classes de solos com a ocorrência de paleossolos.

Ao se tratar do subíndice de classe dos solos, como apresentado no capítulo 3, tem-se a representatividade de sete diferentes classes (Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos e Vertissolos). A diversidade pedológica, calculada seguindo os mesmos parâmetros de geologia e geomorfologia, já apresentados anteriormente, variou de muito baixa a muito alta. A classe de mais baixa diversidade agregou os valores 1 e 2; Os pixels em que foram computadas 3 diferentes subclasses de solos foram considerados de baixa diversidade. Para média, os de valor 4. A alta diversidade foi classificada para os

Figura 31 - Índice de pedodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

valores de 5 a 7 subclasses de solos e de muito alta, os que somaram entre 8 e 10 diferentes subclasses. Cabe, mais uma vez, reforçar que, dependendo da escala/dimensão do pixel adotado e, do detalhamento das bases cartográficas, maior ou menor será esta distinção.

O mapeamento de paleossolos foi orientado pelas informações apresentadas por Cordeiro, Bastos e Maia (2018) e Peulvast e Bétard (2015), que identificaram áreas com presença de coberturas lateríticas. Para os locais com ocorrência de laterita, atribuiu-se o valor um (1) e no caso de ausência, o valor nulo (zero). A ocorrência de laterita vem sendo alvo de estudos como os citados acima, eles não abrangem toda a área do recorte, mas, como Bétard et al (2018) afirmam, sua ocorrência contribui para a alta pedodiversidade da área.

Analizando a figura 31 observa-se que, contrariamente aos elementos anteriores, ao tratar da pedodiversidade, não existe uma concentração de setores de alta e altíssima diversidade no recorte do Geopark Araripe. No contexto do território cearense, destacam-se as proximidades dos municípios de Barro, Altaneira, Salitre e Campos Sales. Os três últimos citados, sendo o alto valor também relacionado à ocorrência de cobertura laterítica. O que é concordante em todos os elementos, tomando esse método de análise, é a baixa diversidade associada ao topo do planalto do Araripe, onde, em relação aos solos, prevalece uma vasta área ocupada por Latossolos.

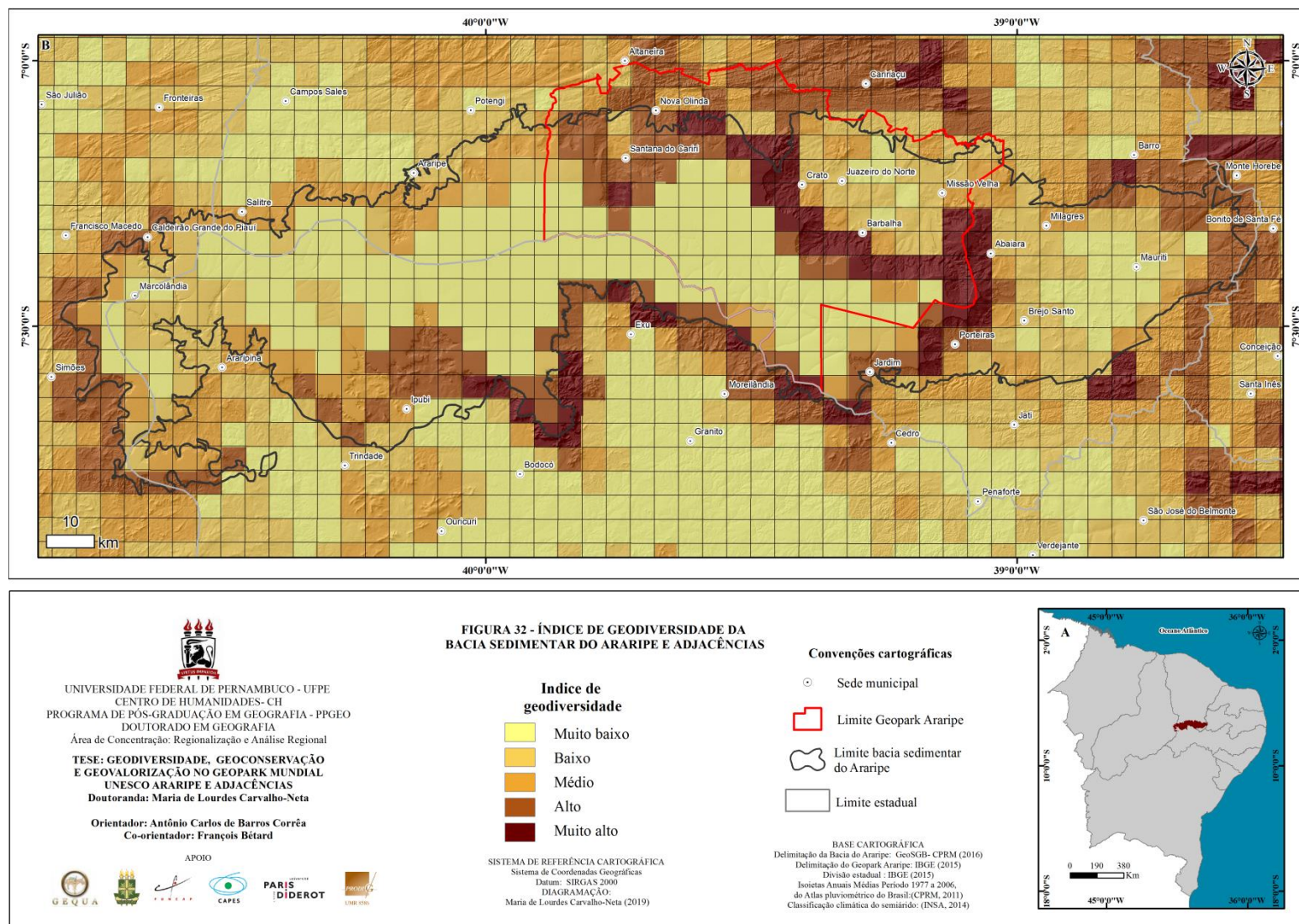
4.5 Índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Apresentados os subíndices de diversidade, partiu-se para o cálculo do índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e áreas adjacentes, ilustrado pela figura 32. O procedimento encerra a aplicação da 1ª etapa da metodologia proposta por Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019).

Como já enunciado, o índice é resultante da soma dos 4 índices parciais (ou subíndices) apresentados anteriormente, a saber: 1 diversidade geológica + 2 geomorfodiversidade + 3 hidrodiversidade + 4 pedodiversidade. Os valores foram reagrupados em cinco (5) classes, variando de muito baixa geodiversidade a muito alta geodiversidade.

Publicações anteriores (BÉTARD, 2017; ARAÚJO e PEREIRA, 2017; BÉTARD e PEULVAST, 2019), já orientavam para a elevada geodiversidade desse recorte, ao apresentarem um mapeamento para a escala do Estado do Ceará. Bétard et al (2018), tratando especificamente do recorte da bacia sedimentar do Araripe, também apontaram nessa linha, no entanto, não apresentaram uma quantificação desta geodiversidade.

Figura 32 - Índice de geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Observa-se na figura 32 que, o índice de muito baixa geodiversidade representa o topo do planalto sedimentar do Araripe apresenta uma vasta área sem grandes variações, seja de geologia, geomorfologia e pedologia. Bem como se caracteriza por apresentar drenagem superficial praticamente inexistente. Esta geodiversidade muito baixa também está presente na parte sul do recorte de pesquisa. Ainda nas proximidades de Campos Sales, identificam-se setores considerados de baixa geodiversidade. E as áreas de média geodiversidade encontram-se, de maneira geral, nos limites das unidades de geodiversidade.

Chama atenção os setores classificados como de alta e muito alta geodiversidade. Percebe-se que grande parte do território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe (seu limite destacado pela linha de cor vermelha) resta, como se poderia imaginar, sobre um dos setores de mais elevada geodiversidade dentro do recorte de estudo. No entanto, vale frisar que este índice elevado não se restringe a este território. Nas proximidades do Geopark UNESCO Araripe, porém fora do seu limite, percebem-se os setores de alta e muito alta geodiversidade nos municípios de Caririaçu e Farias Brito, por exemplo. No extremo leste do recorte, a situação se replica no município de Barro e São Jose de Piranhas.

Constata-se, ainda, que basicamente todo o limite/contato da bacia sedimentar do Araripe apresenta setores de alta e muito alta geodiversidade. Geomorfologicamente, têm-se o contato das unidades cimeira estrutural e a escarpa rochosa. Pela dimensão do pixel representado (5 km x 5 km), essa linha quase contínua também engloba setores da encosta. Destacam-se as proximidades de Exu, Moreilândia, Bodocó e Ipubi, no território Pernambucano. E, ainda no Ceará, têm-se Jardim, Porteiras e Abaiara. Municípios estes que apresentam alguns sítios inventariados pela equipe do Geopark Araripe. Setores do Território piauiense, tais como Simões e Caldeirão Grande do Piauí, também foram classificados como setores de alta geodiversidade.

Ainda sobre o alto índice de geodiversidade nas áreas de escarpa, afloraram rochas de tipos muito variadas (incluindo níveis fossilíferos), portanto, diferentes tipos de solos em condições climáticas que variam de úmido ao semiárido, bem como diferentes aquíferos/aquicludes.

Sobre o índice, cabe apontar que é um parâmetro importante. Estas representações podem ainda ser mais facilmente interpretadas, sejam por geocientistas e/ou não geocientistas. Não é demais esclarecer que, dependendo da escala de trabalho e do nível de detalhamento das bases cartográficas utilizadas, os valores podem ser alterados.

4.6 Ameaças à geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Dando continuidade à análise, parte-se para a 2ª etapa da metodologia proposta por Bétard (2017) e efetuou-se o cálculo do índice de ameaças e o cruzamento deste com o índice de geodiversidade. O índice de ameaças (índice 6) resulta da integração de 3 subíndices: 6.1 subíndice de zonas de proteção; 6.2 subíndice de uso da terra e; 6.3 subíndice de degradação da terra. Primeiramente apresentam-se os mapas bases para o cálculo dos índices (figura 33) e, posteriormente têm-se o mapa do índice de ameaças (figura 34) em si.

O subíndice 6.1 é calculado com base no nível de proteção ambiental da área, ou seja, a partir da delimitação de UC presentes na área. Nesse sentido, cabe esclarecer que, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei 9.985/2000), uma UC trata-se de:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. (SNUC, Lei 9.985, 2000, Capítulo I, Art. 2º, item I).

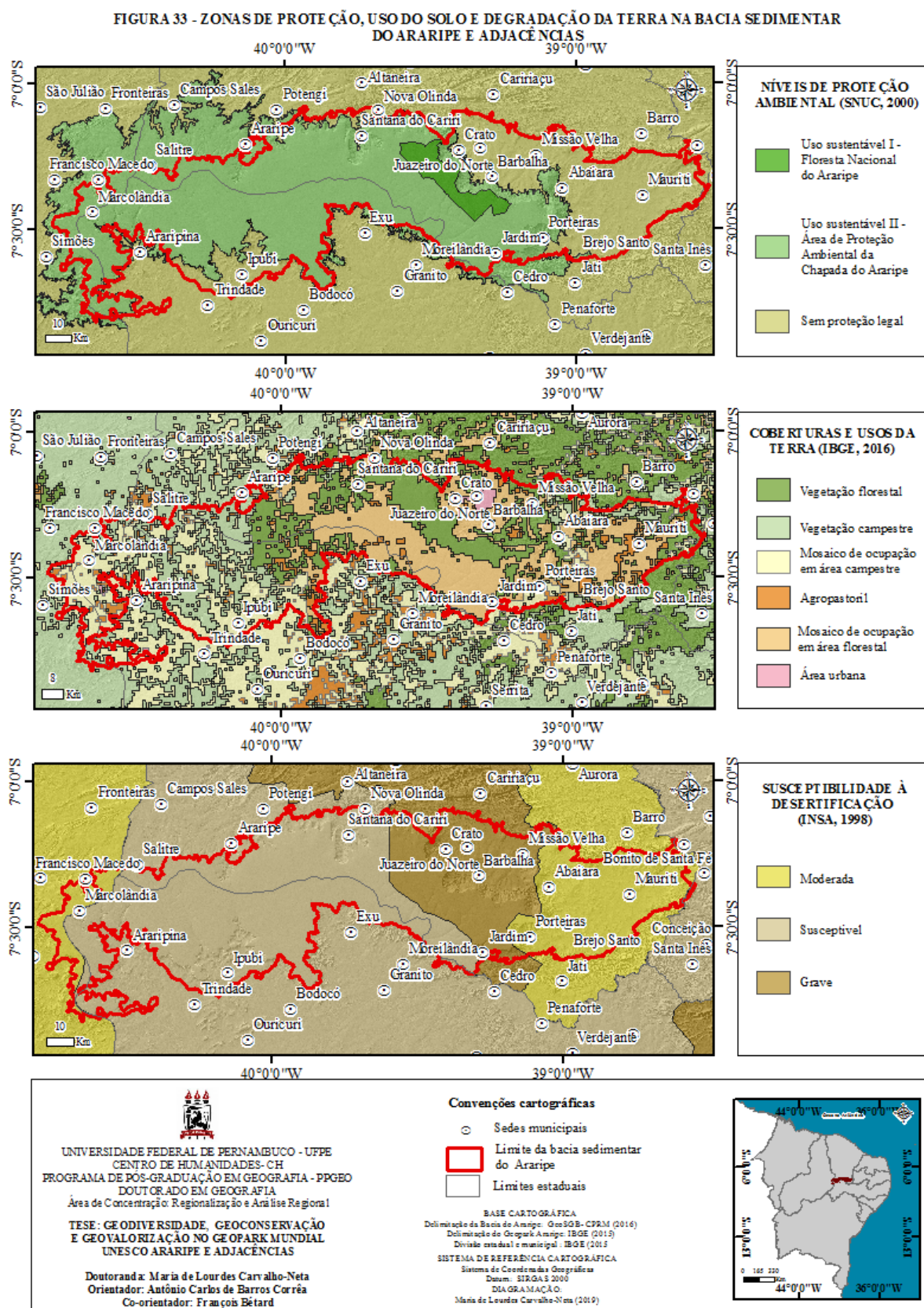
O SNUC é formado pelo conjunto das UC que podem ser federais, estaduais e/ou municipais, e, em caso específico de propriedade privada. De acordo com o disposto nesta Lei, são dois grupos de UC: Proteção Integral e de Uso Sustentável, tendo como objetivos básicos:

(...) das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei. (...) das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. (SNUC, Lei 9.985, 2000, Capítulo III, Art.7º, § 1 e 2).

Mesmo entre as UC de uso sustentável, dependendo de seus objetivos, os usos são mais ou menos restritos. Nesse contexto, definiram-se 3 níveis diferentes de proteção para o recorte em estudo (figura 33):

O nível 1, considerado como um nível de ameaça mais severa, abrangendo as áreas sem nenhuma proteção ambiental definida pela legislação, ou seja, sem nenhuma UC demarcada. O nível 2 considerou os setores com a UC de uso sustentável do tipo Área de Proteção Ambiental, como é o caso da APA da Chapada do Araripe. É importante lembrar que uma APA é formada por terras públicas e privadas e, em geral, trata-se de perigo devido às numerosas ameaças que afetam os diferentes componentes da natureza abiótica.

Figura 33 - Zonas de proteção, uso do solo e degradação da terra na bacia sedimentar do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

uma área extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. (SNUC, Lei 9.985, 2000, Capítulo III, Art.15º).

A APA do Araripe, identificada na figura 34 (subíndice 6.1) pela cor laranja, criada em 1997, é uma vasta área (aproximadamente 972.605,18 hectares), integrando municípios do Estado do Ceará, Pernambuco e Piauí.

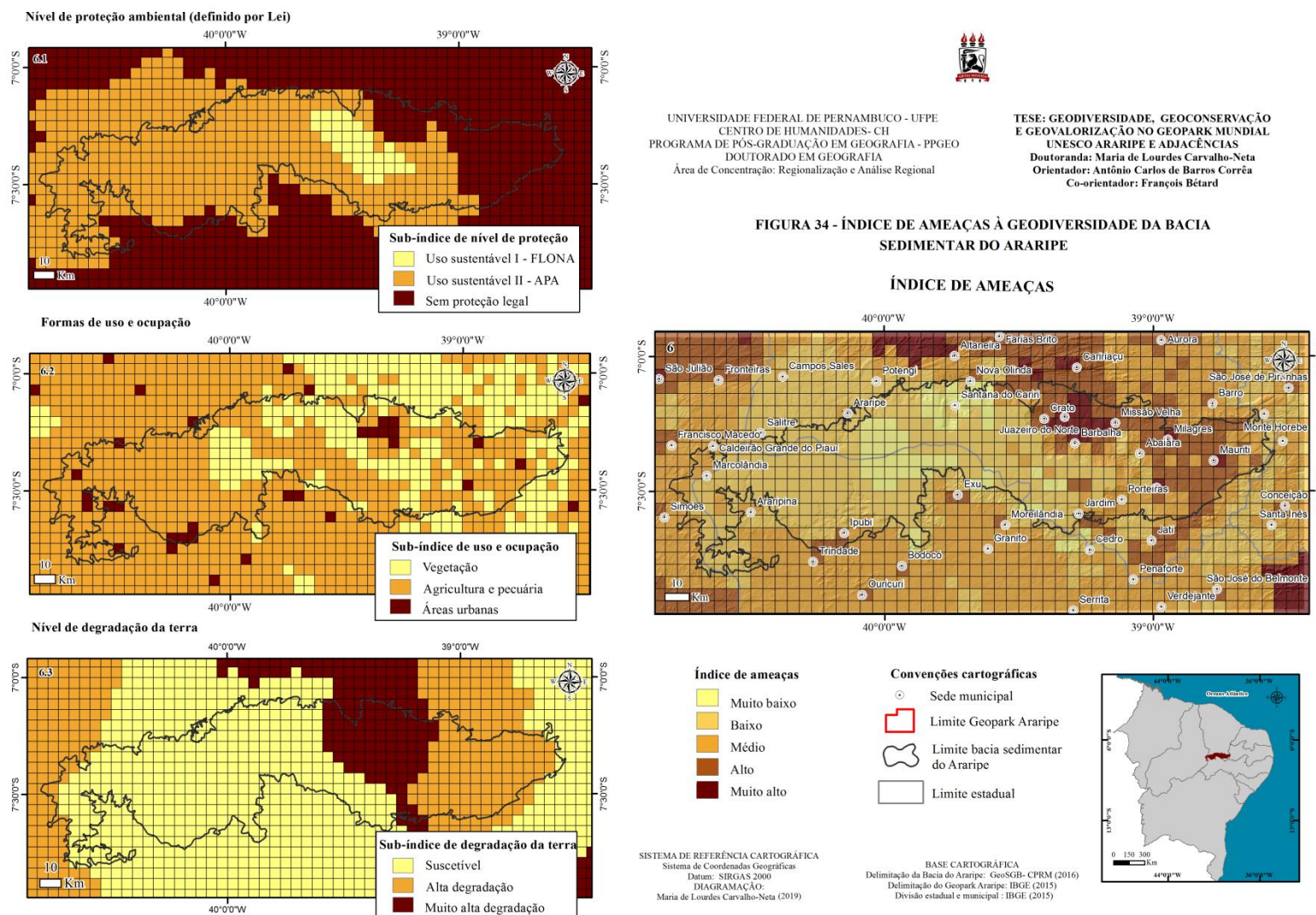
O nível 3 considera as zonas com UC de proteção de uso sustentável, com uso mais restrito, como é a área da Floresta Nacional do Araripe. Uma Floresta Nacional (FLONA) (identificada na figura 35, subíndice 6.1, pela cor amarela). Conforme disposto no Art. 17, capítulo III da Lei 9.985/2000, trata-se de *“área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”*. São áreas públicas, sendo permitida apenas a permanência de populações tradicionais habitantes quando da criação da UC. A FLONA do Araripe, instituída pelo Decreto Lei Nº. 9.226, de 2 de maio de 1946, ampliada pelo Decreto 13321 de 5 de junho de 2012.

Tratando do subíndice 6.2 - grau de degradação das terras (figura 6.2), também se definiram 3 diferentes graus de degradação: 1 - áreas susceptíveis à desertificação; 2 - áreas pouco degradadas e; 3 - zonas muito degradadas (figuras 33 e 34). Esta ordenação foi guiada pelos mapas de áreas afetadas pelos processos de desertificação no Semiárido Brasileiro (1998), desenvolvidos pelo Instituto Nacional do Semiárido-INSA e disponibilizados no Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro-SIGSAB.

O subíndice 6.3 trata do tipo de ocupação ou uso do solo (figuras 33 e 34). Também foram considerados 3 níveis de intensidade de ocupação, a saber: 1 área com floresta ou vegetação preservada; 2 os setores com agricultura e agropecuária; 3 as áreas urbanas. Seguindo de 1 a 3, considerou-se como crescente a intensidade de uso do solo.

Os 3 subíndices (6.1, 6.2 e 6.3) foram somados, o que resultou no Índice de ameaças (6). Os valores foram reagrupados em 5 classes, variando de ameaça muito baixa a muito alta. Percebe-se que a bacia do Araripe, vista como um reservatório de alta geodiversidade no Brasil (BÉTARD, 2016; BÉTARD, 2017; BÉTARD et al, 2018) é também um lugar em

Figura 34 - Índice de ameaças à geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Os setores que apresentam ‘muito baixa’ e ‘baixa’ ameaças estão associados a áreas com vegetação preservada no topo do planalto sedimentar do Araripe que, por sua vez, também são áreas apenas susceptíveis à desertificação e, em sua maioria, integrantes da APA do Araripe. Os valores considerados de ‘média’ ameaça são associados aos sertões, onde predominam o uso das terras para agricultura e pecuária.

Chama-se a atenção para as áreas consideradas de alta e muito alta ameaças. O setor leste da área de estudo, parcela desta pertencente ao território do Geopark Global da UNESCO Araripe. Nessa escala de análise mais ampla, são setores considerados de alta e muito alta ameaça de degradação, que não contam com nenhuma UC definida por lei e, com uso do solo associado à agricultura e pecuária, concentrando ainda cidades médias de acelerado crescimento, com destaque para o aglomerado urbano CRAJUBAR.

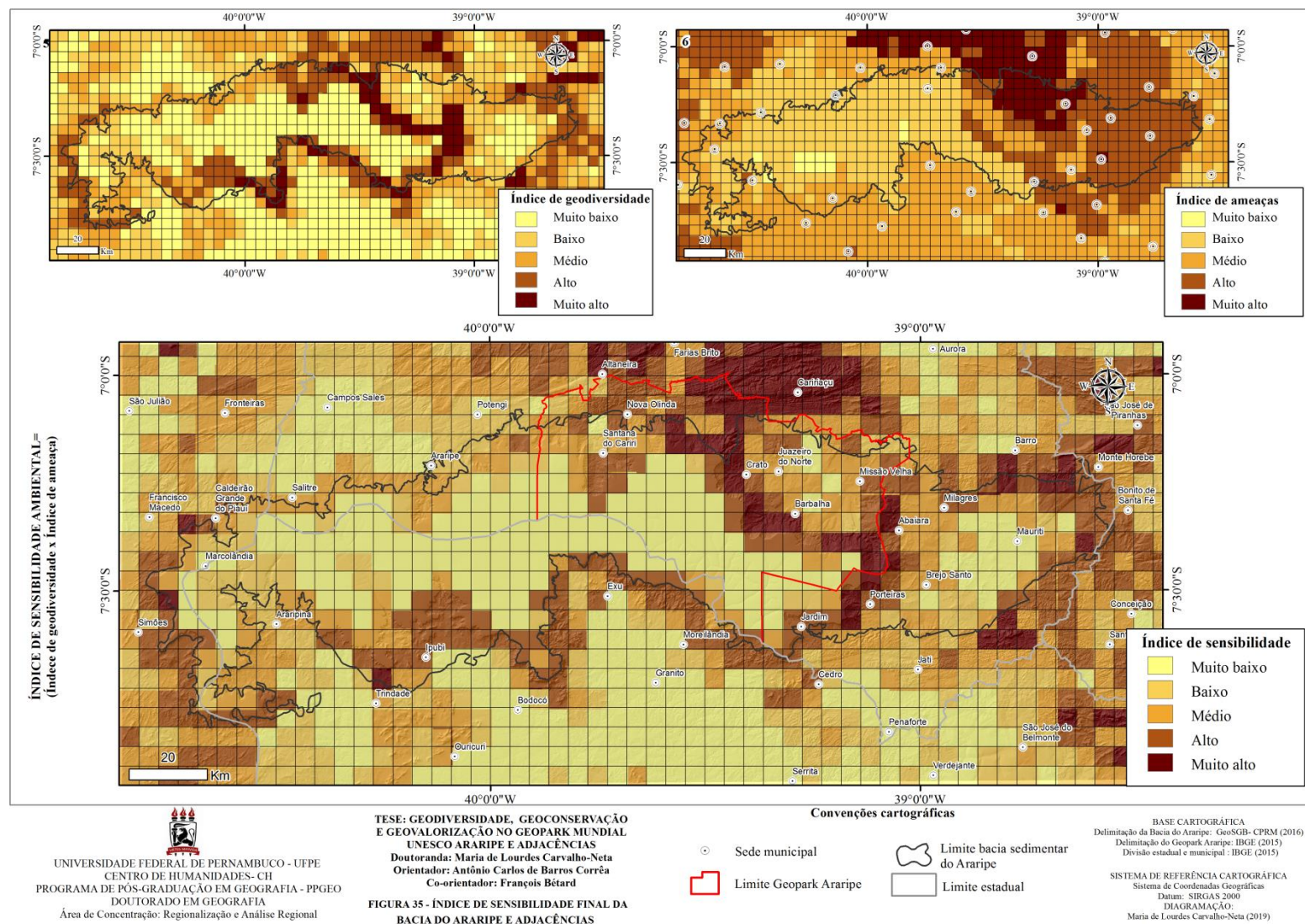
4.7 Índice de sensibilidade ambiental da bacia sedimentar do Araripe e adjacências

Na 3ª etapa da metodologia de Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019) se propõe a multiplicação dos índices de geodiversidade (índice 5) e de ameaças (índice 6), para se chegar ao índice de sensibilidade final (índice 7). Este índice identifica os setores caracterizados por uma elevada geodiversidade, bem como com um grau de ameaças elevado (chamados por Bétard, 2016, como *hotspot* de geodiversidade). O resultado é apresentado na figura 35.

Vale apontar que os valores resultantes da multiplicação do índice de geodiversidade e do de ameaças foram novamente reamostrados, em 5 classes: 1ª classe, indicando sensibilidade muito baixa, 2ª definindo baixa sensibilidade, 3ª indica sensibilidade média, 4ª e 5ª classes indicam, respectivamente, alta e muito alta sensibilidade.

Como pode ser observado na figura 35, em vermelho têm-se a delimitação do Geopark Mundial da UNESCO Araripe, indicando que este território é uma área de grande geodiversidade e de forte pressão das ameaças sobre o ambiente. No entanto, no contexto da bacia sedimentar do Araripe e áreas adjacentes, esses *hotspot* vão além do limite do território do mencionado geoparque. Identificam-se alguns setores nas proximidades de Caririaçu, Barro, Altaneira e São José do Belmonte como de muito elevada sensibilidade. Os setores de alta sensibilidade, próximos a Mauriti, Milagres, Moreilândia, Exu e Bodocó, para citar apenas alguns, também merecem uma atenção especial.

Figura 35 - Índice de sensibilidade final da bacia sedimentar do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Este mapeamento, na escala da bacia sedimentar do Araripe, pode orientar futuras pesquisas na temática, bem como fomentar algumas discussões quando à possibilidade (e/ou necessidade) de se ampliarem as medidas de conservação do patrimônio, seja biótico, seja abiótico. Como dito anteriormente, a representação é de fácil interpretação e é acessível à geocientistas ou não geocientistas, por exemplo, gestores e representantes do poder público.

Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019) já alertavam das fortes pressões das ameaças relacionadas às formas de uso e ocupação, o que indica a necessidade de medidas urgentes de conservação sobre estes critérios. Como apontam Bétard et al (2018), a região está sujeita ao aumento da pressão antropogênica em conexão com a expansão urbana (CRAJUBAR) e vários tipos de ameaças. No mencionado setor, as medidas de proteção legal são insuficientes. Visto que, o Geopark não se trata de uma UC e sim de uma chancela/reconhecimento ao território.

Levando em consideração esta alta pressão relacionada especificamente no território do Geopark Araripe e, no sentido de contribuir para o aprofundamento do conhecimento, o capítulo seguinte apresente uma análise específica desse território.

5 A GEODIVERSIDADE DO GEOPARK GLOBAL DA UNESCO ARARIPE E SEU GEOPATRIMÔNIO

Neste capítulo direcionam-se os olhares para a geodiversidade do Geopark Global da UNESCO Araripe e seu geopatrimônio. Nesse sentido, inicialmente reaplica-se a metodologia de Bétard (2017) e Bétard e Peulvast (2019) para o referido território. A análise especificamente na escala do território do Geopark visa ainda, suprir a carência de mapeamento da sua geodiversidade apontada por alguns pesquisadores.

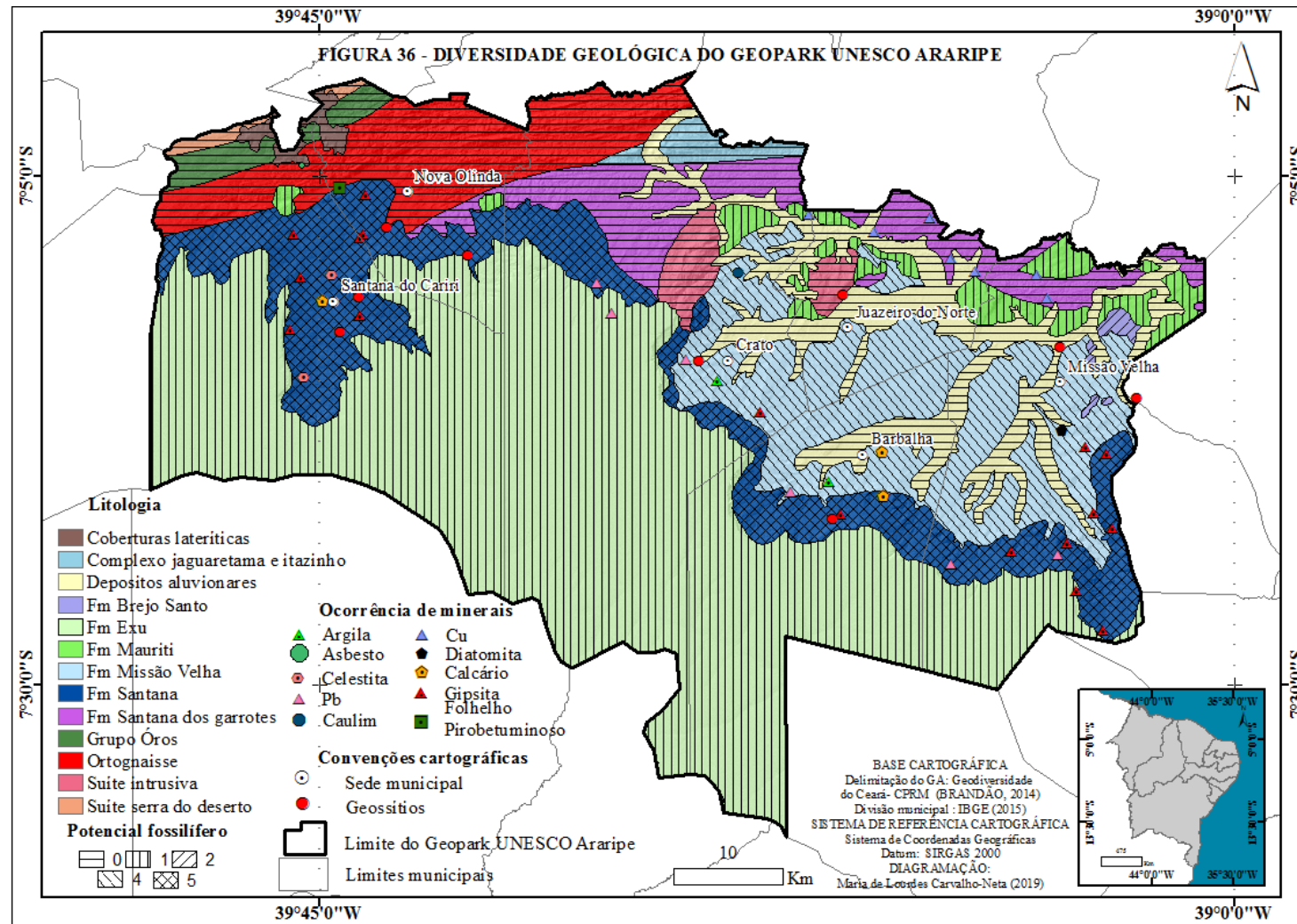
A fim de testar os resultados a partir do refinamento da metodologia de análise da geodiversidade, levando ainda em consideração o detalhamento das bases cartográficas utilizadas, a metodologia foi reaplicada com a diminuição do tamanho da grade para a 2,5km x 2,5km.

5.1 Análise qualitativa e quantitativa da geodiversidade do Geopark Araripe

Antes de apresentar a quantificação da geodiversidade do Geopark UNESCO Araripe, faz-se uma breve exposição qualitativa da geodiversidade da área. As figuras 38, 40, 41 e 42 expõem o mapeamento dos componentes da geodiversidade, respectivamente: diversidade geológica, diversidade geomorfológica, diversidade hidrográfica e diversidade pedológica.

Seguindo os mesmos critérios apresentados anteriormente, a diversidade geológica (figura 36) considera o conjunto de características de petrologia, ocorrências/potencial mineralógico e paleontológico. Tratando da petrologia, o recorte possui litologias Pré-cambrianas (representadas por intrusões graníticas); rochas metamorizadas, no contexto da Depressão Sertaneja, representadas por associações de micaxistos, gnaisses, metacalcários e micaxistos, ortognaisses tonalito-granodioritos e ortognaisses e restos de paraderivadas. As litologias paleozóicas e mesozóicas, associadas à Bacia Sedimentar do Araripe, são notadas pelas Formações Mauriti, Brejo Santo, Missão Velha, Santana e Exu. Os sedimentos cenozóicos, representados pelas argilas, areias argilosas cascalhos, os sedimentos argilo-arenosos e depósitos de tálus, predominantemente, estão associados aos depósitos aluvionais das planícies fluviais. Registra-se a atualização dos dados de litologia a partir de Cordeiro, Bastos e Maia (2018), que definiram as áreas consideradas como “sedimentos elúvio-coluvial” como coberturas lateríticas, identificadas na legenda do mapa (figura 36). A ilustração ainda traz informações da potencialidade fossilífera de cada litologia e da ocorrência de minerais.

Figura 36 - Diversidade Geológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



FONTE: Carvalho-Neta et al (2019).

Especificamente sobre a paleontologia, uma parcela dos fósseis encontrados na região integra a coleção do Museu de paleontologia Plácido Cidade Nuvens. O Museu, fundado em 1985 pelo governo municipal de Santana do Cariri, na gestão do então prefeito Plácido Cidade Nuvens (Professor da URCA, reitor da IES entre os anos de 2007 a 2011), foi doado à URCA no ano de 1991, passando a integrar a estrutura da universidade como núcleo de pesquisa e extensão (CEARÁ, 2012). O Museu passou por reformas e foi reinaugurado em Janeiro de 2018. O acervo atual do Museu abriga uma coleção de quase dez mil peças fossilizadas do período Cretáceo (figura 37).

Figura 37 - Fósseis expostos no Museu de Paleontologia de Santana do Cariri



Fonte: Acervo pessoal da autora (2017).

São vários grupos de fósseis, sendo que seus maiores representantes são: troncos petrificados (por silicificação), impressões de samambaias, pinheiros e plantas com frutos; moluscos, artrópodes (crustáceos, aranhas, escorpiões e insetos); peixes (tubarões, raias e

diversos peixes ósseos), anfíbios e répteis (tartarugas, lagartos, crocodilianos, pterossauros e dinossauros). Esses dados justificam a alta diversidade paleontológica ou paleodiversidade.

A maioria dos registros fósseis vem dos membros Crato e Romualdo do depósito conservado da Formação Santana. Os leitos fósseis de calcário do Crato mostram estados excepcionais de preservação para a entomofauna e flora de alto significado para o desenvolvimento das angiospermas no Cretáceo Inferior, enquanto que o Membro Romualdo contém concreções carbonatadas com fósseis muito diversos e bem preservados de peixes e répteis, invertebrados e plantas (SIGEP, 2002; MARTILL et al, 2007). Muitas espécies fósseis são únicas ou "endêmicas" na bacia do Araripe, sem equivalente em outros lugares (CARVALHO, FREITAS, NEUMANN, 2012), contribuindo para sua alta geodiversidade extrínseca.

No contexto do Geopark Global da UNESCO Araripe, as rochas de idade Pré-cambrianas são representadas por intrusões graníticas. Localmente, identificam-se os granitóides cinzentos da “Ponta da Serra” e da “Colina do Horto”, que são sítios de relevante interesse geológico e geomorfológico, sendo este segundo um dos nove geossítios inventariados e abertos ao público. As rochas metamorfizadas, no contexto da Depressão Sertaneja, são representadas por augernortognaisses graníticos, associações de micaxistos, gnaisses, metacalcários e micaxistos, ortognaisses tonalito-granodioritos e ortognaisses e restos de paraderivadas.

Tratando especificamente do território do Geopark, dados da CPRM (BRANDÃO; FREITAS, 2014) mostram a ocorrência de Argila, Asbesto ou amianto, Calcário, Caulim, Celestina, Chumbo, Cobre, Diatomita, Folhelho pirobetuminosos e Gipsita pelo referido território (Tabela 10). Destaca-se o número de ocorrências de Gipsita, totalizando 15, seguido de Cobre e Chumbo, registrando, respectivamente 7 e 6 ocorrências. No entanto, a exploração do calcário, que de acordo com os dados registra apenas 3 ocorrências, é extremamente relevante para a economia regional, sobretudo para o município de Santana do Cariri.

Tabela 10 - Ocorrência mineral no Geopark Mundial UNESCO Araripe

SUBSTÂNCIA	MUNICÍPIO DE OCORRÊNCIA NO GMUA	Nº DE OCORRÊNCIAS
Argila	Barbalha e Crato	2
Asbesto ou amianto	Santana do Cariri	1
Calcário	Barbalha e Santana do Cariri	3
Caulim	Crato	1

Celestina	Santana do Cariri	1
Chumbo	Barbalha, Crato e Missão Velha	6
Cobre	Juazeiro do Norte e Missão Velha	7
Diatomita	Missão Velha	1
Folhelho pirobertuminoso	Nova Olinda	1
Gipsita	Barbalha, Crato, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri	15

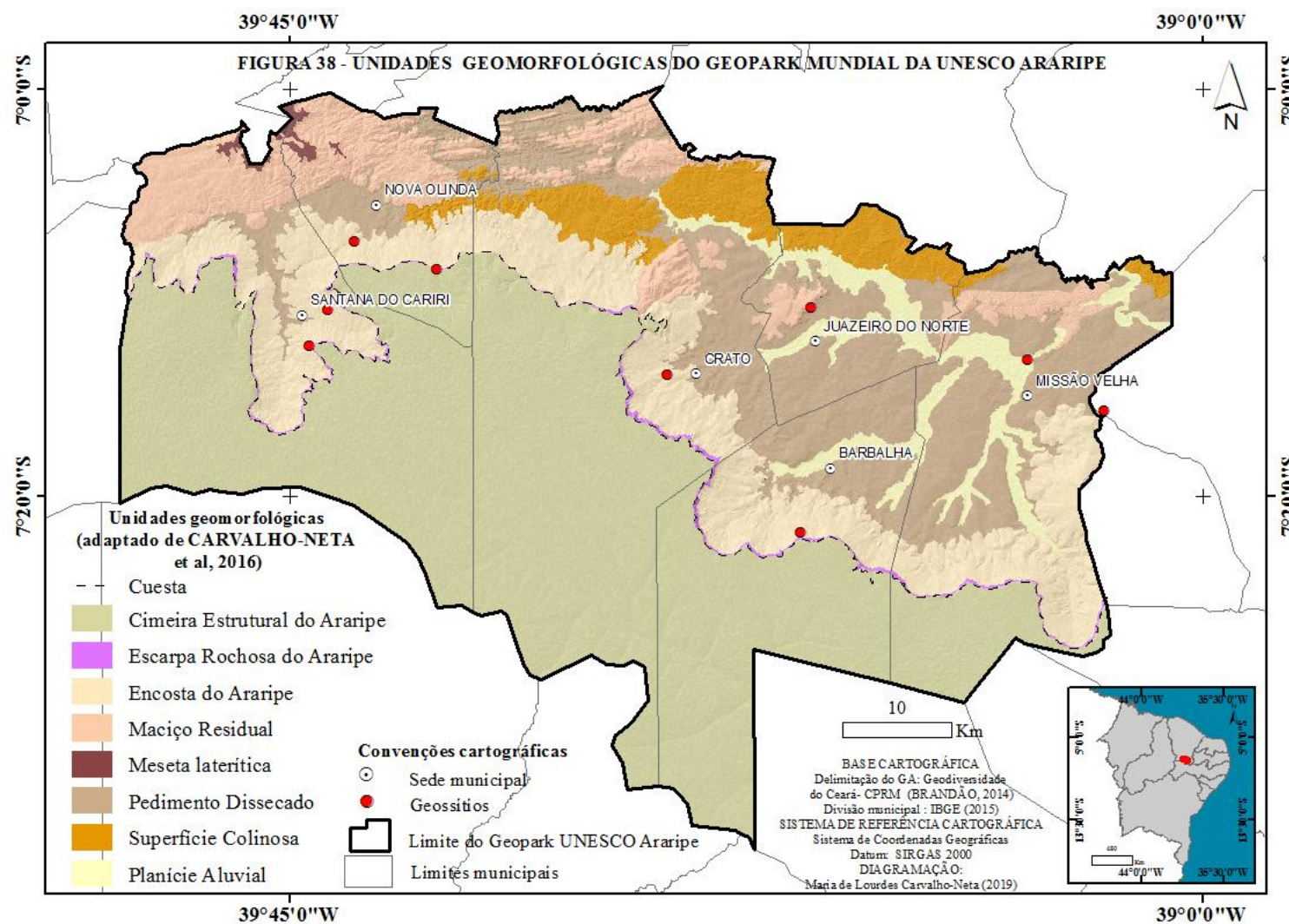
Fonte: Elaborado pela autora, a partir de Brandão e Freitas (2014).

Tratando das unidades geomorfológicas, foram definidas oito unidades: Cimeira estrutural; Escarpa rochosa; Encosta; Maciço residual; Meseta laterítica; Pedimento dissecado Superfície colinosa e Planície aluvial (figura 38). Segundo Carvalho-Neta et al (2016), estas feições geomorfológicas mapeadas denotam a influência geológica na gênese e os processos que comandam a dinâmica geomorfológica da área do Geopark Araripe, revelando que na escala da análise proposta as formas analisadas são marcadamente estruturais.

Sobre a diversidade hidrológica do GMUA (figura 39), observa-se que o recorte é bem drenado por diferentes rios e riachos, excetuando-se o topo do planalto do Araripe. Os cursos fluviais foram hierarquizados a partir da proposta de Strahler (1952). Dentre os principais, destacam-se: Rio Salgado, das Cuncas, Batateiras, Cariús, Riacho dos Porcos e Salamanca. Tratando da hidrogeologia, o recorte apresenta um dos mais importantes sistemas de aquíferos do Nordeste do Brasil – o aquífero Missão Velha-, que dispõe das melhores unidades armazenadoras de águas subterrâneas do Estado do Ceará (VERÍSSIMO *et al*, 2007).

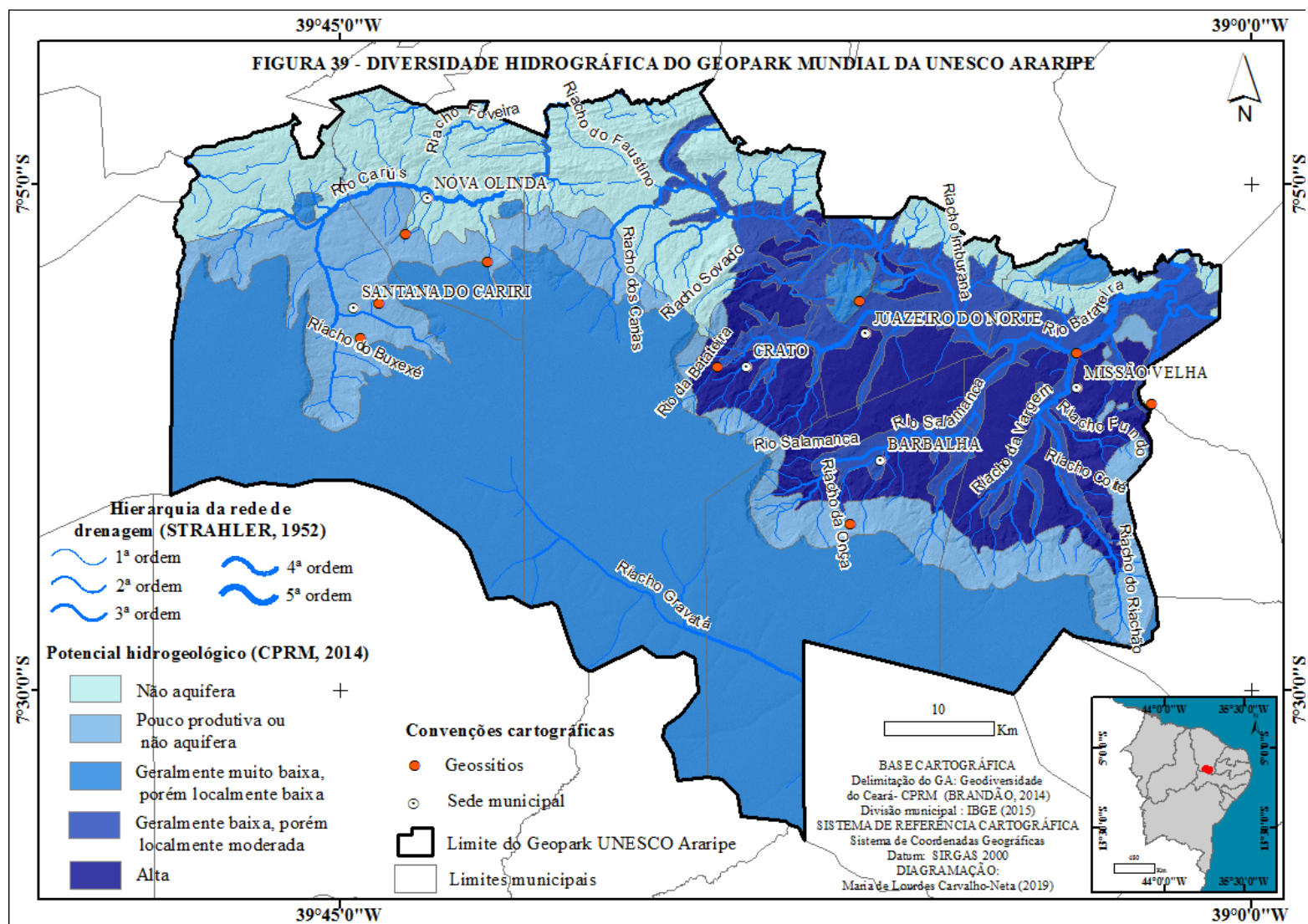
Sobre esta potencialidade hidrogeológica, Cordeiro et al (1984) apontam que a Formação Cariri ou Mauriti apresenta uma potencialidade hidrogeológica média, muito embora não possua um padrão rígido, devido à sua marcante descontinuidade. Sua alimentação é feita por infiltração direta da pluviometria e por aquíferos superiores. O aquífero Missão Velha apresenta permeabilidade intersticial elevada. A Formação Santana é de baixa vocação hidrogeológica, apresentando poços de baixas vazões e algumas vezes totalmente secos, tornando desaconselhável sua exploração. A Formação Exu expõe aquífero potencialmente bom. A camada é alimentada por infiltração pluvial direta (CORDEIRO et al, 1984).

Figura 38 - Unidades geomorfológicas do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



FONTE: Carvalho-Neta et al (2019).

Figura 39 - Diversidade Hidrográfica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



FONTE: Carvalho-Neta et al (2019).

Ao tratar da diversidade pedológica (figura 40), que leva em consideração a variedade de classes de solos, bem como a ocorrência de paleossolos, identificaram-se Argissolos, Latossolos, Neossolo Litólicos, Neossolo Quatzarênicos, Neossolo Flúvicos, Nitossolos e Vertissolo (FUNCEME, 2012). O mapeamento de paleossolos foi orientado pelas informações apresentadas por Cordeiro, Bastos e Maia (2018) e Peulvast e Bétard (2015), que identificaram áreas com presença de coberturas lateríticas.

5.2 Índice de Geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe

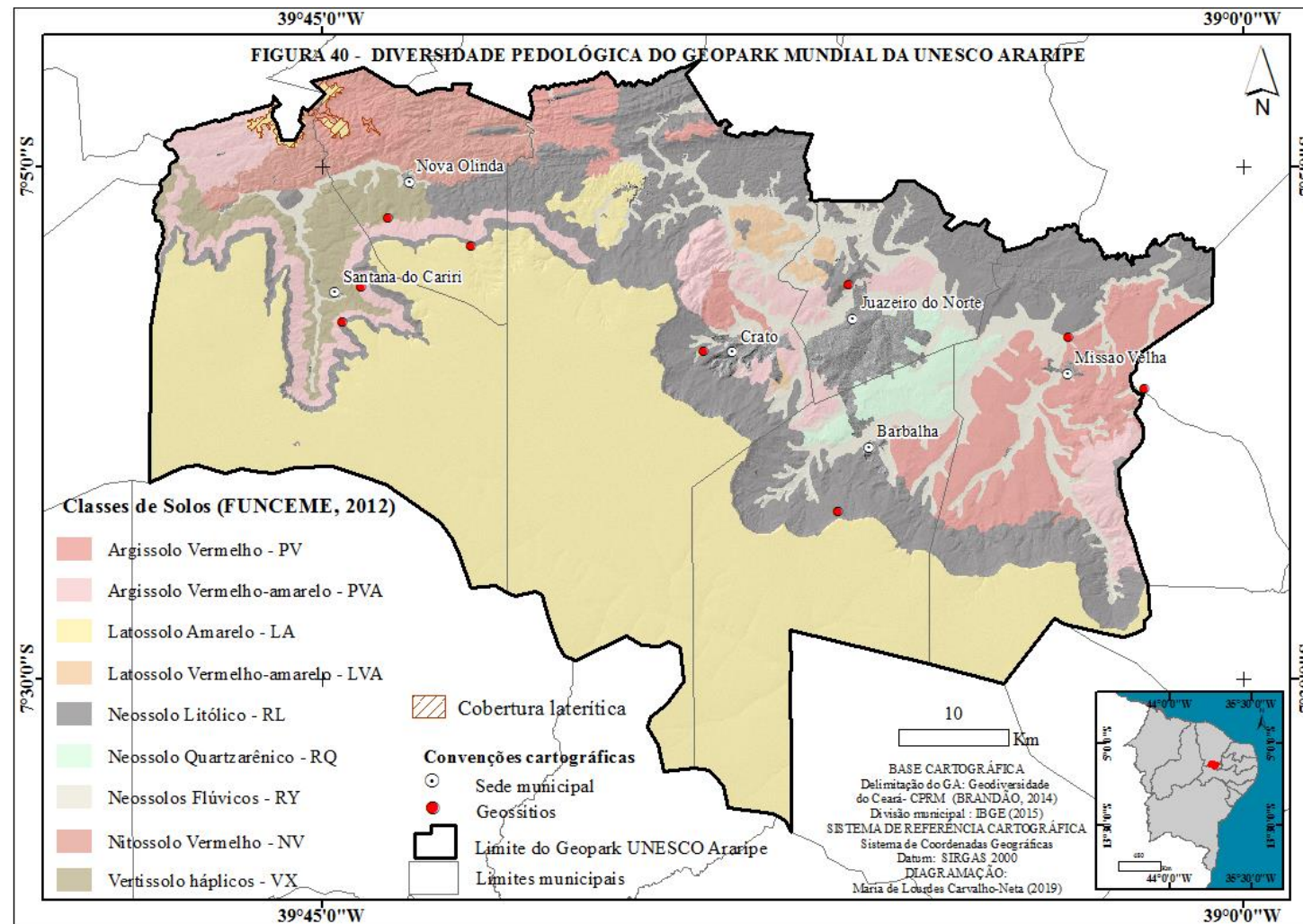
A quantificação da geodiversidade do GMUA foi realizada seguindo o mesmo protocolo da quantificação já apresentada para a bacia sedimentar do Araripe. Trabalhou-se a partir dos dados cartográficos pré-existentes, sendo resultado desta pesquisa, a definição das unidades geomorfológicas do Geopark UNESCO Araripe.

Inicia-se com o índice de diversidade geológica (1), ilustrado na figura 41.

Considerando a litologia, os valores variaram de 1 a 4, de acordo com o número de litologias diferentes identificadas em um único pixel. No caso de ocorrência mineralógica, atribuiu-se o valor de 1. No caso de ausência, foi atribuído o valor zero. Ao tratar da paleontologia, somou-se de 0 (Zero) a 5 pontos, dependendo do potencial paleontológico de cada camada litológica, atribuídos pela literatura atribui à litologia.

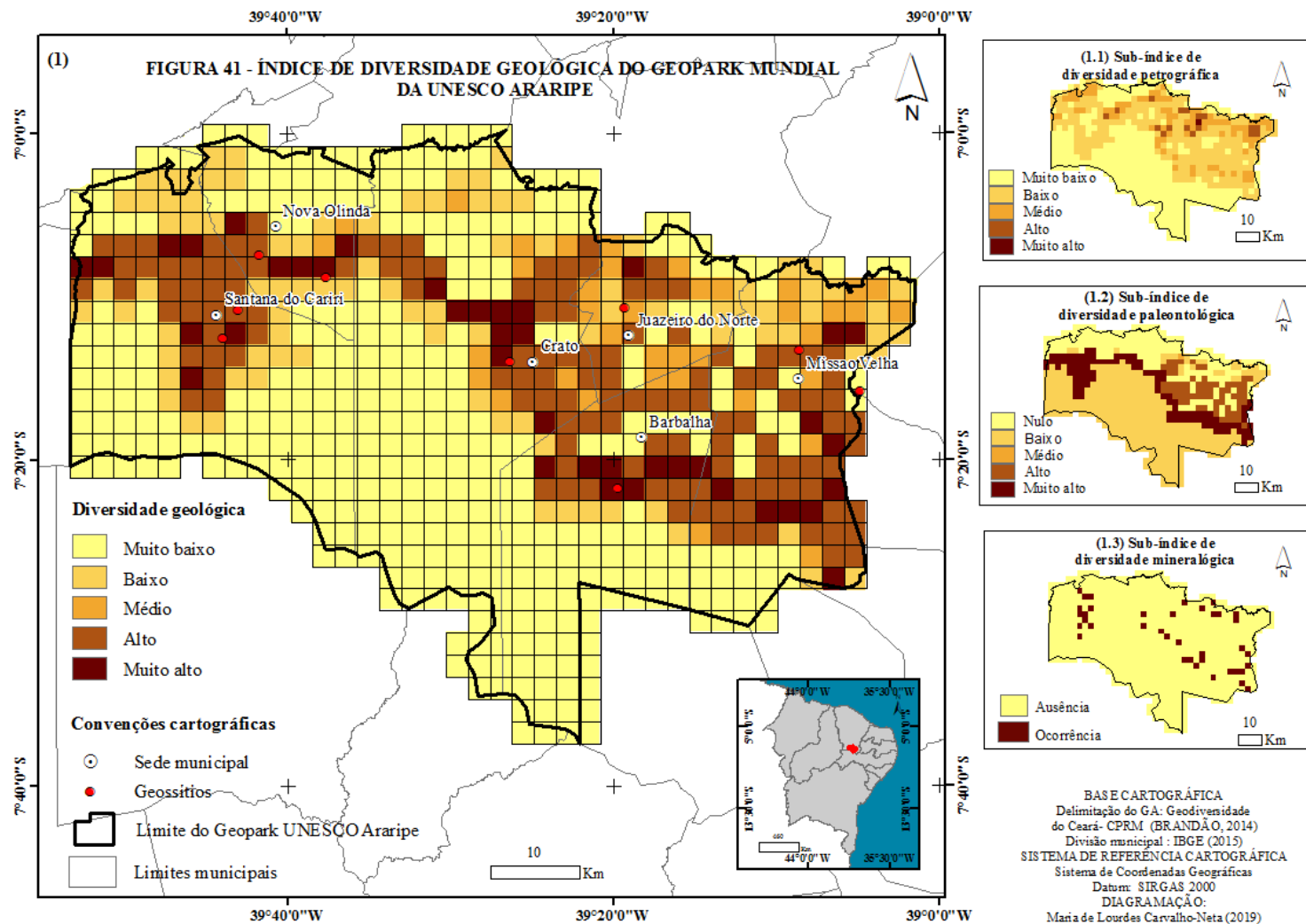
O rico acervo paleontológico, conhecido internacionalmente (BACCI et al, 2009), principalmente da Formação Santana, justificam a potencialidade nível 5 a ela atribuída. A Formação Missão Velha apresenta valor 4. A Formação Brejo Santo apresenta média potencialidade, justificando o valor 2. À Formação Exu e Mauriti atribuíram-se o valor 1. Às áreas cristalinas e metamórficas, consideradas afossilíferas atribui-se o valor 0 (zero). Estes valores foram atribuídos com base no plano de informações “ocorrências fossilíferas” do GeoSGB -Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Ao tratar da aptidão para exploração de recursos minerais, a maior ocorrência é de calcários laminados, os depósitos de gipsita, de argila e a água mineral.

Figura 40 - Diversidade Pedológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



FONTE: Carvalho-Neta et al (2019).

Figura 41 - Índice de Diversidade Geológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Posterior ao cálculo de cada subíndice, os arquivos vetoriais foram convertidos em raster e, os subíndices foram somados, utilizando-se a função “*Raster calculator*”, para se chegar ao valor do índice de diversidade geológica do GA (FIGURA 41). Ao final, os valores foram reorganizados em 5 classes, variando de Muito baixo (valores 1 e 2), baixo (valor 3), médio (5 e 5), alto (6 e 7), muito alto (8 e 9). Os resultados apresentados na figura 43 ilustram bem a riqueza paleontológica do território. Observam-se as diversidades mais altas nas áreas da exposição da Formação Santana, por conta do potencial fossilífero, bem como pelo fato de apresentar uma faixa estreita de exposição, caracterizando uma variação de litologias considerável para mesmo pixel.

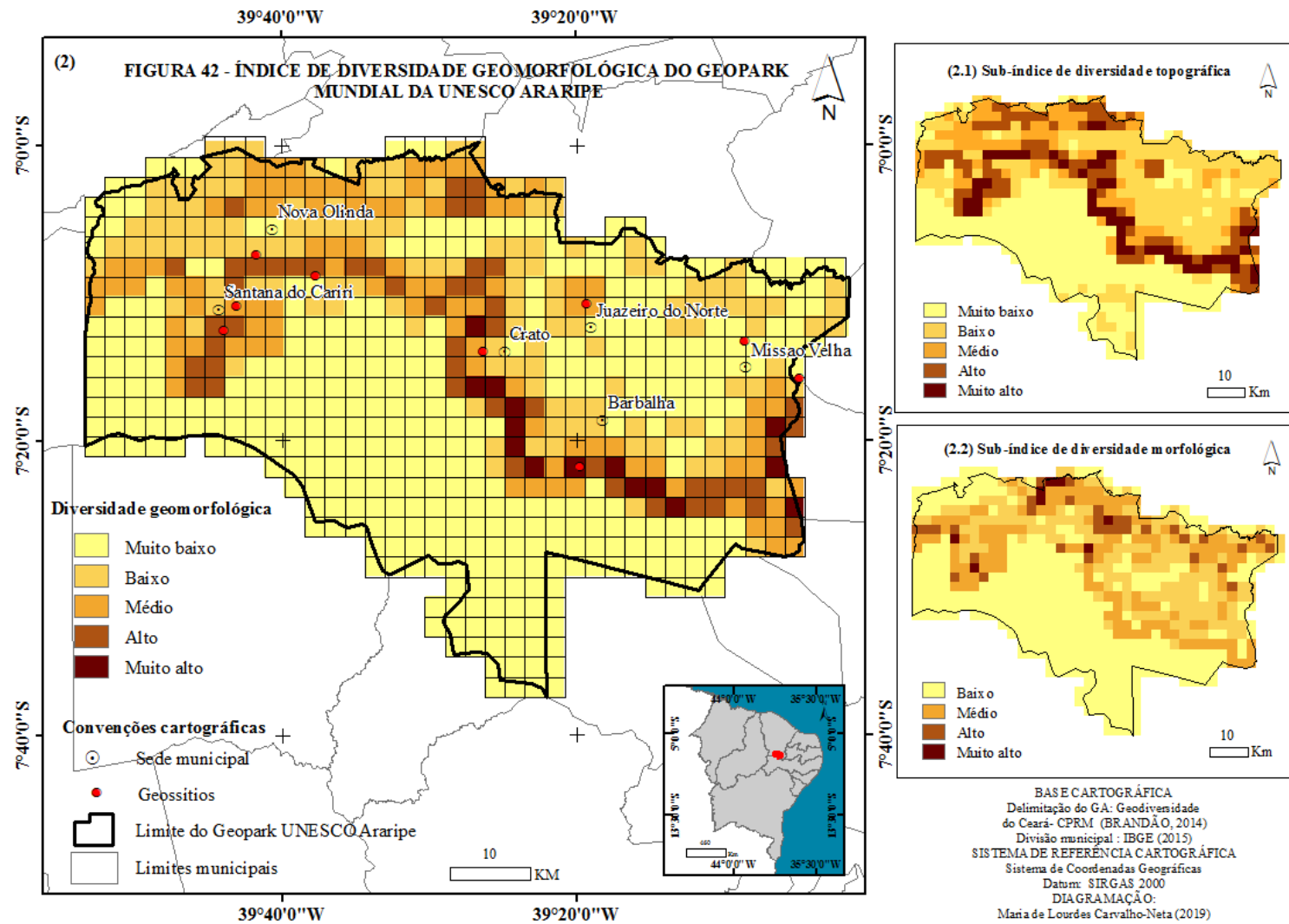
O índice de diversidade geomorfológica é apresentado na figura 42. Como mencionado anteriormente, foi calculado a partir da soma dos subíndices de diversidade topográfica e o de diversidade morfológica. O subíndice de diversidade topográfica foi gerado a partir do MDT. Para o cálculo do subíndice a partir deste raster, utilizou-se a ferramenta disponível no ArcGIS seguindo o seguinte caminho: ArcToolBox > Spatial Analyst > Zonal > Zonal Statistics. Indicou-se “*Range*” como tipo de estatística, a qual permite calcular, para cada quadrado (pixel) da grade, a diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima no MDT. O subíndice de diversidade morfológica segue o mesmo procedimento de diversidade litológica (e também de pedologia), ou seja, o de riqueza/variedade de unidades de relevo ou tipos de litologias ou classes de solos por cada pixel (2,5km x 2,5km). Observa-se uma baixa diversidade geomorfológica no topo do planalto sedimentar do Araripe. Os setores de contato entre cimeira estrutural, escarpa rochosa e encosta são os que apresentam maior diversidade.

Para o cálculo do índice de diversidade hidrológica (FIGURA 43), considerou-se a rede hidrográfica superficial e as potencialidades de águas subterrâneas.

A hierarquização dos cursos fluviais foi essencial para o cálculo do subíndice da diversidade hidrográfica. Para o cálculo do subíndice de hidrogeologia, atribuiu-se valores variando de 0 (zero - nulo) a 4 (produtividade alta): o valor 0 (zero) foi designado às coberturas cristalinas, 1 para as coberturas sedimentares pouco produtivas ou não aquíferas da Formação Santana e Brejo Santo; o valor 2, para as coberturas sedimentares da Formação Mauriti e Exu, tidas como produtivamente baixa. À Formação Missão velha, de produtividade alta, foi atribuído o valor 4.

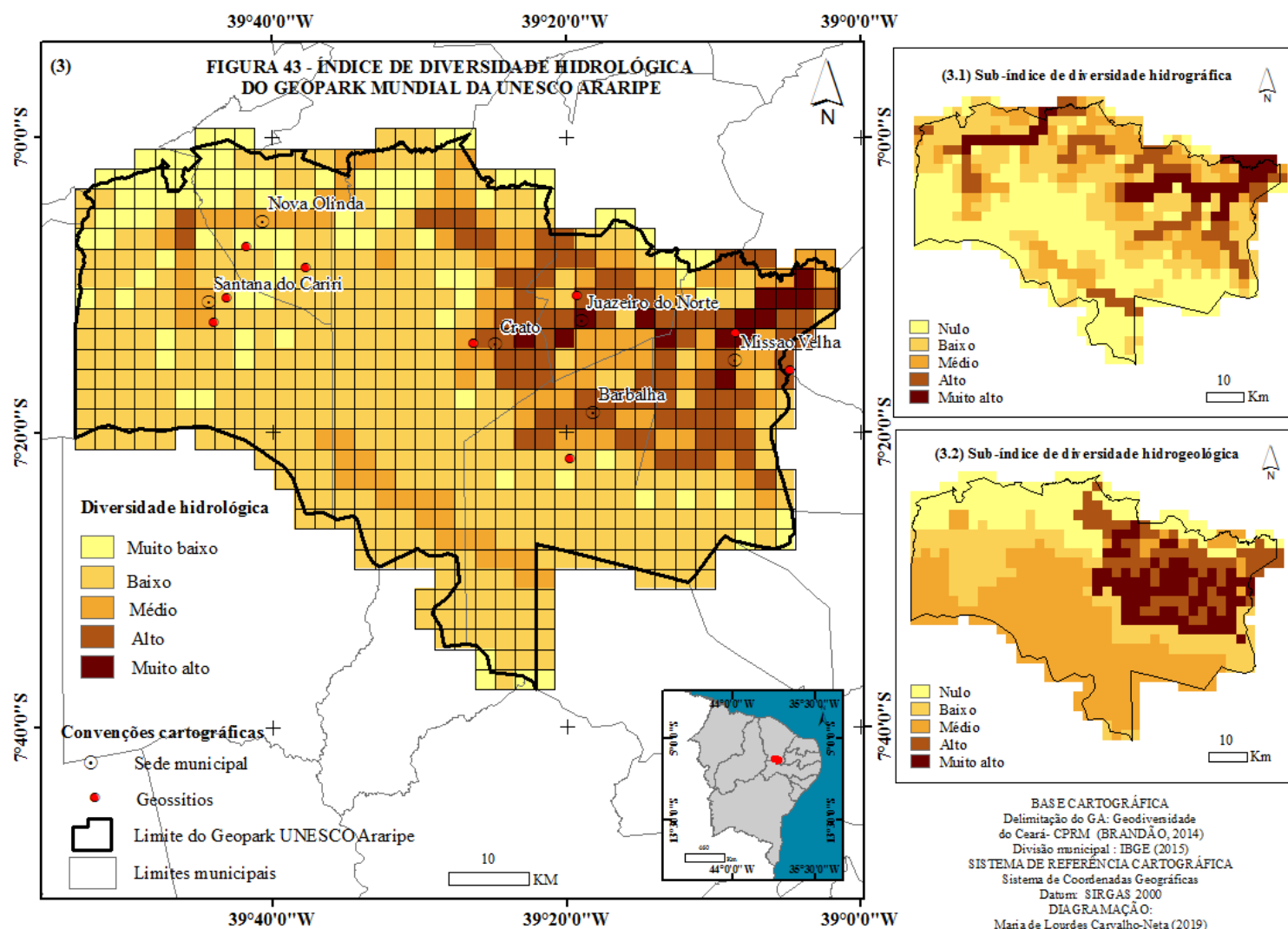
Observa-se que no setor leste do território do GMUA encontram-se as áreas com mais alta diversidade hidrológica. Tal diversidade é justificada pela presença de inúmeros rios e riachos, assim como a concentração dos de maior hierarquia na classificação de Strahler, bem como pela presença do aquífero Missão Velha.

Figura 42 - Índice de Diversidade Geomorfológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Figura 43 - Índice de Diversidade Hidrológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Seguindo a interpretação da figura 44, ilustra-se a diversidade pedológica do Geopark Mundial UNESCO Araripe. O índice foi mensurado a partir do subíndice de diversidade dos solos e do mapeamento da ocorrência de paleossolos. Observa-se a baixa diversidade de solo, - que seguiu o critério de riqueza ou variedade de classe de solos para cada pixel, no topo do planalto do Araripe, onde predominam os Latossolos amarelos (vasta área sem variação). No setor oeste do recorte, proximidades da sede do município de Santana do Cariri, numa área de confluência entre Vertissolos, Argissolos e Neossolos a diversidade apresenta-se mais elevada. Além disso, identifica-se a ocorrência de laterita na porção superior do setor oeste do GMUA.

A figura 45 ilustra o índice de geodiversidade do GMUA. Esta cartografia é resultante da soma dos 4 índices parciais apresentados anteriormente. Os valores foram reorganizados em até cinco classes.

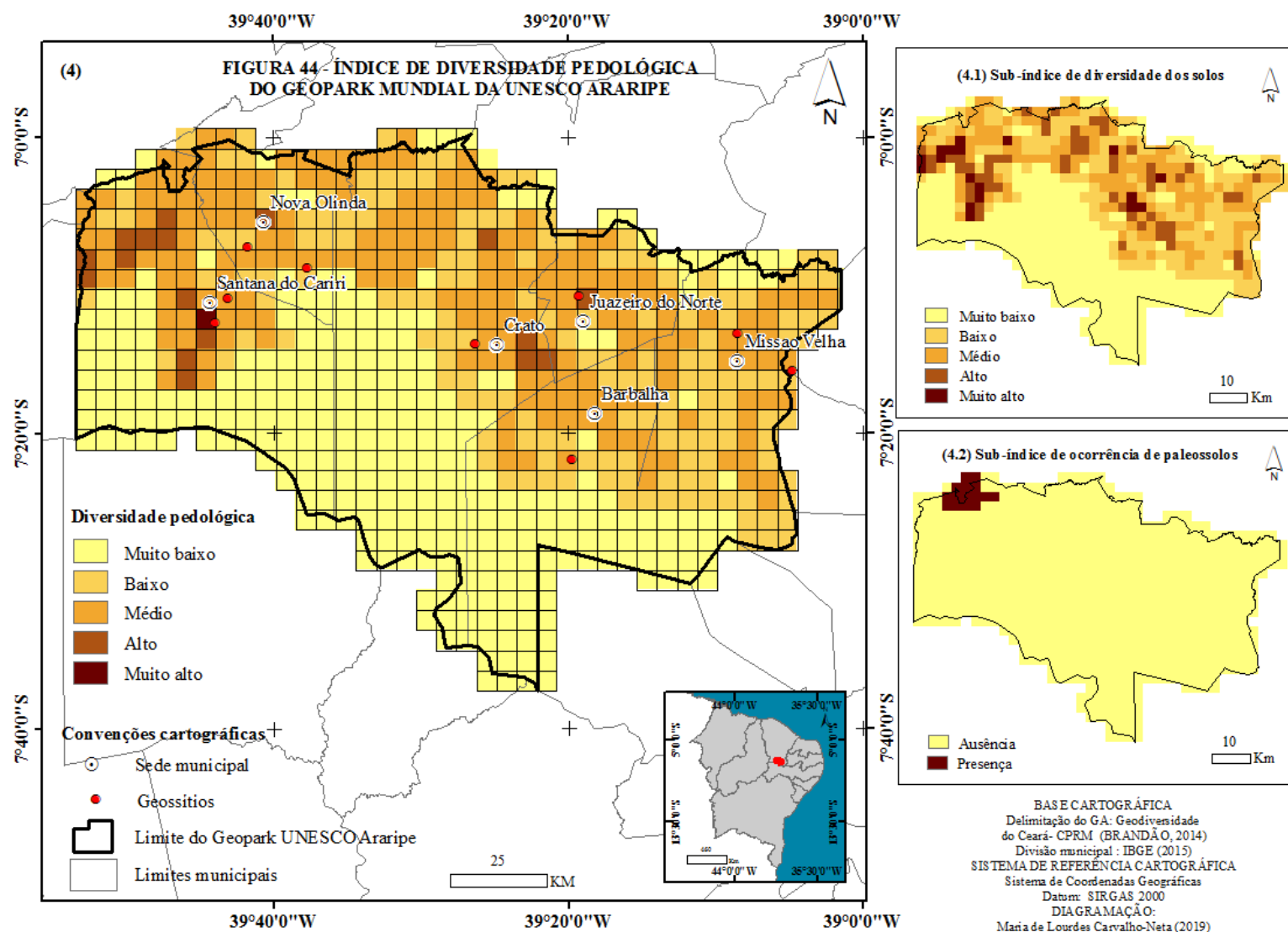
Observa-se que o território do Geopark UNESCO Araripe apresenta pontos de geodiversidade bastante elevados. Os valores foram reorganizados pelo método classificador “intervalos iguais” (*Equal interval*). Percebe-se que, em alguns destes setores de geodiversidade elevada, estão definidos os geossítios abertos à visitação, como é o caso do Geossítio Riacho do Meio. No entanto, alguns pontos/setores mapeados como de elevada geodiversidade, não apresenta geossítios ou sítios de geodiversidade definidos.

As áreas de geodiversidade mais alta, estão concentradas, na escarpa rochosa do planalto sedimentar do Araripe. Nesses setores, onde afloram uma grande variedade de tipos de rochas e depósitos (minerais e fósseis). Associa-se a uma forte energia do relevo uma grande variedade de tipos de solo e situações hidrogeológicas.

Outra ponderação que a quantificação da geodiversidade permite, é a proximidade dos geossítios à sede urbana dos municípios. Por um lado, esta proximidade pode ser avaliada como um fator positivo, por uma questão de acessibilidade aos pontos. Por outro, considera-se a pressão que a proximidade de áreas urbanas pode causar a estes geossítios e à geodiversidade de maneira geral.

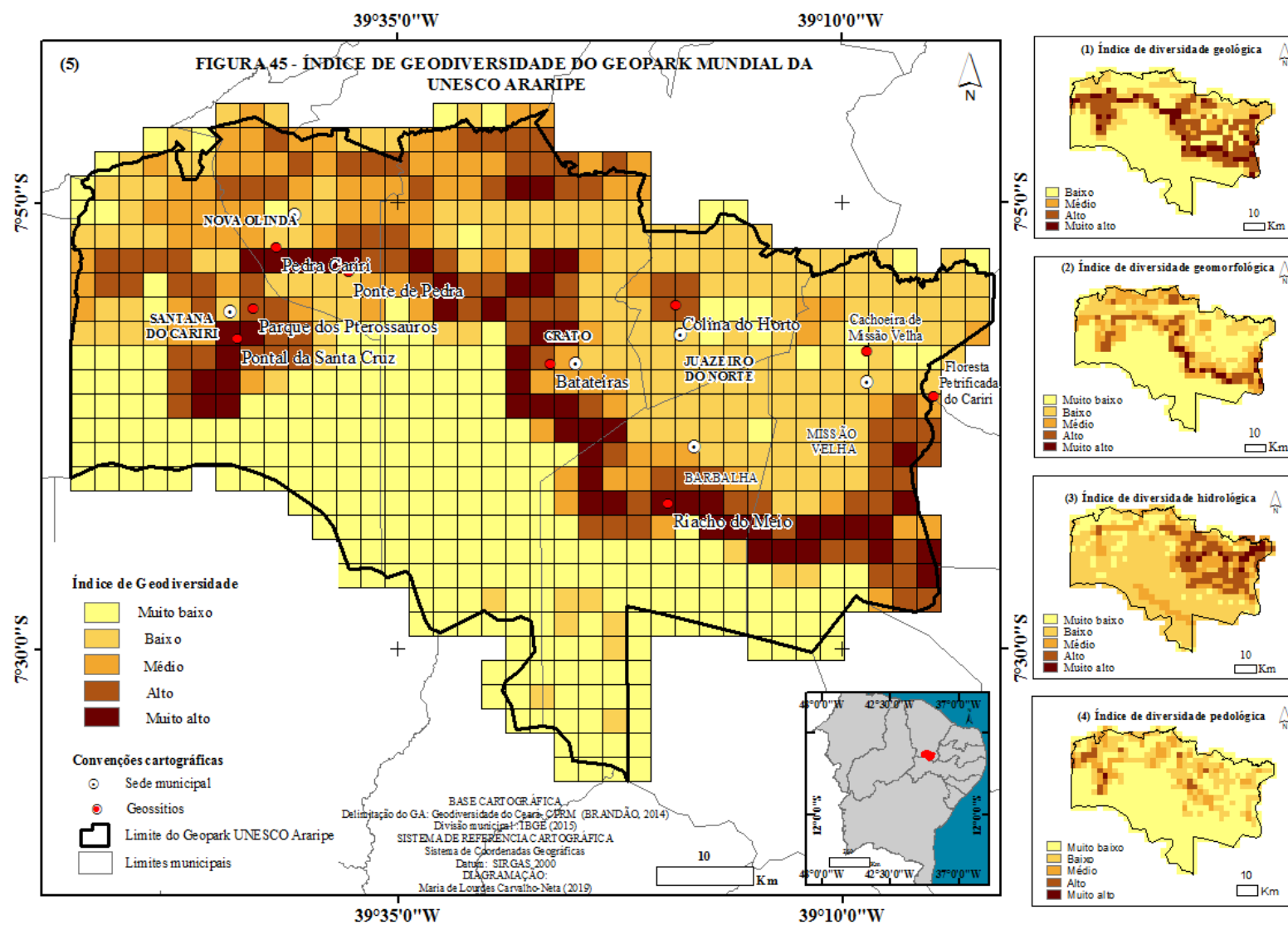
A quantificação da geodiversidade do Geopark Araripe comprova a alta diversidade apontada por Carvalho-Neta et al (2018), Bétard (2017), Bétard et al (2017), entre outros. O método empregado mostrou-se satisfatório no cumprimento dos objetivos e alcance dos resultados. Como os resultados estão diretamente relacionados às bases, à medida que ocorra atualização dos dados cartográficos e/ou disponibilização de bases mais detalhadas, este mapeamento deve ser revisto.

Figura 44 - Índice de Diversidade Pedológica do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Figura 45 - Índice de geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

5.3 Índice de Ameaças à geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe

Seguindo os mesmos parâmetros da análise em nível da bacia sedimentar do Araripe, efetuou-se cálculo do índice de ameaças à geodiversidade do Geopark Araripe a partir do somatório da análise das formas de uso e ocupação do solo; dos níveis de proteção definidos pela legislação ambiental e pela degradação da terra.

As bases para a avaliação das ameaças são apresentadas em conjunto na figura 46. Representam os níveis de proteção e de degradação da terra no Geopark Araripe.

Tratando da representação das formas de uso e ocupação do solo, a base está organizada pelas unidades vegetacionais, representadas pelo: cerrado/cerradão, carrasco, mata úmida, mata seca, vegetação de tabuleiro, caatinga arbóreo-arbustiva e caatinga arbustivo-arbórea; e, pelos usos: agropecuária, agroextrativismo, pecuária e agricultura com irrigação e, as áreas urbanas. É importante apontar que, para fins de cálculo, agruparam-se as diferentes classes em 3 (três) níveis de uso e ocupação, sendo atribuídos os valores 1, 2 e 3, respectivamente, a saber: nível 1. Vegetação, nível 2. Uso agropastoril, nível 3. Área urbana.

Quanto ao nível de degradação da terra, diferenciou-se apenas 2 classes (2 valores): 1 as áreas susceptíveis à degradação, atribuídos valor 1 e, para a segunda classe, áreas com grave degradação, atribuiu-se o valor 3 (pela severidade da degradação). A definição segue a classificação do INSA (1998). Não é muito lembrar, que a origem das bases cartográficas, para esta classificação e os demais índices, é referenciada no capítulo 3.

Ao avaliar os níveis de proteção, tratamos das diferentes unidades de conservação demarcadas nesse território. São UC de proteção integral, de uso sustentável. Decorrentes de iniciativas Municipal, Estadual, Federal e privada. O quadro 4 apresenta as 14 UC do Geopark Araripe, organizadas por ordem de criação. A espacialização dessas é ilustrada na figura 46.

Quadro 4 - Unidades de Conservação presentes no território do Geopark UNESCO Araripe.

	NOME	SIGLA	LEGISLAÇÃO	ESFERA	PROTEÇÃO	NÍVEL
1.	Floresta Nacional do Araripe	FLONA	Decreto/Lei nº 9.226/ 46	Federal	Uso sustentável I	2
2.	Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe	APA	Decreto nº 5.587/97	Federal	Uso sustentável II	2
3.	Parque Ecológico Luís Roberto Correia Sampaio/ Parque Municipal Riacho do Meio	PARQUE	Decreto Municipal nº 007/98; Lei Municipal 1.425/00	Municipal	Integral	1
4.	Parque Natural	PARQUE	Lei nº 002/02, Lei	Municipal	Integral	1

	Municipal da Cachoeira de Missão Velha/Bioparque		Complementar nº 017/02			
5.	Monumento Natural Cachoeira do Rio Salgado	MONA	Decreto nº 28.506/06	Estadual	Integral	1
6.	Monumento Natural Sítio Cana Brava	MONA	Decreto nº 28.506/06	Estadual	Integral	1
7.	Monumento Natural Pontal de Santa Cruz	MONA	Decreto nº 28.506/06	Estadual	Integral	1
8.	Monumento Natural Sítio Riacho do Meio	MONA	Decreto nº 28.506/06	Estadual	Integral	1
9.	Parque Estadual Sítio Fundão	PARQUE	Decreto nº 29.307/08	Estadual	Integral	1
10.	Parque Natural Municipal das Timbaúbas	PARQUE	Decreto nº 352/17	Municipal	Integral	1
11.	Reserva Particular do Patrimônio Natural Araçá	RPPN	Portaria nº 113/14 (Processo ICMBio/MMA nº 02103.000111/2013-16)	Particular	Uso sustentável II	2
12.	Reserva Particular do Patrimônio Natural Arajara Park	RPPN	Portaria nº 24 - DOU 36 - 25/02/1999 - seção/pg. 1/148	Particular	Uso sustentável II	2
13.	Reserva Particular do Patrimônio Natural Oásis Araripe	RPPN	Portaria nº 32/16 (Processo nº 02103.000036/2015-55).	Particular	Uso sustentável II	2
14.	Refúgio da Vida Silvestre Soldadinho do Araripe	REVIS	Decreto nº 2207001/2019 - GP CRATO/CE, 22/07/2019.	Municipal	Integral	1

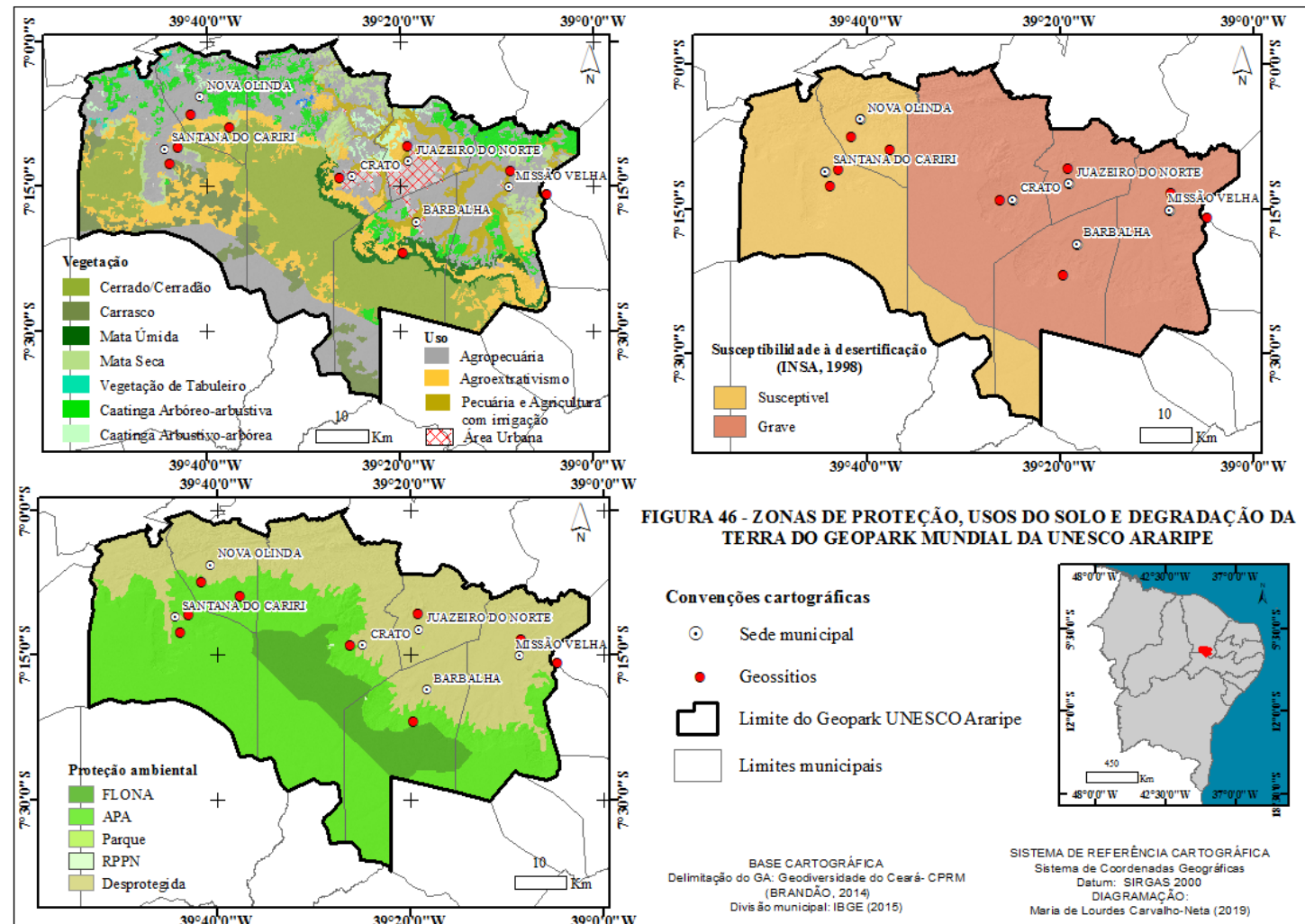
Fonte: Organizado pela autora (2019) a partir de dados do site do Geopark Araripe e da Secretaria do Meio Ambiente do Ceará (2019).

Como apresentado na tabela 6, as categorias de UC de proteção integral definidas no Geopark Araripe compreendem: Parques, monumentos naturais e refúgio da vida silvestre. Como dito no capítulo 4, o objetivo das UC de proteção integral é de proteção da natureza, dessa forma, as normas e regras para o uso são mais restritas. Nestas, só é permitido o uso indireto dos recursos naturais, tais como: recreação em contato com a natureza, turismo ecológico, pesquisa científica, educação e interpretação ambiental (SNUC, 2000).

Apresentamos as definições de Monumento Natural – MONA, Parque e Refúgio da vida silvestre, com base no SNUC (*op. cit.*):

- Monumento Natural-MONA compreende “área destinada à preservação de lugares singulares, raros e de grande beleza cênica, permitindo diversas atividades de

Figura 46 - Zonas de proteção, usos do solo e degradação da terra do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

visitação”. Pode ser instituída em áreas particulares, desde que as atividades realizadas nessas áreas sejam compatíveis com os objetivos da UC.

- Parque (que pode ser nacional, estadual ou municipal – dependendo do órgão gestor) trata-se de “área destinada à preservação dos ecossistemas naturais e sítios de beleza cênica”. Trata-se da categoria de UC que proporciona uma maior interação entre o visitante e a natureza, pois admite a realização de atividades recreativas, educativas e de interpretação ambiental, além de consentir a realização de pesquisas científicas.
- Refúgio de vida silvestre – REVIS envolve “área destinada à proteção de ambientes naturais, no qual se objetiva assegurar condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna”. Assim como na MONA, é possível realizar atividades de visitação e ser definida em áreas particulares.

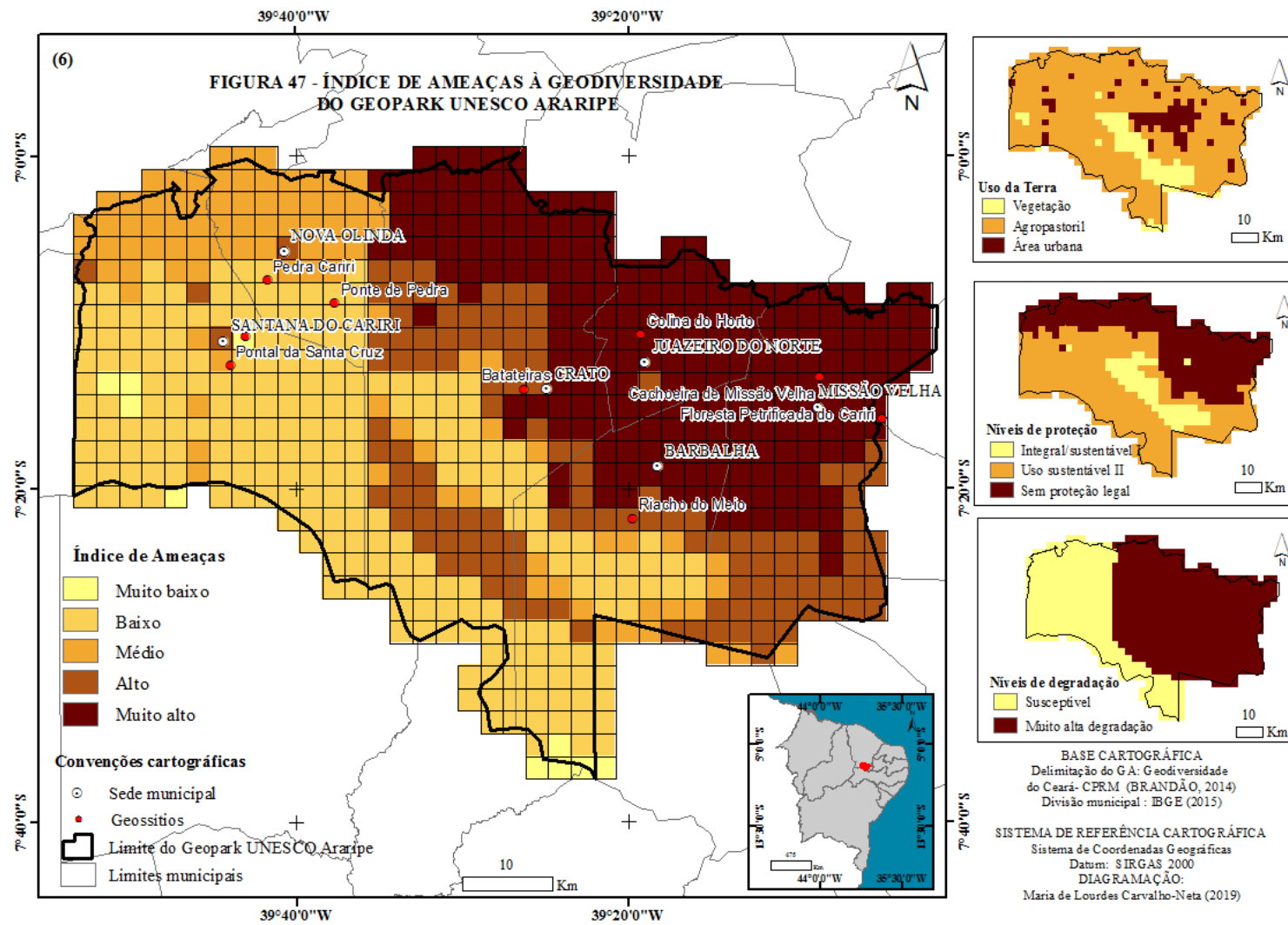
Como dito no capítulo anterior, as UC de uso sustentável tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Como as categorias FLONA e APA já foram apresentadas no capítulo anterior, apresentamos a RPPN:

- Reserva Particular do Patrim nio Natural-RPPN: trata-se de “área privada com o objetivo de conservar a diversidade biológica, permitida a pesquisa científica e a visitação turística, recreativa e educacional”. A iniciativa de demarcação é do proprietário, podendo ser apoiado por órgãos integrantes do SNUC na gestão da UC.

Com bases na tipologia dessas UC, nos usos permitidos e suas restrições definidas por lei, organizamos 3 diferentes níveis de proteção, a saber: nível 1 (valor 1)– integrando UC de proteção integral e Uso sustentável I; 2 – UC de uso sustentável II (valor 2); 3 – áreas sem proteção legal (valor 3).

A figura 47 apresenta o resultado do cálculo de índice de ameaças, gerado a partir do somatório das zonas de uso, proteção e degradação. Procedeu-se a álgebra de mapas e, posteriormente, os valores foram reclassificados em 5 classes, e apresentados seguindo o algoritmo “natural breaks (Jenks)”- quebras naturais. Os valores variaram de 4 a 9. Dessa forma, considerou como “muito baixa ameaça” o valor 4; Baixa, o valor 5; Para média, 6; Alta ameaça corresponde ao valor 7. OS valores correspondentes a muito alta ameaça são 8 e 9. Constata-se o alto índice de ameaças à geodiversidade do Geopark Global da UNESCO Araripe.

Figura 47 - Índice de ameaças à geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Percebe-se uma concentração de pontos críticos (ameaças muito alta) no setor leste do recorte, nas áreas municipais de Juazeiro do Norte, Missão Velha, Barbalha e Crato. Esse setor, além de comportar o aglomerado urbano CRAJUBAR, também apresenta áreas extensas sem nenhum instrumento de proteção da natureza definido por lei. Este setor é ainda considerado pela INSA (1998) como de alta degradação à desertificação.

Grande parcela do topo do planalto sedimentar do Araripe e dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri apresenta baixa e média ameaça. Aponta-se que, nesses setores, além da existência de UC com usos mais restritos, também compreende áreas urbanas de menor dimensão e, conseqüentemente de menor pressão ao ambiente.

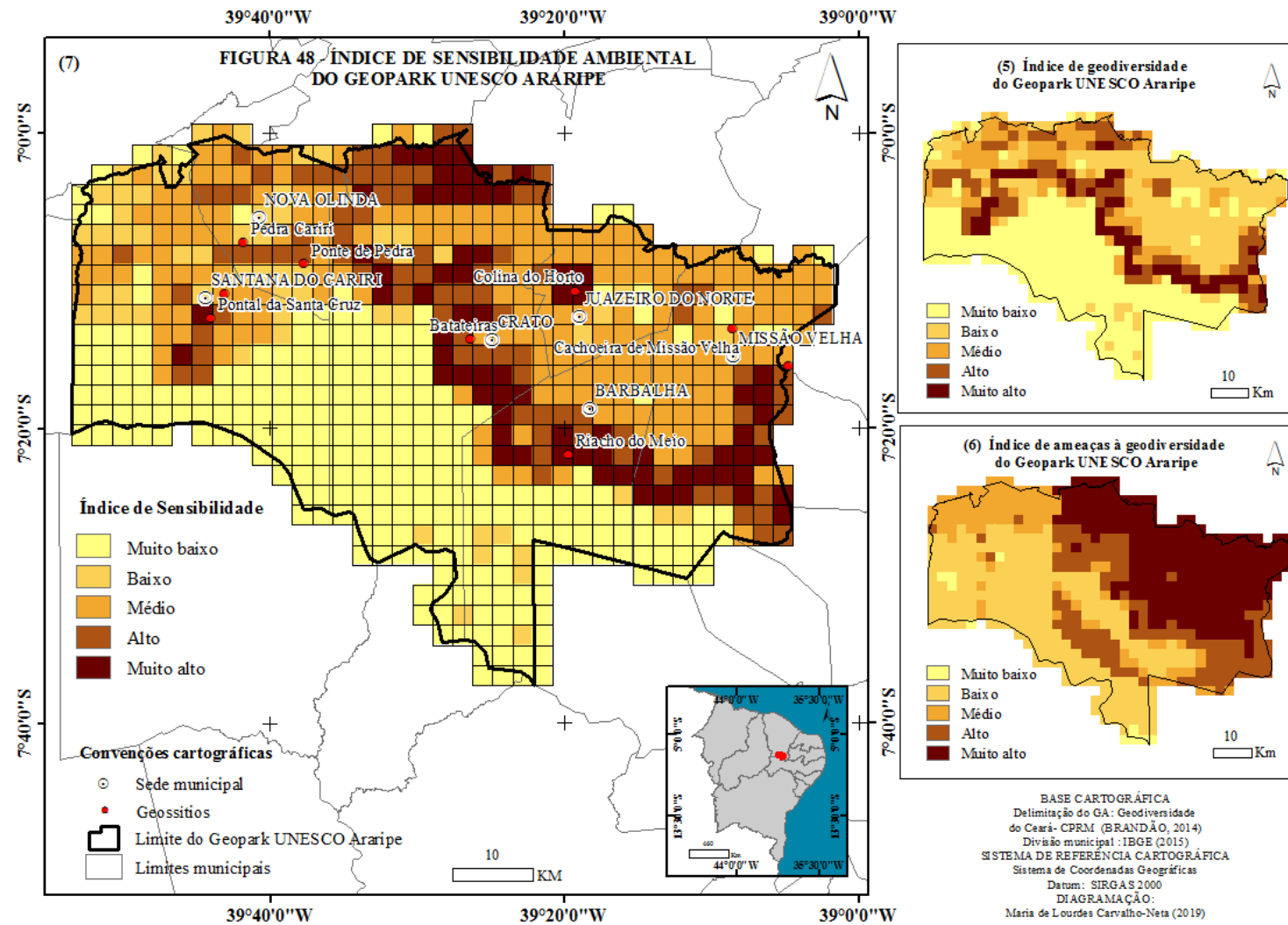
5.4 Índice de sensibilidade ambiental do Geopark Global da UNESCO Araripe

Para encerrar a avaliação no nível do referido território, apresenta-se o índice de sensibilidade ambiental. O objetivo é identificar os hotspots de geodiversidade em uma escala mais fina que o recorte da bacia sedimentar. Lembra-se que ele resulta da multiplicação dos índices de geodiversidade e de ameaças a esta geodiversidade. O resultado para o Geopark Araripe é ilustrado na figura 48.

Os valores resultantes dessa multiplicação variaram de 4 a 40. Dessa forma, os valores de 4 a 8 foram considerados como de muito baixa sensibilidade; o intervalo de 9 a 14 foi agrupado em baixa sensibilidade; os valores correspondentes à média sensibilidade compreenderam os valores entre 14 e 21; Para alta sensibilidade considerou-se os valores de 22 a 28; Encerrando, o intervalo de 29 a 40 foram os valores considerados de “muito alta sensibilidade”, definindo assim, os “*hotspot* de geodiversidade do Geopark UNESCO Araripe”.

Como se observa na figura 48, o topo é caracterizado como de muito baixa sensibilidade. No setor, além da baixa diversidade de elementos abióticos, temos UC demarcadas, muito baixa ameaça devido às características de uso e ocupação rarefeitos. O índice de baixa sensibilidade é quase não identificado. O setor do vale do cariri/depressão periférica do planalto sedimentar prevalece o índice de média sensibilidade. Os setores de alta e muito alta sensibilidade ambiental (hotspots), estão demarcados na área da escarpa do planalto, o que engloba alguns dos geossítios abertos à visitação (a saber: Riacho do Meio, Pontal de Santa Cruz). Outro geossítio que está circundado por áreas de muito alta sensibilidade é a Colina do Horto.

Figura 48 - Índice de sensibilidade ambiental do Geopark Mundial da UNESCO Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Os geossítios Batateiras, Floresta Petrificada do Cariri e Pedra Cariri encontram-se em áreas de alta geodiversidade. Já os geossítios Cachoeira de Missão Velha e Parque dos Pterossauros localizam-se em pontos de média sensibilidade ambiental.

5.5 O Geopatrimônio do Geopark UNESCO Araripe

Chega-se à análise no nível do geopatrimônio, ou seja, o conjunto de locais com relevante interesse seja científico, ou de valor de uso educativo e turístico, englobando dessa forma os geossítios e os sítios de geodiversidade (sejam eles, geomorfossítios, sítios de diversidade pedológica ou hidrológica). No entanto, como o foco da pesquisa se deu principalmente sobre as características geomorfológicas, é possível que sejam destacados, principalmente, sítios de geodiversidade de caráter geomorfológico.

O primeiro tópico faz um percurso dos inventários realizados no território do Geopark Mundial da UNESCO Araripe e posteriormente, acrescentam-se alguns locais mapeados nos trabalhos de campo desta pesquisa e considerados como de relevante interesse.

5.5.1 O inventário do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe

Os primeiros estudos realizados para a definição do Geopark Mundial da UNESCO Araripe tiveram a coordenação de uma equipe multidisciplinar da URCA, orientada pelo Prof. Dr. Gero Hillmer do Instituto e Museu de Paleontologia da Universidade de Hamburgo, com apoio do Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico (DAAD) no Estado do Ceará (MACEDO, 2014).

Inicialmente realizou-se um inventário do patrimônio geológico do território. Trata-se de um levantamento ou catalogação de um conjunto de informações e dados a cerca das características geológicas de um determinado recorte, destacando os afloramentos mais relevantes. Estes pontos catalogados podem, posteriormente, ser avaliados e categorizados, no intuito de proceder a geoconservação, dependendo do objetivo do inventário inicial.

No dossiê de candidatura do Geoparque Araripe à UNESCO (submetido em 2005), por meio do inventário, foram identificados 59 geossítios. Herzog (2017) afirma que eles obedeciam à orientação de que cada sítio privilegiado de visita seria representativo de cada um dos diferentes níveis da sequência litoestratigráfica da bacia sedimentar do Araripe. Na época, conhecidos por geotopos, eles abrangiam do embasamento cristalino, representado pelo denominado geotopo Devoniano, aos depósitos areníticos argilosos mais recentes pertencentes ao topo da chapada, correspondente ao geotopo Exu, passando pelos

extraordinários geotopos Nova Olinda e Santana, correspondentes às formações Crato e Santana. Esclarece-se que, dentro do conhecimento, na época de sua implantação, este se tratava do único parâmetro adotado para a escolha de geossítios representativos, entre todos os geoparques integrantes da GGN. Dessa forma, o percurso de visita proposto foi concebido para proporcionar um conhecimento *in situ* mais amplo da natureza da bacia do Araripe e possibilitar a interação com os sítios representativos de cada estrato e seus elementos característicos, concomitantemente às atividades científico-educacionais e à desejável fruição da natureza (HERZOG, 2017).

Em 2012, apresentou-se uma revisão do inventário do patrimônio geológico do Geopark Araripe, com o objetivo de inventariar o patrimônio geológico de valor científico, de âmbito regional, com vista a suportar o estabelecimento de uma estratégia de geoconservação para o Geopark Araripe (LIMA; FREITAS, 2012). Desta forma, os autores fizeram uma visita ao Dossiê de Candidatura do Geoparque à UNESCO. Com a atualização, o inventário do patrimônio geológico do Geopark Araripe passou a contar com 26 geossítios, que são identificados no quadro 5. Em negrito na tabela, destacam-se os 9 geossítios atualmente abertos à visita.

Quadro 5 - Informações básicas dos 26 geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

Nº	GEOSSÍTIO	MUNICÍPIO	UNIDADE GEOLÓGICA	RELEVÂNCIA (BRILHA, 2005; GARCIA-CORTÉS; CARCAVILLA-URQUÍ, 2009).
1	Colina do Horto	Juazeiro do Norte	Embasamento	Regional
2	Cachoeira de Missão Velha	Missão Velha	Fm. Cariri	Regional
3	Floresta Petrificada do Cariri	Milagres	Fm. Missão Velha	Internacional
4	Batateiras	Crato	Fm. Rio Batateiras	Nacional
5	Pedra Cariri	Nova Olinda	Fm. Santana, M. Crato	Regional
6	Ipubi	Santana do Cariri	Fm. Santana, M. Ipubi	Regional
7	Parque dos Pterossauros	Santana do Cariri	Fm. Santana, M. Romualdo	Internacional
8	Riacho do Meio	Barbalha	Fm. Exu	Regional
9	Ponte de Pedra	Nova Olinda	Fm. Exu	Regional
10	Pontal da Santa Cruz	Santana do Cariri	Fm. Exu	Regional
11	Sobradinho	Jardim	Fm. Santana, M.	Nacional

			Romualdo	
12	Rio Salamanca	Barbalha	Fm. Rio Batateiras	Regional
13	Abaiera	Abaiera	Fm. Abaiera	Regional
14	Brisa da Serra	Crato	Fm. Santana, M. Crato e Ipubi	Regional
15	Pedra Branca	Porteiras	Fm. Exu	Regional
16	Café da Linha	Abaiera	Fm. Missão Velha	Regional
17	Poço da Mãe D'Água	Nova Olinda	Embasamento	Regional
18	Vale do Calcário	Santana do Cariri	Fm. Santana, M. Crato	Regional
19	Gnaisse do Embasamento	Nova Olinda	Embasamento	Regional
20	Mina Pedra Branca	Nova Olinda	Fm. Santana, M. Ipubi e Romualdo	Nacional
21	Mina Conceição Preta	Santana do Cariri	Fm. Santana, M. Ipubi e Romualdo	Nacional
22	Cascata do Lameiro	Crato	Fm. Rio Batateiras	Nacional
23	Serra do Mãozinha	Abaiera	Fm. Santana, M. Crato, Ipubi e Romualdo	Internacional
24	Buraco da Moça	Santana do Cariri	Fm. Exu	Regional
25	Brejo Santo	Missão Velha	Fm. Brejo Santo	Nacional
26	Contato da Brejo Santo com a Missão Velha	Brejo Santo	Fm. Brejo Santo e Missão Velha	Regional

Fonte: Organizado pela autora a partir de Lima e Freitas (2012)

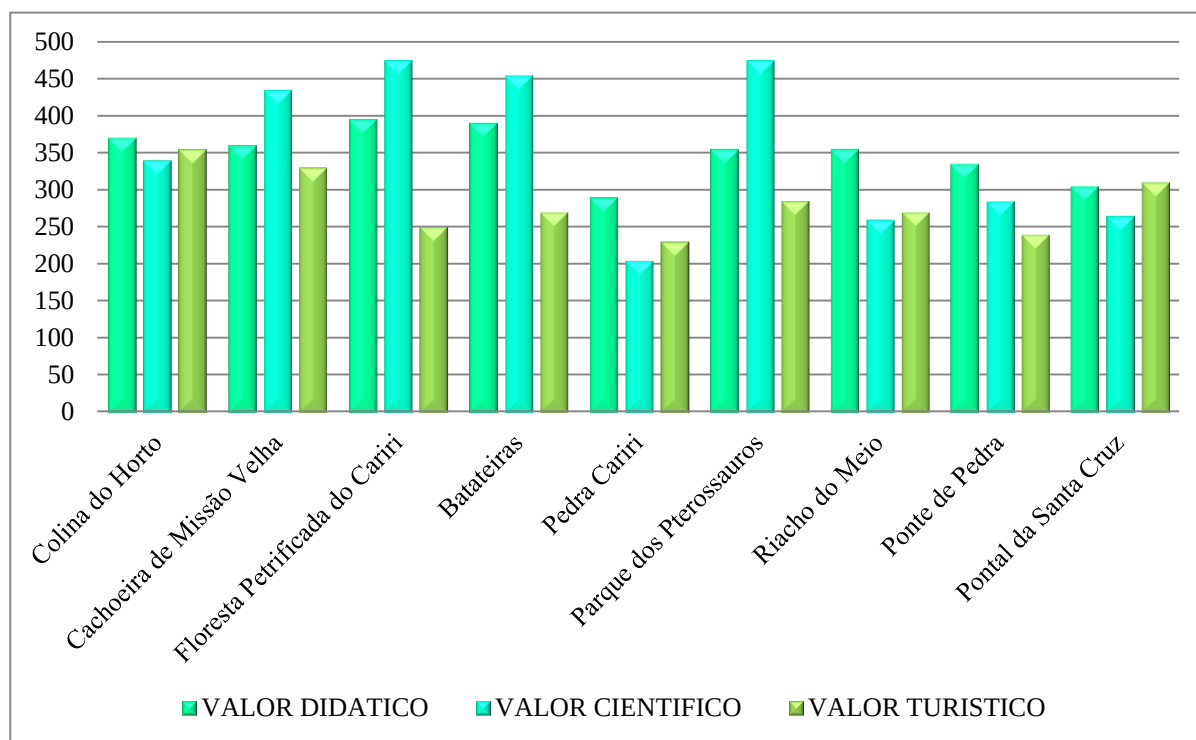
Sobre os inventários, cabe ainda apontar que, dependendo dos objetivos do inventário (avaliação de valores mais amplos ou mais restritos), o número de locais considerados pode mudar. Por exemplo, o método que objetivava definir pontos relevantes para a geoconservação do Geopark UNESCO Araripe e seu entorno resultou no mapeamento desses 26 sítios. No entanto, como identificados na tabela, apenas 9 encontram-se abertos ao público, para fins geoturísticos.

A metodologia adotada que resultou nesta inventariação apresentada foi proposta por Brilha (2005) e Garcia-Cortés e Carcavilla-Urquí (2009). Além da caracterização qualitativa, o método permitiu análise da relevância de cada geossítio na escala/âmbito regional, estadual e internacional. De acordo com a avaliação, dos 26 geossítios inventariados, considera-se que 17 geossítios apresentam relevância regional, 6 relevância nacional e 3 relevância internacional, conforme apontando na tabela 3. Tais resultados mostram a elevada

importância nacional e internacional do Geopark Mundial da UNESCO Araripe (LIMA; FREITAS, 2012).

O método possibilitou ainda, a quantificação das potencialidades dos valores didático, científico e turístico dos geossítios. O gráfico 3 exibe os valores para os nove geossítios considerados prioritários para a geoconservação e abertos à visitação. Como observado, os geossítios que apresentam maior valor didático são: Colina do Horto, Floresta Petrificada do Cariri e Batateiras. Tratando do maior valor científico, têm-se: Parque dos Pterossauros, Floresta petrificada do Cariri e Batateiras. Para o valor turístico, os geossítios com maiores pontuações são: Colina do Horto, Pontal de Santa Cruz e Cachoeira de Missão Velha.

Gráfico 3 - Quantificação dos valores dos geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.



Fonte: Elaborado pela autora com base em Lima e Freitas (2012).

Na sequência, os nove geossítios atualmente abertos à visitação são caracterizados, pela ordem de apresentação no quadro 5. No entanto, sobre este inventário e metodologia adotada, cabe a ponderação que, por conta das atualizações disponíveis, além das fichas de quantificação não estarem disponíveis na plataforma GEOSSIT, seria interessante reavaliar os sítios, refazer a quantificação à luz de outra metodologia, por exemplo, a atualmente disponibilizada na nova plataforma GEOSSIT. Os critérios levados em consideração por tal método são: valor científico; risco de degradação e; potencial uso educativo e turístico.

Posteriormente, é possível simular o resultado da classificação às recomendações para o ponto/sítio identificado.

No entanto, é importante relembrar - como apontado no início deste trabalho, que são muitas as metodologias disponíveis para a avaliação do patrimônio. A escolha da metodologia depende, essencialmente, dos objetivos, se para fins de geoconservação e/ou geoturismo.

5.5.2 Caracterização do geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO Araripe

Caracteriza-se os geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe com base, principalmente, nas publicações de Herzog et al (2008) e Ceará (2012). Sequencialmente são caracterizados os geossítios: Colina do Horto, Cachoeira de Missão Velha, Floresta Petrificada do Cariri, Batateiras, Pedra Cariri, Parque dos Pterossauros, Riacho do Meio, Ponte de Pedra e Pontal da Santa Cruz.

5.5.2.1 *Colina do Horto*

O Geossítio Colina do Horto localiza-se no município de Juazeiro do Norte. O acesso ao sítio é realizado pela rodovia CE-060, no sentido Caririáçu. Do centro da cidade de Juazeiro do Norte até a estrada secundária (à esquerda) de acesso a o sítio, percorre-se cerca de 4 km. Na estrada secundária, percorre-se mais 1,5 km até os estacionamentos da entrada do geossítio. A via de acesso é pavimentada e, apresenta-se em boas condições. Além de veículos particulares, o geossítio também é acessível por transporte público.

O referido sítio é do tipo área complexa. Além da colina em si, onde está localizada a estátua do Padre Cícero tem-se uma excelente vista da depressão periférica (vale do Cariri) e do planalto sedimentar do Araripe. A trilha do Santo Sepulcro apresenta no seu percurso, uma exposição considerável de microformas de relevo em rochas graníticas. O geossítio não está inserido em nenhuma unidade de conservação e o grau de fragilidade é considerado baixo. Está classificado como de relevância regional (nota 3.64), o sítio apresenta potenciais: estratigráfico, geomorfológico, petrológico e tectônico. (LIMA; FREITAS, 2012).

Localmente identificado com “Horto do Padre Cícero” (em referência à estátua do Padre Cícero Romão, instalada na feição – figura 49), representa a unidade de paisagem/geomorfológica Maciço estrutural dissecado. De acordo com Lima (2015), tal unidade de relevo é representada por feições constituídas por rochas pré-mesozóica do tipo granitóide cinzento, em parte com enclaves dioríticos, que ocorrem na borda da Bacia

Sedimentar do Araripe, sob forte controle de falhas com direção predominante SO-NE e que, possivelmente, foram exumados pela erosão regressiva.

Como aponta Lima e Freitas (2012), o contexto geológico envolvido no sítio compreende, predominantemente, granitos, geralmente de granulometria média a grossa, com fácies porfirítica subordinada. Por vezes ocorrem enclaves de composição dioríticas em jazimentos individualizados ou embutidos em outros corpos.

Figura 49 - Colina do Horto em Juazeiro do Norte/CE, onde está instalada a estátua de Padre Cícero



Fonte: Google Earth (2019). A visão aérea da estátua é de Daniel Dantas Gomes (2018).

Uma colina (*hill*, em inglês) constitui, geralmente, uma forma de relevo derivada. Assemelham-se às montanhas, mas diferem por estarem isoladas umas das outras e com baixas altitudes. (GUERRA; GUERRA, 2015). Suertegaray (2003) indica tratar-se de uma pequena elevação da superfície, em geral côncavo-convexa, com altitude que não excede os 50 metros. É encontrada em depressões e topos de planaltos, sendo uma forma de relevo bastante suavizada em virtude de processos erosivos. A Colina do Horto apresenta topo livre do capeamento sedimentar da Formação Mauriti, o qual está restrito às partes menos elevadas e às encostas, além de uma altimetria aproximada de 600m. No entanto, a feição apresenta amplitude de aproximadamente 150m (450m na base e 600m no topo).

Ao longo da trilha do Santo Sepulcro, há exposição de blocos graníticos, em diferentes dimensões e formas, exibindo um conjunto de microformas de relevo. Trata-se de

microformas comuns associadas a relevos graníticos, porém, chamam atenção pela sua excepcionalidade em meio à bacia sedimentar do Araripe (figura 50).

Figura 50 - Matacões expostos ao longo da trilha do Santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto



Fonte: acervo pessoal da autora (2019).

A área em questão trata-se de um *plúton* exumado. Um plúton, como define Guerra e Guerra (2015) é uma massa rochosa que se consolidou a grandes profundidades. O magma que formou o plúton ascendeu pelas zonas falhadas/fraturadas. O termo é aplicado a um corpo de ‘rocha ígnea intrusiva’, independentemente de sua forma, tamanho ou composição (ALLABY, 2008).

Ao lado do granito, que é composto principalmente de quartzo, feldspato e mica, também encontramos algumas rochas plutônicas intermediárias, como diorito e granito. Estas rochas ígneas são distinguidas por diferentes conteúdos de minerais. Ao longo das margens do plúton intrusivo, os sedimentos circundantes foram aquecidos e transformados. Nestes metassedimentos, os minerais sofreram metamorfoses diferentes (HERZOG et al, 2008). O plúton do horto se trata de uma intrusão de menor dimensão. Segundo Herzog et al (2008),

para os plútons do Nordeste brasileiro é aceita uma idade neo-proterozóica a eopaleozóica (~570 – 540 Ma), estando assim, associados à Orogênese Brasileira.

Ao analisar a carta morfoestrutural da área, observa-se que nos arredores da feição ocorrem muitos falhamentos. Dessa forma, para se entender sua gênese, é preciso destacar que ocorreram inicialmente falhamentos, seguidos de aplainamento das estruturas e preenchimento das depressões e dos grabéns, em uma superfície mais ou menos plana com lagoas pouco profundas no Cretáceo inferior (Aptiano/Albiano). Posteriormente, deu-se o início da deposição a Formação Rio da Batateira e a formação de uma superfície plana. A camada pós rift Rio da Batateira trata-se de uma superfície de aplainamento que nunca foi completa. Deixou em relevo o *horst* que nunca foi completamente aplainado. As camadas acima funcionaram como “protetoras” do plúton granítico que não foi completamente aplainado. Esse paleorelevo denominado Serra do Horto foi enterrado com a formação da depressão periférica e depois exumado, com vestígios da Formação Mauriti e Brejo Santo.

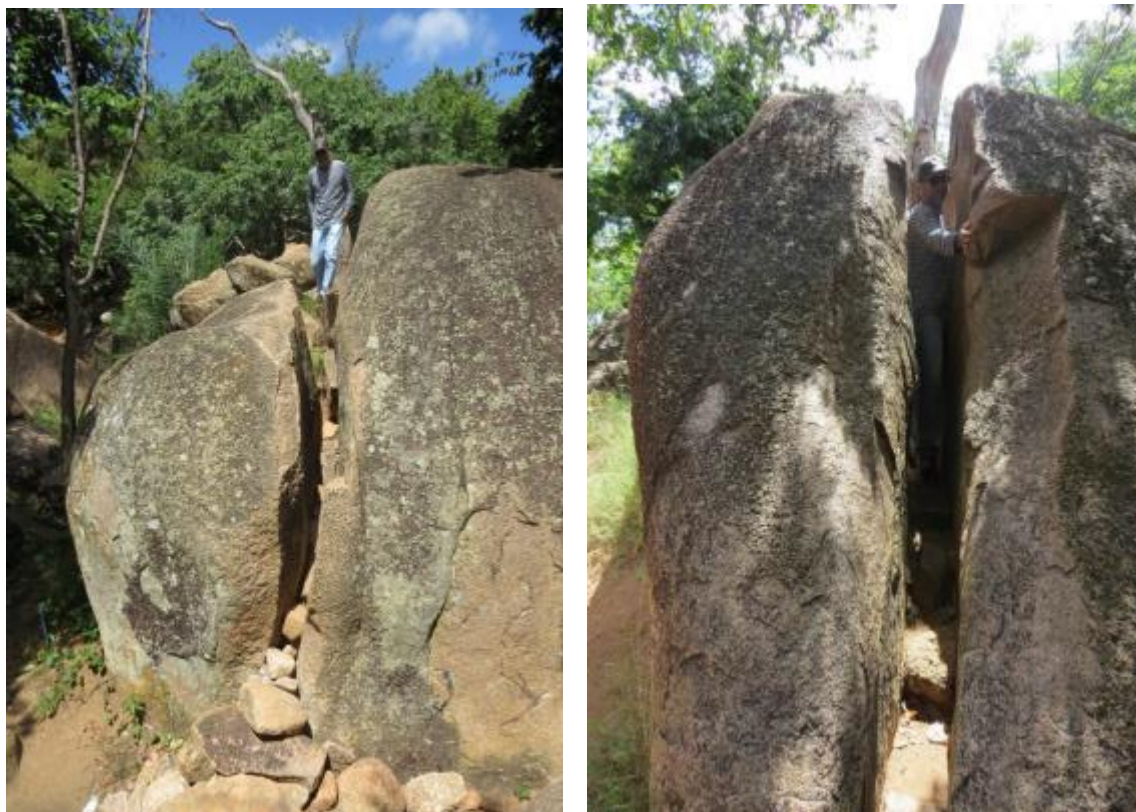
Outra relevância do Geossítio Colina do Horto é a visão privilegiada do vale do Cariri. Além da importância tanto geomorfológica como cultural, permitindo uma contemplação da paisagem regional e entendimento dos processos de formação.

Seguindo a mesma gênese, indica-se a Serra do Juá, no distrito de Ponta da Serra, Crato. As feições são tratadas por Peulvast (2015, comunicação oral) como paleorelevos exumados. Na Serra do Juá existe um contato direto da Fm. Exu com o granito. Na Serra da Boa Vista também se percebe vestígios da Fm. Exu e da superfície basal do Cenomaniano/Albiano exumada, abaixo, na depressão periférica. Na estrada indo para a Ponta da Serra percebe um contato bem visível entre a Formação Exu e o granito do embasamento.

Outra característica relevante na Colina do Horto é o aspecto histórico, cultural e religioso. No topo da colina, têm-se uma estátua do Padre Cícero Romão Batista, com cerca de 27 metros de altura, o Museu Vivo do Padre Cícero a Igreja do Senhor do Bonfim, além da já mencionada trilha de acesso ao Santo Sepulcro.

Segundo Ceará (2012), o Santo Sepulcro é o local de sepultamento de um dos beatos que conviveu com o Pe. Cícero. Encontram-se duas pequenas capelas, onde os romeiros acendem velas e fazem suas orações. A trilha é considerada repleta de locais considerados encantados, são atribuídos valores mágicos e religiosos a muitas das rochas expostas. Em destaque, têm-se a chamada “pedra do pecado” (FIGURA 51), onde os romeiros passam para se purificar. Diz-se ainda, que caso o romeiro não consiga atravessá-la, é sinal que ele está repleto de pecados.

Figura 51 - Pedra Pecado, trilha do santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto

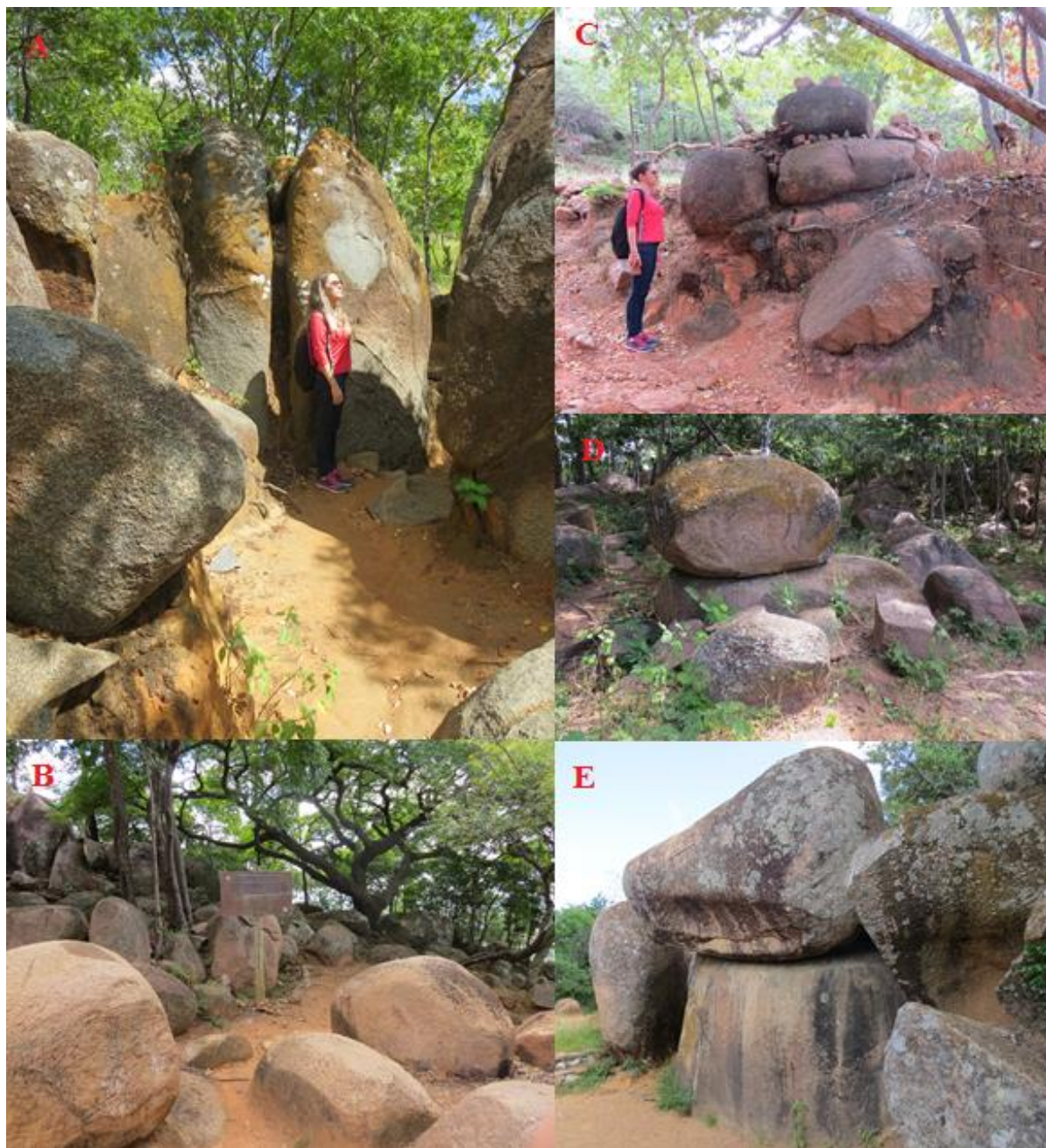


Fonte: acervo pessoal da autora (2019).

Geomorfologicamente, a trilha do Santo sepulcro expõe diferentes microformas de relevo. A “pedra do pecado”, por exemplo, trata-se de uma microforma de fraturamento, uma rocha fraturada (do termo em inglês, *split rock*) (LIMA et al, 2019). Cabe o registro que ela não é a única “*split rock*” no percurso da trilha, mas, pelo seu simbolismo acabou ganhando destaque. Identificam-se ainda, *boulders*, *nubbins*, *pedestal rock* e *castle koppies* (FIGURA 52).

Boulder ou matacão trata-se de bolas de rochas compactas produzidas pela desagregação cortical (esfoliação esferoidal), geralmente originada pelos efeitos térmicos, seguidos dos fenômenos de hidratação (GUERRA; GUERRA, 2015). É uma das feições mais características de paisagens graníticas (LIMA et al, 2019).

Figura 52 - Microformas de relevo em rochas graníticas na trilha do Santo Sepulcro, geossítio Colina do Horto, Juazeiro do Norte/Ceará: A – *split rock*; B – *Boulder* ou matacões; C, D e E – *Castle koppies* e *Nubbins*



Fonte: acervo pessoal da autora (2019).

5.5.2.2 *Cachoeira de Missão Velha*

A Cachoeira de Missão Velha está localizada no Município de Missão Velha, na localidade Vila Cachoeira. O principal acesso ao sítio é a partir da cidade de Missão Velha em direção a Aurora. Após percorrer 4 km nesta rodovia, toma-se o acesso à esquerda por mais 1 km até o geossítio, em boas condições de tráfego (LIMA; FREITAS, 2012).

Como aponta Guerra e Guerra (2015), uma cachoeira é uma queda d'água no curso de um rio, ocasionada pela existência de um degrau no seu perfil longitudinal. As causas da existência dessas diferenças de nível no leito do rio podem estar ligadas a falhas, dobras, erosão diferencial, diques, entre outros. No caso da cachoeira de Missão Velha, percebe-se o degrau, de aproximadamente 12 metros, no nível do solo. (FIGURA 53).

Figura 53 - Geossítio Cachoeira de Missão Velha, no município homônimo



Fonte: acervo pessoal da autora (2018).

A feição expõe os sedimentos da Formação Cariri que é constituída por arenitos imaturos, de granulação média a muito grossa, com grãos angulares a subangulares, interpretados como fácies de sistemas fluviais entrelaçados. Níveis de ortoconglomerados ocorrem, sendo mais comuns na base, onde incluem fragmentos líticos do embasamento e clastos de feldspatos róseos bem preservados. Caracteriza-se como afossilífera e sua atribuição de idade Paleozoica (ASSINE, 2007; CEARÁ, 2012). Além da Formação Cariri ocorrem também na área depósitos aluvionares.

Quanto à geomorfologia, em contexto mais amplo, a feição encontra-se inserida no pedimento dissecado, associado à depressão periférica (ou vale do Cariri). No tocante à Pedologia, encontram-se Argissolos vermelho e Neossolos flúvicos. A Hidrografia está relacionada ao Rio Salgado (CEARÁ, 2012).

A área integra o Parque Natural Municipal Cachoeira de Missão Velha (Bioparque) e o Monumento Natural Cachoeira de Missão Velha, integrando terrenos público e particular.

Registra-se a presença de icnofósseis e, além do interesse paleontológico, são identificados interesses estratigráfico, geomorfológico e sedimentológico. O sítio apresenta relevância regional, com nota 3.92 (LIMA; FREITAS, 2012).

5.5.2.3 Floresta Petrificada do Cariri

O Geossítio Floresta Petrificada do Cariri, localizado entre os municípios de Milagres e Missão Velha, no Sítio Olho D'água Comprido, possui principal acesso pela rodovia CE-293 que liga a cidade de Missão Velha ao município de Milagres. Saindo de Missão Velha percorre-se 7 km até a entrada do geossítio na rodovia, na margem esquerda.

Como apontam Lima e Freitas (2012), o geossítio expõe a Formação Missão Velha, a qual é constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos e/ou caolínicos, localmente conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada (FIGURA 54) atribuídos à conífera *Dadoxylon benderi*.

Figura 54 - Geossítio Floresta Petrificada, município Missão Velha



Fonte: Acervo do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

A Floresta Petrificada do Cariri está numa área de propriedade particular e não está inserida em nenhuma Unidade de Conservação. O grau de fragilidade é elevado e, além do valor paleontológico, pela abundância de troncos e fragmento silicificados, apresenta valores relacionados à estratigrafia, museus e coleções, sedimentológico e paleoclimático (LIMA; FREITAS, 2012).

5.5.2.4 Batateiras

O Geossítio Batateiras, localizado na área urbana do Crato, apresenta acesso por estrada não pavimentada, localizada ao lado da fábrica da Grendene. O sítio do tipo área

compreende o Parque Estadual Sítio do Fundão, que por sua vez, também abrange parte da APA da Chapada do Araripe.

Conforme descrito por Lima e Freitas (2012), a Formação Rio da Batateira, no referido geossítio, é formada predominantemente por arenitos com intercalações de folhelhos de colorações cinza esverdeado e de níveis delgados de conglomerados. Apresenta interesse estratigráfico, geomorfológico, paleontológico, sedimentológico e, está classificado como de relevância nacional, com nota 5,75. A figura 55 apresenta alguns dos atrativos deste geossítio.

O Parque Estadual Sítio Fundão é composto por 93,5204 (noventa e três vírgula cinquenta e dois, zero quatro) hectares e, foi criado pelo Decreto Nº 29.307, de 05 de junho de 2008 (DOE CEARÁ, 2008) com o propósito de: “assegurar integral proteção à flora, à fauna, às belezas naturais e aos sítios históricos nele existentes, bem como para garantir sua utilização com objetivos educacionais, recreativos e científicos”. Embora os objetivos de sua criação não estejam voltadas para a proteção da geodiversidade e/ou do patrimônio geológico (SILVEIRA et al, 2018), Lima et al (2017) destacam a importância do Parque no que concerne os recursos hídricos, a arqueologia, a paleontologia e a história, além de possuir fragmentos de mata nativa que sustenta uma das mais ricas biodiversidades existentes na bacia hidrográfica do Rio Batateiras.

5.5.2.5 *Pedra Cariri*

O Geossítio Pedra Cariri, localizado no município de Nova Olinda, às margens da Rodovia CE – 255, trata-se de uma antiga frente de lavra de calcário laminado chamada de Mina Triunfo (CORDEIRO, MACEDO e BASTOS, 2015). O principal acesso ao geossítio é feito pela rodovia CE-255 que liga Nova Olinda a Santana do Cariri. A partir de Nova Olinda percorre-se 3 km até o geossítio Pedra Cariri situado na margem esquerda da rodovia.

Apresenta-se bastante modificado por ações antrópicas. No entanto, caracteriza-se pela excelência no grau de preservação, abundância e diversidade dos fósseis encontrados nos calcários laminados do Membro Crato. É frequentemente visitado por estudantes e pesquisadores devido à abundância de fósseis do Cretáceo Inferior (SILVEIRA et al, 2012). Segundo Mochiutti et al (2012), caracteriza-se por valores intrínseco, econômico, científico e didático, no que se refere aos valores da geodiversidade (FELIX, 2017).

Figura 55 - Geossítio Batateiras, Crato



Fonte: Acervo pessoal da autora (2017).

O Membro Crato (da Formação Santana), é composto, basicamente, pelos calcários micríticos laminados. Apresenta registro fóssilífero abundante e muito diversificado, característico de ambiente de sedimentação lacustre (NEWMANN, 1999). No registro fóssilífero destacam-se: insetos, ostracodes, crustáceos, aracnídeos, pequenos peixes (pouca diversidade, sobressaindo-se o *Dastilbe elongatus*), quelônios, lagartos e pterossauros (CEARÁ, 2012).

5.5.2.6 Parque dos Pterossauros

O Parque dos Pterossauros está localizado no Sítio Canabrava, município de Santana do Cariri. O acesso ao geossítio ocorre a partir da Sede de Santana do Cariri em direção ao Sítio Barra e Mané Côco, por via não pavimentada. Percorre-se 2,5 km até chegar à entrada do geossítio, de onde se toma uma estrada secundária não pavimentada por cerca 1,5 km até o geossítio. Como apontam Lima e Freitas (2012), o Parque dos Pterossauros é um geossítio artificial, que apenas existe a partir de escavações no terreno (figura 56).

Figura 56 - Geossítio Parque dos Pterossauros



Fonte: Acervo do Geopark Mundial da UNESCO Araripe.

A geologia do geossítio Parque dos Pterossauros está associada ao Membro Romualdo da Formação Santana, composta predominantemente por folhelhos verdes. O sítio apresenta concreções calcárias (FIGURA 56) ricas em paleoictiofauna marinha, pterossauros, dinossauros, tartarugas, peixes e vegetais. Classificado como de relevância internacional, nota 5,96, apresenta interesses Estratigráfico, Museus e Coleções, Paleontológico, Sedimentológico e Paleoclimático (LIMA; FREITAS, 2012).

5.5.2.7 *Riacho do Meio*

O geossítio Riacho do Meio localiza-se a 6 km de Barbalha. Inserido no Parque Municipal Riacho do Meio/Parque Ecológico Luís Roberto Correia Sampaio, Monumento Natural Sítio Riacho do Meio e APA da Chapada do Araripe, é considerado de relevância regional (nota 3,37). O geossítio apresenta poucos afloramentos em meio à vegetação de encosta do planalto sedimentar do Araripe (figura 57). Localmente, a Formação Exu apresenta-se constituída por arenitos médios a grossos com estratificação cruzada planar e acanalada, dispostos em sets decimétricos a métricos (LIMA; FREITAS, 2012).

Figura 57 - Geossítio Riacho do Meio



Fonte: Acervo pessoal da autora (2018).

O Riacho do Meio se destaca por suas características naturais. No local há a ressurgência de fontes de água, conferindo ao lugar importância hidrogeológica, além de apresentar uma vegetação densa e úmida que preserva alguns exemplares da flora e da fauna nativas do Araripe (MACEDO, 2014).

5.5.2.8 *Ponte de Pedra*

O Geossítio Ponte de Pedra (figura 58) está localizado na zona rural do município de Nova Olinda, no Sítio Olho D'água, nas proximidades da CE – 292 (via que interliga os municípios de Nova Olinda e Crato). O geossítio é caracterizado por uma erosão natural que resultou em uma estrutura similar a uma ponte (CORDEIRO, MACEDO e BASTOS, 2015). De acordo com as categorias de valores propostas por Gray (2004), apresenta valores intrínseco, cultural, estético, científico e didático (MOCHIUTTI et al, 2012; FELIX, 2017).

Figura 58 - Geossítio Ponte de Pedra, Nova Olinda.



Fonte: acervo pessoal da autora (2018).

A Ponte de Pedra (*natural bridge*) é uma feição de relevo resultante da ação do intemperismo com a erosão fluvial, mas podem também ser formadas pela ação marinha. Tal feição se distingue de um arco natural (*natural arch*) que são formados pelo intemperismo juntamente com a erosão eólica, em áreas áridas. Este tipo de feição tem início quando a ação do intemperismo cria uma abertura na rocha, que pode ter origem em áreas de fratura ou de fraqueza. Essa abertura vai se alargando, seja pela erosão fluvial, marinha ou eólica. De acordo com Young (GOUDIE, 2004), essas formas ocorrem mais comumente em arenitos, que tem permeabilidade suficiente para fornecer a infiltração que promove o intemperismo e, ainda tem a coesão necessária para um arco ou uma ponte se desenvolverem. Feições como arcos são mais numerosas onde muitas articulações espaçadas foram erodidas para formar um estreito plano vertical de rocha (*fin*) que são facilmente perfuradas por intemperismo. O autor segue esclarecendo que em rochas fortemente estratificadas (com acamamentos bem definidos), a ampliação inicial túnel pode resultar no desenvolvimento de uma longa laje (*slab* ou *lintel*). A carga da rocha rebaixada cria tensão na face inferior desta laje. Se o espaço

continuar a crescer, o estresse pode exceder a resistência à tração da rocha, causando colapso na laje, ou seja, uma ruptura na ponte.

Como apontado no inventário do patrimônio geológico do Geopark Araripe (LIMA, 2012), o geossítio Ponte de Pedra é uma geoforma esculpida no arenito, resultado da erosão provocada pela água ao longo dos últimos milhões de anos (CEARÁ, 2012). A feição foi formada pela erosão das águas do córrego afluente do rio Cariús. Localmente a Formação Exu apresenta-se constituída por arenitos médios a grossos, com níveis conglomeráticos e estratificação cruzada planar e acanalada. O geossítio apresenta interesses estratigráfico, geomorfológico e sedimentológico.

Como bem ilustra Cunha (1994), a capacidade da erosão das águas depende da velocidade e turbulência, do volume e das partículas por ela transportadas em suspensão, saltação e rolamento. A erosão das paredes e do fundo do leito pelas águas correntes atua de três formas: pelas ações corrasiva (corrasão ou efeito abrasivo das partículas em transporte sobre as rochas) e corrosiva (resulta da dissolução de material solúvel no decorrer da percolação da água), e pelo impacto hidráulico.

Recentemente foram realizadas intervenções na ponte (Figura 59) havendo sido colocada uma estrutura de sustentação na parte inferior da feição. A forma não é exclusividade do Geopark Araripe. Bastante comum no Planalto do Colorado, é identificada também na parte oeste do Parque Nacional de Springbrook, na Austrália e no Natural Bridge State Park, Estado da Virgínia EUA. Também se identifica uma feição semelhante no chamado Cariri Paraibano. No entanto, agrega-se à feição o valor mítico/cultural.

Os povos indígenas acreditavam que a ponte de Pedra levava a um Castelo encantado. Os relatos estão associados à Lenda da Mãe D'água, que são ilustrados em gravuras na Casa Grande (em Nova Olinda), bem como retratados em Limaverde (2006; 2015).

Figura 59 - Geossítio Ponte de Pedra após a colocação da estrutura de sustentação



Fonte: Acervo pessoal da autora (2018).

5.5.2.9 Pontal de Santa Cruz

O Pontal de Santa Cruz localiza-se na comunidade homônima, no município de Santana do Cariri. O acesso ao sítio ocorre partindo da sede de Santana do Cariri em direção a Vila Pontal de Santa Cruz por estrada secundária não pavimentada, percorre-se aproximadamente 4 km até uma bifurcação. A partir daí, toma-se a estrada da esquerda em direção ao topo da chapada por mais 1,2 km até o geossítio (LIMA; FREITAS, 2012).

O geossítio (FIGURA 60) é formado por terras públicas e privadas e apresenta fragilidade razoável. Está inserido na UC Monumento Natural Pontal da Santa Cruz e APA da Chapada do Araripe. Apresenta um valor geomorfológico, estratigráfico e sedimentológico. É um sítio de relevância regional (nota 3,70). No que tange ao apelo turístico é, juntamente com a Colina do Horto e a Cachoeira de Missão Velha, um dos pontos mais visitados.

Figura 60 - Geossítio Pontal de Santa Cruz, Santana do Cariri



Fonte: Imagem de drone, Daniel Dantas Gomes (2018).

5.6 Ampliando os olhares sobre o geopatrimônio do Geopark Mundial da UNESCO e áreas adjacentes

Os trabalhos de campo para reconhecimento do território e visitas aos geossítios do Geopark Mundial da UNESCO Araripe abertos à visitação foram iniciados ainda no ano de 2015. A partir de então, começaram os diálogos com guias de turismo locais, praticantes de esportes de aventura e ex-alunos do curso de Geografia da URCA, conhecedores e curiosos da paisagem do Cariri Cearense. Nessas conversas, quando questionados sobre locais ou feições que chamavam a atenção, muitos mirantes foram citados e, tratando de formas pontuais, algumas das famosas “pedras” do Cariri começaram a ser mencionadas.

Os nomes atribuídos a esses sítios sejam às vistas panorâmicas, sejam às feições pontuais, geralmente estão associados ao fato de que o modelado se assemelha ou apresentam traços que sugerem a forma de algum objeto, animal ou mesmo partes do corpo humano. Em

outros casos, a denominação está associada a alguma das lendas do Cariri ou, sua denominação lhe foi atribuída em decorrência de algum outro aspecto de valoração cultural.

Nesse contexto, e com o propósito de ampliar os olhares, tanto sobre o tema, quanto sobre o território, os trabalhos de campo foram estendidos, ultrapassando os limites do Geopark Araripe. É importante demarcar que, esses levantamentos não tinham como objetivo buscar sítios de relevância geológica ou paleontológica, visto que, no contexto do território do Geopark Araripe, já têm seu potencial bem definido acima de qualquer outro. A caracterização destes geomorfossítios é apresentada a seguir.

A apresentação é sistematizada a partir da situação geológico-geomorfológica em que estão inseridos. Pela análise em macroescala, as geoformas mapeadas foram agrupadas em 2 (dois) diferentes contextos: 1. Encosta do planalto sedimentar do Araripe e; 2. Depressão. A figura 61 apresenta uma espacialização dessas geoformas, no contexto da bacia sedimentar do Araripe.

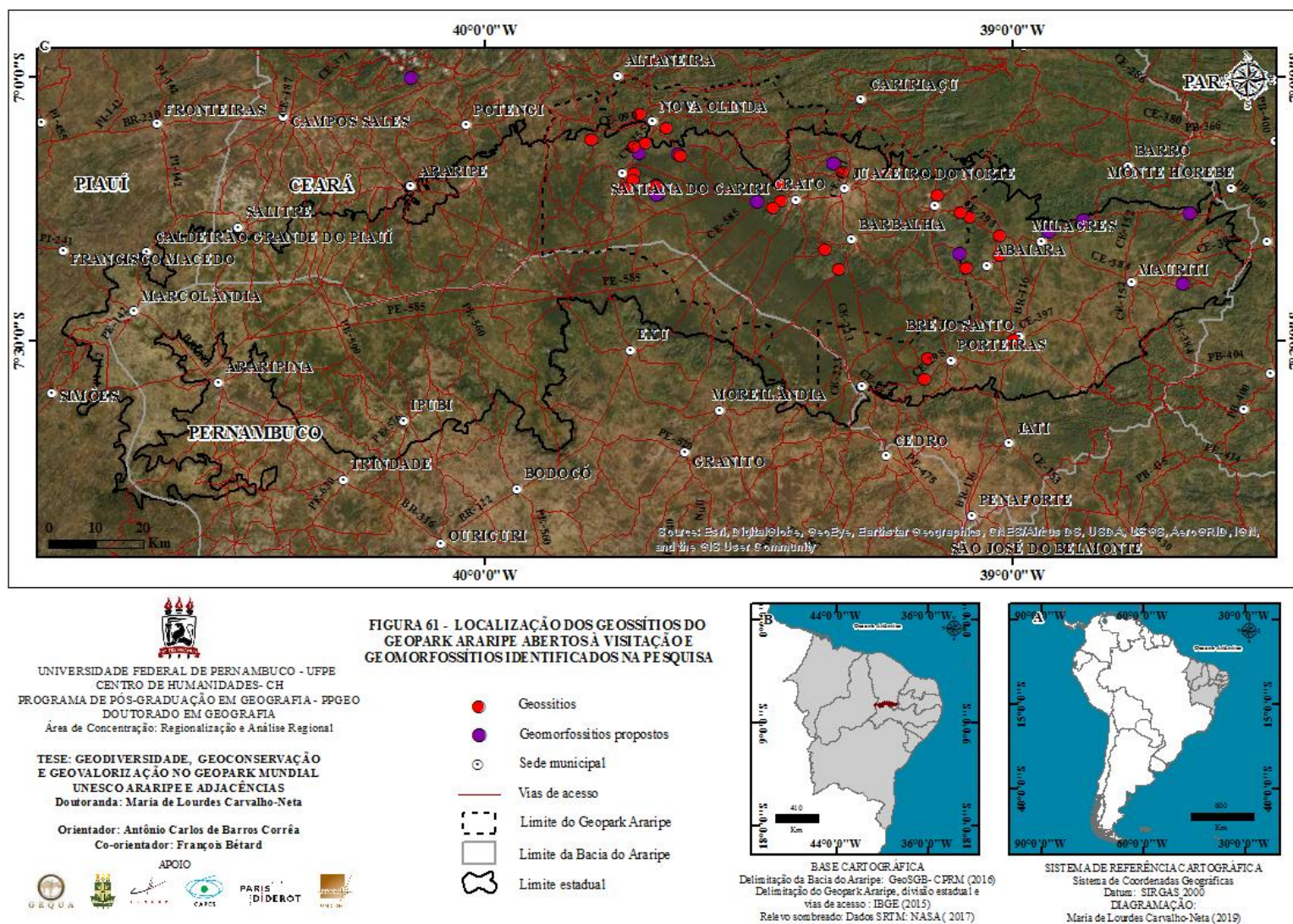
5.6.1 Contexto geológico-geomorfológico 1 – encosta do planalto sedimentar do Araripe

As feições da encosta estão no contexto ao planalto sedimentar do Araripe, que se caracteriza como estrutura tabuliforme com presença de uma superfície estrutural dominada pela Formação Exu e formação de cornijas. Nesse contexto, distinguiram-se: relevos de recuo de escarpa e relevos residuais.

5.6.1.1 *Relevos de recuo*

Os relevos responsáveis pelo recuo de escarpa, mais comumente encontrados no recorte de pesquisa, são: cabeceiras de drenagem (FIGURA 62), anfiteatros (FIGURA 63) e cicatrizes de deslizamentos.

Figura 61 - Localização dos geossítios do Geopark Araripe abertos à visitação e geomorfossítios identificados na pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2019) a partir dos levantamentos de campo.

Figura 62 - Algumas das geoformas identificadas no Planalto sedimentar do Araripe.



Fonte: Cabeceira de drenagem, Daniely Guerra (via drone) (2019). Demais imagens, acervo da autora (2019).

As cabeceiras de drenagem são áreas onde existem olhos d'água que dão origem a um curso fluvial. Podem ser denominadas de fontes, nascente, minadouro. São caracterizados por uma conformação topográfica côncava. A evolução destas pode resultar em anfiteatros. Este, também denominado de circos de erosão, bastante comuns nas bordas de planaltos, trata-se de vales alargados na encosta do relevo. Caracteriza-se como uma depressão de paredes íngremes e fundo chato, em forma de ferradura e semelhante a um antigo teatro grego. (GUERRA; GUERRA, 2015).

Na encosta, ainda percebe-se muitas cicatrizes de deslizamento. São marcas deixadas na encosta por um movimento de massa ou outro processo geomorfológico que cause ruptura do equilíbrio preexistente.

Figura 63 - Geoformas resultantes do recuo da escarpa no planalto do Araripe



Fonte: Google Earth e Daniel Gomes da (via drone) (2019).

Bastante marcante no planalto do Araripe, as Cornijas são escarpas mantidas pela camada dura, recuando mais ou menos rapidamente em função da espessura dessa camada, da resistência da rocha e da intensidade da erosão (PENTEADO, 1983). No caso do Araripe, como já mencionado, a camada que sustenta essa feição são os arenitos da formação Exu.

Ainda observam-se formas denominadas festão (FIGURA 62). São saliências decorrentes de processos erosivos localizados nas bordas dos planaltos. As ravinas e/ou voçorocas (*rill erosion*) também são bastantes presentes na encosta do Araripe. São sulcos produzidos nos terrenos devido à ação erosiva das águas de escoamento.

5.6.1.2 Relevos residuais

Entre os exemplos de relevos residuais, identificam-se morros testemunhos, microrelevos testemunhos e pináculos rochosos. Essas feições têm dimensão espacial limitada, podendo ser derivadas da erosão diferencial.

Um morro testemunho bem representativo localizado no município de Porteiras, Ceará é a Serra do Mãozinha. No entanto, também é identificado no território Pernambuco, como é o caso da Torre Grande, no município de Ipubi.

Os pináculos rochosos, na literatura internacional denominado *Earth-Pillar* são um tipo de morros testemunho. A figura 64 ilustra a feição localmente denominada “Morro dos três irmãos”, localizado no município de Mauriti/CE, um morro residual dominado pela rede de fraturas. A geoforma encontra-se na borda da bacia sedimentar do Araripe, sendo esculpida nos arenitos da Formação Mauriti, caracterizada por apresentar arenito médio a conglomerático e conglomerado (CPRM, 2014).

Figura 64 - Pináculos Rochosos – Morro 3 irmãos, Mauriti



Fonte: Vista aérea – foto de Daniely Guerra (via drone) (2019). Demais imagens, acervo da autora (2019).

5.6.2 Contexto geológico-geomorfológico 2 – depressão

Tratando-se do contexto geológico-geomorfológico da depressão. Consideram-se as formas que sobressaem à superfície em processo de aplainamento, onde predominam formas planas ou levemente onduladas. Na sua maioria, são feições de dimensão mais modestas, no entanto, atraem a atenção do público em geral, bem como podem ser bastante didáticas para os geocientistas entenderem/explicarem alguns processos.

Nesse contexto, consideraram-se: cachoeira e cascata e cânions, boqueirão e/ou garganta. Feições mais pontuais como *boulders*, *pedestal rock*, *surplon*, caos de blocos, *castle koppies* foram identificados. As figuras 65, 66, 67 e 68 ilustram alguns exemplos.

Cachoeira e cascata representam certa quebra de uniformidade do declive e é explicada pela resistência de certos bancos rochosos mais resistentes a erosão. É uma queda d'água no curso de um rio. Os cânions, garganta ou boqueirão (*watergaps*) caracterizam-se por uma passagem estreita causada pelo aprofundamento do talvegue de um rio em rochas resistentes à erosão, existentes em terrenos dobrados e falhados, geralmente discordante da

estruturação regional. Pode ocorrer em regiões submetidas a eventos neotectônicos. (IBGE, 2009). A feição *pedestal rock* é uma massa rochosa erosional isolada, compreendendo um suporte delgado de haste, pescoço ou coluna e uma cobertura mais larga. São desenvolvidos em várias condições climáticas e contextos litológicos, porém, especialmente em arenito, granito e calcário. (GOUDIE, 2004). Na figura 65 a feição é esculpida no arenito da Formação Mauriti (ou Cariri) e é localmente denominada “Pedra do Chapéu”.

Figura 65 - *Pedestal rock* – Pedra do Chapéu, Mauriti



Fonte: Vista aérea – foto de Daniely Guerra (via drone) (2019). Demais imagens, acervo da autora (2019).

Dependendo das características da massa rochosa e os processos erosivos atuantes, podem resultar em *balancing rock*. A figura 66 ilustra a geoforma localmente denominada “Pedra Redonda”, localizada em Farias Brito/CE. A feição está inserida no contexto da unidade granjeiro, formado por ortognaisses TTG. (CPRM, 2014).

Figura 66 - *Balancing rock* – Pedra Redonda, Farias Brito



Fonte: Acervo pessoal da autora (2018).

Outra feição identificada é a *Castle koppies*. Esta forma se caracteriza por apresentar uma parte inferior maciça, e uma parte superior formada por blocos pouco arredondados e empilhados, mantendo suas posições originais, permanecendo *in situ*. A figura 67 ilustra um exemplo. Trata-se da feição localmente denominada “Pedra do Convento”, localizada na comunidade do Convento, no município de Potengi/CE. A geoforma está associada à suíte intrusiva Itaporanga – plúton Campos Sales-Assaré. O afloramento também recebe o nome de “Pedra do Sino”, pois, quando soado especificamente em um local, emite um som que se assemelha a um sino. A feição ainda apresenta arte rupestre, especificamente do tipo gravura (imagens gravadas em incisões na própria rocha).

A arte rupestre também é identificada em outros afloramentos, como é o exemplo da feição denominada “Pedra da letra ou Pedra do Letreiro”, que recebe essa denominação por conta das pinturas rupestres identificadas. A Pedra do Letreiro (FIGURA 68) trata-se de um afloramento rochoso com inscrições/pinturas rupestres localizado em Mauriti/CE. A feição é moldada em sedimentos da Formação Brejo Santo, pertencentes ao grupo Vale do Cariri, formada por arenito, folhelhos e margas (CPRM, 2014).

Do ponto de vista geomorfológico, trata-se de uma encosta negativa, um *Surplon*. No Nordeste brasileiro, os *surplons* são os locais preferenciais para aplicação das inscrições rupestres. Há uma encosta com uma camada basal mais frágil e a erosão hídrica age na base.

Figura 67 - *Castle Koppies* – Pedra do Sino, comunidade do Convento, Potengi



Fonte: Acervo pessoal da autora (2019).

Figura 68 - Pedra do Letreiro, Mauriti



Fonte: Vista aérea – foto de Daniely Guerra (via drone) (2019). Demais imagens, acervo da autora (2019).

6 LIMITES E POSSIBILIDADES PARA GEOCONSERVAÇÃO E GEOVALORIZAÇÃO NO TERRITÓRIO DO GEOPARK ARARIPE E ÁREAS ADJACENTES: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em face do quadro exposto ao longo do percurso de reflexão e análise empreendido até aqui, se faz necessário sublinhar alguns aspectos dignos de nota para demarcar possíveis caminhos a se trilhar nos âmbitos da pesquisa, da gestão e do debate público em torno dos limites e possibilidades em torno da “geodiversidade, geoconservação e geovalorização no Geopark mundial UNESCO Araripe e adjacências”.

6.1 Limites e possibilidades para geoconservação

6.1.1 No nível da bacia sedimentar do Araripe

No que tange ao enfoque acerca da *geoconservação*, com a quantificação da geodiversidade da bacia sedimentar do Araripe e adjacências, percebe-se que a diversidade geológica (tão relevante para o Geopark Araripe), bem como os índices dos demais elementos da geodiversidade (geomorfodiversidade, hidrodiversidade, pedodiversidade) é de fato significativa no recorte espacial objeto da análise. Acresce informar que foram identificados *hotspots* de geodiversidade (áreas com alta geodiversidade e de grandes ameaças), também fora dos limites do Geopark UNESCO Araripe.

É importante fazer esses registros, visto que, por conta do reconhecimento pela UNESCO, a tendência recorrente é a de que o território do Geopark Araripe concentre a atenção de pesquisadores (geocientistas) e também dos não geocientistas. Mas, constatou-se que esses achados representam apenas uma parcela da rica geodiversidade e do geopatrimônio da bacia sedimentar do Araripe (em especial, os *hotspots* situados no Piauí e Pernambuco, na borda sul e leste do planalto do Araripe).

Nesse contexto e, considerando-se a necessidade de proteção desta geodiversidade, urge se considerar as possibilidades de:

- Demarcação de Unidades de Conservação-UC que contemplem os *hotspots* de geodiversidade, por exemplo, a criação de Monumentos Natural-MONA. Estratégia esta, adotada no território do Geopark UNESCO Araripe para os geossítios Cachoeira de Missão Velha, Parque dos Pterossauros, Riacho do Meio e Pontal de Santa Cruz.

A demarcação dessas UC pode ser definida após uma quantificação de geodiversidade em nível de detalhes mais ampliado, por exemplo, como foi realizado para a

área do Geopark Araripe (com grade de dimensão de 2,5km x 2,5 km, resultando em um pixel de 6,25 km², ou mesmo, de 1 km² - 1 km x 1 km), sempre respeitando as limitações das bases cartográficas utilizadas. A quantificação a esse nível de detalhes, em razão do esforço necessário à sua execução, pode e deve ser objeto de novos empreendimentos de pesquisa.

- Revisão do perímetro da APA da Chapada do Araripe. Sobre isto, cabe lembrar que, atualmente, nos estados de Pernambuco, visto que o limite é definido pela cota altimétrica de 640m. No Piauí, é de 480m e no Ceará, a altimetria de limite é a de 500m.

Sobre esta proposição, não se pode negligenciar que, seguindo o argumento do Nascimento (2019 – com. oral.), o momento difícil que o tratamento das questões ambientais vem enfrentando a nível Federal, de sorte que se ampliam os limites e desafios para o seu enfrentamento. Mesmo avaliando que o SNUC merece urgentemente uma revisão, por conta do contexto político atual, o resultado desta ação pode ser desastroso (NASCIMENTO, *op. cit.*). Assim, o usufruto do documento, nos moldes atuais, talvez seja a solução possível, pelo menos para o momento.

Qualquer medida de alteração deve ser cuidadosamente pensada e dialogada com os órgãos ambientais competentes e as representações da sociedade civil, principalmente pela situação de vulnerabilidade a que foram submetidas(os) as instituições de pesquisa e proteção da natureza em face dos ataques e ameaças físicas e ideológicas que os mesmos vêm enfrentando.

- Enquanto medida de geoconservação *in situ*, a implantação de ferramentas de proteção física (criação de “sítios cobertos” ou de “museus a céu aberto”) pode ser uma alternativa viável tendo em vista a proteção dos depósitos fósseis expostos. Essa medida pode proporcionar tanto a proteção em relação às intempéries climáticas, quanto à ação de vândalos (por exemplo, nos setores de grande valor paleontológicos identificados nas proximidades de Araripina e Ipubi);

Ações como estas, além da salvaguarda do geopatrimônio, visam ainda à popularização das Geociências. O conhecimento sobre o tema pode proporcionar o reconhecimento da importância desse patrimônio por parte da população local e visitantes (não geocientistas), que podem vir a fiscalizar as ações e auxiliar no cuidar com o geopatrimônio – a exemplo do que se pode verificar em unidades/ambientes congêneres em outros países. Estas iniciativas podem ser planejadas/organizadas no nível de municípios ou a partir da gerência de alguma Instituição de Ensino Superior-IES, como ocorre com a experiência do Geopark Araripe.

- Ampliação de diálogo, permanente e consequente, com órgãos de fiscalização, desenvolvimento de ações de resgate e salvaguarda do geopatrimônio (especialmente patrimônio paleontológico e mineralógico) para a criação de coleções e museus (geoconservação *ex situ*).

Os museus são um dos grandes aliados à popularização das Geociências e um instrumento importante para a geoconservação, especialmente, quando concebidos e geridos com a participação da sociedade e/ou mesmo das comunidades locais. Nesse sentido, a propósito de uma estratégia de ação com a finalidade de montar o acervo, podem ser empreendidas campanhas de sensibilização para “devolução/doação” de fósseis e minerais, inclusive registrando nas exposições a origem das peças.

Museus são espaços muito interessantes para se trabalhar, principalmente, com escolas de Ensino Fundamental I e II, no sentido de conscientizar as crianças sobre a importância e necessidade de preservação do geopatrimônio. Podem, ainda, funcionar como espaços para realização de palestras e oficinas, no intuito de aproximar a comunidade local e os visitantes de maneira geral.

6.1.2 No nível do Geopark Mundial UNESCO Araripe

No território do Geopark Araripe, ressalta-se que há uma grande geodiversidade, bem como, também, ameaças ao geopatrimônio nada negligenciáveis, fato este constatado no mapeamento de sensibilidade (*hotspots* de geodiversidade).

Estas ameaças derivam, de um lado, do caráter incipiente das ações de proteção em curso, portanto insuficientes, quando não inadequadas para fazer frente às ameaças que se apresentam, seja pela recorrência ou pelas dimensões destas no espaço e no tempo – digam-se de passagem, já conhecidas desde longa data. A atenção a estas ameaças e nível de degradação remete também à renovação/manutenção do selo de “Geopark” (chancela da UNESCO). Dentre as premissas, destaca a importância de uma boa gestão de conservação do geopatrimônio. Diante desse quadro, pode se pensar em:

- Definir ferramentas de proteção regulamentar especificamente nas áreas de encosta/escarpa, atualmente ameaçados, sobretudo pela expansão urbana (notadamente a partir dos bairros Lameiro e Granjeiro, no Crato) e pelos desmatamentos, nas áreas que concentram altos níveis de geodiversidade e biodiversidade (por exemplo, vestígios de floresta). Nesse sentido, destaca-se a necessidade de propostas de conservação integradoras da geodiversidade e da biodiversidade.

6.1.3 No nível do geopatrimônio

Os levantamentos de campo realizados *pari passu* com o paralelo da literatura e da cartografia preexistente possibilitaram a identificação e consequente mapeamento sítios mais significativos do ponto de vista do geopatrimônio, incluindo vários geomorfossítios potenciais (indicados no item 5.5). Sítios esses ainda não beneficiados ou alcançados, pelo menos até o presente momento, por nenhuma medida de conservação. Há que se considerar, porém, a evidente relevância desses geomorfossítios para as comunidades locais, pois reconhecidos por diferentes sujeitos contatados em todas as localidades visitadas como sendo verdadeiros patrimônios ambientais dos seus lugares e da região, ainda que não representados nesses termos. Ao apresentarem com orgulho uma determinada feição geomorfológica como a “coisa mais bonita desse lugar aqui”, e ainda o desejo incontido de mostrar ao visitante a escalada ou a vista proporcionada por e a partir daquelas formas de relevo que lhes parecem tão caras, esses sujeitos demonstram o reconhecimento do patrimônio geomorfológico local.

Igualmente, do ponto de vista científico é inegável o valor, ainda que potencial, de parte considerável dos geomorfossítios identificados na pesquisa e ainda não reconhecidos cientificamente, pelo menos não totalmente.

Assim sendo, por conta do forte valor científico (valor geomorfológico) que, por vezes, está associado ao valor cultural ou arqueológico, propõe-se:

- Avaliar a possibilidade de regulamentação de ferramentas de proteção adequadas a este tipo de sítio, por exemplo, Monumento Natural-MONA, como os já existentes/propostos;
- Refletir sobre medidas adequadas para minimizar a erosão nos sítios mais sensíveis aos ravinamentos e voçorocamentos, por exemplo, medidas de drenagem, manutenção das trilhas de acesso e reforço das encostas, entre outras ações passíveis de formulação e execução.

6.2 Limites e possibilidades para geovalorização

6.2.1 Perspectivas de geoeducação

A propósito das experiências de geoeducação já efetivadas ou em curso no território do Geopark UNESCO Araripe, pelo menos até o derradeiro estágio da coleta da pesquisa, o que ocorreu no primeiro semestre de 2019, constata-se que as ações estavam reduzidas à atividade de excursões: (1) para os geossítios de grande valor paleontológico, ou áreas

próximas a estes; (2) visitas aos outros geossítios, no limite do Geopark UNESCO Araripe; (3) trilhas interpretativas nas UC (Flona e Parques, sobretudo).

Nesse sentido, propõe-se uma ampliação das ações de geodução (e expansão dos olhares) para o território do Geopark Araripe como um todo, bem como, para além dos seus limites atuais. As ações podem seguir diferentes direções:

- Para os outros componentes da geodiversidade e do geopatrimônio (relevos, solos, águas): considerar, especialmente, as questões relativas à conservação das águas e dos solos na região (poluição, degradação da terra, impermeabilização do solo, entre outros);
- Em direção a outras problemáticas ambientais, para além da questão patrimonial: ações de sensibilização aos riscos "naturais", por exemplo, deveria tornar-se uma das missões do Geopark Araripe. Haja vista o histórico de eventos recentes que atingiram áreas urbanas e rurais do município Crato, além, daqueles aludidos nas lendas contadas na tradição oral das comunidades locais.
- Promover a integração dessa preocupação aos projetos que vem sendo desenvolvidos, a exemplo do “Domingo nas Trilhas”, uma iniciativa da Prefeitura Municipal do Crato, onde, nas manhãs de domingo são realizadas trilhas pela Floresta Nacional do Araripe. Manter um diálogo com os promotores para que sejam trilhas interpretativas de fato, propondo e orientando para a interpretação da paisagem;
- Envolver todos os atores do território: habitantes, turistas, eleitos (prefeitos e vereadores), profissionais das mineradoras no processo de ressignificação dos ambientes e das práticas socioculturais e econômicas sobre no cotidiano dos territórios mais sensíveis do ponto de vista do geopatrimônio.

6.2.2 Perspectivas para o geoturismo

A pesquisa possibilitou comprovar ainda que a mediação científica atualmente é limitada. Os painéis presentes nos geossítios por vezes não são satisfatórios. Nos sítios abertos à visitaão, os conteúdos apresentados devem ser revistos e complementados. Ademais, é imperioso considerar a concepção de novos painéis interpretativos para potencializar a geovalorização dos outros geossítios.

Nesse sentido, a elaboração dos painéis interpretativos, folders de divulgação e atualizações disponibilizadas no site do Geopark devem:

- Considerar novas formas de valorização científica e educativa em torno de patrimônio geomorfológico (por exemplo, zonas de escarpamento);

- Apoiar-se em todos os valores científicos e sociais (cultural, arqueológico, ecológico), como é apresentado por Reynard et al (2016), no intuito de propor uma valorização “integrada” dos geossítios (e não unicamente na geologia do território). Afinal, o geoturismo é diferente de turismo geológico!

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, 18:1-23. 1969.
- AB'SABER, A. N. **Sertões e sertanejos**: uma geografia humana sofrida. Estudos Avançados [on line]. Maio/Agosto. 1999, vol. 13, nº. 36, p 7-59.
- AGUIAR, R. B. de.; VERÍSSIMO, L. S.; COLARES, J. Q. dos S.; FEITOSA, F. A. C. Evolução do Conhecimento Geológico e Hidrogeológico na Bacia Sedimentar do Araripe. **In: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, ABAS, São Paulo: 2006.1-19p.
- AGUIAR, R. B. de; RIBEIRO, J. A.; VERÍSSIMO, L. S.; COLARES, J. Q. dos S.; MOURÃO, M. A. A. (Coord.). **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**: relatório diagnóstico Aquífero Missão Velha, Bacia Sedimentar do Araripe. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2012. 48 p.
- ALLABY, M. **A Dictionary of Earth Sciences**. Publisher: Oxford University Press. 3^a. Ed. Published online: 2008. 663 p.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. - Brasília: ANA, 2015.
- ARAI, M.; CARVALHO, I. de S.; CASSAB, R. de C. T. **Bacias sedimentares brasileiras** - Bacia do Araripe. Fundação paleontológica PHOENIX, ano 6, n. 72, Sergipe: Dezembro 2001. 1-6p.
- ARAÚJO, A. M.; PEREIRA, D. I. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**. DOI 10.1007/s12371-017-0250-3, 2017.
- ARRUDA, K. E. C. Geodiversidade do Município de Araripina – Pe, Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. 171 p.
- ARRUDA, K. E. C.; BARRETO, A. M. F. Índice de geodiversidade do município de Araripina – PE, Brasil. **Estudos Geológicos**, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. Recife, vol. 25, nº 1, 2015. 103-117p.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov. 2007.
- BACCI, D. de La C. PIRANHA, J. M. BOGGIANI, P. C. DEL LAMA, E. A. TEIXEIRA, W. Geoparque - Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais. **Revista do Instituto de Geociências-USP**. Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 7-15, outubro 2009.
- BENITO-CALVO, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MAGRI, O.; MEZA, P. Assessing regional geodiversity: The Iberian Peninsula. **Earth Surface Processes and Landforms**, 34(10), 2009. 1433-1445p.

BENTO, L. C. M. Um novo olhar para a geodiversidade através do geoturismo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011. Pág.159-164.

BENTO, L. C. M.; RODRIGUES, S. C. Geodiversidade e potencial geoturístico do Salto de Furnas – Indianópolis – MG. **RA’EGA**, Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, v. 21, 2011, 272-297 p.

BÉTARD, F. Geodiversity Hotspots: A proposed conceptual and methodological framework for defining geoconservation priorities. **European Geosciences Union General Assembly, Geophysical Research Abstracts**, Vienne, 17-22 avril 2016, communication orale.

BÉTARD, F. **Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation**. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris-Diderot: Paris, 2017. 2 volumes, 270 p. e 316p.

BÉTARD, F. PEULVAST, J-P. MAGALHÃES, A. de O. Biodiversité, géodiversité et enjeux de leur conservation dans les montagnes humides du Nordeste brésilien. Bulletin de l'Association de Géographes Français – **Géographies**, 88(1), pp. 17-26, 2011.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; MAGALHÃES, A. O.; FREITAS, F. I. Géopatrimoine et biopatrimoine, à la croisée entre conservation et développement. Une approche des trajectoires patrimoniales dans le Cariri du Ceará (Nordeste brésilien). **Annales de Géographie**, 717, 2017, 544-565.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; MAGALHÃES, A. O.; CARVALHO-NETA, M. L.; FREITAS, F. I. Araripe Basin: A Major Geodiversity Hotspot in Brazil. **Geoheritage**, 10(4), 2018, 543-558 p.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. **Environmental Management**, 63(6), 822-834, 2019.

BEURLIN, K. A geologia da Chapada do Araripe. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 34, n. 3, p. 365-370, 1962.

BEZERRA, M. S. 2009. **Relatório técnico** – perfil da gipsita. PROJETO ESTAL, Ministério de Minas e Energia-MME, setembro 2009. 30p.

BORBA, A. W. de. Geodiversidade e Geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre: 38 (1), jan./abr. 2011. 03-14p.

BORBA, A. W.; SILVA, E. L.; SOUZA, L. P. M. e.; SOUZA, L. F.; MARQUES, R. V. Relação entre a geodiversidade intrínseca e a estruturação de habitat na escala do geossítio: exemplos na Serra do Segredo e nas Pedras das Guaritas (Caçapava do Sul, RS, Brasil).

Pesquisas em Geociências, 43 (2), Instituto de Geociências da UFRGS: Porto Alegre: 2016. 183-202 p.

BRANDÃO, R. de L. FREITAS, L. C. B. (Org.) **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p. Disponível em: www.cprm.gov.br

BRASIL. **Decreto Nº 5.587 de 4 de agosto de 1997**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5587.htm Acesso em 20 de julho de 2018.

BRASIL. **Decreto Nº 13321 de 5 de junho de 2012**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Dsn/Dsn13321.htm Acesso em 20 de julho de 2018.

BRASIL. **Decreto-Lei Nº 9.226, de 2 de maio de 1946**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del9226.htm Acesso em 20 de julho de 2018.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo**. Escala 1:1.000.000. GeoSGB: Brasília, 2015.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage: Braga, 2005.

BRILHA, J. A Importância dos Geoparques no Ensino e Divulgação das Geociências. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, Publicação especial, São Paulo, v. 5, outubro 2009. 27-33 p.

BRILHA, J. Geoconservation, History of. In: TIESS, G.; MAJUMDER, T.; CAMERON, P. (Editors). **Encyclopedia of Mineral and Energy Policy**. Springer-Verlag, January 2015.

BRILHA, J. Inventory and quantitative assessment of geossítios and geodiversity sites: a review. **Patrimônio geológico/geopatrimônio**, v. 8, nº. 2, 2016.119–134 p.

BRILHA, J. Geoheritage: inventories and evaluation. In: REYNARD, E. BRILHA, J. (Edit.). **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier: 2018. 69-82p.

BRITO-NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN-SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31 International Geological Congress, p.151-182, 2000.

BUREK, C. V.; PROSSER, C. D. The history of geoconservation: an introduction. **Geological Society**, London, Special Publications: 2008, 300, 1–5.

CAMACHO, C. R.; SOUSA, F. R. F. F. R. de O. O arcabouço estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe, Província Borborema, baseado em dados aeromagnetométricos. **Revista do**

Instituto de Geociências – USP, Série científica, São Paulo, v. 17, n. 3, Setembro 2017. 149-161p.

CARCAVILLA-URQUÍ, L.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; DURÁN, J. J. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Instituto Geológico y Minero de España, **Serie Cuadernos del Museo Geominero**, nº 7, Madrid: 2007, 360 p.

CARIRY, R. **Cariri, a nação das utopias**. In: Jornal Diário do Nordeste, Caderno 3, p.10. Fortaleza: 30/11/2008.

CARVALHO, A. M. G. Geomonumentos: uma reflexão sobre a sua caracterização e enquadramento num projecto nacional de defesa e valorização do Patrimônio Natural. **Liga de Amigos de Coimbra**. Lisboa. 1999.

CARVALHO, I. de S.; FREITAS, F. I.; NEUMANN, V. Chapada do Araripe. **In: HASUI, Y. et al (Org.). Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 510-513p.

CARVALHO, M. S. S. de; SANTOS, A. E. C. Histórico das Pesquisas Paleontológicas na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Vol. 28-1, 2005. 15-34p.

CARVALHO-NETA, M. de L.; CORREA, A. C. B.; SILVA, D. G. Esboço Geomorfológico do Geopark Araripe/CE como ferramenta para a Geoconservação. **In: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia-SINAGEO**, Maringá/PR. Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO, 2016. v. único.

CARVALHO-NETA, M. de L.; CORREA, A. C. B.; BÉTARD, F. Geodiversidade do Geopark Mundial da UNESCO Araripe. **In: XII Simpósio Nacional de Geomorfologia-SINAGEO**, Crato/CE. Anais do XII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO, 2018. v. único.

CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. de F.; PAIVA, I. G. **Mapa geológico do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003.

CEARÁ. **Geopark Araripe: Histórias da Terra, do Meio Ambiente e da Cultura**. Programa Cidades do Ceará – Cariri Central, Secretaria das Cidades. Fortaleza: 2012.

CEARÁ. **Decreto nº 29307 de 5 de junho de 2008**. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/5363311/pg-7-caderno-unico-diario-oficial-do-estado-do-ceara-doece-de-06-06-2008> Acesso em 20 de julho de 2018.

CLAUDINO-SALES, V. Paisagens geomorfológicas espetaculares: geomorfossítios do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010.

CLAUDINO-SALES, V. de. **Megageomorfologia do Ceará** – história da paisagem geomorfológica. 1. ed. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2016. 90p.

CLAUDINO-SALES, V. Morfopatrimônio, morfodiversidade: pela afirmação do patrimônio geomorfológico *strict sensu*. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 20, p. 3-12, 2018.

CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Evolução Morfoestrutural do Relevo da Margem Continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia: UFU, v. 7, n. 20 Fev/2007. 1-21p.

CORDEIRO, W.; GONÇALVES, J. Y. B.; HOLANDA, C. H. N. Sinopse da Hidrogeologia do Estado do Ceará. **Revista Águas Subterrâneas** - Anais do III Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1984.

CORDEIRO, A. M. N.; MACEDO, F. E.; BASTOS, F. de D. Potencial geoturístico do cariri cearense: o caso do Geopark Araripe. **ACTA Geográfica**. Boa Vista, v.9, n.19, jan./abr. de 2015. 146-163p.

CORDEIRO, A. M. N.,; BASTOS, F. de H.; MAIA, R. P. Caracterização Geoambiental e Compartimentação Geomorfológica da Serra do Quincuncá e Entorno, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, V. 34, São Paulo: 2017. 106-121p.

CORDEIRO, A. M. N.; BASTOS, F. H.; MAIA, R. P. Formações concrecionárias e aspectos genéticos e evolutivos do Maciço do Quincuncá, Província Borborema, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online). São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun) p.359-372, 2018.

CORRÊA, A. C. de B. **Compartimentação geomorfológica da sub-bacia leste do Araripe**. (Texto manuscrito). [no prelo].

CORREIA, J. C.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, R. C. da C. Caracterização tecnológica dos calcários do cariri do Ceará. **In: Anais do Vº Simpósio de Rochas ornamentais do Nordeste**. Rio de Janeiro: CETEM/PPGEMinas/SBG, 2005. 65-73p.

CPRM. **Projeto de disponibilidade hídrica do Brasil** - Carta Hidrogeológica - Folha SB.24 Jaguaribe. Rio de Janeiro: CPRM, 2015.

CPRM. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo** (Escala 1:5.000.000). Rio de Janeiro: CPRM, 2014.

CPRM. Atlas pluviométrico do Brasil (CPRM, 2011). Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>; Acesso em 15 de maio de 2019.

CPRM. **Geossit**: cadastro de sítios geológicos. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/geossit>. Acesso em: 12 Jun 2018.

CUNHA, M. S. da. **Pontos de (re) visão e explorações historiográficas da abordagem regional: exercício a partir do Cariri cearense (séculos XIX e XX)**. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. 238 p.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Edits.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1994.

DECLARAÇÃO DE AROUCA. In: Congresso Internacional de Geoturismo – “Geotourism in Action - Arouca 2011”. Arouca Geopark (Portugal), 9 a 13 de Novembro de 2011. Disponível em: <http://aroucageopark.pt/pt/documentacao/>

DEMEK, J. *Generalization of geomorphological maps*. In: _____ (Ed.) **Progress mad in geomorphology mapping**. Brno, IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967, p. 36-72.

DOWLING, R. Geotourism's contribution to Local and Regional Development. In: NETO DE CARVALHO, C.; RODRIGUES, J. C. (Eds.). **Geoturismo & Desenvolvimento Local**, Idanha-a-Nova, 2009, 15-37p.

Dowling, R.; NEWSOME, D. (edits.). **Geotourism**. Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford. 260 p.

EBERHARD, R. (Ed.). Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity, Technical Series (Environment Australia). N 2, 1997. 102 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2006. 306 p.

FAMBRINI, G. L.; MENEZES-FILHO, J. A. B. de.; JESUÍNO, P. C. L.; CUNHA SILVESTRE, D. da.; LEMOS, D. R. de .; NEUMANN, . H. M. L. Caracterização dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Comunicações Geológicas** (2016) 103, 1, 51-66p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. – 3. ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FELIX, J. de L. **Perfil Etnobioestratigráfico (informal) das minas de Nova Olinda, Formação Crato da Bacia do Araripe**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Fortaleza, 2017. 73 p.

FISHMAN, I. L.; KAZAKOVA, Y. Y.; NUSIPOV, E. Ways of activization of geodiversity protection in Kazakhstan. **ProGeo'98**, 17, 1998.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.

FORTE, J. P. **Património geomorfológico da unidade territorial de alvaiázere: inventariação, avaliação e valorização**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2008. 329 p.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Zoneamento geoambiental do estado do Ceará: parte II mesorregião do sul cearense**. FUNCEME: Fortaleza, 2006. 132p. Mapas escala 1:250.000.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense**. MAPAS. Fortaleza, 2012. 98p.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza, 2012. 280p.

GARCÍA-CORTÉS, A.; CARCAVILHA-URQUÍ, L. **Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2009. version 12. 61 p.

GEOSGB. **Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil - CPRM**. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br>. Acesso em 16 de janeiro de 2018.

GOBBO, S. R.; BERTINI, R. J. Tecidos moles (não resistentes): como se fossilizam? **TERRÆ DIDÁTICA**, volume 10, n 1, 2013. 2-13p.

GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. 1ª ed. 2 vols. Routledge, Londres: 2004. 1156 p.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons, 2004. 434 p.

GRAY, M. Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How? **Geodiversity & Geoconservation**. Volume 22, Number 3, 2005. p.4-12. Disponível em: <http://www.georgewright.org/223gray.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2015.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons, 2ª Ed. 2013.

GRAY, M. Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. In: REYNARD, E. BRILHA, J. (Edit.). **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier: 2018. 13-25 p.

GUERRA, M. D. F. **Veredas da Chapada do Araripe: contexto ecogeográfico de sub-espacos de exceção no semiárido do Estado do Ceará, Brasil** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE: Fortaleza, 2019.

GUERRA, A. J. T. GUERRA, A. J. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 11ª Ed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 648 p.

GUIMARÃES, A. T.; DUMOULIN, A. Romeiros/as e Romarias em Juazeiro do Norte Protagonismo de uma liturgia popular Uma visão antropológica. **Revista de Cultura Teológica** - v. 17 - n. 67 - ABR/JUN 2009. 9–40 p.

HERZOG, A. L.; SALES, A.; HILLMER, G. **The UNESCO Araripe Geopark: A Short Story of the Evolution of Life, Rocks and Continents**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 2008.

HERZOG, A. L. Paisagens Geológicas e Geoparques: o Geoparque Araripe. In: MONGELLI, M. de M.; CASTRIOTA, L. B. (Editores). **1º Colóquio Ibero-americano Paisagem Cultural, Patrimônio e Projeto**, Edition: 1a, Chapter: IV Parte, Publisher: IPHAN, 2017. pp.420-435.

HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland.

HOSE, T. A. European Geotourism – Geological Interpretation and Geoconservation Promotion for Tourists. **Geological Heritage: Its Conservation and Management**. Madrid, 2000. 127-146 p.

IBAÑEZ, J. J.; DE-ALBA, S.; BERMÚDEZ, F. F.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. Pedodiversity: concepts and measures. **CATENA**, 24, 1995. 215-232 p.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IBGE. **Mapa de solos da Folha Jaguaribe** - SB24. Atualizada e disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014). Disponível em: <http://www.visualizador.inde.gov.br/> Acesso em 18 de outubro de 2018.

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.

INSA. **Mapas digitais de áreas afetadas pelos processos de desertificação no Semiárido Brasileiro** (1998). Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro (SIGSAB). Disponível em: <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital> Acesso em 18 de outubro de 2018.

INSA. **Classificação climática do semiárido**. Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014). Arquivo disponível em formato *shapefile* e pdf no endereço eletrônico: <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

KOZLOWSKI, S. Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, 52(8/2), 2004. 833-837p.

LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, Dec. 2010. 1773-1786p.

LIMA, M. R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 1978. 338p.

LIMA, F. F. **Proposta Metodológica para a Inventariação do Património Geológico Brasileiro**. Tese de Mestrado em Património Geológico e Geoconservação. Universidade do Minho – UNMinho: 2008. 90 p.

LIMA, F. F.; BRILHA, J. B.; SALAMUNI, E. Inventorying geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil. **Geoheritage** 2(3–4), 2010. 91–99 p.

LIMA, F. F. de. FREITAS, I. **Relatório de atividades** - Projeto de Geoconservação Geopark Araripe. Governo do Estado do Ceará: Crato, 2012. 16 p.

LIMA, F. F. de.; VARGAS, J. C. **Geoconservação, geoturismo e geoparques**. Universidade Federal de Santa Catarina/ Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis: [s. n.], 2014. 53 p.

LIMA, F. F.; SCHOBENHAUS, C.; NASCIMENTO, M. A. L. Brasil. **In: PIETRO, J. L. P. (Coord.). Patrimonio geológico y su conservación en America Latina: situación y perspectivas nacionales**. – México: UNAM, Instituto de Geografía, 2016. p. 55-79.

LIMA, B. M. R.; TELES, R. P.; MACEDO, R. M. F. Diagnóstico Preliminar Das Espécies Vegetais Exóticas Presentes no Parque Estadual Sítio Fundão – Ceará. **In: Anais do II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – CONIDIS**. V. 1, 2017, ISSN 2526-186X.

LIMA, D. L. S.; BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M. N.; MAIA, R. P. Geomorfologia Granítica do Maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.20, n.2, (Abr-Jun), 2019. 373-395p.

LIMA, F. J. de. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos colúviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha-Ceará** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE – PPGeo/UFPE: Recife, 2015. 192 p.

LIMAVERDE, R. **Os Registros rupestres da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Programa de Pós-Graduação em Arqueologia e Conservação do Patrimônio. Recife, 2006. (2006; 2015).

LIMAVERDE, R. **Arqueologia social inclusiva** - a Fundação Casa Grande e a gestão do patrimônio cultural da Chapada do Araripe, Nova Olinda, CE, Brasil. (Tese de Doutorado). Universidade de Coimbra. Programa de Pós-graduação em Arqueologia, Faculdade de Letras, Coimbra: 2015. 442 p.

LOPES, L. S. O.; BRITO, L. S. M. Geomorfossítios: potencial brasileiro e proposta de avaliação. **In: I Simpósio Maranhense de Geomorfologia Ambiental**, 2012, São Luís. **I Simpósio Maranhense de Geomorfologia Ambiental: aplicação da geomorfologia em áreas urbanas e costeiras**. São Luís: EDUFMA, 2012. v. único.

LOPES, L. S. de O. **Estudo metodológico de avaliação do patrimônio geomorfológico: aplicação no litoral do estado do Piauí**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE – PPGeo/UFPE: Recife, 2017. 215 p.

MACÊDO, J. A. **O Geoparque Araripe e o desenvolvimento no geossítio Riacho do Meio**. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2014. 96 p.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 192 p.

MAGALHÃES, A. de O.; PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. **Geodinâmica, perigos e riscos ambientais nas margens úmidas de planaltos tropicais**: levantamento preliminar na região do Cariri oriental (Ceará, Brasil). Anais do VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Coimbra: Universidade de Coimbra. Maio de 2010. 15 p.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. **Tópicos de Geomorfologia Estrutural**: Nordeste Brasileiro. 1. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 132p.

MAISEY, J. G. **Santana Fossils**: an illustrated atlas. New Jersey: T.H.F publications, 1991. 459p.

MANOSSO, F. C.; NOBREGA, M. T. Calculation of Geodiversity from Landscape Units of the Cadeado Range Region in Paraná, Brazil. **Geoheritage**, 8 (3), 2016. 189-199p.

FERNANDO CÉSAR MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: Considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. - Vol. 35 – 1, 2012.90-100p.

MANSUR, K. L. Patrimônio geológico, geoturismo e geoconservação: uma abordagem da geodiversidade pela vertente geológica. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Org.). **Geoturismo, geodiversidade e geoconservação** – abordagens geográficas e geológicas. - São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 1-49 p.

MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação, Geoturismo, Patrimônio Geológico, Geoparque**: novos conceitos nas geociências do século XXI. In: VI Congresso Uruguayo de Geologia, 2010, Minas. Disponível em: http://www.sugeologia.org/documentos/ACTAS%20VI%20CONGRESO%20URUGUAYO/trabajos/123_Mantesso-Neto_Virginio.pdf Acessado em: 18 de maio de 2015.

MARTILL, D. M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R. F. **The Crato fossil beds of Brazil**: window into an ancient world. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 657 p.
MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics**. Vol. 11, n. 4, United States: 1992.766-791p.

MEIRA, S. A. **“Pedras que cantam”**: o patrimônio geológico do parque Nacional de Jericoacoara, Ceará Brasil. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC: Fortaleza, 2016. 169 p.

MENDONÇA, L. A. R. **Recursos Hídricos da Chapada do Araripe** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Área de Concentração em Recursos Hídricos da Universidade Federal do Ceará-UFC: Fortaleza, 2001. 193 p.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Geoturismo em Curitiba**. Curitiba, 2008. 122 p.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Geoturismo no Karst**. Curitiba, 2011. 121 p.

MOCHIUTTI, N. F.; GUIMARÃES, G. B.; MOREIRA, J. C.; LIMA, F. F.; FREITAS, F. I. de. Os Valores da Geodiversidade: Geossítios do Geopark Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. - Vol. 35 – 1, 2012.173-189p.

MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; DANTAS, J. R. A.; LOPES, C. F.; MELO JÚNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A.; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUZA, S do R.; SILVA, E. C. C. da. **Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe**. Fase I. Recife: DNPM, 1996. 101 p.

MORAES, J. F. S. **Projeto Santana – Relatório preliminar da etapa I**. Recife: DNPM, 1975. 104 p.

MORALES, N.; ASSINE, M. L. Chapada Do Araripe: A Highland Oasis Incrusted into the Semi-arid Region of Northeastern Brazil. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. (Org.). **Landscapes and Landforms of Brazil**. World Geomorphological Landscapes. 1. ed. Springer Netherlands, 2015. 231-242p.

MOREIRA, J. C.; VALE, T. F. do. Geoparks: educação, conservação e sustentabilidade. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. (Org.). **Geoturismo, geodiversidade e geoconservação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 81-110p.

MOURA, L. de S. **Paisagens, geomorfossítios e geoconservação do Parque Nacional Serra da Capivara – PI** (Tese de Doutorado). DINTER em Geografia-UFPE/UESPI: Recife, 2015. 111 p.

MOURA, P. **Geoconservação no Domínio Ceará Central, Nordeste do Brasil: Métodos para seleção, proteção e uso dos sítios geológicos**. Tese (Doutorado) - Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. 206p.

NASCIMENTO, M.; AZEVEDO, Ú. R.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico**. Rio de Janeiro: edição SBGeo, 2008.

NEUMANN, V. H. **Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagenesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil)**. Tese (Doctorado en Geología) - Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona. Barcelona: 1999. 250 p.

NIETO, L. M. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. **Boletín Geológico y Minero**, Vol. 112, Núm. 2, pp. 3-12, 2001.

OLIVEIRA, G. R. de. Aspectos Tafonômicos de Testudines da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ**. Vol. 30, n. 1, Rio de Janeiro: 2007. 83-93p.

OLIVEIRA, P. C. A.; PEDROSA, A. S.; RODRIGUES, S. C. Uma abordagem inicial sobre os Conceitos de Geodiversidade, Geoconservação e Patrimônio Geomorfológico. **Ra'e Ga**. Curitiba, v.29, dez/2013, 92-114p.

OLIVEIRA, P. C. A. RODRIGUES, S.C. Patrimônio geomorfológico: conceitos e aplicações. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, V. 4, N.1, 2014. 73-86 p.

ONDICOL, R. P.; GONZALEZ-AMUCHASTEGUI, M. J.; RUIZ-FLAÑO, P.; SERRANO, E. Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a Natural Protected Area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). **Geoheritage**, v. 3, n. 3, 2010. 163-174 p.

PANIZZA, M. Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. **Chinese Science Bulletin**, 46, Suppl. Bd, 2001, 4–6 p.

PANIZZA, M. Geodiversity, Geological Heritage and Geotourism. Workshop Abstracts “Geomorphosites, Geoparks and Geotourism”, Lesvos, 30, 2007.

PANIZZA, M. The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A key of geoheritage assessment. **Geoheritage**, 1(1), 2009. 33-42 p.

PEIXINHO, F. C.; FEITOSA, F. A. C. Água é vida. **In:** SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 57 – 64p.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos da Geomorfologia**. 3ª edição. – Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PEREIRA, P. J. da S. **Patrimônio geomorfológico**: conceptualização, avaliação e divulgação - Aplicação ao Parque Natural de Montesinho. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade do Minho – UNMinho: 2006. 370 p.

PEREIRA, R. G. de A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Ciências, Universidade do Minho. Braga, 2010. 295 p.

PEREIRA, E. O. **Modelagem da Geodiversidade da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. 80 f.

PEREIRA, E. O. RUCHKYS, U. Quantificação e análise da geodiversidade aplicada ao geoturismo na área de proteção ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. **Ra'eGa**. Curitiba, v.37, Ago/2016. 207-226p.

PEREIRA, P.; PEREIRA, D. I.; ALVES, M. I. C. Avaliação do Patrimônio Geomorfológico: proposta de metodologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Volume V, **APGeom**, Lisboa, 2007. 235-247 p.

PEREIRA, D. I.; BRILHA, J. B.; PEREIRA, P. **Geodiversidade** - valores e usos. Universidade do Minho, Braga, 2008. 16 p.

PEREIRA, D.I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): An innovative approach. **Environmental Management**, 52 (3), 2013. 541-552 p.

PEULVAST, J-P. Comunicação oral realizada em trabalho de campo na bacia do Araripe. 2015.

PEULVAST, J-P.; CLAUDINO-SALES, V. Stepped surfaces and palaeolandforms in the northern Brazilian «Nordeste»: constraints on models of morphotectonic evolution. **Geomorphology** 62 (1-2), 2004. 89-122p.

PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F.; MAGALHÃES, A. O.; FREITAS, F. I. Le Géoparc Araripe (Nordeste brésilien): des sites géomorphologiques majeurs par-delà le “Cretacic Park”. **Géomorphosites 2009**: imagerie, inventaire, mise en valeur et vulgarisation du patrimoine géomorphologique, 10-12 juin 2009, Paris, communication orale.

PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F.; MAGALHÃES, A. O. Scarp morphology and identification of largescale mass movements in tropical tablelands: The eastern Araripe basin (Ceará, Brazil). **Géomorphologie**: relief, processus, environnement, 2011, pp. 33-52.

PEULVAST, J-P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: the Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, 233, 2015. pp. 20-40.

PIETRO, J. L. P. Geositios, geomorfositos y geoparques: importancia, situación actual y perspectivas en México. **Investigaciones Geográficas**, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 2013 (82) 24-37.

PONTE, F. C.; APPI, C. J. **Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 1, 211-226 p.

PONTE, F. C.; PONTE FILHO, F. C. **Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe**. Recife: DNPM, 1996, 68p.

PRALONG, J. P. **Géotourisme et utilisation de sites naturels d'intérêt pour les sciences de la Terre**: Les régions de Crans-Montana-Sierre (Valais, Alpes suisses) et Chamonix-Mont-Blanc (Haute-Savoie, Alpes françaises). Thèse (Doctorat des Géosciences et de l'Environnement), 'Université de Lausanne. Lausanne, 2006. 268 f.

QUEIROZ, I. da S. **A metrópole do Cariri**: institucionalização no âmbito estadual e a dinâmica urbano-regional da aglomeração do Crajubar. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2013. 203 f

REBOUÇAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados**, 11 (29), 1997. 127-154p.

RESTALLACK, G. **Soils of the Past**. London, Blackwell Science Ltd. Second edition, 404 p., 2001.

REYNARD, E. Géomorphosites et paysages. **Géomorphologie**: relief, processus, environnement, 2005, n° 3, p. 181-188.

REYNARD, E. Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage. **Geogr Fis Din Quat**, 31, 2008. 225-230 p.

REYNARD, E.; BRILHA, J. (Edit.). **Geoheritage**: Assessment, Protection, and Management. Elsevier: 2018.

REYNARD, E. ; PANIZZA, M. Geomorphosites: definition, assessment and mapping, **Géomorphologie**: relief, processus, environnement, 2005, n° 3, p. 177-180.

REYNARD, E.; FONTANTA, G.; KOZLIK, L.; SCAPOZZA, C. A method for assessing “scientific” and “additional values” of geomorphosites. **Geographica Helvetica**, 62(3), 2007. 148-158 p.

REYNARD, E.; PERRET, A.; BUSSARD, J.; GRANGIER, L.; MARTIN, L. Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale. **Geoheritage**, 8, 2016. 43-60 p.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja** - proposta de classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2012. 278 p.

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja**: proposta de classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE com base no conhecimento tradicional sobre relevo e seus processos. Crato (CE): RDS, 2014. 232p.

RIVAS, V.; RIX, K.; FRANÉS, E.; CENDRERO, A. e BRUNSDEN, D. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non-consumable geomorphological resources. **Geomorphology**, v.18, n. 3, 1997. 169-182 p.

ROCHA, D. M. T. da. **Avaliação do alargamento do Geoparque Arouca ao território Montemuro e Gralheira**: um estudo sobre património geológico e proposta de um plano de desenvolvimento territorial. Tese (Doutoramento em Ciências da Terra e da Vida) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Volume 1. Vila Real, 2015. 358 p.

RODRIGUES, J. de C. Geoturismo – uma abordagem emergente. In: NETO DE CARVALHO, C.; RODRIGUES, J. C. (Eds.). **Geoturismo & Desenvolvimento Local**, Idanha-a-Nova, 2009, 38-61p.

ROSS, J. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, n. 6, 1992, p. 17-30.

ROSS, J. S. **Geomorfologia**: Ambiente e Planejamento. – 9ª Ed. São Paulo: Contexto, 2014.

RUBAN, D.A. Quantification of geodiversity and its loss. **Proceedings of the Geologists' Association**, 121(3), 2010. 326-333p.

RUCHKYS, U. de A. **Patrimônio Geológico e Geoconservação do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**: potencial para Criação de um Geoparque da UNESCO. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG: Belo Horizonte, 2007. 211 p.

RUCHKYS, U. de A.; OLIVEIRA, C. K. R. de; JARDIM, H. L.; JORGE, L. M. de S. Abordagem metodológica da geodiversidade e temas correlatos em Geossistemas Ferruginosos. **Caderno de Geografia**, v. 28, número especial 1, 2018. 1-17p.

SANTOS, H. S. dos *et al.* (Org.). **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 3ª ed. rev. ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SCHOBENHAUS, C. SILVA, C. R. O papel indutor do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques. Rio de Janeiro: CPRM, 2010.

SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. O papel do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques e na conservação do patrimônio geológico. In:_____. **Os geoparques do Brasil**: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012.

SELLIER, D. La vulgarisation du patrimoine géomorphologique: objets, moyens et perspectives. Bulletin de l'Association de géographes français, 86e année, 2009-1 (mars). Paysages au fil de l'eau/ Le patrimoine géomorphologique. 67-81 p.

SELLIER, D. L'analyse intégrée du relief et la sélection déductive des géomorphosites: application à la Charente-Maritime (France). **Géomorphologie**: relief, processus, environnement [En ligne], 2/2010 | 2010.

SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity. A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, Jg. 62, Heft3. 2007. 140-147 p.

SHARPLES, C. A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes. **Report to Forestry Commission**, Hobart, Tasmania, 1993. 31 p.

SHARPLES, C. Geoconservation in forest management. Principles and procedures. **Tasforests**, 7, 1995, 37-50p.

SHARPLES, C. **Concepts and principles of geoconservation**. Published electronically on the Tasmanian Parks & Wildlife Service web site. 3. ed. Set, 2002.

SIGEP - **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BOM, M. L. C. (Edits.). Brasília: DNPM, 2002. v. 1. 554p.

SIGEP - **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. WINGE, M. *et al* (Edits.). - 2ª ed. - Brasília: CPRM, 2009. v. 2. 516p.

SIGEP - **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. WINGE, M. *et al* (Edits.). - 3ª ed. - Brasília: CPRM, 2013. v. 3. 332 p.

SILVA, I. M. R. de C. S. **Geodiversidade e seu valor educativo**: estudo de casos em contexto europeu. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. 2006. 159 p.

SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 264 p.

SILVA, J. P. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 277 f.

SILVEIRA, A. C. da.; SILVA, A. C.; CABRAL, N. R. A. J.; SCHIAVETTI, A. Análise da efetividade de manejo do Geopark Araripe – Estado do Ceará. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 1, 2012, p. 117-128.

SILVEIRA, A. C. da.; BASTOS, F. de H.; MEIRA, S. A. Geoconservação no Ceará: Um Olhar Sobre as Unidades de Conservação Estaduais. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 35, 2018, 58-70.

SMALL, H. L. **Geologia e suprimento d'água subterrânea no Ceará e parte do Piauí**. Rio de Janeiro: Inspectoria Federal de Obras contra as Secas, 1913. 81 p. (Série I.D., Boletim, 25.)

SNUC. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza - **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm Acesso em 20 de julho de 2018.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; CAVALCANTE, T. (Org.). **CEARÁ: um novo olhar geográfico**. 2ª Ed. Fortaleza: Ed. Demócrito Rocha, 2007. 127-140p.

SRTM - **Shuttle Radar Topography Mission** (30 metros). Disponível em: <https://earthdata.nasa.gov/> Acesso em 20 de fevereiro de 2016.

STANLEY, M. Geodiversity. **Earth Heritage**, v.14. London, 2000. 15-18p.

STINCHCOMB, G. E. Paleosols. In: RINK, W. J.; THOMPSON, J. W. (Eds.), **Encyclopedia of Scientific Dating Methods**, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2014. pp. 1015.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, 1952. 1117-1142 p.

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Terra**: feições ilustradas. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

TORRES, F. S. de M. PFALTZGRAFF, P. A. dos S. (Org.) **Geodiversidade do estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. 282 p.

UCEDA, A. C. El patrimonio geológico. Ideas para su protección y utilización. **MOPTMA**, España, v. 1, 1996. 17-38p.

UCEDA, A. C. Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración. In: SUÁREZ-VALGRANDE, J.P.(Coord.), **Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible**. Soria, España: Serie Monografías, Ministerio de Medio Ambiente, 2000. 23-37p.

UNESCO. **Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN)**. January, 2014. Disponível em: http://www.europeangeoparks.org/wp-content/uploads/2012/03/Geoparks_Guidelines_Jan2014.pdf Acesso em 01 de julho de 2019.

UNESCO. **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/geoparks/>> Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

UNESCO. **Patrimônio: legado do passado ao futuro**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/pt/brasil/culture/world-heritage/heritage-legacy-from-past-to-the-future/> Acesso em 12 de julho de 2018.

UNESCO. **UNESCO Global Geoparks**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/> Acesso em 29 de outubro de 2019.

UNESCO. **Convenção para a proteção do patrimônio mundial, cultural e natural**. Disponível em: <https://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf> Acesso em 08 de fevereiro de 2019.

VERÍSSIMO, L. S.; CAVALCANTE, I. N.; AGUIAR, R. B.; MAIA, J. T. V. Recursos hídricos subterrâneos da Bacia Sedimentar do Araripe - Zona Leste, Estado do Ceará. In: **XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços & I Simpósio de Hidrogeologia Sul-Sudeste**, 2007, Gramado - RS. XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços & I Simpósio de Hidrogeologia Sul-Sudeste ABAS. São Paulo: ABAS, 2007. 1-11p.

VERÍSSIMO, L. S.; AGUIAR, R. B. de. Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe. **Relatório Diagnóstico do Estado-da-Arte**. Fortaleza: FINEP/CPRM/UFC, 2005.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BORN, M. L.C. B. (Edts.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM/SIGEP, 2002. 113-120 p.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. de. Aspectos geológicos da Bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri, Ceará. In: **Anais do V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**. Recife: 2005. p. 31-36.

WINGE, M. *et. al.* 2001. **Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível na Internet em 30 de julho de 2018 no site <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>

WEISSHEIMER, M. R. (Org.). **Paisagem Cultural**. IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional/DEPAN - Departamento de Patrimônio Material e Fiscalização. DEPAN/IPHAN: 2009. 43 p.

XAVIER-DA-SILVA, J.; PERSSON, V. G.; LORINI, M. L.; BERGAMO, R. B. A.; RIBEIRO, M. F.; COSTA, A. J. S. T. da.; IERVOLINO, P.; ABDO, O. E. Índices de Geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de Biodiversidade. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). **Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais**. Petropolis: Editora Vozes, 2001. 299-316p.

ZWOLIŃSKI Z. (2004). Geodiversity. In: GOUDIE, A.S. (Ed.): **Encyclopedia of Geomorphology**, Vol. 1, 417-418p.

ZWOLINSKI, Z. The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. **Landform Analysis**, vol. 11. 77-85p.

ZWOLINSKI, Z.; NAJWER, A.; GIARDINO, M. Methods for Assessing Geodiversity. **In:** REYNARD, E. BRILHA, J. (Edit.). **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier: 2018. 27-52p.

ANEXO A – Lista de Geoparks Globais da UNESCO (Referência, outubro de 2019)

PAIS/ TERRITÓRIO	NOME DO GEOPARK
Austria*	1. Ore of the Alps UGGp
	2. Styrian Eisenwurzen UGGp
Austria and Slovenia	Karawanken / Karavanke UGGp*
Belgium	Famenne-Ardenne UGGp
Brazil	Araripe UGGp
Canada	1. Percé UGGp
	2. Stonehammer UGGp
	3. Tumbler Ridge UGGp
Chile	Kütralkura UGGp (new 2019)
China	1. Alxa Desert UGGp
	2. Arxan UGGp
	3. Dali-Cangshan UGGp
	4. Danxiashan UGGp
	5. Dunhuang UGGp
	6. Fangshan UGGp
	7. Funiushan UGGp (new 2019)
	8. Guangwushan-Nuoshuihe UGGp
	9. Hexigten UGGp
	10. Hong Kong UGGp
	11. Huanggang Dabieshan UGGp
	12. Huangshan UGGp
	13. Jingpohu UGGp
	14. Jiuhuashan UGGp (new 2019)
	15. Keketuohai UGGp
	16. Leiqiong UGGp
	17. Leye Fengshan UGGp
	18. Longhushan UGGp
	19. Lushan UGGp
	20. Mount Kunlun UGGp
	21. Ningde UGGp
	22. Qinling Zhongnanshan UGGp
	23. Sanqingshan UGGp (new 2019)
	24. Shennongjia UGGp
	25. Shilin UGGp
	26. Songshan UGGp
	27. Taining UGGp
	28. Taishan UGGp (new in 2019)
	29. Tianzhushan UGG
	30. Wangwushan-Daimeishan UGGp
	31. Wudalianchi UGGp

	32. Xingwen UGGp
	33. Yandangshan UGGp
	34. Yanqing UGGp
	35. Yimengshan UGGp (new 2019)
	36. Yuntaishan UGGp
	37. Zhangjiajie UGGp
	38. Zhijindong Cave UGGp
	39. Zigong UGGp
Croatia	1. Papuk UGGp
	2. Vis Archipelago UGGp (new 2019)
Cyprus	Troodos UGGp
Czechia	Bohemian Paradise UGGp
Denmark	Odsherred UGGp
Ecuador	Imbabura UGGp (new 2019)
Finland	Rokua UGGp
France	1. Beaujolais UGGp
	2. Causses du Quercy UGGp
	3. Chablais UGGp
	4. Haute-Provence UGGp
	5. Luberon UGGp
	6. Massif des Bauges UGGp
	7. Monts d'Ardèche UGGp
Germany*	1. Bergstraße-Odenwald UGGp
	2. Harz, Braunschweiger Land UGGp
	3. Swabian Alb UGGp
	4. TERRA.vita UGGp
	5. Vulkaneifel UGGp
(Germany and Poland)	Muskauer Faltenbogen / Łuk Mużakowa UGGp*
Greece	1. Chelmos Vouraikos UGGp
	2. Lesvos Island UGGp
	3. Psiloritis UGGp
	4. Sitia UGGp
	5. Vikos - Aoos UGGp
Hungary*	Bakony-Balaton UGGp
(Hungary and Slovakia)	Novohrad-Nógrád UGGp*
Iceland	1. Katla UGGp
	2. Reykjanes UGGp
Indonesia	1. Batur UGGp
	2. Ciletuh - Palabuhanratu UGGp
	3. Gunung Sewu UGGp
	4. Rinjani-Lombok UGGp
Iran (Islamic Republic of)	Qeshm Island UGGp
Ireland*	1. Burren & Cliffs of Moher UGGp

	2. Copper Coast UGGp
Ireland & United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	Marble Arch Caves UGGp*
Italy	1. Adamello-Brenta UGGp
	2. Alpi Apuani UGGp
	3. Beigua UGGp
	4. Cilento, Vallo di Diano e Alburni UGGp
	5. Madonie UGGp
	6. Parco Geominerario della Sardegna UGGp
	7. Pollino UGGp
	8. Sesia Val Grande UGGp
	9. Rocca di Cerere UGGp
	10. Tuscan Mining Park UGGp
Japan	1. Aso UGGp
	2. Itoigawa UGGp
	3. Izu Peninsula UGGp
	4. Mt. Apoi UGGp
	5. Muroto UGGp
	6. Oki Islands UGGp
	7. San'in Kaigan UGGp
	8. Toya - Usu UGGp
	9. Unzen Volcanic Area UGGp
Malaysia	Langkawi UGGp
Mexico	1. Comarca Minera, Hidalgo UGGp
	2. Mixteca Alta, Oaxaca UGGp
Morocco	M'Goun UGGp
Netherlands	De Hondsrug UGGp
Norway	1. Gea Norvegica UGGp
	2. Magma UGGp
	3. Trollfjell (new 2019)
Peru	Colca y Volcanes de Andagua UGGp (new 2019)
Poland* (Germany and Poland)	Muskauer Faltenbogen / Łuk Mużakowa UGGp
Portugal	1. Açores UGGp
	2. Arouca UGGp
	3. Naturtejo da Meseta Meridional UGGp
	4. Terras de Cavaleiros UGGp
Republic of Korea	1. Cheongsong UGGp
	2. Jeju Island UGGp
	3. Mudeungsan UGGp
Romania	Hăţeg UGGp
Slovakia* (Hungary and Slovakia)	Novohrad-Nógrád UGGp*
Slovenia*	Idrija UGGp
(Austria and Slovenia)	Karawanken / Karavanke UGGp*

Spain	1. Basque Coast UGGp
	2. Cabo de Gata-Níjar UGGp
	3. Central Catalonia UGGp
	4. Conca de Tremp-Montsec UGGp
	5. Courel Mountains UGGp (new 2019)
	6. El Hierro UGGp
	7. Lanzarote and Chinijo Islands UGGp
	8. Las Loras UGGp
	9. Molina & Alto Tajo UGGp
	10. Sierra Norte de Sevilla UGGp
	11. Sierras Subbéticas UGGp
	12. Sobrarbe-Pirineos UGGp
	13. Villuercas Ibores Jara UGGp
Tanzania	Ngorongoro Lengai UGGp
Thailand	Satun UGGp
Turkey	Kula Volcanic UGGp
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*	1. English Riviera UGGp
	2. Fforest Fawr UGGp
	3. GeoMôn UGGp
	4. North Pennines AONB UGGp
	5. North-West Highlands UGGp
	6. Shetland UGGp
Ireland & United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	Marble Arch Caves UGGp*
Uruguay	Grutas del Palacio UGGp
Viet Nam	1. Dong Van Karst Plateau UGGp
	2. Non nuoc Cao Bang UGGp

* Lista de geoparks globais transnacionais da UNESCO	
Austria & Slovenia	Karawanken / Karavanke UGGp
Germany & Poland	Muskauer Faltenbogen / Łuk Mużakowa UGGp
Hungary & Slovakia	Novohrad-Nógrád UGGp
Ireland & United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	Marble Arch Caves UGGp

(Fonte: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/list-of-unesco-global-geoparks/>)