



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

JOSÉ JEFERSON DA SILVA CHAVES

**ESTUDO GEOMORFOLÓGICO SOBRE AS CAVIDADES NATURAIS
DA PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA - PB
2017**

JOSÉ JEFERSON DA SILVA CHAVES

**ESTUDO GEOMORFOLÓGICO SOBRE AS CAVIDADES NATURAIS
DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal da Paraíba (PPGG/UFPB), como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração em Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Magno Erasto de Araújo.

**JOÃO PESSOA - PB
2017**

C512e Chaves, José Jeferson da Silva.
Estudo geomorfológico sobre as cavidades naturais da
Paraíba / José Jeferson da Silva. - João Pessoa, 2017.
113 f.: il.

Orientador: Magno Erasto de Araújo.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN

1. Geografia. 2. Geomorfologia. 3. Ambiente subterrâneo.
4. Cavidades naturais. I. Título.

UFPB/BC

“Estudo Geomorfológico sobre as Cavidades Naturais da Paraíba”

por

José Jeferson da Silva Chaves

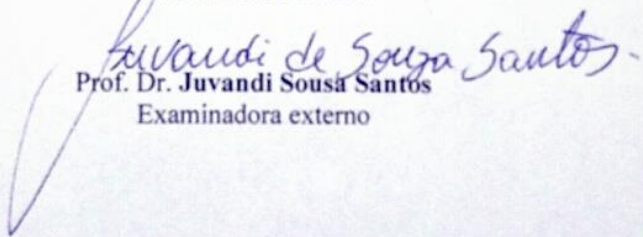
Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof. Dr. Magno Erasto de Araújo
Orientador


Prof. Dr. Camila Cunico
Examinadora interna


Prof. Dr. Juvandi Sousa Santos
Examinadora externo

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia

Agosto/2017

Dedico este trabalho aos meus pais, Josefa Silva Chaves e Severino dos Ramos Chaves, e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força e realizações de minhas preces para contemplar e superar os desafios do dia a dia que encontrei em meu caminho, objetivando a realização deste trabalho.

A Flávia Lemos, pelo apoio e confiança tanto nos momentos difíceis como nos momentos de alegria.

Ao Professor Dr. Magno Erasto de Araújo, pelo apoio e pelo material fornecido sobre o tema e pelos trabalhos de campo, juntamente pela grande confiança em me acolher sob sua orientação e amizade. Fico muito agradecido por tudo que o senhor me ensinou.

Aos Professores membros da banca examinadora, Dr. Juvandir Santos e a Dra. Camila Cunico por terem aceitado participar deste momento, pela contribuição e pelo tempo dispensado em avaliar o resultado deste trabalho.

A professora Dra.Christianne Maria Moura Reis, por ter participado da banca de qualificação e contribuído com o melhoramento desta pesquisa.

Ao Edson Alves, Márcio Chaves e Daniel Chaves pelas expedições e explorações nas cavernas nas quais compartilhamos momentos únicos.

Aos meus colegas da Universidade: Alexandro Medeiros, Raísa Maria, Diego Monteiro, Larissa Lavor, entre outros, pela grande confiança em me apoiar e levar esta pesquisa adiante.

Em especial, agradecer a minha família pelo grande incentivo e dedicação aos meus estudos e a este trabalho.

À UFPB e ao seu Programa de Pós-Graduação em Geografia, pela oportunidade de ensino, pesquisa e assistência estudantil.

A Jéssica Fernandes, pela colaboração na finalização desta pesquisa.

A Capes, pela concessão da bolsa e suporte financeiro.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente na execução deste trabalho,
com sugestões e incentivos.

A todos o meu muitíssimo obrigado!

RESUMO

Esta pesquisa refere-se ao estudo sobre cavidades naturais no âmbito geológico-geomorfológico no Estado da Paraíba. Este trabalho abordou nove cavidades naturais (as mais representativas) distribuídas em quatro municípios do estado que se desenvolveram em litologias diferenciadas, como: arenito, calcário e granito. Essas cavidades estão distribuídas nos respectivos municípios: duas no município de João Pessoa (Caverna da Onça e Caverna do Marés); duas no município de Santa Rita (Caverna do Índio, Gruta do Lobo guará); um no município de Alhandra (Gruta do Wilson) e quatro no município de Araruna, mais precisamente no Parque Estadual da Pedra da Boca - PEPB (Pedra da Boca, Pedra da Caveira, Pedra da Santa e Furna do Caçador). Essas nove cavidades naturais constituem as mais representativas expressões morfológicas do gênero existente no estado da Paraíba. O objetivo principal desta pesquisa é estudar os diversos tipos de cavidades naturais existentes no Litoral e porção oriental do Agreste paraibano. A metodologia empregada nesse trabalho envolveu-se em levantamentos bibliográficos o que diz respeito às cavidades naturais no contexto regional e local das áreas pesquisadas. Foram elaboradas diversas pesquisas de campo com o objetivo de fazer uma caracterização externa e interna das cavidades originando a tabulação de dados e confecção de mapas temáticos do interior das cavidades usando o software *Survex*. Constatou-se através das prospecções e mapeamentos, que as cavidades citadas nesta pesquisa, estão em pleno estágio de transformação, acarretadas pela dissolução, ação mecânica da água (*piping*) e pelo caimento de blocos em vertentes íngremes. Pode-se constatar pela primeira vez, um estudo de cavidade natural de litologia carbonática no Estado da Paraíba, denominada de Gruta do Wilson. Durante a pesquisa percebe-se que todas as cavidades possuem um valor cultural para a região onde está inserida, onde algumas delas atraem um número significativo de turistas com o objetivo de praticar lazer e esportes de aventura.

Palavras-chave: Cavidades naturais. Geomorfologia e Ambiente Subterrâneo.

ABSTRACT

This research refers to the study of natural cavities in the geological-geomorphological context in the State of Paraíba. This work addressed nine natural cavities (the most representative) distributed in four municipalities of the state that developed in differentiated lithologies, such as: sandstone, limestone and granite. These cavities are distributed in the respective municipalities: two in the municipality of João Pessoa (Caverna da Onça and Caverna do Marés); two in the municipality of Santa Rita (Caverna do Índio and Gruta do Lobo guará); one of municipality of Alhandra (Gruta do Wilson) and four in the municipality of Araruna. More precisely in the Parque Estadual da Pedra da Boca - PEPB (Pedra da Boca, Pedra da Caveira, Pedra da Santa and Furna do Caçador). These nine natural cavities constitute the most representative morphological expressions of the genus existing in the state of Paraíba. The main objective of this research is to study the different types of natural cavities on the Coastal and Eastern Agreste paraibano. The methodology employed in this work was involved in bibliographical surveys regarding the natural cavities in the regional and local context of the researched areas. Several field researches were carried out with the objective of making an external and internal characterization of the cavities, giving data tabulation and thematic mapping of the interior of the cavities using Survex software. It was verified through the prospecting and mapping that the cavities mentioned in this research are in full transformation stage, caused by the dissolution, mechanical action of the water (piping) and the blocking of blocks in steep slopes. It can be verified for the first time, a study of natural cavity of carbonate lithology in the State of Paraíba, called the Gruta do Wilson. During the research it is noticed that all the cavities have a cultural value for the region where it is inserted, where some of them attract a significant number of tourists with the purpose of practicing leisure and adventure sports.

Keywords: Natural cavities. Geomorphology and Underground Environment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das cavidades naturais nos quatro municípios estudados na pesquisa.....	18
Figura 2 – Esquema geral apresentando as etapas metodológicas	20
Figura 3 - Caverna de composição carbonática/Caverna do Diabo/SP	25
Figura 4 – Tipos de dolinas segundo Jennings (1985)	27
Figura 5 – Deslocamentos por gravidade de blocos de rocha	29
Figura 6 – Feições no interior das cavernas	33
Figura 7 – Ilustração de um espeleotema tipo Cálice.....	36
Figura 8 – Espeleotemas na Gruta Bonita/MG	37
Figura 9 – Ilustração do ambiente cavernícola.....	38
Figura 10 – Bacia Sedimentar Paraíba	41
Figura 11 – Coluna estratigráfica das formações sedimentares	42
Figura 12 – Perfil geológico hipotético Leste-Oeste da sub-bacia Alhandra.....	46
Figura 13 – Localização das cavidades naturais da região costeira da Paraíba.....	59
Figura 14 – Imagens do uso do solo no entorno da Caverna da Onça	60
Figura 15 – Fotografias evidenciando a Caverna da Onça.....	62
Figura 16 – Mapa temático da Caverna da Onça	63
Figura 17 – Erosão superficial e interna na Caverna da Onça	65
Figura 18 – Mapa temático da Caverna do Marés.....	67
Figura 19 – Fotografia do interior da Caverna do Marés	68
Figura 20 – Mata ciliar suprimida ao redor da Caverna do Índio	70
Figura 21 – Interior da Caverna do Índio	71
Figura 22 – Mapa temático da Caverna do Índio	72
Figura 23 – Imagens das estradas de acesso a Gruta do Lobo Guará.....	74
Figura 24 – Diversos sumidouros no entorno da Gruta do Lobo Guará	75
Figura 25 – Fotografias evidenciando o interior da Gruta do Lobo Guará	76
Figura 26 – Mapa temático da Gruta do Lobo Guará.....	78
Figura 27 – Localização do município de Alhandra e juntamente com a localização da cavidade de composição carbonática.....	80
Figura 28 – Fotografias da Gruta do Wilson	81
Figura 29 – Mapa temático da Gruta do Wilson	83

Figura 30 – Fotografia destacando as serras constituintes da área da Pedra da Boca e sua vegetação do entorno	85
Figura 31 – Localização do município de Araruna e as respectivas cavidades em granito localizadas no PEPB.....	86
Figura 32 – Fotografia evidenciando a Pedra da Boca.....	88
Figura 33 – Fotografia evidenciando a Pedra da Caveira.....	88
Figura 34 – Fotografia evidenciando a Pedra da Santa	89
Figura 35 – Fotografia evidenciando a Furna do Caçador	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista das cavidades naturais separadas por município estudadas na pesquisa.... 57

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CECAV – Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNC – Cadastro Nacional de Cavernas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FPA – Frente Polar Atlântica

GPS – *Global Positioning System*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

MEA – Massa Equatorial Atlântica

ONG – Organização Não Governamental

PEPB – Parque Estadual da Pedra da Boca

PPGG – Programa de Pós-Graduação em Geografia

SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

UC – Unidade de Conservação

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UIS – União Internacional de Espeleologia

ZCPE – Zona de Cisalhamento Pernambuco

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos.....	19
1.1.2 Objetivo Geral.....	19
1.1.3 Objetivos Específicos.....	19
1.2 Metodologia.....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
2.1 Cavernas Naturais	22
2.1.2 Cavernas ou Grutas	24
2.1.3 Dolinas	26
2.1.4 Abrigos rochosos ou Lapas	27
2.2 Processos de formação das cavernas naturais	30
2.2.1 Cavernas carbonáticas	30
2.2.2 Cavernas areníticas.....	31
2.3 Espeleotemas ou Feições morfológicas das cavernas	33
2.4 O ambiente cavernícola.....	37
2.5 Outros tipos de cavernas naturais	38
3. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO.....	40
3.1 Geologia da Região Litorânea	40
3.1.2 Formação Beberibe	43
3.1.3 Formação Gramame	43
3.1.4 Formação Maria Farinha	44
3.1.5 Formação Tambaba	45
3.1.6 Formação Barreiras	45
3.1.7 Depósitos Quaternários	46
3.2 Geologia da Microrregião do Curimataú Oriental	48
3.3 Geomorfologia da Região Litorânea.....	49
3.3.1 Tabuleiros Litorâneos.....	49
3.3.3 Planalto da Borborema	49
3.4 Solos da Região Litorânea	50
3.5 Solos da Microrregião do Curimataú Oriental.....	52
3.6 Clima da Região Litorânea.....	52
3.7 Clima da Microrregião do Curimataú Oriental	53
3.8 Vegetação da Região Litorânea.....	53
3.9 Vegetação do Curimataú Oriental	55
4. RESULTADOS	56

4.1 Cavernas naturais no Brasil.....	56
4.2 Cavernas naturais na Paraíba	56
4.3 Cavernas em arenito na Paraíba	57
4.3.1 Caverna da Onça	59
4.3.2 Caverna do Marés.....	65
4.3.3 Caverna do Índio	69
4.3.4 Gruta do Lobo Guará.....	73
4.4 Caverna Carbonática na Paraíba	79
4.4.1 Gruta do Wilson	79
4.5 Cavernas em Granito na Paraíba	84
4.6 Parque Estadual da Pedra da Boca (PEPB).....	85
4.6.1 Cavernas localizadas nas vertentes.....	87
4.6.1.1 Pedra da Boca.....	87
4.6.1.2 Pedra da Caveira.....	88
4.6.1.3 Pedra da Santa	89
4.6.2 Caverna por acúmulo de blocos	90
4.6.2.1 Furna do Caçador	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre cavidades naturais não é um tema recente na literatura geológica e geomorfológica mundial. Os seus questionamentos sobre o próprio conceito do que é uma cavidade natural gera debates acerca da gênese destes ambientes. Assim, é importante salientar que a pesquisa dessa temática está em desenvolvimento, e que algumas modificações conceituais estão no epicentro das discussões geoespeleológicas. Todavia, nessas discussões serão abordados conceitos de diversos tipos de cavidades naturais, suas características e seu processo evolutivo.

Segundo Baggio e Souza (2011) diversas pesquisas na Venezuela, Estados Unidos e dentre outros países, apontam no sentido da existência de processos e morfologia classificados como cársticas em litologias diferentes às das rochas calcárias e/ou outra enriquecida com cimento carbonático. Esses trabalhos mencionam registros de dissolução, faturamento da rocha e abatimento de blocos que ocorrem tanto nos calcários e arenitos, como também em litologia granítica.

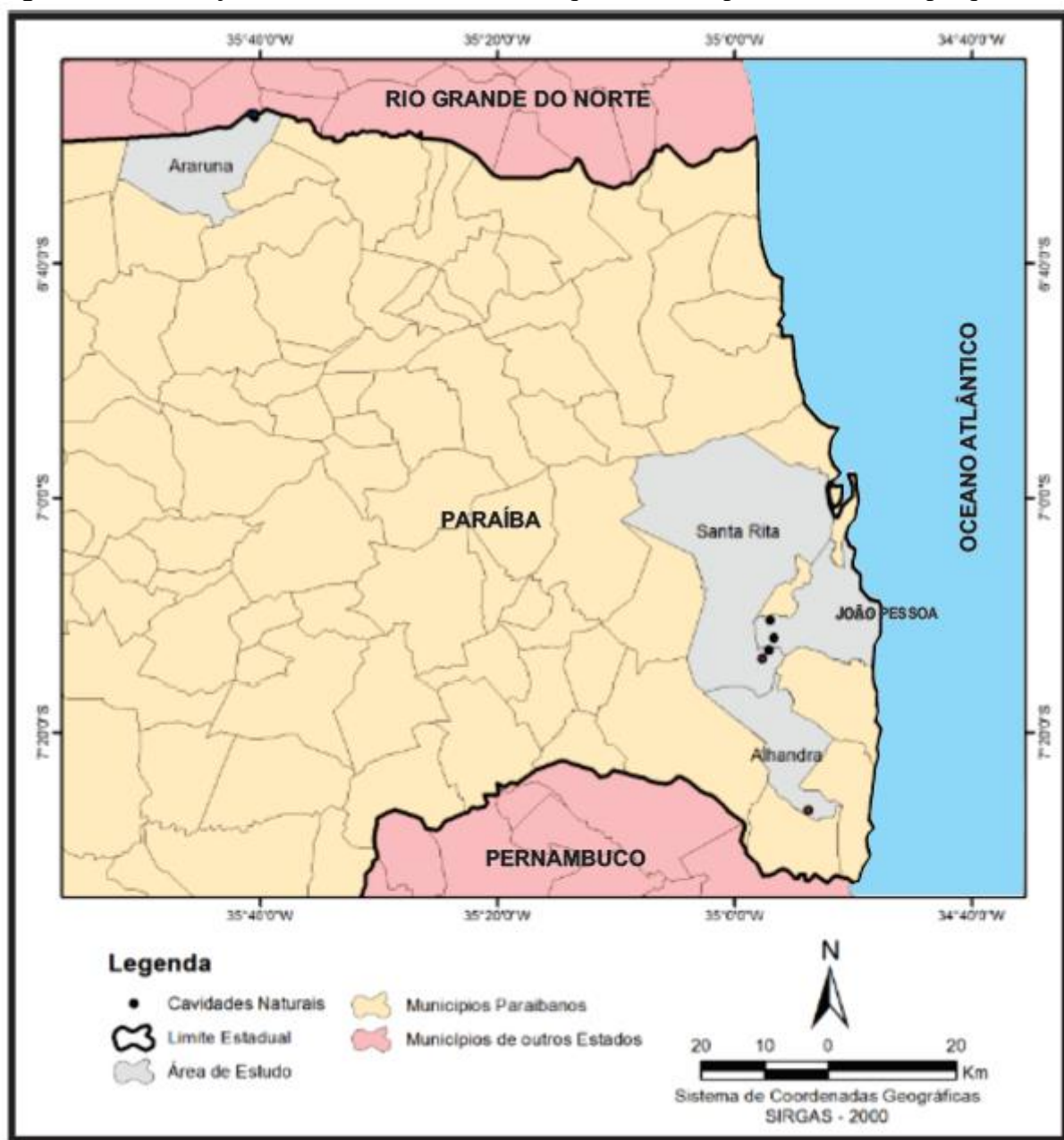
Ainda segundo os autores, no Brasil os estudos de cavidades naturais encontram-se num ritmo bem acelerado e alguma das principais referências sobre essa temática são: Hardt (2009); Auler (2004); Rodet *et al.*, (2009), Lino (1998); Moraes (2008); Uagoda *et al.*, (2006); Borghi (2007); Travassos e Virela (2007). Estes estudos analisam cavidades naturais desenvolvidas em litologias em arenitos e granitos nas regiões de São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais. Já nos trabalhos envolvendo rochas carbonáticas podem-se encontrar diversos autores, como Carvalho (2009); Monteiro (2009); Jansen (2013) entre outros. Isso corrobora com a tese de que as morfologias cársticas, podem ser encontradas em diversas litologias originadas tanto por processos de dissolução e ação mecânica da água ou por processos de desmoronamentos de blocos em vertentes íngremes.

No caso da Paraíba, existe pouco acervo bibliográfico sobre as cavidades naturais locais no sentido geológico-geomorfológico. Os trabalhos existentes sobre essas cavidades são voltados para a área turística e arqueológica. Sendo assim, percebe-se a importância de se desenvolver pesquisas sobre as cavidades naturais na Paraíba, com a finalidade de contribuir para a ampliação do conhecimento sobre essas cavidades em escala regional.

Nesta pesquisa foi possível destacar nove cavidades naturais (as mais representativas) distribuídas em quatro municípios do estado que se desenvolveram em litologias diferenciadas, ou seja, em rochas areníticas, em rochas calcárias e em rocha granítica (Figura 1). Elas estão assim distribuídas: duas no município de João Pessoa, denominadas de Caverna

da Onça e Caverna do Marés, desenvolvidas em rocha arenítica; duas no município de Santa Rita, denominadas de Caverna do Índio e a Gruta do Lobo Guará também, esculpidas em rocha arenítica; uma no município de Alhandra, desenvolvida em rocha calcária, denominada nesse trabalho de Gruta do Wilson, por ser este, o proprietário do terreno onde localiza a mesma. Finalmente, fazendo referencia apenas as quatro principais cavidades no município de Araruna, mais precisamente no Parque Estadual da pedra da Boca, podem ser destacadas a Pedra da Boca, a cavidade da Pedra da Santa, a cavidade da Pedra do Carneiro e por fim a cavidade denominada de Fuma do Caçador, todas desenvolvidas em rocha granítica. Essas nove cavidades naturais, denominadas indistintamente de cavernas constituem as mais representativas expressões morfológicas do gênero existente no Estado da Paraíba.

Figura 1 – Localização das cavidades naturais nos quatro municípios estudados na pesquisa.



Fonte: Chaves (2017).

A justificativa deste estudo fundamenta-se no sentido de uma contribuição do conhecimento sobre os diversos tipos de cavidades naturais no estado da Paraíba, uma vez que os estudos desenvolvidos sobre essa temática ainda são escassos. Na prática, a escolha do tema e das nove cavidades naturais acima referenciadas, que, diga-se de passagem, apesar de serem singelas, comparativamente a outros Estados brasileiros, constituem as mais significativas referências em termos de cavidades naturais existentes na Paraíba. Assim, este estudo contribuirá no sentido da identificação e delimitação desses sítios espeleológicos

contribuindo de forma efetiva para o manejo dessas áreas e transformação, de fato, em áreas que devem ser protegidas.

1.1 Objetivos

1.1.2 Objetivo Geral

- Estudar os diversos tipos de cavidades naturais existentes no Litoral e porção oriental do Agreste paraibano.

1.1.3 Objetivos Específicos

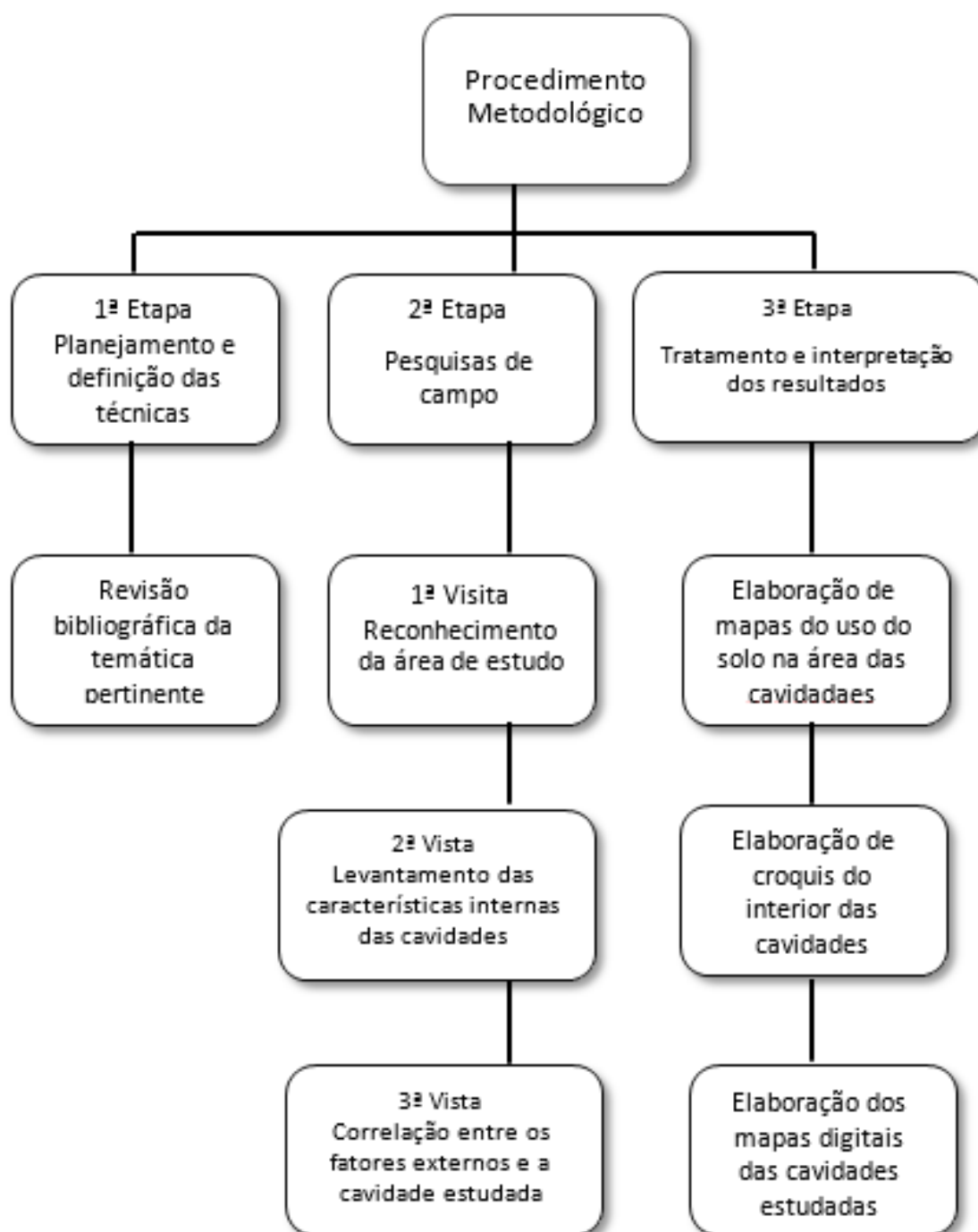
- Realizar um levantamento bibliográfico referente ao tema;
- Localizar e mapear essas cavidades naturais;
- Entender o processo responsável pela formação dessas cavidades.

1.2 Metodologia

O planejamento da pesquisa envolveu procedimentos específicos aplicados em metodologias para pesquisas em cavidades naturais. O método utilizado se caracteriza como hipotético dedutivo do meio físico. Este método, resumidamente, parte do geral para o particular através de premissas maiores, que são indícios para premissas menores em que o pesquisador, através de analogias chegará à verdade que procura.

Com o objetivo de nortear a pesquisa, algumas atividades são consideradas de suma importância no planejamento do projeto metodológico entre as quais: levantamento bibliográfico, planejamento das atividades para pesquisas de campo e programas específicos para dar suporte à interpretação e quantificação dos resultados obtidos. A seguir, descrevem-se as três principais etapas e suas técnicas utilizadas nesta pesquisa (Figura 2).

Figura 2 – Esquema geral apresentando as etapas metodológicas.



Fonte: Chaves (2017).

Na primeira etapa os levantamentos bibliográficos constituíram-se em uma ampla pesquisa e revisão sobre os levantamentos de conceitos e estudos no que diz respeito às cavidades naturais no contexto regional e local das áreas pesquisadas. Foi efetuado também um levantamento no Cadastro Nacional de Cavernas – CNC e Sociedade Brasileira de Espeleologia – SBE. Além desse material foram utilizadas imagens orbitais de satélite

disponibilizado pelo Google Earth, que possibilitou uma análise conjunto/espacial das áreas de estudo.

Na segunda etapa foi realizado levantamentos de campo que seguiram os procedimentos definidos na primeira etapa. Realizaram-se três pesquisas de campo para cada cavidade estudada, entre os meses de março a outubro de 2016, a fim de verificar a dinâmica hidrológica nos períodos climáticos (estação seca e úmida). A primeira visita teve como objetivo o reconhecimento da área e levantamento das características fisiográficas do entorno das cavidades.

A segunda visita teve como objetivo a caracterização e registro interno das cavidades utilizou-se uma ficha de caracterização de cavidades proposta por Dias (2009). Nessa segunda visita teve-se início a medição e elaboração dos croquis das cavidades.

Na terceira visita foi realizada a correlação entre os fatores externos e o desenvolvimento das cavidades. A partir da existência da abertura e direcionamento do interior da cavidade é possível analisar a possibilidade de uma correlação entre os fatores externos e as estruturas geológicas da área estudada.

Na terceira etapa foi constituída pela tabulação dos dados, geração e confecção dos mapas, os dados foram tratados pelo software Survex e a digitalização final do mapa das cavidades foi através do software Corel Draw X7.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cavernas Naturais

No sentido de se ter um melhor entendimento sobre as feições do relevo denominadas de “cavernas naturais”, foi realizado um levantamento na literatura pertinente. Assim, foi possível observar que, apesar de haver semelhanças nas definições dos diversos autores pesquisados, ocorrem entre elas, discretas dissonâncias.

Estas proporcionam um impreciso entendimento do conceito de cavernas naturais. Todavia, no sentido de dirimir as dúvidas em respeito a uma mais precisa compreensão sobre essas cavernas, foi elaborado um levantamento na literatura pertinente no sentido de compará-las e, a partir daí, formatar o entendimento que será utilizado nessa pesquisa.

Ribas e Carvalho (2009) em seu trabalho desenvolvido sobre a legislação e proteção das cavernas naturais, afirmam que cavernas são:

Formações subterrâneas constituídas de espaços vazios dispostos horizontalmente e verticalmente, com presença de fraturas e fendas irregulares, causadas pela ação das águas aciduladas provenientes das chuvas e dos cursos de superfície (RIBAS e CARVALHO, 2009, p. 86).

Pelo exposto, observa-se que essa definição é voltada apenas para as cavernas naturais formadas por dissolução e/ou ação mecânica das águas. Não contemplando as outras feições do relevo, que também, constituem cavernas naturais, esculpidas por outros processos, a exemplo dos tubos lávicos, cavernas de gelo e dos caimentos de blocos, ao longo das vertentes, que escultoram cavernas denominadas de abrigos rochosos, entre outros.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabeleceu um decreto de nº 9.556/1990 que define caverna natural como:

Todo e qualquer espaço subterrâneo, penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecida como caverna, incluindo seu ambiente, contendo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que a sua formação haja ocorrido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaixante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais, tais como gruta, lapa, toca abismo, furna e buraco (CETESB, 1990).

A definição acima é bastante abrangente, mas também não contempla todos os tipos de cavernas naturais, pois, não necessariamente, essas cavernas se localizam abaixo da superfície.

Gines e Gines (1992) definem em seus trabalhos de bioespeleologia em rochas carbonáticas localizadas na Espanha, que cavidades naturais são estruturas rochosas que ocorrem em um relevo e que são acessíveis ao ser humano, ocorrendo em rochas graníticas, quartzíticas, areníticas e principalmente em rochas carbonáticas.

A definição anterior, não preenchem todas as características necessárias a uma definição mais ampla do que seja uma cavidade natural, pois, independentemente ou não da acessibilidade humana, elas existem.

Em sua tese de doutorado sobre geoespeleologia desenvolvida no município de São Jeronimo da Serra, Paraná, Spoladore (2006) afirma que:

Cavidade natural deve ser entendida como espaços, cavidades, túneis etc., não preenchidos, podendo ter desenvolvimento horizontal ou vertical independentemente do tamanho. Sua gênese pode se desenvolver em vários tipos de rochas e se formar por dissolução, remoção mecânica de fragmentos de rochas e abatimentos de blocos (SPOLADORE, 2006, p. 51).

O conceito acima contempla as características de uma cavidade natural. Diferentemente das outras definições, a cavidade não necessariamente precisa estar localizada abaixo do solo e sua dimensão não estabelece nenhum critério. Outro aspecto importante que diferencia este enunciado é a possibilidade da formação das cavernas em diversas litologias, não se remetendo apenas as rochas calcárias.

Percebe-se nas definições apresentadas anteriormente que a expressão “cavidade natural” tem entendimento peculiar. Nos diversos enunciados as definições foram voltadas à delimitação conceitual para a área específica de estudo que esses autores estavam desenvolvendo suas pesquisas. Não tendo proposito de conceituar a expressão “cavidade natural” em sentido geográfico e epistemológico mais amplo.

Nesse sentido, o entendimento que se tem e que será utilizado nesta pesquisa é de que a expressão “cavidade natural” faz referência a qualquer tipo de cavidade desenvolvida por processo natural, quer seja em superfície ou em subsuperfície, resultante da dissolução e/ou ação mecânica das águas, queda de blocos com formação de abrigo ao longo das vertentes e/ou com o respectivo acumulo dos mesmos e formação de cavidades entre eles, na base dessas encostas. São desconsiderados seus comprimentos e desníveis, podendo ser desenvolvidos em diversos tipos de litologias. Assim, as diversas expressões como furnas, abrigos ou lapas, cavernas ou grutas, dolinas etc, enquadram-se no entendimento utilizado nessa pesquisa para a expressão “cavidade natural”.

2.1.2 Cavernas ou Grutas

A definição mais utilizada internacionalmente para caverna, inclusive adotada pela União Internacional de Espeleologia (UIS), órgão que reuni as instituições nacionais e organizações não governamentais de espeleologia, descreve caverna como uma “abertura natural formada na rocha abaixo da superfície do terreno, larga o suficiente para a entrada do homem” (MONTEIRO, 2009).

O vocábulo refere-se a um tipo de cavidade natural, sendo este tipo de cavidade a mais comum no mundo. Podendo ser formada abaixo do solo, através de dissolução ou por processos mecânicos produzidos pela passagem da água que desenvolvem os condutos, alargando-os cada vez mais e permitindo assim, a entrada do ser humano.

Kenitiro Suguio (1998) reforça que as cavernas são as formas cársticas mais comuns, resultantes de um longo período de carstificação. Em seu Dicionário de Geologia Sedimentar, o autor descreve caverna como:

Aberturas subterrâneas de dimensões muito variáveis que pode ser formada por dissolução e/ou desabamento, quando está presente em rochas de natureza calcária ou simplesmente por desabamento quando está presente em arenito. (SUGUIO, 1998, p. 134).

O conceito de caverna é bastante abrangente, podendo ocorrer tanto nas rochas carbonáticas quanto nas rochas areníticas. O autor menciona que as dimensões de uma caverna podem ser variadas. De fato, podem-se encontrar cavernas com dimensões quilométricas e altamente tortuosas ou cavernas que possuem apenas poucos metros de extensão. Comparado a definição anterior, o Dicionário Geológico-Geomorfológico de Guerra e Guerra (2009) não faz distinção entre as expressões gruta e caverna. Para ele, são palavras sinônimas que fazem referência a um modelado que evolui mais frequentemente em rochas calcárias ou areníticas e são esculpidas pela dissolução do carbonato de cálcio (Figura 3), erosão mecânica promovida pelo deslocamento da água e pela pressão hidrostática.

Figura 3 – Caverna de composição carbonática / Caverna do Diabo, SP.



Nota: Vista do interior da Caverna do Diabo/SP onde pode ser observadas estruturas de acesso para os visitantes.

Fonte: Chaves (2017).

Existem diversos autores na literatura como Christofolletti (1980), Silva et al., (2005) que conceituam cavernas apenas como um “espaço subterrâneo vazio, podendo ser vertical ou não”. Essas definições são bastantes vagas para o entendimento do vocábulo e se for analisada cuidadosamente, existe definições de cavernas que vão além do carste tradicional, ou seja, cavernas desenvolvidas em rochas carbonáticas e areníticas.

Gines e Gines (1992) induzem o entendimento de que grande parte das cavernas são formadas em rochas calcárias, pois esta rocha constitui litologia mais favorável ao desenvolvimento dos processos de dissolução que resultam na formação de cavidades no subsolo, podendo ocorrer também, via de regra, com menor desenvoltura, em outras formações geológicas, como por exemplo nos arenitos, nos granitos e até mesmo no gelo.

Outra definição para o entendimento de caverna é adotada por Santos (2003) onde afirma que caverna é toda cavidade natural subterrânea ou não, possuindo conteúdos minerais, hídricos e comunidades vegetais no seu interior, e que possua mais de vinte metros de comprimento. Para ele, a designação da palavra caverna é incluída em termos regionais, como: gruta, fuma, abismo etc.

O autor anteriormente citado estabelece critérios que diferencia caverna propriamente dita das outras cavidades. Neste caso, o significado da palavra gruta será toda cavidade

natural com desenvolvimento linear predominantemente horizontal, igual ou superior a vinte metros e que atenda os seguintes requisitos:

Serão consideradas grutas todas as cavidades naturais subterrâneas que apresentarem a medida de distância linear entre a entrada e o fundo (desenvolvimento) igual ou superior a altura de sua entrada. As cavidades que tiverem o desenvolvimento menor que a altura da entrada serão consideradas abrigos sob rochas (SANTOS, 2003, p. 44).

A partir das definições anteriormente apresentadas, o entendimento que se terá nesta pesquisa é de que as expressões caverna e gruta sejam sinônimos. Além de serem cavidades formadas naturalmente, podem ser desenvolvidas tanto em rocha calcária quanto arenítica. Seu processo de esculturação se dá através da dissolução e/ou ação mecânica das águas, através do efeito *piping*.

Outro aspecto importante para ser considerada uma caverna ou gruta é a possibilidade da entrada do ser humano no seu interior e que a mesma possua um desenvolvimento horizontal e/ou vertical significativa, possuindo ou não ornamentações, também conhecidas, como espeleotemas.

2.1.3 Dolinas

A expressão dolina nesta pesquisa será abordada como uma feição superficial do relevo cárstico, pois não se trata de uma caverna propriamente dita. Com isso, o conceito de dolinas pode ser entendido por uma cratera de abatimento em regiões cársticas de litologia calcária ou arenítica, cujo seu diâmetro pode chegar dezenas de metros e sua profundidade a quase cem metros, sua forma assemelha-se a um funil que se comunica diretamente a um sistema de drenagem subterrâneo em terrenos calcários ou areníticos (SUGUIO, 1998).

Bigarella (1998) trata em um capítulo específico o conceito de dolinas e afirma que:

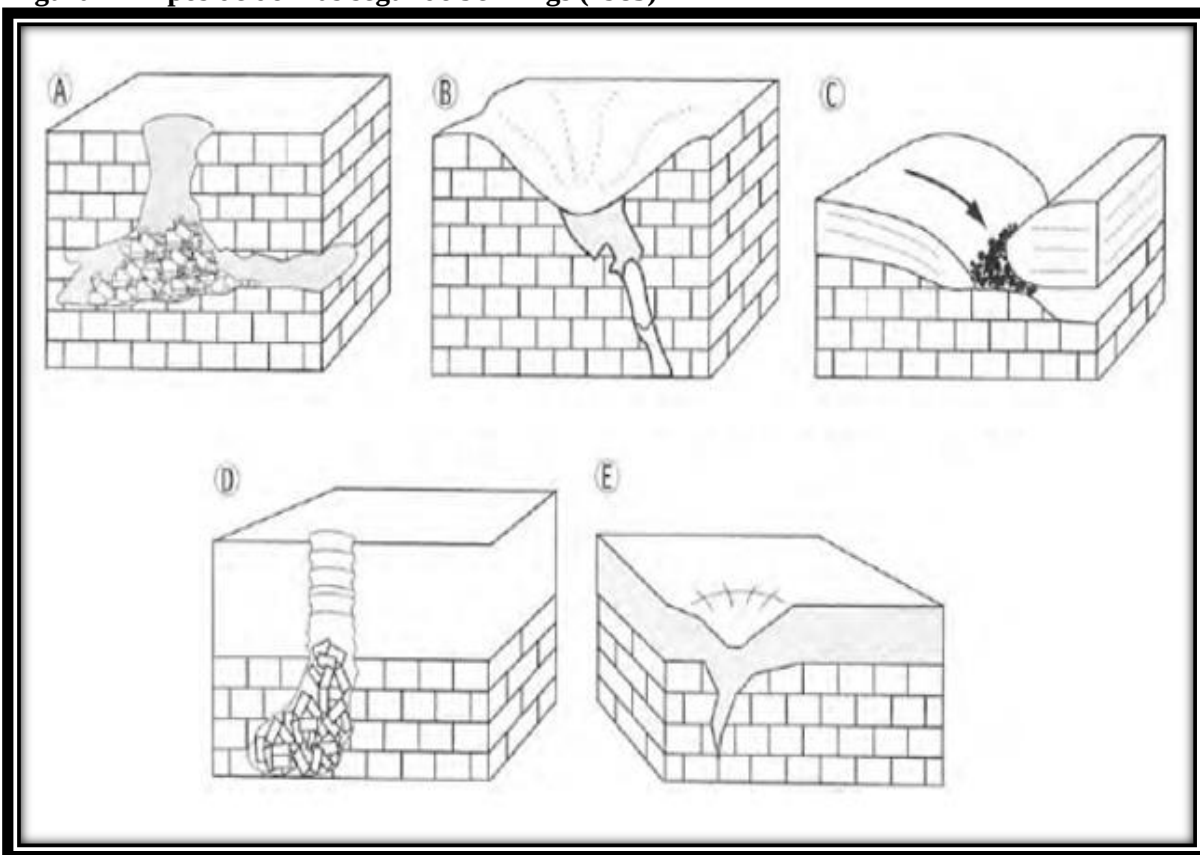
É um dos principais aspectos ou feições do relevo cárstico, nestas, pode conter a presença de depressões do terreno de forma circular ou oval, com contornos sinuosos e não angulosos. Nas bordas das dolinas, onde as rochas afloram, os declives apresentam-se geralmente acentuados (BIGARELLA, 1998, p. 263).

Pelo exposto, caracterizam-se por dolinas, depressões fechadas, circulares ou elípticas, em termo geral mais larga que profundas formadas por dissolução em superfícies rochosas ou por abatimento gerado por dissolução de rochas em profundidade.

Jennings (1985) classificou as dolinas em cinco categorias (Figura 4): A) dolina de colapso tem sua gênese pela queda do teto de uma caverna devido a ação da dissolução e do

intemperismo físico; B) dolina de dissolução formada nas interseções de juntas e fraturas da rocha, onde a drenagem guia a dissolução e consequentemente aumenta o tamanho da cavidade; C) dolinas aluviais caracterizam pela presença de depósito superficial sobre as rochas carbonáticas; D) dolina de colapso resultante de rochas subjacentes ao carste formada pela dissolução das rochas carbonáticas sobreposta por outro tipo de rocha; e, E) dolina de subsidência que é caracterizada pela presença de uma cobertura de depósitos superficiais que entra em colapso rapidamente dentro da cavidade e sobre o calcário.

Figura 4 - Tipos de dolinas segundo Jennings (1985)



Nota: Tipos de dolinas: A) de colapso, B) de dissolução, C) aluviais, D) de colapso resultante de rochas subjacentes ao carste e, E) de subsidência.

Fonte: Adaptado de Jansen (2013).

Vale salientar que, sua origem nem sempre está associada à dissolução de rochas calcárias ou pela percolação da água contendo CO_2 e ácidos húmicos em solução. As dolinas podem ter origem a partir de colapso (desabamento) do teto de cavernas. No primeiro caso, são mais ou menos circulares e no segundo, forma depressões mais ou menos afuniladas.

Quando uma caverna se alarga e está próxima a superfície, o teto pode desabar formando na superfície dolinas de colapso. No caso de a rocha calcária ser recoberta por outro tipo de litológico, o desabamento também pode ocorrer, resultando em uma “dolina de material não carbonático” (GUARESHI e NUMMER, 2010)

2.1.4 Abrigos rochosos ou Lapas

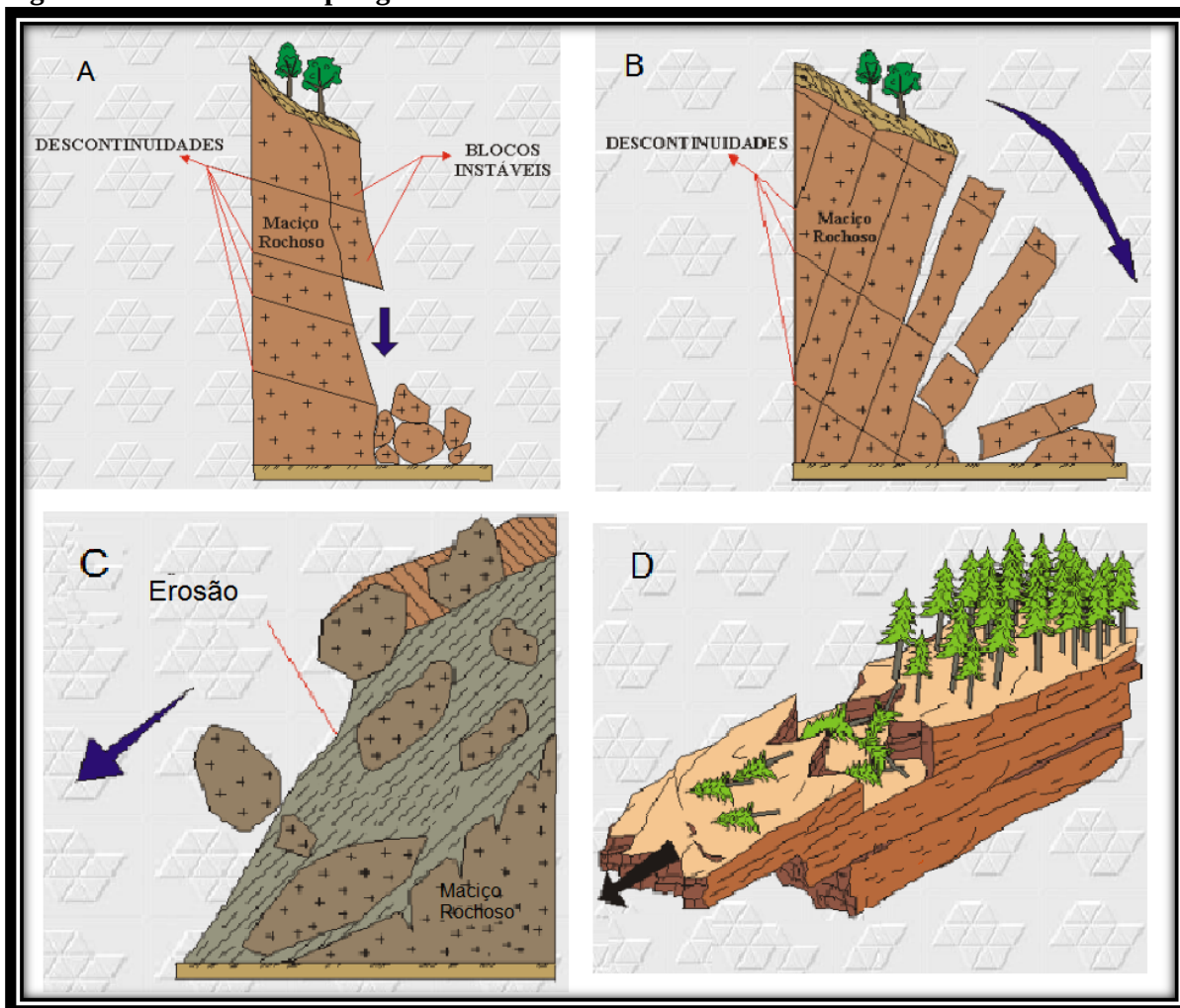
Outro tipo de cavidade natural referenciada na literatura são os denominados de “abrigos rochosos” também conhecidos como lapas, grutas, fuma, socavão etc. Sua esculturação é formada a partir de blocos que caem pela ação da gravidade ao longo das vertentes.

Os desmoronamentos de blocos, segundo Oliveira e Brito (1998), podem ocorrer através de uma simples queda de bloco, por tombamento, por rolamento, ou ainda, por deslocamento (Figura 5) que se desenvolvem em diversos tipos de rochas. Ocasionalmente, os desmoronamentos de blocos podem originar cavidades naturais de dois tipos: Abrigos rochosos e fuma.

O primeiro constitui as feições formadas ao longo das vertentes, que constitui o contramolde da porção rochosa que caiu pela ação da gravidade. O segundo tipo é formado pelo acúmulo dos blocos empilhados na parte basal e estreita da vertente. Nesta localidade, na maioria das vezes, formam-se cavidades de vários níveis e dimensões, acompanhando os limites dos blocos que ficaram prisioneiros entre as vertentes.

No idioma português, não existe uma denominação única para os diversos tipos de cavidades naturais. Na maioria das vezes, excetuando-se, as demais expressões que fazem referências a essas cavidades, tem entendimento de cunho regional. Assim, as expressões como fuma, abrigo, lapa, biboca, socavão, gruta etc, apresentam significado de feições de relevo algumas vezes semelhantes e outras não.

Figura 5 - Deslocamentos por gravidade de blocos de rocha



Nota: A) Blocos de rochas que se desprendem do maciço e se deslocam em queda livre encosta abaixo, podendo ocorrer em volumes e litologias diversas. B) Movimento de rotação de blocos rochosos, condicionado por estruturas geológicas no maciço rochoso sub-verticais. C) Movimento de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorre geralmente pela perda de apoio. D) Movimento em queda livre ou por deslizamento de bloco rochoso, isso ocorre devido às variações térmicas ou por alívio de pressão.

Fonte: Adaptado de Oliveira e Brito (1998).

Por exemplo, a expressão “furna” para o Dicionário Eletrônico Houaiss (2001), significa “cavidade profunda na encosta de uma rocha”, ou seja, uma cavidade localizada em uma vertente. Esta mesma expressão, no Dicionário Eletrônico Aurélio (2004) significa uma “Caverna ou Gruta, [...] formada de blocos de pedra, fojo, antro, cova, lapa”. Entretanto no Dicionário Geológico Geomorfológico de Guerra e Guerra (2009) o vocábulo “furna” significa “cavidade que aparece na encosta dos barrancos formada geralmente por acumulo de blocos [...]”.

No sentido de se ter um melhor entendimento da palavra “furna” será utilizado nesta pesquisa o que está explicitado no Dicionário Geológico Geomorfológico de Guerra e Guerra

(2009), ou seja, cavidade localizada na parte basal estreita da vertente. No caso da expressão “abrigo rochoso” o entendimento que será utilizado é de que eles constituem apenas as cavidades desenvolvidas em vertentes através de desmoronamentos ou desabamento de rochas.

2.2 Processos de formação das cavidades naturais

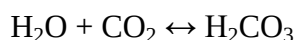
2.2.1 Cavidades carbonáticas

O processo de formação das cavidades também conhecido como espeleogênese, refere-se a um conjunto de processos que está associado a dissolução, ação mecânica das águas (efeito *piping*) e também pelo abatimento ou colapso de rochas em vertentes íngremes (BOGLI, 1978 citado por SUGUIO, 1998).

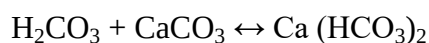
A espeleogênese processa-se em três estágios, são eles: pré-iniciação, iniciação e desenvolvimento. Nas duas primeiras fases predomina a dissolução e na última, além da dissolução química, ocorre a abrasão mecânica (LOWE, 1992).

Os principais condicionantes para elaboração e evolução do sistema cárstico são: a rocha possuir características de solubilidade e a água. Os componentes do ambiente, como pressão, temperatura, pH, CO₂, presença de ácidos húmicos são ingredientes para a carstificação.

Lino (1989) afirma que o principal condicionante da gênese das formas cársticas é a água (H₂O). Ela retém o gás carbônico (CO₂) que reage ao entrar em contato com o calcário, tornando-a uma solução ácida: o ácido carbônico:



Na segunda fase, a água está ácida dissolvendo a superfície do calcário (CaCO₃) penetrando nas fraturas da rocha e ao mesmo tempo produzindo o bicarbonato de cálcio (Ca (HCO₃)₂) que é totalmente solúvel e transportado pela força da água:



Esta reação é reversível, pois o bicarbonato de cálcio só existe em solução iônica na presença de CO_2 em excesso. A quantidade de gás carbônico dissolvido na água possui duas funções: de agressividade e de equilíbrio.

O CO_2 é “agressivo” quando combina com o CaCO_3 para originar o bicarbonato (CO_2), e o CO_2 quando é “equilibrante” mantém o CO_2 “agressivo” em solução (GUERRA e AMARAL, 2011).

Em geral as cavidades mais conhecidas do mundo desenvolveram-se nessa litologia (calcário). As cavernas e abismos em rochas areníticas, no entanto são mais raras. A origem das cavidades em arenito é complexa. Sendo influenciado por fatores estruturais, geomorfológicos e estratigráficos da região.

2.2.2 Cavidades areníticas

As cavidades em arenito têm seu início na ação erosiva do escoamento das águas superficiais ao longo das encostas, provocando a remoção de grãos das paredes de arenito que originam pequenas “cavidades”, evoluindo assim para tocas ou até mesmo cavernas.

Segundo Fabri (2011) os primeiros a realizarem trabalhos para diferenciar os processos de formação do relevo cárstico em rochas ricas em sílica foram Hans e Szcerban em meados da década de 80. A partir desses estudos surgiu um novo campo para as investigações cársticas em rochas não carbonáticas.

O conceito de carste não carbonático para Guareshi e Nummer (2013) está associada:

A dissolução de rochas, levando a formação de dutos subterrâneos que, ao entrar em colapso, podem formar depressões superficiais; drenagem subterrânea em rochas areníticas que provocam a dissolução dos silicatos relacionada ao processo natural de alteração das rochas; e processos de colapsividade dos solos em sedimentos recentes (GUARESHI e NUMMER, 2013, p. 191).

Percebe-se na definição citada anteriormente, que nos terrenos areníticos as feições cársticas podem ocorrer da mesma forma como acontece nos terrenos carbonáticos. Embora que, em proporções menores, os estudos de cavidade desse tipo de litologia estão crescendo cada vez mais.

Para haver a evolução dessas cavidades será necessário observar alguns fatores essenciais, que, segundo Corrêa Neto (1997) é atendido pelas características regionais: 1 - Um grande desnível entre o lençol freático e o nível de base local; 2 - Presença de fraturas profundas; e 3 - Clima chuvoso.

O mesmo autor expõe a ideia que além do escoamento superficial e os fatores expostos acima a rocha ainda apresenta planos de fraqueza e descontinuidades sedimentares que facilitam a infiltração de água e permite a remoção física e química do quartzo, formando pequenos condutos de erosão interna (*piping*).

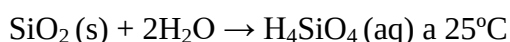
O vocábulo “*piping*”, segundo Guerra e Guerra (2009):

Verdadeiros canais que são abertos em subsuperfície, com diâmetros que podem variar de poucos centímetros a vários metros. Esses dutos formam-se devido à dissolução e carreamento dos minerais em subsuperfície, sendo responsáveis pelo transporte de grande quantidade de material, podendo ter vários metros de comprimento. O solo onde está situado acima desses dutos pode sofrer um processo de colapso, dando origem a uma voçoroca (GUERRA e GUERRA, 2009, p. 217).

Percebe-se na definição acima que o início do *piping* se dá por um processo de dissolução inicial ao longo do limite entre grãos, processo esse favorecido pelas descontinuidades.

Com a evolução dos condutos, também denominado de *pipes*, unem-se por alargamento de seu diâmetro, tornando-se assim um duto principal para o escoamento da água subterrânea e moldando sua feição interna pela ação mecânica da água.

Jansen (2013) afirma que o intemperismo químico da sílica é bastante variável e ocorre por meio da hidratação, formando a sílica ácida, conforme a equação abaixo:



A sílica, para dissolver, vai depender principalmente das propriedades como o estado do seu silício se encontra, o pH, duração da realização das reações químicas, presença de sais, temperatura e compostos orgânicos (FABRI, 2011).

Em regiões onde predominam o clima tropical, a gênese do carste em rochas não carbonáticas, recebe influência de materiais orgânicos como (guano, húmus, restos de animais), tornando cada vez mais ácida a água da chuva.

A água alcalina (pH > 7) torna-se bastante agressiva aos silicatos e tais condições são comuns no interior das cavidades onde a água encontra-se profunda (TRAVASSOS, 2011).

O desenvolvimento da cavidade dá-se por um alargamento ao longo de descontinuidades presentes na rocha. Sendo assim, o abatimento de blocos é comum em cavidades areníticas, originados da queda de material do teto em salões e galerias pelo fraturamento das rochas. O processo de remoção mecânica de grãos, forma diversos depósitos

caracterizados de aluvião no chão das cavidades, resultado da desagregação de grãos das paredes dos condutos (MONTEIRO e RIBEIRO, 2011).

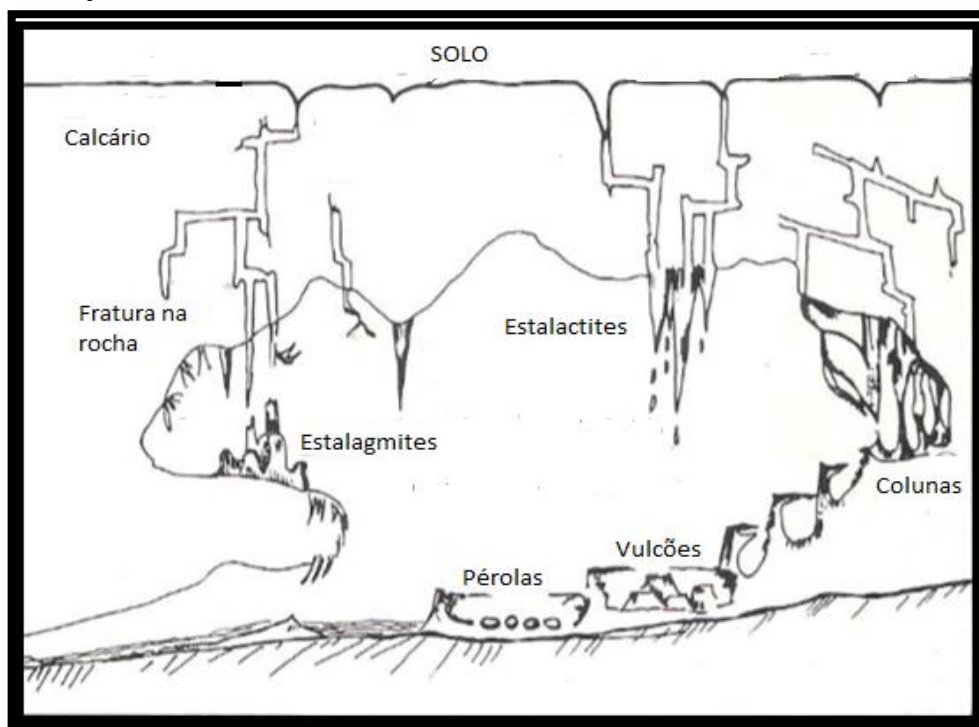
Com isso, a água constitui-se como agente erosivo, mecânico e dissolutivo, além de principal coadjuvante, ou seja, “escultor”, dos minerais para a formação de várias feições encontradas no interior das cavidades denominadas de espeleotemas. Esse conceito, segundo Lino (1989), foi criado por Moore (1952) e tem sua origem no grego *spelaiion* (caverna) e *thema* (depósito).

Embora que os espeleotemas sejam mais comuns em cavidades carbonáticas, existem de fato, ocorrências de espeleotemas em rochas não carbonáticas. Na literatura atual é bastante notório, trabalhos voltados a gênese e a tipologia dessas feições.

2.3 Espeleotemas ou Feições morfológicas das cavernas

Como foi dito anteriormente, os espeleotemas não são formados apenas nas rochas carbonáticas. Cada litologia apresenta características diferenciadas. As formas mais conhecidas de espeleotemas nessa litologia são as estalactites, as estalagmites, as pérolas e as colunas, conforme pode ser observado na (Figura 6). Em condições favoráveis essas feições podem apresentar grandes dimensões.

Figura 6 - Feições no interior das cavernas

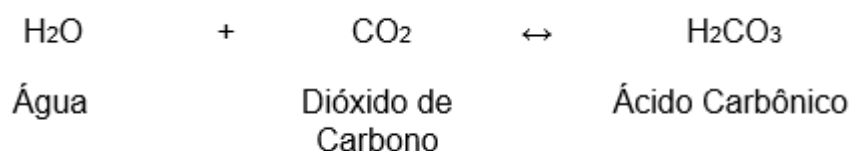


Nota: Ilustração de diversos espeleotemas no interior de uma caverna carbonática.
Fonte: Adaptado de Lino (1989).

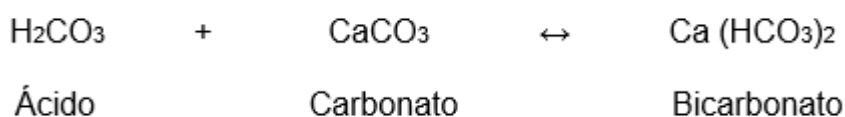
As diversidades das feições encontradas nessas cavidades criam um cenário paisagístico, multicolor e uma beleza diferenciada nesse ambiente que atrai curiosos e outras pessoas interessadas sobre o tema. No caso das cavernas de arenito, essas feições deposicionais costumam apresentar pequenas dimensões, não passando de poucos centímetros.

Lino (1989) mostra em suas pesquisas que existem três fases que contemplam a formação dos espeleotemas e que podem ser sintetizadas pelas reações químicas a seguir:

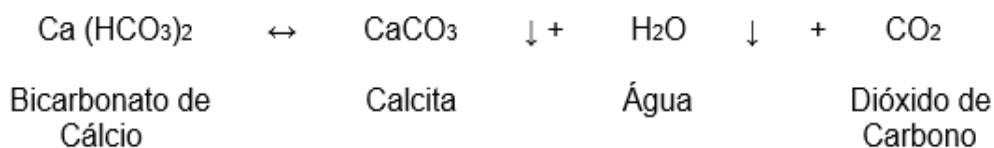
- 1ª Fase: Acidulação da água (formação do ácido carbônico):



- 2ª Fase: Dissolução da rocha pelo ácido carbônico:



- 3ª Fase: Precipitação de calcita:



A água torna-se acidulada durante sua trajetória na atmosfera e na sua percolação através do solo, incorporando o dióxido de carbono presente na superfície do solo. Juntamente com o ácido carbônico, a água irá reagir com o carbonato de cálcio, sendo esta uma reação bastante comum, dissolvendo a rocha e incorporando o bicarbonato de cálcio na forma de solução.

Numa terceira fase, em condições ambientais ideais e com alta concentração de soluto, poderá ocorrer a precipitação do carbonato de cálcio, que irá formar camadas e novamente

cristalizar a calcita, constituindo uma grande variedade de formas, denominados de espeleotemas.

Estas reações ocorrem principalmente nas rochas de composição carbonática, onde o reagente é o ácido carbônico. Importante ressaltar, que quase as totalidades dos casos de desenvolvimento de espeleotemas, ocorrem segundo as reações químicas ocorridas anteriormente (ARCHELA, 2007).

Para Jansen (2013) em sua dissertação sobre Análise ambiental da área de Proteção Ambiental do Morro da Pedreira e do Parque Nacional da Serra do Cipó para a Proteção do Patrimônio Espeleológico, define espeleotemas como:

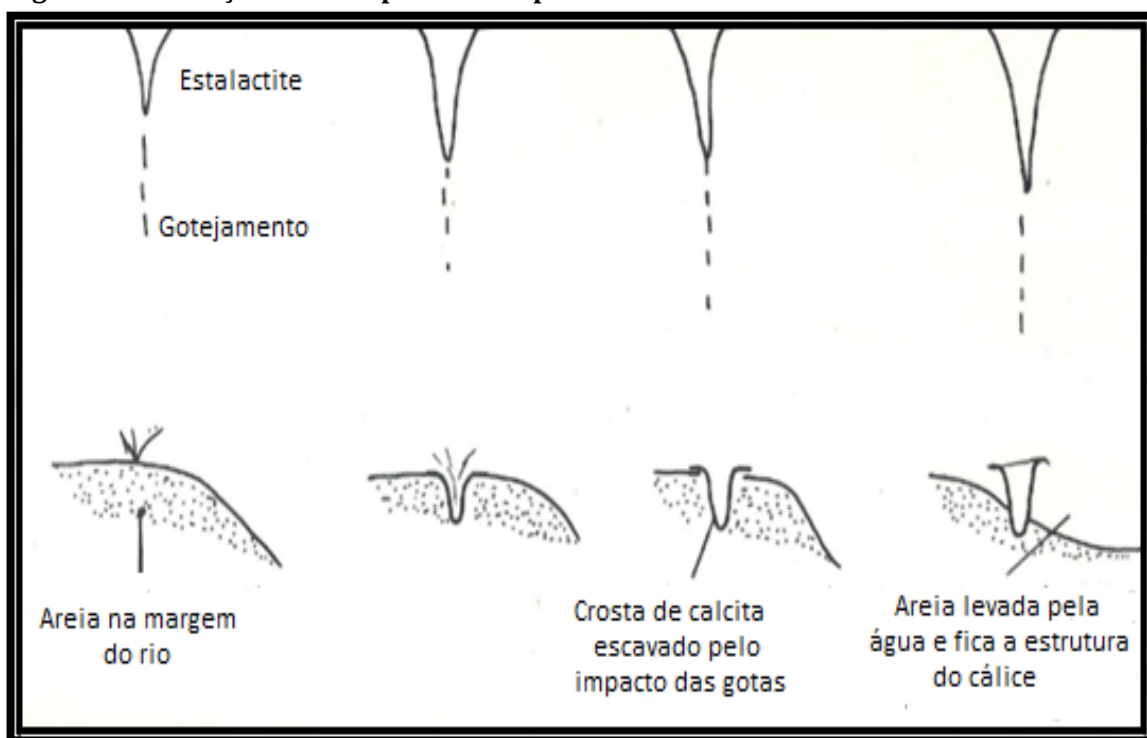
Formas cársticas construtivas, representadas por depósitos de precipitação química da calcita. Quando se encontram no teto são denominadas de estalactites e quando se desenvolvem devido ao gotejar contínuo da água do teto no interior da caverna, a partir do solo, são denominadas de estalagmites. E quando as estalactites e as estalagmites se unem, formam-se as colunas ou pilares (JANSEN, 2013, p. 46).

Percebe-se no conceito acima que o autor retrata apenas três feições existentes no interior das cavidades, deixando de lado as demais feições que podem se formar no interior das cavernas.

Na literatura atual podem-se encontrar diversas referências de espeleotemas. Podendo ocorrer tanto nos tetos como nas paredes e pisos das cavidades. Lino (1989) denominou alguns deles como:

- Cálice: a partir dos gotejamentos, quando o solo não está compactado a precipitação de calcita irá escavar pequenos orifícios no piso da cavidade (Figura 7):

Figura 7 - Ilustração de um espeleotema tipo Cálice

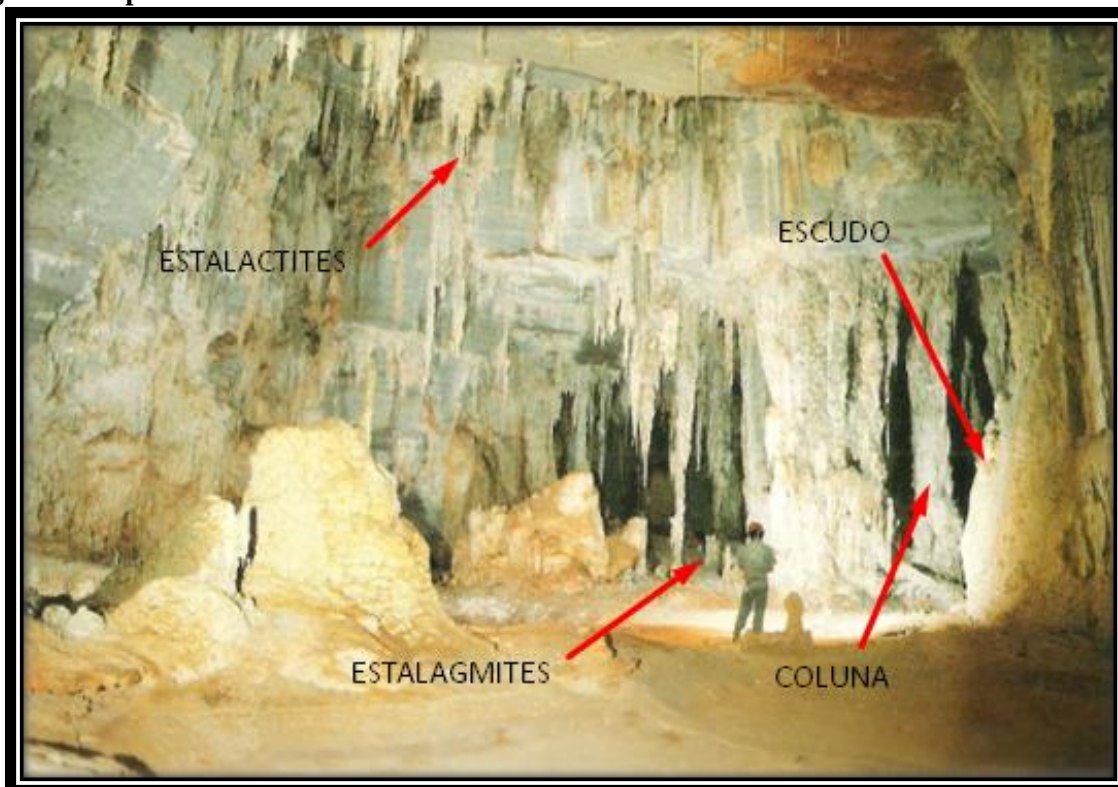


Nota: Esquema representativo da evolução de um cálice.

Fonte: Adaptado de Lino (1989).

- Colunas: formas verticais e cilíndricas que se formam com a união das estalactites e estalagmites.
- Cortinas: quando a gota da água emerge parede ou teto quando inclinado, escorrendo pela superfície e deixando um delicado rastro de calcita.
- Helictites: são delicados espeleotemas que recobre muitas áreas de tetos e paredes das cavernas.
- Agulhas de gipsita: possuem formas de espinhos finos e alongados, e quase sempre são transparentes.
- Escudos: possuem formas quase planas, são circulares e são geralmente observados nas paredes das cavernas (Figura 08).

Figura 8 - Espeleotemas na Gruta Bonita – Minas Gerais



Nota: Conjunto de espeleotemas de calcita, dando destaque a estalactites, estalagmites, coluna e escudo.

Fonte: Adaptado de Lino (1989).

Percebe-se que no ambiente subterrâneo de litologia carbonática, a presença de espeleotemas é bastante efetiva. Podendo apresentar diversas forma e tamanhos. Com isso, possuem grande fragilidade contra as ações da própria natureza ou pelo antropismo.

Pelo exposto, a pesquisa abordará o conceito sobre espeleotemas como uma diversidade de formas que são elaboradas dentro de uma caverna, a partir da precipitação ou dá retirada do carbonato de cálcio, sendo os mais comuns encontrados nesses ambientes são: estalactites, estalagmites, colunas, helictites, cortinas, vulcões, pérolas, cristais de gipsita etc.

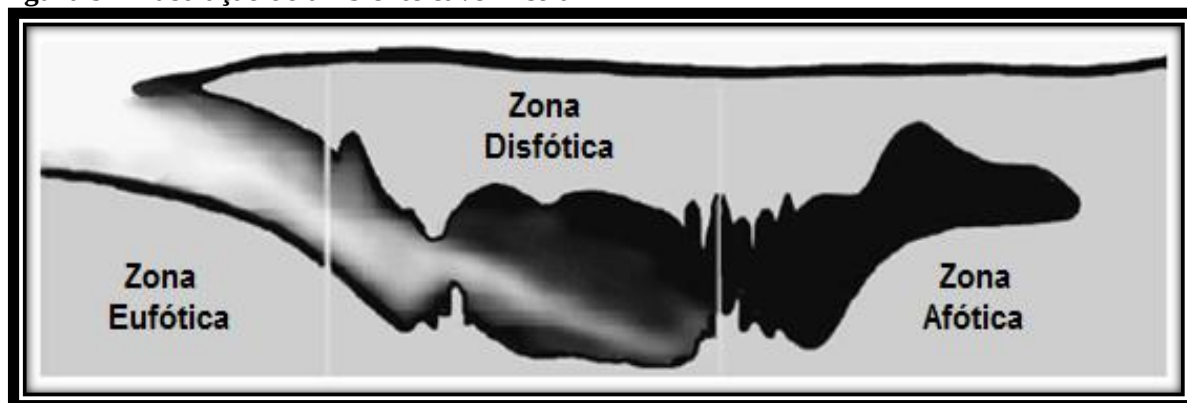
2.4 O ambiente cavernícola

No interior das cavidades tanto carbonáticas quanto areníticas, pode-se distinguir três zonas ambientais (Figura 9) caracterizadas pelas diferenças entre luminosidade, temperatura e a distribuição dos organismos segundo (FERREIRA, 2010).

- A zona de entrada (eufótica): zona onde a luz incide diretamente e a temperatura quanto a umidade relativa do ar acompanham as variações externas da cavidade;

- Zona de penumbra (disfótica): zona onde há incidência indireta de luz e variações de temperatura menores quando comparadas com a zona de entrada e;
- Zona escura (afótica): zona onde há absoluta ausência de luz e habitual tendência à estabilidade ambiental.

Figura 9 – Ilustração do ambiente cavernícola



Nota: Zonas ambientais por diferença de luminosidade.

Fonte: Adaptado de Jansen (2013).

A partir dessas zonas ambientais, principalmente por diferenças de luminosidade a Fauna e a Flora desses ambientes subterrâneos formam um ecossistema bastante singular. São encontrados nesses locais organismos altamente especializados, totalmente adaptados a este habitat.

2.5 Outros tipos de cavidades naturais

Existe na literatura referências a outros tipos de cavidades, que, também, constituem cavernas, porém, desenvolvida através de processos singulares. São elas as denominadas “cavernas de gelo” e os “tubos de lava, também denominados de tubos lávicos” (BICALHO, 2003).

Vale ressaltar que as cavernas de gelo não devem ser confundidas com as cavernas glaciares, essas são formadas diretamente no gelo. As cavernas glaciares são esculpidas através da passagem da água na parte superior da geleira para o leito rochoso e isso produz tubos que podem ter desenvolvimento horizontal ou vertical.

Cavernas de gelo são cavidades na rocha, formada por qualquer processo, seja interno ou externo. Como se localizam em regiões muito frias no planeta, elas apresentam temperaturas abaixo de 0°C durante todo o ano em pelo menos uma parte de sua extensão.

Isso provoca o congelamento da água infiltrada pelo solo ou da umidade atmosférica e forma em seu interior diversos tipos de precipitações de gelo, que podem ser tão exuberantes como os espeleotemas encontrados nas rochas carbonáticas.

Essas cavernas são instáveis e podem desaparecer completamente ou mudar de configuração ao longo do tempo. Ainda assim, podem ser visitadas e utilizadas para estudar o interior das geleiras. Seu maior valor científico reside no fato de permitirem acessar amostras de gelo de diversas idades diferentes, usadas principalmente na Paleoclimatologia.

Outro tipo de cavidade desenvolve-se em áreas vulcânicas a depender do tipo de vulcanismo e da natureza da lava expelida. Essa formação tem como princípio o escoamento da lava em superfície que pode formar diversos tipos de cavidades/dutos na rocha. A medida que o entorno ou porção externa do fluxo lávico resfria e se solidifica, parte da lava continua escoando por canais, muitas vezes de vários quilômetros de extensão, na porção interna do corpo lávico. Ao término da passagem desse fluxo residual interno e com a porção externa solidificada, os tubos lávicos são esculpidos.

Em alguns casos, após o vulcão se tornar inativo, esses tubos podem ser esvaziados e preservados formando as cavidades lávicas, muitas vezes acessíveis por abatimento do teto da porção superior da rocha que constitui o manto de lava. As cavidades mais conhecidas desse tipo estão localizadas no Havaí e no Quênia. A caverna Kazumura, na Ilha Havaí, próxima a Hilo, com 65.500 metros de comprimento e desnível de 1.103 metros, é o mais longo e mais profundo tubo de lava do planeta (GUEDES, 2015).

Além dos tubos de lava, também podem ser formadas cavernas vulcânicas, tendo a gênese em bolsões de ar ou outras irregularidades no magma durante seu escoamento ou resfriamento. Essas cavidades costumam formar salões ou canais de pequenas dimensões. Cavidades de lava não possuem ornamentações exuberantes como as cavidades carbonáticas. Em geral, possuem paredes lisas e uniformes, mas em alguns casos possuem escorrimentos, pontas e gotas de lava resfriada em seu interior.

3. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

3.1 Geologia da Região Litorânea

Geologicamente a Paraíba é constituída em sua maior parte por rochas do pré-cambriano, ocupando aproximadamente 80% do seu território. Essas áreas, a grosso modo, localizam-se no Planalto da Borborema e Sertão paraibano. Os outros 20% são formados por sedimentos que se depositaram a partir do mesozoico, entre os períodos Jurássico superior e Cretáceo inferior (LAVOR, 2016).

No período Cretáceo a região litorânea sofreu reativação tectônica, abatimentos vulcânicos, soerguimentos e subsidências que originou a abertura do oceano Atlântico (BRASIL, 2002). Na porção do Nordeste Oriental, foi depositado a Bacia Sedimentar Paraíba, área esta que, apresenta unidades estratigráficas no qual estão inseridas as cavidades que serão abordadas nesta pesquisa.

A Bacia Paraíba está localizada na porção mais oriental do Nordeste, sua formação está relacionada ao processo de abertura do oceano Atlântico Sul, entre os períodos do Neojurássico e Eocretáceo. Consta na literatura que a bacia Paraíba constitui três unidades litoestratigráficas, são elas: Formações Beberibe, Gramame, Marinha Farinha e Tambaba. Posteriormente, a Formação Barreiras recobre de forma discordante todo o embasamento e todas as unidades litoestratigráficas citadas anteriormente (BARBOSA e LIMA FILHO, 2006).

Araújo (2011) em sua tese de doutorado argumenta que essa porção mais oriental do Nordeste, no caso o estado da Paraíba, inicialmente foi referenciada na literatura com o nome de Bacia Pernambuco-Paraíba, e posteriormente, com trabalhos de diversos autores, propuseram dividir essa bacia em cinco sub-bacias a partir de suas características litológicas, são elas: Cabo, Olinda, Alhandra, Canguaretama e Natal (Figura 10). Em 1991, essas compartimentações foram alteradas a partir das concepções estratigráficas, geocronológicas e estruturais. Sendo assim, a bacia Pernambuco-Paraíba ficou reduzida apenas três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri.

O autor anteriormente citado ainda ressalta que a partir de estudos mais aprofundados, Lima Filho (2005) identificou discordâncias no comportamento estrutural na porção sul da Bacia Pernambuco-Paraíba. Sendo assim, passaram a denominar o setor sul de Bacia Pernambuco e o setor norte, denominada de Bacia Paraíba.

Figura 10 – Bacia Sedimentar Paraíba



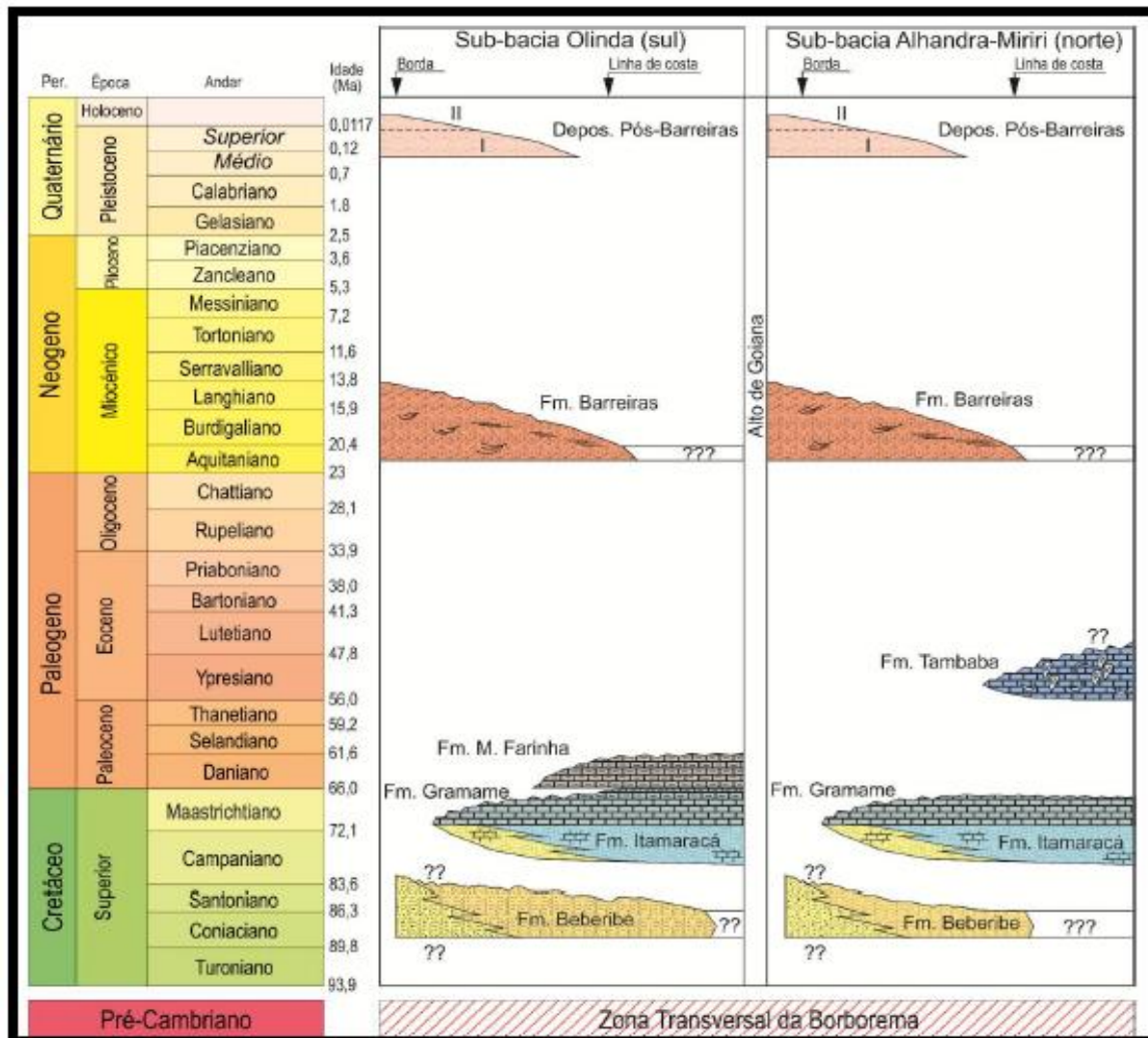
Nota: Bacia Paraíba com as sub-bacias: Miriri, Alhandra e Olinda.

Fonte: Modificado de Barbosa e Lima Filho (2006).

A Bacia Paraíba distingue-se das bacias vizinhas, pelo fato de processos tectônicos e sedimentares, que permitiram a deposição de sedimentos por três regimes deposicionais, são eles: continental, continental-oceânica e oceânica. A região teria sofrido certa subsidência, devido pela Zona de cisalhamento Pernambuco (ZCPE) que provocou uma distensão das placas sul-americanas e africanas. Todavia, a depressão deixada pela subsidência foi preenchida por sedimentos, dando origem a Formação Beberibe/Itamaracá, em seguida, preenchida por sedimentos da Formação Gramame (transgressão) e Formação Marinha Farinha/Tambaba (regressão), que foram recobertos de forma discordante, pelos sedimentos

da Formação Barreiras (Figura 11), sendo este último, no caso da região mais oriental do Nordeste, oriundo da Província da Borborema (LIMA FILHO et al., 2005).

Figura 11 - Coluna estratigráfica das Formações sedimentares



Nota: Coluna estratigráfica da bacia Paraíba.

Fonte: Modificado de Barbosa (2004).

Segundo Freitas (2012) a largura média da faixa sedimentar emersa da Bacia Paraíba é de aproximadamente 25 km segundo a direção Leste-Oeste e sua espessura pode alcançar cerca de 400m. Como já foi citado anteriormente, o extremo leste do Estado da Paraíba é coberto por sedimentos de origem continental e oceânico. Essa sequência sedimentar constitui o Grupo Paraíba, que, de baixo para cima é formada pelas formações: Beberibe-Itamaracá, Gramame, Maria Farinha e Tambaba. De forma discordante, recobrindo toda essa sequência ocorre a Formação Barreiras.

3.1.2 Formação Beberibe

Segundo Brasil (2002) a denominação Beberibe foi utilizada pela primeira vez por Kegel (1957) para designar o afloramento fossilífero das camadas microclásticas que ocorrem no vale do rio Beberibe. Atualmente, engloba toda a sequência clástica basal do Grupo Paraíba.

De acordo com Araújo (2012) a Formação Beberibe não bem definida, as primeiras datações dessa camada sedimentar foram realizadas por Kegel nas décadas de 1950 e Beurlen na década de 1960. Os resultados variam entre 93 a 70 milhões de anos atrás. O autor ainda ressalta que essa formação também pode ser denominada de Formação Beberibe/Itamaracá e que não há nenhuma necessidade no detalhamento constituinte em sua forma basal, pois a mesma não possui distinções.

Conforme Petri (1988) essa formação assenta-se de forma discordante sobre o embasamento cristalino pré-cambriano e Leal e Sá (1998) afirma, baseado em estudos de poços tubulares realizados na Bacia Paraíba, entre Recife e João Pessoa, que sua espessura média é de 230 a 280 m, com máximo de 360 m.

Para Mabessone e Alheiros (1991) essa camada apresenta uma sequência essencialmente arenosa, com uma espessura média de 200 m, em geral sem fósseis, constituída de arenitos friáveis, cinzentos a cremes, mal selecionados, com componente argiloso. Na base podem ocorrer leitos conglomeráticos e intercalações de níveis argilosos, enquanto que, no topo, predominam os arenitos médios a finos, nos quais se intercalam camadas siltico-argilas com restos fossilíferos.

Essa formação apresenta arenitos brancos a muito brancos, médios a grossos, com grânulos mal selecionados, e com estratificação plano-paralela (predominante) pobremente desenvolvida, bancos de 0,5 até 2 m, sem grandes variações de fácies. A parte basal da unidade aflora esparsamente às margens de rios, tais como Sal Amargo, Papocas, Dois Rios, Mumbaba, entre outros localizados no estado da Paraíba.

3.1.3 Formação Gramame

Recobrando a Formação Beberibe ocorre o calcário da Formação Gramame, com espessura de aproximadamente 55 metros (LIMA FILHO, 2005). Mais recentemente, Furrier, Araújo e Meneses (2015) a partir de informações de poços tubulares, fazem referência a uma espessura na ordem de 100 m para essa formação. Sua constituição é, sobretudo, de calcários

argilosos cinzentos de fácies marinha plena, com algumas intercalações finas de argila, geralmente bioturbadas, e camadas de margas e argilas mais puras.

Mabessone e Alheiros (1991) apontam que a Formação Gramame pode ser dividida em três fácies, ou seja, uma fácies basal, formada por calcarenitos e calcários arenosos, muito fossilíferos, que se interdigita com uma fácies média formada por fosforitos, sendo recobertas, no topo, por calcários biomicríticos argilosos, com uma fácies supramesolitoral, uma fosfática e uma marinha plena.

As fácies basais são caracterizadas tanto por calcarenitos, como por calcários dolomíticos arenosos, de coloração creme, biomicríticos e é bastante fossilífera, com conchas espessas e fragmentadas. A fácies fosfática apresenta-se como arenitos, calcários argilosos e fosfatizados, também bastante fossilíferos, porém com formas de tamanhos menores. Segundo Barbosa (2007) citado por Araújo (2012) as datações realizadas nessas rochas apontam para a idade Maastrichiana, o que corresponde a um período de aproximadamente 70 milhões de anos.

Esta unidade estratigráfica, por ser de composição carbonática, apresenta maior dissolução e seus afloramentos apresentam diversos níveis de erosão ao longo das vertentes da depressão do Abiaí, mais precisamente no norte do município de Pitimbu e Alhandra. Deve-se ressaltar que ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa, em apenas uma pequena área no município de Alhandra, foi observada uma pequena caverna desenvolvida nos calcários dessa formação. Posteriormente, no momento da caracterização das cavidades naturais existentes na Paraíba voltaremos a abordar o tema.

3.1.4 Formação Maria Farinha

A Formação Maria Farinha pode se configurar com a camada semelhante a da Formação Gramame, sendo diferenciada, por conteúdos fossilíferos, calcários dolomíticos e margas de um ambiente marinho médio a raso. Sua base é formada por calcário de deposição laminar semelhante ao da Formação Gramame.

Essa camada-base retém vestígios da passagem do cretáceo-Paleogeno, entre 55 a 65 milhões anos atrás, marcando assim, a transição da Formação Gramame para a Formação Maria Farinha (ALBERTÃO, 1993; STINNESBECK; KELLER, 1996 citado por LAVOR, 2016).

A Formação Maria Farinha ocorre na sub-bacia Olinda, ao norte, e na sub-bacia Alhandra, ao sul. Localizado ao norte da sub-bacia Olinda, a camada do topo encontra-se com

estratificações de sedimentos terrígenos e bioclastos indicando oscilações laterais em sua faciologia pelo fato do avanço ao evento regressivo do Paleocênio (BARBOSA, 2004).

Entretanto, na parte sul da sub-bacia Alhandra, a Formação Maria Farinha aflora em calcários recifais do Eoceno. Mais precisamente no município do Conde, estudos paleontológicos apontaram outro tipo de seção presente na Formação Maria Farinha inferior, classificando a deposição desses carbonatos do período Eoceno. Por essa razão, recentemente, foi originada uma proposta de formalização de nomenclatura para esses calcários existentes no município do Conde, tendo como nome Formação Tambaba, sendo assim, deixando de pertencer a Formação Marinha Farinha (CORREA FILHO et al., 2015; BARBOSA, 2004, ALMEIDA, 2000).

3.1.5 Formação Tambaba

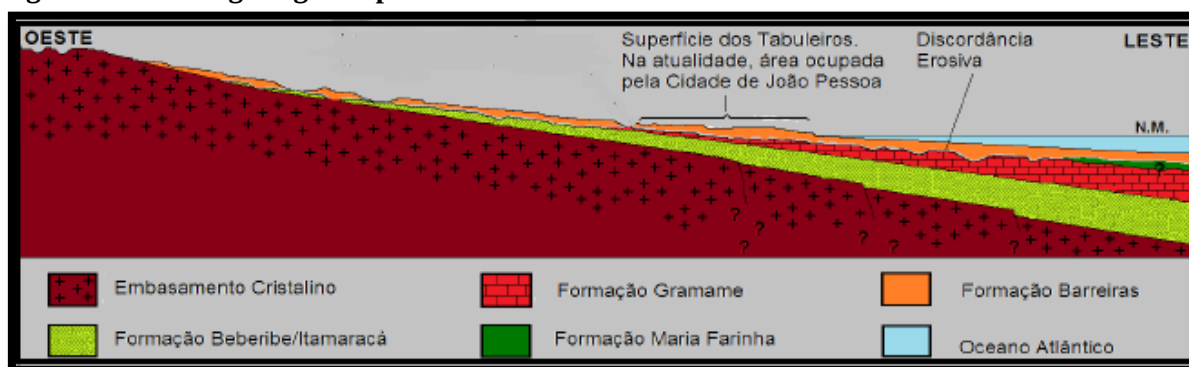
Como já foi dito anteriormente, a Formação Tambaba está passando por uma proposta de formalização para constituir uma nova camada litoestratigráfica. Existe uma escassez na literatura que aborde esse tipo de formação. Mas, recentemente foi realizado um estudo (ALMEIDA, 2007) que diferenciava a Formação Marinha em duas unidades, a primeira denominada como Marinha Farinha Inferior e a segunda denominada de Marinha Farinha Superior. O autor citado anteriormente analisou a presença de moluscos nestes depósitos calcários, como também seu conteúdo fossilífero.

Segundo Correia Filho (*et al.*, 2015) o limite de sequência desses calcários podem estar relacionados a um evento transgressivo ocorrido no Eoceno e que posteriormente, se sobrepôs a superfície erosiva formada durante a (regressão do Paleoceno).

3.1.6 Formação Barreiras

Sobre todas as unidades geológicas da bacia Paraíba, repousa de forma discordante, a Formação Barreiras. Esta formação ocorre ao longo da faixa costeira do Brasil, desde o Estado do Amapá até o norte do Estado do Rio de Janeiro, caracterizando-se pela ocorrência quase contínua e pela regularidade geomorfológica (ARAI, 2006). Apesar da grande extensão, seus depósitos ainda são pouco detalhados, tanto em relação às suas características sedimentares, quanto às suas características tectônicas. Essa unidade estratigráfica recobre depósitos sedimentares de diversas bacias marginais brasileiras e do cristalino ao longo do litoral brasileiro (Figura 12).

Figura 12 – Perfil geológico hipotético Leste-Oeste da Sub-bacia Alhandra



Nota: Esboço de um perfil hipotético das camadas sedimentares e as rochas do embasamento cristalino.

Fonte: Adaptado de Araújo (2012).

Sua origem, considerada essencialmente continental, tem sido motivo de muitas discussões, pois trabalhos recentes vêm mostrando evidências incontestes de influência marinha, tanto de natureza paleontológica, como sedimentológica. Rossetti (1988), ao realizar estudos no nordeste do Pará, sugeriu que as rochas da Formação Barreiras teriam sido depositadas como leques aluviais, com provável influência de marés na porção mais distal do sistema deposicional.

Mabessone e Alheiros (1988) descrevem o material sedimentar da Formação Barreiras como constituído por uma sequência de coloração variegada, onde predominam arenitos siltico-argilosos, com estratificação oblíqua e leitos horizontais, notando-se, também, a presença de intercalações de níveis de argila e leitos conglomeráticos.

No estado da Paraíba, a Formação Barreiras aflora em uma extensa área na porção leste. Seus sedimentos provêm da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino, localizado mais para o interior do continente, especificamente das rochas cristalinas do Planalto da Borborema (BRASIL, 2002). Sua espessura, nesse estado é bastante variável, atingindo máximas entre 70 e 80 m (LEAL e SÁ, 1998).

Vale salientar que, a Formação Barreiras é o compartimento sedimentar onde estão situados a maioria das cavidades naturais de composição arenítica encontradas nesta pesquisa.

3.1.7 Depósitos Quaternários

Os depósitos sedimentares quaternários estão, em grande parte, associados às bacias hidrográficas, que drenam bacias sedimentares homônimas, tais como, Amazonas, Paraná e Parnaíba, ou às planícies litorâneas. Em geral, são representados por áreas planas e de baixas altitudes.

Suguio (1998) define depósito fluvial detrítico arenoso, argiloso ou cascalhoso, de idade bem recente, ou seja, do Quaternário, que pode ser litificado com o tempo, transformando-se em rocha aluvial. De acordo com Guerra e Guerra (2009), esse material é arrancado das margens e das vertentes, sendo levados pelas águas dos rios, que o acumulam em bancos, constituindo os depósitos aluvionares. Esses sedimentos, geralmente são oxidados devido às condições secas durante deposição e, por isso, fora dos deltas e estuários contêm pouca ou nenhuma matéria orgânica.

No caso da Formação Barreiras, sedimentos recentes do Holoceno repousam sobre a mesma, podendo ser classificados como depósitos: Aluvionares, Eluvionares e Coluvionares e os Arenitos de praia da Formação Barreiras:

- **Depósitos Aluvionares:** sedimentos resultantes de rios atuais carregados por canais fluviais meandantes, possuindo granulação areia, cascalho e argilas (BRASIL, 2010; GUEDES, 2002; SUGUIO, 1998; LAVOR, 2016).
- **Depósitos Eluvionares e Coluvionares:** contém material heterogêneo, variando sua granulação entre areia, argila e cascalho. O primeiro depósito ocorre no topo dos tabuleiros, com ou sem nenhum transporte deixado in situ. O segundo depósito localiza-se no sopé das vertentes dos tabuleiros da Formação Barreiras constituindo os cones de dejeção (BRASIL, 2010; GUEDES, 2002; SUGUIO, 1998; LAVOR, 2016).
- **Arenitos de praia:** Podendo ser denominado também de *beachrocks*, ocorre em toda faixa litorânea da Paraíba em forma de bancos alongados paralelamente ao litoral, podendo desenvolver nesses locais algas calcárias e corais. Existem poucos trabalhos que abordem os arenitos de praia, no que se refere a suas características litoestratigráficas. Entretanto, estudos envolvendo a costa leste do nordeste do Brasil, apontam na perspectiva de que sua origem remonta à última transgressão marinha, aproximadamente 5.100 anos atrás, quando o mar estava em média 5 metros acima do nível atual. No litoral sul da Paraíba, precisamente no município do Conde, os arenitos de praia, são datado do Eoceno e constituído de carbonatos, disposto nos afloramentos da Formação Marinha Farinha / Formação Tambaba (LAVOR, 2016).

3.2 Geologia da Microrregião do Curimataú Oriental

Na microrregião do Curimataú a litologia corresponde a um cenário diferente do que é encontrado no litoral, pois sua litologia é formada por rochas ígneas e metamórficas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, pertencente ao período Pré-Cambriano e por rochas sedimentares da Formação Campos Novos, do Terciário, compostas por uma sequência de argilas bentônicas e montimoriloníticas e repousando sobre o embasamento cristalino temos a Formação Serra dos Martins.

A Formação Serra dos Martins, decorrente da cobertura continental cenozoica brasileira, é coberta por uma formação sedimentar com relevo plano e levemente ondulado sobre uma estrutura de base cristalina. Esta formação caracteriza-se pela predominância dos litotípos sedimentares dispostos em média acima da cota de 600 metros de altitude. São tabuleiros conhecidos como Platôs, de relevo plano suavemente ondulado, com escarpas abruptas e margens irregulares sobre a borda oriental do Planalto da Borborema (NETO, 2015).

A maior parte dessas áreas está inserida no Sistema de Dobramentos do Curimataú Paraibano e do Maciço de Caldas Brandão, formada por rochas plutônicas, (ASSIS, 2002, citado por VIEIRA, 2005).

Ao norte da Microrregião do Curimataú Oriental, localiza-se o plúton granítico Monte das Gameleiras, em sua totalidade encontra-se geograficamente parte do município de Araruna. No entanto, as características geológico-geomorfológicas mais relevantes deste corpo granítico, encontram-se no Parque Estadual da Pedra da Boca, no município de Araruna, área de estudo da presente pesquisa.

Segundo Sial *et al.*, (1982) o plúton é formado por uma associação de litologias de natureza bastante diversificada, com datação geocronológica em torno de 515 milhões de anos. Estudos apontam que a litologia é individualizada em três partes: dioritos, granitos porfiríticos e microgranitos. No caso das rochas dioríticas, ocorrem principalmente como enclaves máficos, de formas e tamanhos diferentes. São essencialmente quartzo dioritos mesocráticos, de textura fina a média e com coloração negra ou verde escura (GUIMARÃES; MARIANO e SEABRA, 2012).

Os granitos Porfiríticos são dominantes no plúton, tratando-se de rochas leococráticas, de textura grossa a muito grossa, com ocorrência de fenocristais de feldspato potássico. Os minerais essenciais são quartzo, plagioclásio e feldspato potássico (ANTUNES *et al.*, 2000).

O autor anteriormente citado argumenta que os microgranitos ocorrem principalmente no núcleo do corpo plutônico, em forma de pequenos corpos intrusivos e diques.

3.3 Geomorfologia da Região Litorânea

Em termos geomorfológicos, o território paraibano é compartimentado em seis unidades geomorfológicas, são elas: Planícies Litorâneas, Tabuleiros Litorâneos, Depressão Sublitorânea, Planalto da Borborema, Depressão do Curimataú e Depressão Sertaneja (PARAÍBA, 2006).

As cavidades estudadas no presente trabalho estão inseridas em duas unidades geomorfológicas, assim distribuídas: as cavidades de composições carbonática e arenítica que estão localizadas nos Tabuleiros Litorâneos, nos municípios de João Pessoa, Santa Rita e Alhandra; as outras cavidades desenvolvidas ocorrem em rochas do complexo gnáissico migmatítico, mais precisamente nas rochas graníticas aflorantes no município de Araruna.

3.3.1 Tabuleiros Litorâneos

Tabuleiros Litorâneos são superfícies terciárias, que acompanham todo o litoral do Nordeste do Brasil, em área estimada de 8,42 milhões de hectares e estão esculpidos em grande parte sobre os sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras. Apresentam as seguintes características: topografia plana a suave ondulada, sedimentar e de baixa altitude, com declividade média inferior a 10%, os solos são profundos, mas apresentam baixa fertilidade natural devido à lixiviação aliada à erosão (FREITAS, 2012).

Segundo Brito Neves *et al.*, (2004) a evolução geomorfológica dos Tabuleiros Litorâneos, está relacionada a amplos arqueamentos e à sucessão de formação escalonada para o interior, de pediplanos, mas subordinada ao fator de paleoclimas.

Furrier, Araújo e Menezes (2006) pesquisando os Tabuleiros Litorâneos concluíram que as características estruturais da área estão relacionadas às ações tectônicas cenozóicas. Estes autores postulam que a configuração atual resulta de uma complexa movimentação pretérita de blocos falhados que originaram soerguimentos distintos e basculamentos.

Os Tabuleiros Litorâneos ocorrem ao longo do litoral entre o Amapá e o Rio de Janeiro, de forma descontínua. Segundo Falcão (1976, apud LEAL e SÁ, 1998), as altitudes dessas unidades de relevo, entre Recife e Natal, variam entre 50 e 150 metros. Na área de estudo, o topo mais elevado está a 137 m acima do nível do mar.

3.3.3 Planalto da Borborema

O Planalto da Borborema está situado na região oriental do Nordeste Brasileiro, estendendo-se pelos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. Ab' Saber (1969) citado por Cavalcante (2011) referiu-se a Borborema como uma estrutura irregular, decorrente de uma intensa atuação tectônica seguida pela reativação dos dobramentos, seguida por fraturas e falhas, além de sucessivos aplainamentos.

O mesmo autor argumenta que a superfície do Planalto da Borborema é escalonada em diferentes níveis altímetros, semelhantes a extensos degraus constituídos durante sucessivos processos erosivos. Na Paraíba, o patamar do Planalto da Borborema é designado superfície Campina Grande, correspondente no revelo estrutural e níveis topográficos médios a superfície de Gravatá, em Pernambuco.

Os contrafortes orientais da Borborema são procedidos por ondulações, morros, serras e cristas, desenvolvidas em terrenos do pré-cambriano. As feições geomorfológicas dessa unidade destacam-se de forma isolada, com altitudes que variam de 300 a 400 metros.

A área de estudo pertencente a essa unidade geomorfológica localiza-se mais precisamente a nordeste do município de Araruna, no Parque Estadual da Pedra da Boca. Essa área é formada por grandes afloramentos rochosos de constituição granítica. Esses maciços se destacam na região em função de suas formas e cotas topográficas. Os maciços residuais encontrados nessa área apresentam superfícies arredondadas e desgastadas pela ação do intemperismo físico.

3.4 Solos da Região Litorânea

A identificação dos solos existentes na área de estudo, foi obtida a partir do Mapa de Solos do Estado da Paraíba, elaborado na escala de 1: 200.000. Na Microrregião de João pessoa e do Litoral Sul verificou-se a presença de quatro tipos de solos, são eles: Podzólicos vermelho-amarelo, Latosol, Solos Gley Distróficos e Podzol Hidromórficos. Vale ressaltar que, de acordo com o novo Sistema de Classificação de Solos elaborado pela Embrapa em 1999, essas nomenclaturas foram alteradas. Seguindo a ordem em que foram citados anteriormente, os solos receberam as seguintes denominações: Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Gleissolos e Espodossolos Hidromórficos (EMBRAPA, 2006). A pesquisa adotará as conversões feitas pela Embrapa (2006).

A Embrapa Solos esclarece que o solo classificado por essa instituição é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais da Terra; contêm matéria viva e podem ser vegetados

na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências humanas (EMBRAPA, 2006 apud, FREITAS, 2012).

É importante ressaltar que os fatores condicionantes para a distribuição dos solos são: Relevo, Clima, Tempo, Matéria orgânica e a Rocha Matriz. Assim sendo, os Argissolos Vermelho-Amarelos associado aos Latossolos Vermelho-Amarelos e aos Espodossolos Hidromórficos predominam sobre os Tabuleiros Litorâneos e os Gleissolos estão presentes nas planícies fluviais. As definições para esses solos de acordo com (EMBRAPA, 2006) são as seguintes:

- **Argissolos Vermelho-Amarelos** – são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. São forte a moderadamente ácidos. Apresentam profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e raramente brumados ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B textural.
- **Latossolos Vermelho-Amarelos** - solos constituídos por material mineral, originados das mais diversas espécies de rochas e sedimentos. Apresentam-se em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material construtivo. Por isso, são destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Normalmente, são muito profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a um metro e, em geral, ácidos.
- **Espodossolos Hidromórficos** – desenvolvidos, principalmente, de materiais arenoquartzosos, sob condições de elevada umidade, em clima tropical e subtropical, em relevo plano, suave ondulado, áreas de surgentes e depressões. São solos, em geral, muito pobres em fertilidade, moderada a fortemente ácidos. A textura do *solum* é predominantemente arenosa, sendo menos comumente média e raramente argilosa. Em suma, é um solo composto por material mineral.
- **Gleissolos** – comumente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos de água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a

condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano e terraços fluviais, lacustres ou marinhos, ou, ainda, em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São solos mal drenados, em condições naturais, apresentam o horizonte superficial com cores desde cinzenta a preta, espessura, normalmente, entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.

3.5 Solos da Microrregião do Curimataú Oriental

Como já foi dito anteriormente, as características dos solos são decorrentes da ação conjunta de diversos fatores genéticos. Sendo assim, com base no Mapa de Solos do Estado da Paraíba na escala de 1: 200.000, verificou-se a presença de três tipos de solos, são eles: Neossolos Litólicos, Argissolos e Planossolos Solódicos. As definições para esses solos de acordo com EMBRAPA são as seguintes:

- **Neossolos Litólicos** – Solos pouco evoluídos, relacionados a afloramentos rochosos com apreciável proporção de fragmentos da rocha-mãe. Esses solos ocorrem nas áreas de forte declividade, não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.
- **Argissolos** – Solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa e pouca nitidez nas diferenciações dos horizontes.
- **Planossolos Solódicos** – Solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com alto grau de diferenciação entre os horizontes. Esses solos ocupam as partes mais baixas das encostas íngremes, localmente favoráveis ao acúmulo de água durante curtos períodos do ano e lenta ou muito lenta permeabilidade de seu perfil.

3.6 Clima da Região Litorânea

O fator climático no espaço geográfico condiciona a modulação da paisagem natural e dos recursos naturais encontrados no meio. Nessa pesquisa o clima pode ser compreendido como agente exógeno modelador da paisagem natural, colaborando com a deposição de

sedimentos, formação dos solos e modelagem do relevo. Numa escala regional, o clima consiste na caracterização atmosférica através de observações contínuas durante um longo período de tempo, aproximadamente 30 anos, que leva em consideração a relação das médias, condições extremas e mínimas do tempo (AYOADE, 2013).

Segundo a classificação Climática de Wladimir Köppen, o clima predominante da Mesorregião do Litoral é tropical quente e úmido apresentando chuvas de outono e inverno, podendo ser representadas pelas siglas (As'), a média térmica anual é de 25°C, a média das temperaturas mínimas chegam 23°C (julho e agosto) e a média das temperaturas máximas podem chegar a 28°C (fevereiro e março). No que diz respeito à pluviometria, podem variar entre 1.200 e 1.800 mm ao ano. O seu sistema de circulação atmosférica é a Massa Equatorial Atlântica (MEa), Frente Polar Atlântica (FPa) e os Ventos Alísios de Sudeste (MARTINS, 2006).

3.7 Clima da Microrregião do Curimataú Oriental

Sobre a influência climática nas paisagens, Bigarella (1994, p. 90) afirma que o “clima controla o intemperismo diretamente através da temperatura e da precipitação, e indiretamente através da vegetação que recobre a paisagem”.

Segundo essa afirmação, as variações climáticas são determinantes nos processos intempéricos, além de estarem relacionadas às diversas etapas nos processos morfogenéticos, como nos processos erosivos, transporte e deposição dos sedimentos.

Na microrregião do Curimataú, precisamente no município de Araruna, o clima é tropical quente e úmido, com chuvas médias no outono e inverno, atingindo 800 a 1100 mm ao ano (GUIMARÃES, 2009).

Na área do Parque Estadual da Pedra da Boca (PEPB), o clima é semiárido quente e seco (Bsh), o que difere um pouco do quadro geral do Curimataú devido a sua altitude. As temperaturas podem variar de 25°C a 27°C e a umidade relativa do ar é de aproximadamente 75% (CAVALCANTE, 2007).

3.8 Vegetação

A vegetação encontrada na Mesorregião do Litoral pode ser classificada como: Vegetação Litorânea; Mata Atlântica e Vegetação dos Tabuleiros. A primeira compreende a vegetação de praia predominantemente herbácea, adaptada às condições de elevada salinidade e reduzida retenção hídrica do solo. Abrangem toda região costeira do Brasil, as quais se

diferem de acordo com suas características do solo e indicie de umidade. Abriga-se nesse tipo de vegetação as plantas rasteiras, gramíneas e também os manguezais.

A vegetação de Mata Atlântica abriga cerca de 20.000 espécies de plantas segundo (TABARELLI e SANTOS, 2010). A Mata Atlântica está bastante degradada devido a exploração colonial do Pau-Brasil (*Caesalpina echidata*), embora residual e secundária, a Mata Atlântica paraibana é uma formação bastante densa, com árvores altas, aproximadamente 30 metros de altura, e troncos robustos. Entre as espécies arbóreas estão o louro (*Ocotea Glomerata*); jatobá (*Hymenanea martiana H.*); visgueiro (*Parkia pendula benth*); sucupira (*Bowdichia virgilíodes hook*); pau-d'arco-amarelo (*Tabebuia crysotricha stande*); Bromélias (*Tillandsia cyanea*); Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*); Peroba (*Aspidosperma polyneuron*); Jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*) (CARVALHO e CARVALHO, 1985).

A vegetação de Mata Atlântica também corresponde à formação ribeirinha ou Floresta Ciliar, que se apresenta ao longo dos cursos de água, recobrando os terraços antigos das planícies quaternárias. É composta por macro, meso e microfanerófitos, que se caracterizam, no geral, pelo crescimento rápido, casca lisa, tronco cônico e raízes tabulares. Verifica a presença de muitas palmeiras no estrato dominado e na submata, apresentando, ainda, muitas lianas lenhosas e herbáceas, além de bastante epífitas e poucas parasitas (VELOSO *et al.*, 1991).

A vegetação de tabuleiros é uma formação vegetal que ocorre ao longo da costa leste do Brasil fragmentadas junto as áreas de Mata Atlântica, havendo, entretanto, afinidades florísticas desde o Rio de Janeiro até o Rio Grande do Norte e apresentam uma reserva de biodiversidade com espécies endêmicas de flora e fauna.

Trata-se de um complexo florístico que inclui espécies de matas, da caatinga, dos cerrados e cerradões. As características atuais da vegetação são resultadas de um longo processo de ocupação antrópica, que contribui para a redução das espécies naturais, bem como a introdução de cultivos agrícola e forrageira.

A vegetação que se desenvolve sobre as dunas é composta principalmente por plantas rasteiras que desempenham importante papel na sua fixação. Elas sustentam a areia arrastada pelo vento com suas raízes fibrosas. Se a vegetação é retirada, as dunas são destruídas, porque a areia se torna instável e começa a mover-se com o vento. Suas longas raízes possuem também a função de alcançar a água do subsolo. Estas plantas são adaptadas às condições de pouca água, extrema salinidade e ao constante atrito dos grãos de areia.

3.9 Vegetação do Curimataú Oriental

A vegetação predominante no Curimataú Oriental é a Caatinga, alcançando os aspectos hipoxerófila e hiperxerófila. Além da Caatinga, pode se observar algumas espécies de mata serrana, vegetação do tipo subcaducifólia que aparece mais frequentemente nas áreas úmidas próximas as vertentes (CAVALCANTE, 2009).

A Caatinga é o bioma exclusivamente brasileiro, grande parte do seu patrimônio biológico não pode ser encontrada em outros locais no mundo. Esse bioma abriga uma rica biodiversidade e espécies endêmicas, animais e plantas adaptados à escassez de água.

Ocupando 10% do território nacional, com 736.833 km², o bioma Caatinga se estende através dos estados do Ceará, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Minas Gerais e Maranhão. O bioma é uma das regiões semiáridas mais populosas do mundo. Estima-se que cerca de 28 milhões de brasileiros habitam a região desse bioma (ALVES, 2007).

As espécies vegetais que podem ser encontradas na Microrregião do Curimataú, são as seguintes: Aroeira (*Astronium urundeuva*); Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*); Jatobá (*Hymenaea courbaril*); Jurema (*Mimosa acutitipula*); Mandacaru (*Cereus jamacaru*); Mulungu (*Erythrina velutina*); Paumatória-de-espinhos (*Opuntia monacantha how*); Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*); Xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) entre outros.

4. RESULTADOS

4.1 Cavernas naturais no Brasil

As cavernas naturais podem ser encontradas em todas as partes do mundo, mas apenas uma pequena parcela delas foi explorada, mapeada e registrada por espeleólogos. Os sistemas de cavernas documentados são mais frequentes nos países onde a espeleologia e a exploração turística são bastante populares.

O Brasil é pioneiro no cadastro e gerenciamento dessas cavernas na América Latina. Suas atualizações tendem a mudar constantemente, à medida que as explorações de novas áreas subterrâneas são descobertas.

Segundo o banco de dados da Sociedade Brasileira de Espeleologia¹ (SBE), existem cerca de 6.436 cavernas distribuídas pelo território nacional. Esses dados são disponibilizados ao público através de cadastramentos de novas cavernas.

Marra (2009) afirma que a quantidade de cavernas conhecidas no país pode ser ainda maior, pois, estes dados estão vinculados apenas a um órgão não governamental.

Todavia, existe um banco de dados central aonde reúne todas as informações de qualquer caverna registrada no país, denominada de Centro Nacional de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas² (CECAV). Nessas ONG's podem ser encontradas as maiores cavernas do país, seja de extensão, largura, desnível etc.

4.2 Cavernas naturais na Paraíba

Existem diversos tipos de cavernas de pequena dimensão distribuídas em todo o estado, onde cada uma delas apresenta uma gênese particular e as vezes em litologias diferenciadas.

Algumas das cavernas que foram abordadas nesta pesquisa estão localizadas na Zona Costeira, possuindo litologia arenítica e carbonática. Essas cavernas apresentam dutos bem desenvolvidos e sua formação se fundamenta em processos de dissolução e/ou através da ação mecânica da água.

¹ Associação civil de direito privado sem fins lucrativos, que congrega em nível nacional, grupos e pessoas interessadas na exploração, pesquisa e preservação de cavernas.

² Criada pelo decreto de nº 6.100, de 26/04/2007, o Instituto é voltado ao Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas do Brasil, enquadrado na categoria de Unidade Descentralizadora do IBAMA.

Outros tipos de cavidades naturais abordadas neste trabalho se localizam na Mesorregião do Agreste paraibano. Essas se desenvolvem em litologia granítica, constituindo enormes abrigos, através do processo de caimento ou acúmulo de blocos.

Durante os trabalhos de campo foram visitadas e analisadas nove cavidades naturais, conforme mostra o quadro 01.

Quadro 01 – Lista das cavidades naturais separadas por município, estudadas nesta pesquisa.

Cavidades		Município	Comprimento Total	Litologia
01	Caverna da Onça	João Pessoa	329 metros	Arenítica
02	Caverna do Marés	João Pessoa	162 metros	Arenítica
03	Caverna do Índio	Santa Rita	179 metros	Arenítica
04	Gruta do Lobo Guará	Santa Rita	85 metros	Arenítica
05	Gruta do Wilson	Alhandra	30 metros	Carbonática
06	Furna Câmara do Caçador	Araruna	150 metros	Granítica
07	Pedra da Boca	Araruna	42 metros	Granítica
08	Pedra da Santa	Araruna	27 metros	Granítica
09	Pedra do Carneiro	Araruna	23 metros	Granítica

Fonte: Chaves (2017).

Segundo dados da CECAV, o registro de cavidades paraibanas em seu banco de dados é superior ao do quadro mostrado acima, onde algumas cavidades não apresentam informações sobre o comprimento total e/ou desnível dos mesmos. Mas, vale salientar, que essas não as únicas cavidades existentes no estado.

A seguir serão abordados os diversos tipos de cavidades naturais na Paraíba, obedecendo a sequência do quadro acima separado por município. A caracterização dessas cavidades se deu através de trabalhos de campo e análise da paisagem através de observações no entorno dessas cavidades.

4.3 Cavidades em arenito na Paraíba

As cavidades de litologia arenítica estudadas nesta pesquisa localizam-se basicamente no litoral paraibano, em uma área conhecido regionalmente como Baixo Planalto Costeiro.

Essa área é formada por sedimentos depositados no fim do terciário e início do quaternário, oriundos do maciço do Borborema.

As cavidades correspondentes a essa litologia encontram-se numa bacia sedimentar, possuindo uma sequência temporal que se tem início com arenitos e dando continuidade com calcários, formando assim o Grupo Paraíba.

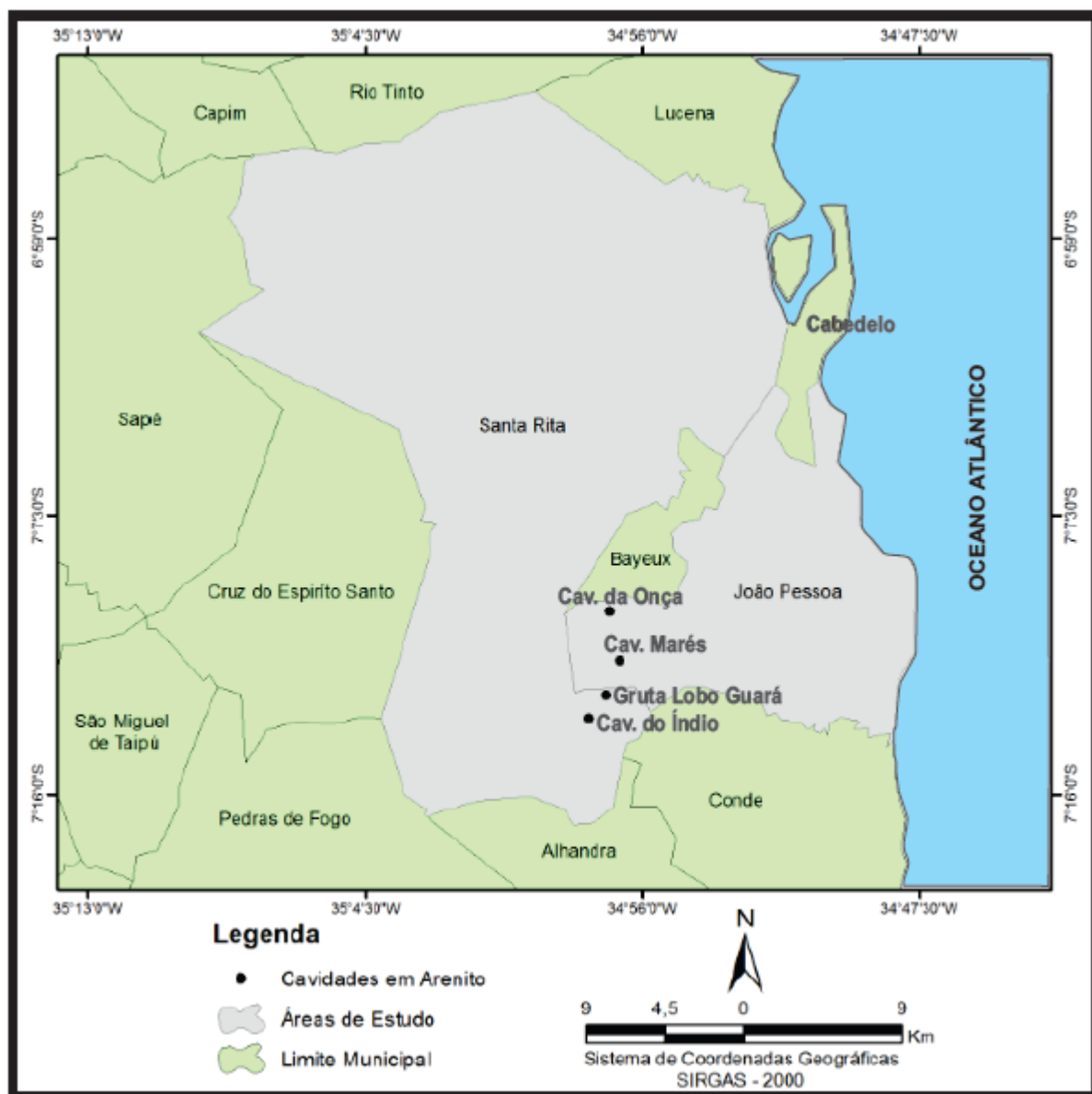
Os sedimentos do Grupo Paraíba correspondente ao calcário da Formação Gramame não apresentam nenhuma representatividade na área, isto por que constituem o substrato sobre o qual assenta os sedimentos da Formação Barreiras de idade mais recente. Não foi identificado na área nenhum afloramento de calcário, embora eles sejam comuns no litoral sul do estado.

Nas pesquisas de campo foram identificadas quatro cavidades naturais de composição arenítica, duas situadas no município de João Pessoa e duas no município de Santa Rita (Figura 13). Realizando uma análise mais detalhada destas feições, percebe-se que este tipo de forma é comum na região. Portanto, as condições litológicas e climáticas são fatores determinantes para o estabelecimento dos processos morfogenéticos que permitiram a evolução dessas cavidades.

Sendo assim, não se trata de uma forma resultante de processos de carstificação, já que a rocha que ostenta a forma do relevo em questão (arenito), não apresenta propriedades químicas que permitam tais processos.

A litologia da Formação Barreiras é normalmente constituída por sedimentos clásticos de granulação fina a grosseira, às vezes conglomeráticos de cores variadas. Este último tipo litológico é de fácil exposição nas áreas onde as cavidades estão localizadas, devido a ação da erosão.

Figura 13 – Localização das cavidades naturais da região costeira da Paraíba.



Fonte: Chaves (2017).

4.3.1 Caverna da Onça

A cavidade denominada de Caverna da Onça está localizada na Região Fisiográfica do Litoral Paraibano, precisamente na Microrregião de João Pessoa. Sua entrada principal localiza-se segundo as coordenadas geográficas 7° 12' 04"S e 34° 56' 48" O, no município de João Pessoa.

O acesso até a entrada principal da cavidade se dá através do município de Santa Rita pela BR-230 e posteriormente, é necessário percorrer 2 km a pé, atravessando o Rio Mumbaba e as plantações de cana-de-açúcar e por fim adentrar na mata ciliar onde está localizada a Caverna da Onça.

A cavidade em estudo está inserida em uma área privada onde são desenvolvidas atividades rurais, com destaque para o plantio da cana-de-açúcar (principal produto do estado), abacaxi, e a pecuária, com desenvolvimento predominante da primeira atividade.

Nas mediações da caverna a cobertura vegetal original encontra-se alterada e suprimida, onde não foram identificados fragmentos significativos de matas nativas, atualmente predominam espécies gramíneas, arbóreas (em sua maior parte, são espécies exóticas) e arbustivas bem como áreas cultivadas.

A vegetação do entorno e sobre a caverna da Onça compreende a formação da Floresta Estacional Semidecidual e vegetação dos Tabuleiros Litorâneos (Projeto RADAMBRASIL, 1981), ambas em estado avançado de degradação, pela ocupação da área por plantio predominantemente de cana-de-açúcar. O trecho que inclui a área da cavidade apresenta uma composição florística típica de tabuleiros e floresta estacional (Figura 14), com ocorrências de diversas espécies de Poaceae, Bromeliaceae (*Achmea sp.*) mangabeira (*Hancomia speciosa*), a alguns representantes de borda de mata, tais como imbaúbas (*Cecropia pachystachya*), imbiriba (*Anacardium occidentale*) entre outras.

Figura 14 – Imagens do uso do solo no entorno da Caverna da Onça



Nota: Na foto A, observa-se um canavial e ao fundo a floresta estacional, onde dá acesso à entrada da Caverna da Onça. Na foto B, o contato da floresta estacional e a vegetação de Tabuleiro em solos arenosos.

Fonte: Chaves (2017).

Observou-se que na área ocorre um intenso processo de exploração antrópica, por atividades agropecuárias que comprometeu a preservação da cobertura vegetal nativa no entorno da cavidade. Assim, suas condições naturais foram totalmente alteradas pela dinâmica da ocupação, com reflexos negativos em todos os elementos da paisagem.

A título de exemplos pode ser destacada a presença de processos erosivos nas encostas em função do desmatamento ocorrido no entorno da área e no topo dos tabuleiros. Esse desmatamento provocou o aumento do escoamento superficial que, uma vez ao longo das vertentes, potencializa a erosão e, conseqüentemente o assoreamento das calhas fluviais.

Outro aspecto a ser destacado em função do desmatamento é o deslocamento ou extinção da fauna local, devido à perda de habitat. Entende-se que a ocupação da área em questão com a agropecuária tem contribuído para intensificar os problemas ambientais, dada às características do manejo destas atividades, que se baseia no uso intensivo de corretivos agrícolas, mecanização do plantio e a prática de queimadas no período que antecede a colheita.

A Caverna da Onça é uma cavidade formada em arenito (Figura 15), que possui entrada ampla com aproximadamente 3,41 m de altura e 3,12 m de largura, com suas galerias variando entre 2,2 m a 3,1 m de largura, possuindo um desenvolvimento linear de cerca de 150 m e projeção horizontal de 329 m de extensão em sentido leste-norte.

Figura 15 – Fotografia evidenciando a Caverna da Onça

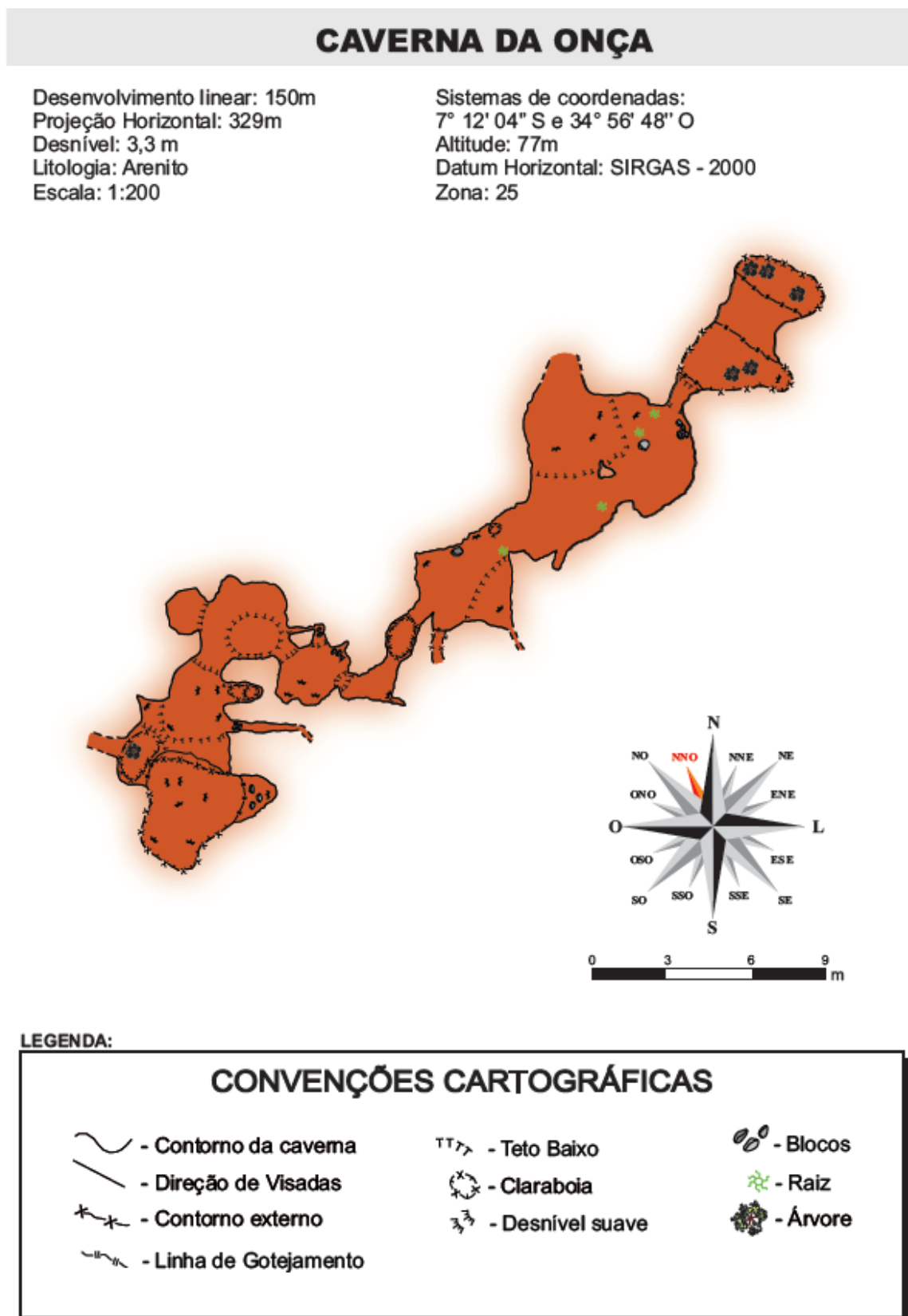


Nota: Na foto A, o substrato rochoso e entrada principal da cavidade. Foto B, Entrada secundária da cavidade (difícil acesso). Foto C, Interior da caverna dando destaque a pequenos meandros. Foto D, presença de morcegos no teto da cavidade.

Fonte: Chaves (2017).

A cavidade citada anteriormente se for comparada com as demais cavidades da região, apresenta um desenvolvimento significativo, estando como a maior cavidade em extensão da Região Litorânea (Figura 16). Entretanto, a cavidade em questão não apresenta ornamentos e até o presente momento não foram encontrados vestígios arqueológicos ou paleontológicos. O que era de se esperar em função da rocha arenítica, por apresentar relativamente uma baixa coerência entre os grãos.

Figura 17 – Mapa temático da Caverna da Onça.



Fonte: Chaves (2017).

No seu interior percebem-se alguns condutos, evidenciando que a caverna ainda está ativa principalmente durante o período chuvoso quando se forma um curso d'água temporário, originando em uma de suas saídas uma cachoeira. Esta ocorre em função do desnível existente entre a porção terminal do conduto e a área à jusante, que se posiciona aproximadamente a menos de 17 m de altura.

Em determinados locais no interior da caverna encontram-se blocos abatidos, devido à escavação das laterais das galerias pelos cursos de água, alargando-as excessivamente por dissolução ou fraturamento da rocha, que segundo Auler e Zogbi (2004):

Os blocos abatidos são comuns em muitas cavernas, [...] são processos naturais, inerentes ao ciclo evolutivo das cavernas. [...]. Os abatimentos representam alívios de tensão, a partir dos quais a caverna busca uma forma mais estável que melhor se ajuste ao jogo de pressões. Os abatimentos ocorrem de forma espaçada no tempo, não constituindo um perigo que deva preocupar os exploradores desses ambientes (AULER e ZOGBI, 2004, p. 24).

Uma vez no chão, os blocos desabados são facilmente erodidos pela ação mecânica da água, e assim, o chão da caverna vai sendo recoberto por sedimentos arenosos e argilosos, como é o caso da Caverna da Onça e as demais cavidades da Região Litorânea.

Normalmente, esses abatimentos ocorrem em diversas litologias, como carbonáticas, areníticas e até mesmo graníticas. Na Caverna da Onça, sua gênese está relacionada à maior resistência do sub nível de solo areno-argiloso e endurecido na porção superior dos dutos dessa caverna. Esses sub níveis se formaram em decorrência da lixiviação ocorrida no nível superior do solo, originando em sub superfície a um nível endurecido, denominado de *fragipan*³.

A lixiviação ocorrida no nível superior potencializa o desenvolvimento em superfície de níveis arenosos e abaixo desses, como foi anteriormente descrito, os níveis endurecidos. Assim, durante as épocas de chuvas, com o encharcamento do nível arenoso superior em decorrência da impermeabilidade provocada pelo sub nível endurecido, desenvolvem-se níveis freáticos suspensos.

De forma muito lenta, essas águas escoam através do nível de *fragipan*, ocasionando o processo denominado *piping*⁴ (Figura 17), ou seja, a infiltração das águas que ocorre por fraturas, por meio de cavidades deixadas pelas raízes, ou mesmo em função de uma menor

³ Horizonte sub superficial de textura fraca, possivelmente arenosa, apresentando alta densidade e consistência dura (ROSA, 2000).

⁴ Escorrimento de água por baixo da superfície do solo, causando erosão interna que provoca a remoção de partículas do solo, formando “tubos” vazios que provocam colapsos e escorregamentos laterais do terreno.

espessura no *fragipan*, a água sub-superficial que ultrapassa esse nível dará início ao fenômeno de construção de dutos.

Figura 17 - Erosão superficial e interna na Caverna da Onça



Nota: Na foto A, mostra o escoamento de água sobre o fragipan. Foto B, a formação de dutos no interior da caverna.

Fonte: Chaves (2017).

Esses dutos são formados imediatamente abaixo da subsuperfície, por onde as águas escoam em processos erosivos, os dutos passam a ser o canal de transporte de água e também dos sedimentos, ocorrendo o aumento efetivamente dos dutos em diâmetros que variam de poucos centímetros até vários metros.

Tanto o processo de dissolução quanto o processo da ação mecânica da água são essenciais para o desenvolvimento da cavidade em questão e as demais cavidades de litologia arenítica que serão abordadas mais adiante.

4.3.2 Caverna do Marés

Localizada a sudoeste do município de João Pessoa, encontra-se outra cavidade estudada nesta pesquisa, denominada de Caverna do Marés. De forma simplificada, pode-se dizer que a mesma tem gênese semelhante a Caverna da Onça, diferenciando-se apenas pelo fato desta estar localizada na calha fluvial do Rio Marés. Sua entrada principal localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas 7° 10' 28"S e 34° 57' 31"O.

De modo geral, a área onde abriga a cavidade contempla-se com a Bacia do Marés, a qual tem o Rio Marés como rio principal. Este rio deságua no Rio Sanhauá, que por sua vez, desemboca na Bacia do Rio Paraíba. A alta cabeceira do rio Marés localiza-se em um tabuleiro bastante plano, com cotas topográficas em torno de 80m que funciona como divisor de águas em relação à bacia do Rio Gramame. Parte da superfície desse tabuleiro, em

momento anterior, foi lavrada no sentido da retirada das areias brancas superficiais, para a utilização na construção civil.

A cavidade localiza-se numa propriedade privada inserida numa vegetação arbórea-arbustiva e gramíneas. A formação vegetal da área que abrange a Caverna do Marés pode ser caracterizada como uma vegetação arbórea acompanhada de gramíneas ralas, juntamente com o uso intensivo do solo para a realização de cultivos, criação de gado e a própria retirada de areia no local, fato este que aumenta o processo de degradação do solo.

Nas pesquisas de campo, pode-se perceber que na área no entorno da Caverna do Marés as atividades agrícolas são comuns e observou-se também que diversas árvores foram retiradas do local, restando apenas alguns fragmentos de Mata Atlântica, no qual a caverna em questão está inserida.

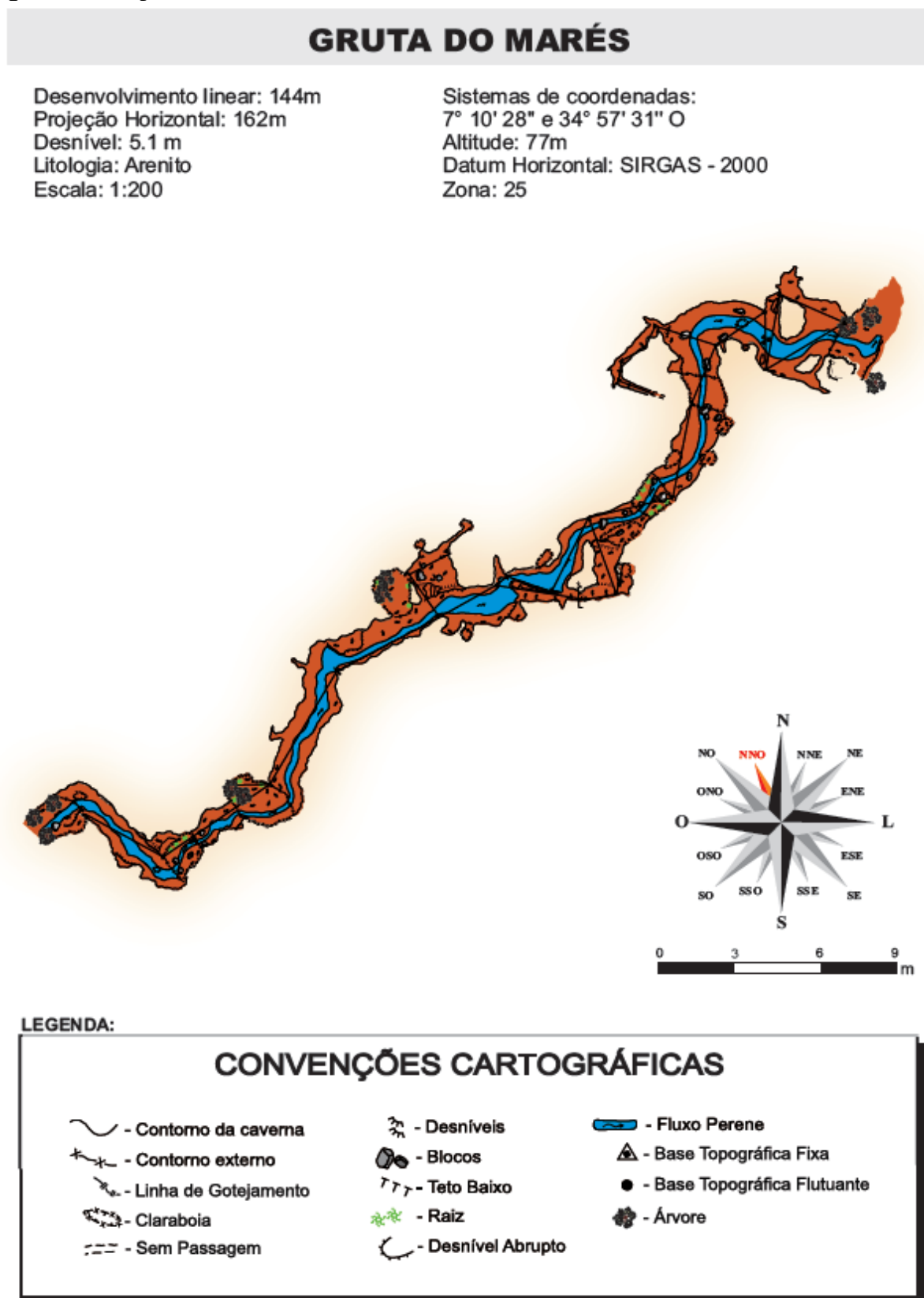
Uma parte dessa vegetação foi retirada e substituída ao longo do tempo por uma vegetação secundária, denominada de Vegetação de Tabuleiros. Esta última, possui porte pequeno, mesmo assim, foi suprimida e substituída por plantios de abacaxi, cana-de-açúcar e cultivos de subsistência familiar, como: feijão, milho e macaxeira.

A Caverna do Marés é uma cavidade desenvolvida em rocha arenítica, com entrada ampla de 4,10m de altura e 4,87m de largura. Suas galerias variam de 3,3m a 7,2m de largura. O seu desenvolvimento linear chega a aproximadamente 162m e sua projeção horizontal de 144m com sentido sudoeste-nordeste (Figura 18).

Como já foi abordado anteriormente, a gênese dessas cavidades areníticas está associada ao processo de erosão denominado de *piping*. Nessas áreas, as águas que precipitam do topo dos tabuleiros, onde predominam solos arenosos (areia branca) e uma vegetação degradada e consorciada as culturas de abacaxi e cana-de-açúcar, proporcionam um escoamento superficial desordenado e intenso no sentido das áreas mais rebaixadas. Parte das águas que ficam retidas nos interstícios do solo arenoso superficial, formam um lençol suspenso e lentamente infiltram através do nível endurecido sub-superficial ou escoam superficialmente.

Nas épocas de menor precipitação o nível hidrostático suspenso é rebaixado e praticamente cessa o escoamento superficial. A partir desse momento as águas residuais prisioneiras nos interstícios apenas infiltram e evaporam. Nas áreas mais deprimidas essas águas afloram constituindo diversos espelhos d'água, denominados de lagoas pela população local. Alias, é a partir dessa singularidade local, ou seja, a existência de muitas lagoas, que esses tabuleiros são cartografados e denominados de “Tabuleiro das Lagoas”.

Figura 18 – Mapa temático da Caverna do Marés.



Fonte: Chaves (2017).

O mapa acima demonstra que a cavidade é bastante desenvolvida. A Caverna do Marés não apresenta nenhuma ornamentação em seu interior. Mas, apresenta uma serie de galerias desde sua entrada até sua saída.

De forma resumida a entrada da cavidade é discreta, posto que se encontra em meio a vegetação, dificultando a sua visualização e a própria entrada de visitantes no local (Figura 19). Em seu interior, podem-se observar nos salões diversos blocos abatidos e acúmulo de sedimentos.

Figura 19 – Fotografia do interior da Caverna do Marés



Nota: A foto “A” pode ser observada a entrada ampla da cavidade com presença de vegetação e raízes. Foto “B” diversos blocos abatidos no interior da cavidade próximos a entrada principal. Foto “C” presença de pequenas cavidades na parede da Caverna do Marés. Foto “D” observa-se a saída da cavidade com presença de seixos, pequenos acúmulos de água e vegetação rasteira.

Fonte: Chaves (2017).

A entrada principal da cavidade como mostra a foto “A” possui um desnível de aproximadamente 3,5m e apresenta diversas raízes que atingem a base da caverna. Alguns metros após a entrada é possível perceber uma enorme quantidade de blocos abatidos oriundos do teto e das paredes devido à ação mecânica da água como demonstra a foto “B”.

Na foto “C” é bastante notória a presença de pequenas cavidades, muitas vezes arredondadas no teto, denominado de “claraboias”. Essas pequenas cavidades podem ser encontradas, muitas vezes, nas paredes da caverna, ocasionado por um fraturamento na rocha e esculpado pela ação mecânica da água (efeito *piping*).

No final da caverna como mostra a fotografia “D” observa-se uma grande quantidade de seixos disseminados por quase toda a cavidade. Foi verificada também uma intensa ação do intemperismo biológico, ou seja, grande quantidade de raízes presentes nas fraturas da cavidade.

4.3.3 Caverna do Índio

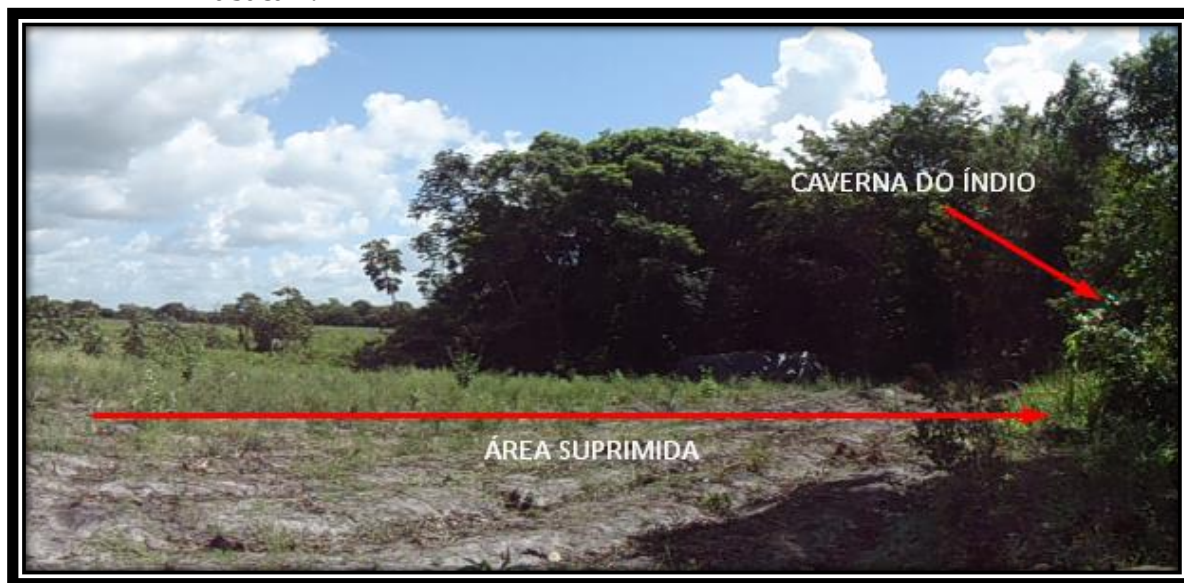
A Caverna do índio está localizada bem no extremo sul do município de Santa Rita, próximo ao limite territorial com a cidade de João Pessoa, próximo ao Rio Mumbaba. A localização desta cavidade está nas seguintes coordenadas geográficas 7° 13' 44"S e 34° 57' 40"O.

De forma resumida esta cavidade apresenta gênese semelhante com as cavidades citadas anteriormente nesta pesquisa, sendo diferenciada pelo fato desta estar inserida na calha fluvial do Rio Taquarituba.

Nas pesquisas de campo, pode-se perceber que na região onde a cavidade em questão está inserida, existe uma intensa produção agrícola de abacaxi e cana-de-açúcar, que vem contribuindo para a degradação do Riacho Taquarituba e da Caverna do índio devido ao uso de agrotóxicos e acúmulo de resíduos sólidos no local.

Foi constatado, que na margem direita do Rio Taquarituba, houve uma supressão da mata nativa naquela área (Figura 20) visando o aproveitamento do solo para o provável plantio do abacaxi.

Figura 20 – Mata ciliar suprimida ao redor da Caverna do Índio, dando espaço ao cultivo de abacaxi.



Fonte: Chaves (2017).

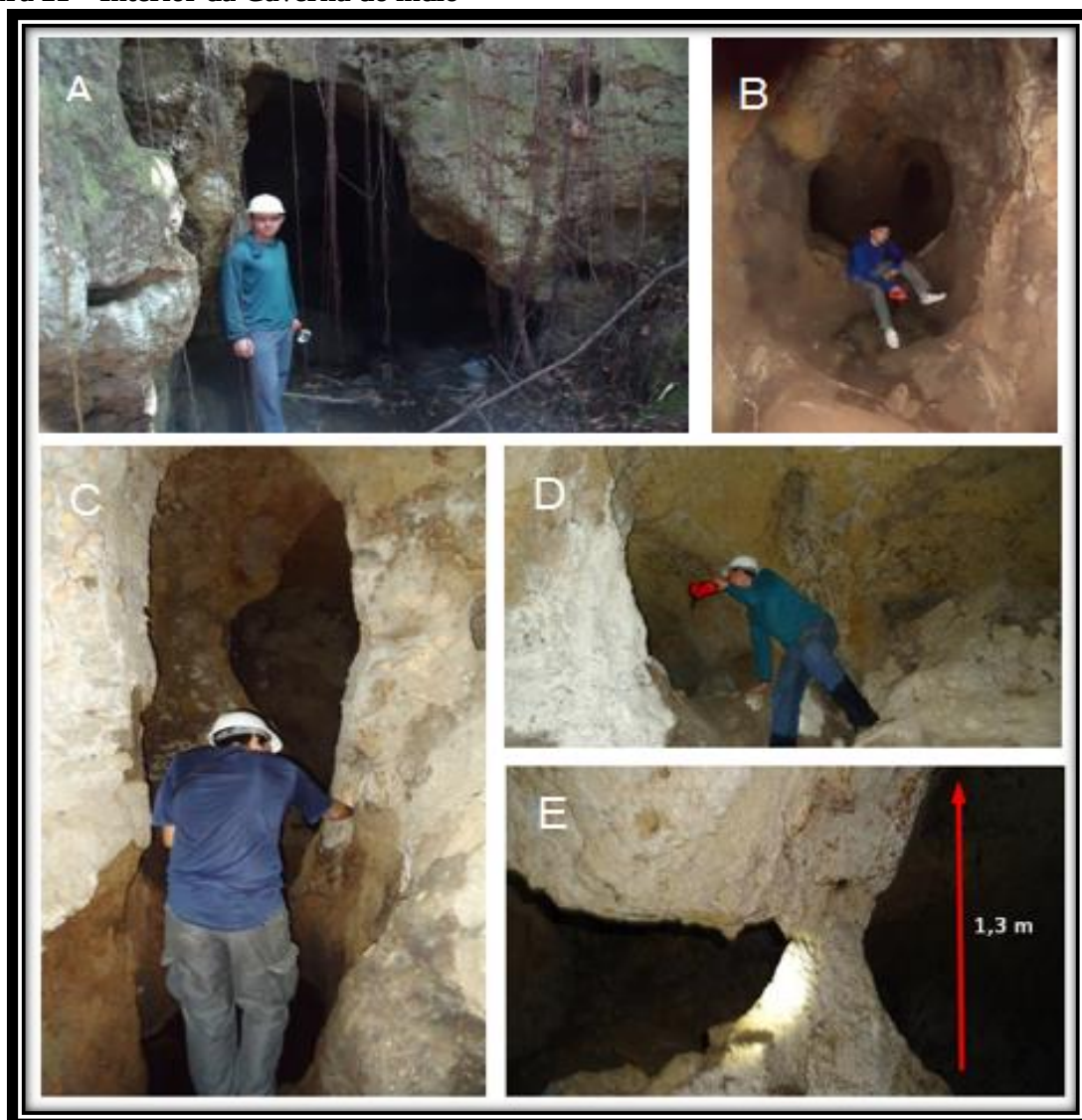
A paisagem vegetal onde está localizada a Caverna do Índio é de mata nativa, de formação herbácea, ciliar do Rio Taquarituba, com uma largura que não ultrapassa o limite dos 50 metros, dando espaço para o restante do solo para o cultivo de abacaxi e cana-de-açúcar agricultura que predomina não só naquela área, mais também em toda zona rural do município.

A cobertura vegetal, além de influenciar na interceptação das águas da chuva, atua também, de forma direta a produção de matéria orgânica, que, por sua vez, atua na agregação das partículas constituintes do solo, com isso, as raízes podem ramificar-se no solo e ajudar na formação de agregados.

Dessa forma, esses agregados são quebrados com mais facilidade, formando crostas na superfície, o que dificulta a infiltração da água, aumentando o escoamento superficial e a perda do solo.

A Caverna do Índio possui uma entrada ampla, com aproximadamente 2,96 metros de altura e com 2,78m de largura, e tendo desenvolvimento linear de 179, 6m, e percorrendo até o final da cavidade existem meandros com aproximadamente 1,5m largura e pequenos dutos exigindo que o explorador se abaixe para conhecer outros locais de difícil acesso (Figura 21).

Figura 21 – Interior da Caverna do índio

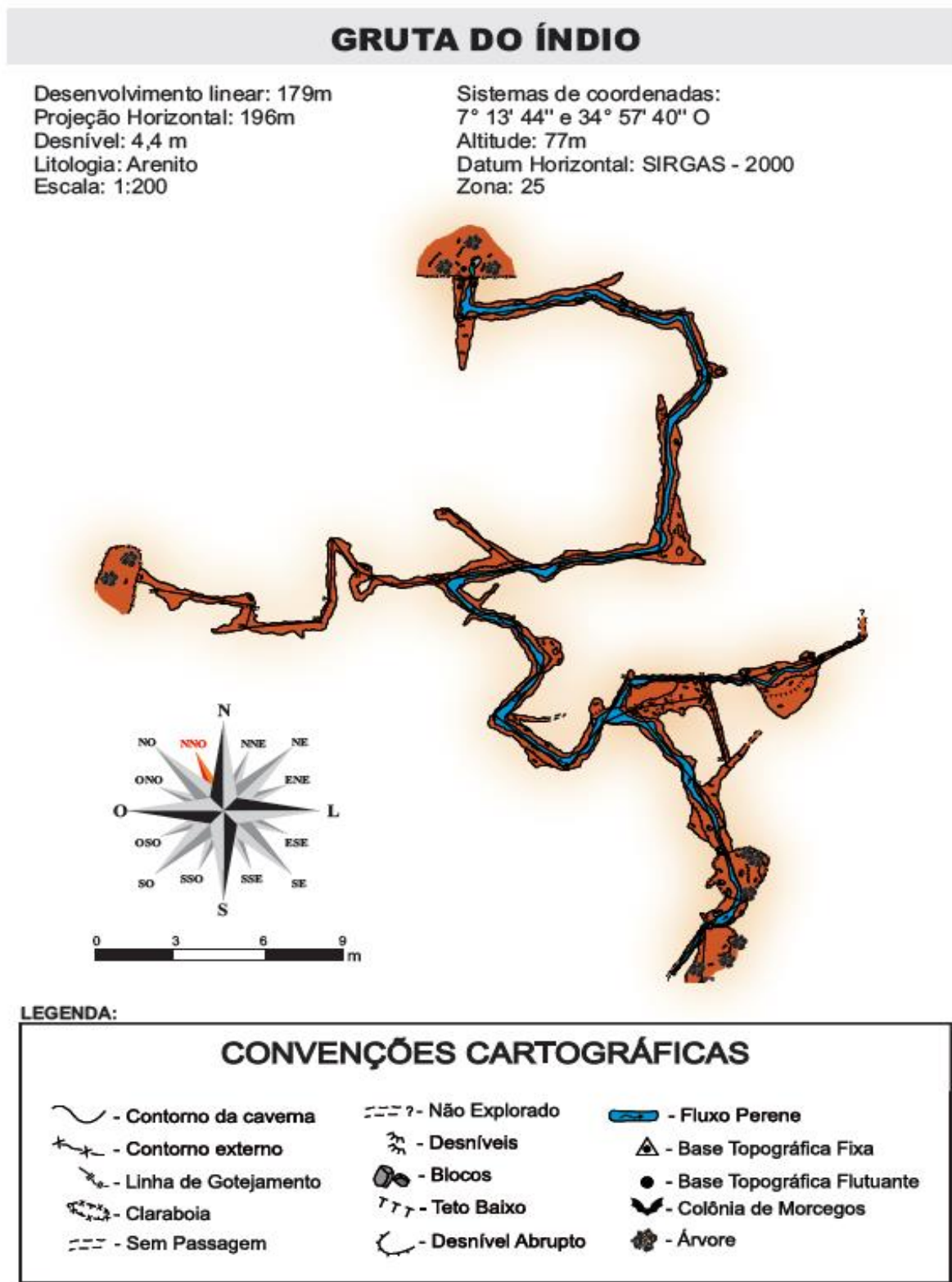


Nota: Fotos do interior da Caverna do índio onde se observa: Foto “A” entrada ampla da cavidade com presença de algumas raízes. Foto “B” pequena bifurcação no interior da cavidade. Foto “C” Corredor estreito com suaves meandros. Foto “D” pequenas cavidades de difícil acesso próximas ao teto da caverna. Foto “E” Trecho do teto da caverna onde pode ser observado o Frágipân constituindo uma “coluna” no interior da cavidade.

Fonte: Chaves (2017).

A erosão natural, que é a degradação física ocasionada pela água sobre o solo, modifica a paisagem e a reconstrói, na Caverna do índio, a erosão natural é resultado da ação hídrica das precipitações e do riacho que escoas suas águas por dentro da cavidade, estas duas maneiras de erodir, tem suas ações distintas no trabalho de erosão e esculpimento da caverna (Figura 22).

Figura 22 – Mapa temático da Caverna do Índio.



Fonte: Chaves (2017).

Quase todos os fragipans tem seu limite superior aproximado de 40 a 80 cm abaixo da superfície do solo não erodido, sendo grosseiramente paralelo à superfície, na estrada que passa por sobre a caverna, o solo está nitidamente erodido, apresentando em algumas partes aberturas o que caracterizam para a caverna como pequenas claraboias que de certa forma, tem sua gênese através da contribuição das ações antrópicas indevidas, o que poderá acarretar a fragilização do solo e posteriormente, o colapso do teto, tendo como consequência o desaparecimento dessa caverna.

4.3.4 Gruta do Lobo Guará

A Gruta está localizada na Região do Litoral Paraibano, precisamente na Mesorregião da Mata Paraibana próxima ao município de João Pessoa. Sua entrada principal localiza-se nas coordenadas geográficas: 7° 12' 58"S e 34° 58' 02" O, no município de Santa Rita.

O acesso se dá através da BR-101, pelo Município de João Pessoa em direção ao município do Conde, logo depois da Fábrica Coteminas, existe uma estrada não pavimentada que levará até uma nascente e, posteriormente, ao Aterro Sanitário.

A distância percorrida da estrada de barro à nascente é de aproximadamente 4,2 km, logo depois de chegar à nascente é necessário andar aproximadamente 300m até a cavidade.

A cavidade em estudo encontra-se numa propriedade privada onde são desenvolvidas algumas atividades rurais como: pecuária. Nesta região a extração de areia branca é bastante intensa e percebe-se que a cobertura vegetal se encontra ora alterada e ora suprimida, podendo ser este um impacto devido à construção do Aterro Sanitário de João Pessoa.

A paisagem vegetal onde a cavidade está situada é de mata secundária, existindo poucas espécies de plantas, de formação herbácea, ciliar do Rio Camaço. Ao adentrar a mata, foram analisadas algumas espécies de plantas que chamaram a atenção devido a sua predominância. No entorno da cavidade é predominante a existência da planta Capim Navalha (*Hypolytrum pungens*), cuja suas folhas cortam com facilidade, por isso recebe esse nome.

A nascente cuja água percorre a cavidade é temporária, estando funcional na época das chuvas e sem fluxo hídrico no período de estiagem. A cavidade situa-se próximo ao Rio Camaço afluente do rio principal chamado Gramame (Figura 23).

Água de escoamento superficial, antes de chegar à gruta é capturada por algumas cavidades existentes no solo. Essas cavidades ou sumidouros segundo Guerra e Guerra (2009) são “depressões onde pode existir circulação de água subterrânea”.

Figura 23 – Imagens das estradas de acesso a Gruta do Lobo Guará



Nota: Na foto “A” mostra a estrada carroçal que vai entre a BR-101 até o Aterro Sanitário de João Pessoa. Na foto “B” uma pequena lagoa localizada dentro da propriedade onde a poucos metros da Gruta do Lobo Guará.

Fonte: Chaves (2017).

Os sumidouros possuem diâmetros em média de 2 a 4m e cerca de 3m de profundidade (Figura 24). Através das pesquisas de campo percebeu-se que esses sumidouros estão localizados uns próximos do outro e sua circunferência ao decorrer do tempo vai se alargando cada vez mais.

Na área próxima onde estão localizados os sumidouros, é bastante notável que existe um sistema de cavernas bem evoluído, porém ainda não foram exploradas possivelmente em decorrência das dificuldades impostas pela pequena dimensão dos dutos.

A Gruta do Lobo Guará é uma cavidade arenítica, possuindo uma entrada de aproximadamente 4,18m de altura e 4,67m de largura (Figura 25) e seu percurso podendo variar entre 1,8 a 2,4m de largura em alguns trechos. Seu desenvolvimento linear chega a 96m e sua projeção horizontal a 85m.

Figura 24 - Diversos sumidouros no entorno da Gruta do Lobo-Guará



Nota: Fotografia “A” sumidouro localizado a oeste da nascente. Foto “B” sumidouro com menor diâmetro. Foto “C” sumidouro localizado ao norte da nascente onde pode ser observada água corrente no seu interior. Foto “D” sumidouro de maior diâmetro, localizado nas proximidades de entrada da caverna.

Fonte: Chaves (2017).

Figura 25 – Fotografias evidenciando o interior da Gruta do Lobo-Guará



Nota: Fotografia “A” entrada principal da cavidade. Foto “B” vista da porção intermediária do duto. Foto “C” vista de uma entrada secundária. Foto “D” diversos blocos abatidos no interior da cavidade.
Fonte: Chaves (2017).

Nesta cavidade pode-se perceber a presença de pequenos dutos, mas sua exploração torna-se difícil, pelo fato de suas circunferências serem bastante reduzidas. Na região onde está situada a cavidade, pode-se perceber que existe um sistema de cavidades interligadas entre si, essa afirmação se dá pelo fato da existência de pequenas fraturas na superfície e seu desenvolvimento vertical é bastante significativo.

No percurso da cavidade não há presença de ornamentações. As únicas feições são entradas no chão da cavidade, considerados depósitos de águas circulantes, movimentando-se mediante a ação da gravidade e a drenagem da água.

Em muitas outras cavidades no Brasil existem diversas ornamentações em rocha de litologia semelhante. Embora que, em pequena escala, essas feições apresentam formas

bastante peculiares. A sílica que precipita é proveniente da rocha arenítica e sua precipitação está relacionada a processos de dissolução, evaporação, variação térmica entre outros.

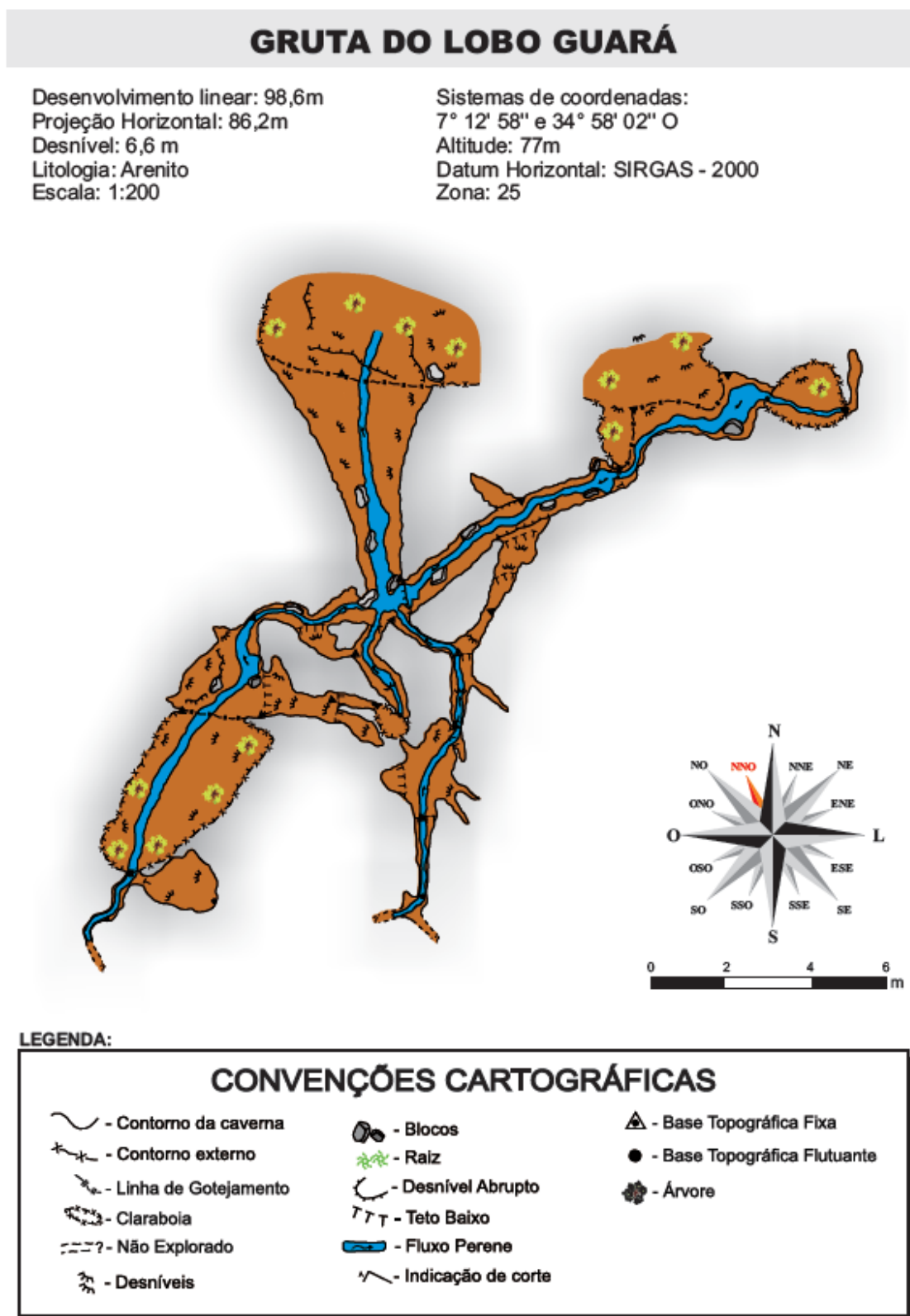
No caso da Gruta do Lobo Guará, pode-se encontrar diversos blocos abatidos, seja do teto da cavidade ou até mesmo das paredes (Figura 26). Isso ocorre devido a erosão no teto dos dutos e nas paredes das galerias pela ação da gravidade e força de drenagem da água, fazendo com que estes dutos se alarguem cada vez mais. Auler e Zogbi (2004) reforçam que:

Os blocos abatidos são comuns em muitas cavernas, [...] são processos naturais, inerentes ao ciclo evolutivo das cavidades. [...] Os abatimentos representam alívios de tensão, a partir dos quais a caverna busca atingir uma forma mais estável que melhor se ajuste ao “jogo” de pressões. Os abatimentos ocorrem de forma espaçada no tempo, não constituindo um perigo que deva preocupar os exploradores e pesquisadores (2004, p. 24).

É possível que em função da fragilidade dos blocos caídos (fragipan) no interior da cavidade em questão, os mesmos são facilmente dissolvidos pela água contribuindo com a deposição de sedimentos arenosos e argilosos.

É importante ressaltar que em alguns pontos percebem-se diversas raízes infiltrando-se através das fraturas no teto da caverna, podendo ser um dos fatores que contribuem para o abatimento dos diversos blocos por toda a caverna.

Figura 26 – Mapa temático da Gruta do Lobo Guará.



Fonte: Chaves (2017).

4.4 Caverna Carbonática na Paraíba

Embora existam cavernas em diversas litologias, os sistemas mais conhecidos e famosos por sua beleza e diversidade de formas são encontrados em ambientes de litologia carbonática, ou seja, em locais cujo solo e subsolo são ricos em carbonatos.

Como já foi mencionado nesta pesquisa, o processo de formação dessas cavernas se dá através da degradação da matéria orgânica existente nas camadas superiores do solo, com a consequente formação do gás carbônico.

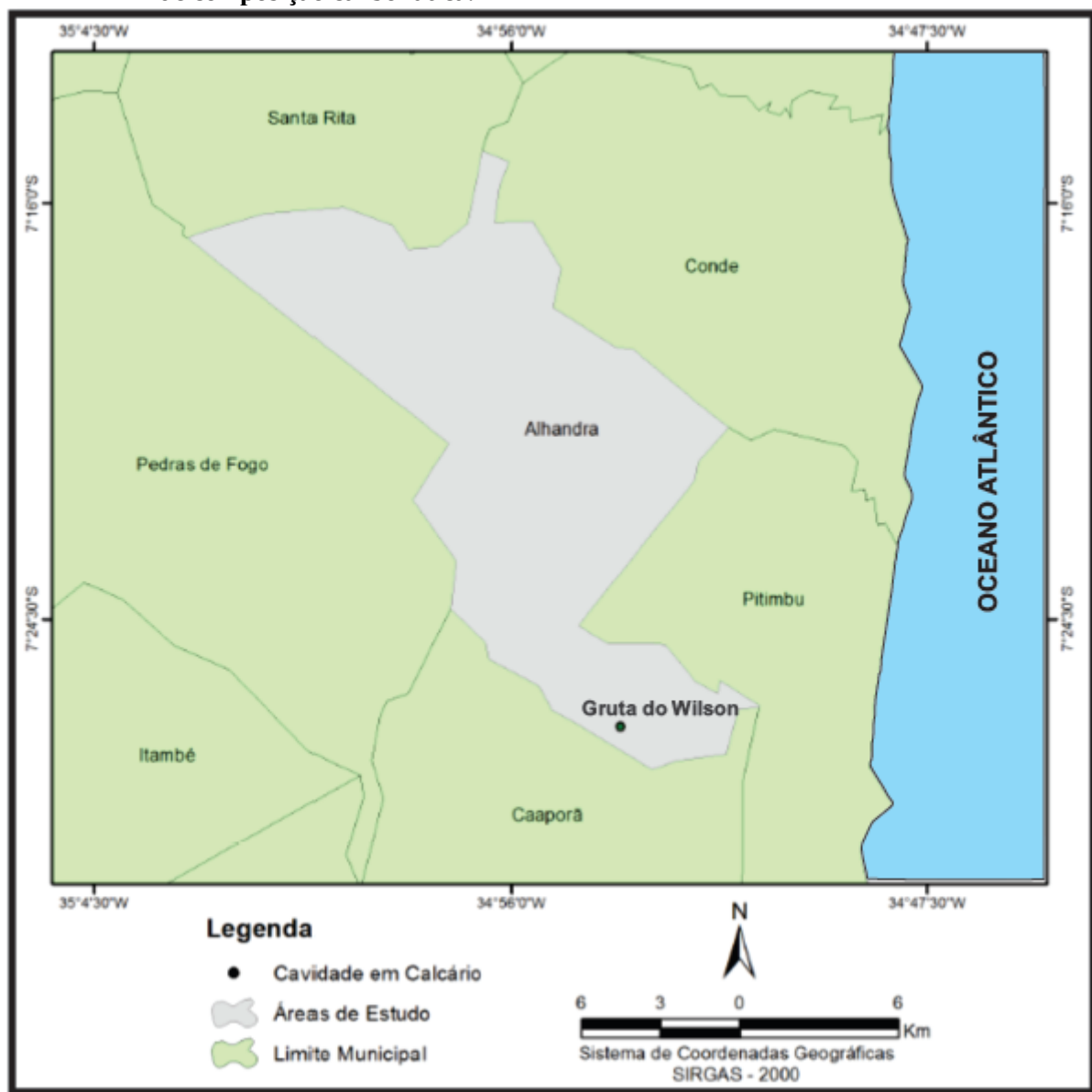
A solubilidade do gás carbônico em água é decorrente de sua pressão parcial, ou seja, com o aumento desta pressão, devido a decomposição da matéria orgânica, há um aumento na concentração de CO_2 dissolvido na água. O CO_2 reage com as moléculas de água dando origem ao ácido carbônico.

Sendo assim, o ácido carbônico se dissocia, parcialmente, produzindo o ânion correspondente (bicarbonato) e o íon hidrônio (hidrogênio ácido). Esse hidrogênio ácido promove, então, a dissolução do carbonato, por exemplo, o carbonato de cálcio, dando origem ao processo de formação das cavernas (GODOY, 2010).

4.4.1 Gruta do Wilson

A Gruta do Wilson é uma caverna natural desenvolvida em rocha carbonática. Localiza-se a 4,5 km de distância segundo a direção sudeste da cidade de Alhandra (Figura 27). Em toda essa região são abundantes os afloramentos de rochas calcárias pertencentes à Formação Gramame. A localização da entrada da gruta ocorre segundo as coordenadas $7^\circ 26' 73''\text{S}$ e $34^\circ 53' 17''\text{O}$.

Figura 27 - Localização do município de Alhandra e juntamente com a localização da cavidade de composição carbonática.



Fonte: Chaves (2017).

A área onde está localizada a Gruta do Wilson se caracteriza por ter um relevo acidentado, onde colinas e tabuleiros residuais constituem uma elevação que avança em direção à depressão do Abiaí.

As rochas que constituem essas colinas e tabuleiros, em geral, apresentam-se superficialmente recobertas pelos sedimentos da Formação Barreiras e a partir da meia encosta, em direção a base, afloram os calcários da Formação Gramame. É neste nível que morfologicamente constitui um estreito vale, localizado na propriedade do Sr. Wilson, que se localiza a única cavidade desenvolvida em rocha calcária encontrada nessa pesquisa.

Sendo assim, por não haver referencia na literatura e constituir, provavelmente a primeira citação dessa cavidade, a mesma será denominada nessa pesquisa de Gruta do Wilson.

A região do presente levantamento caracteriza-se por um relevo suavemente ondulado, com predominância de enormes tabuleiros, onde se sobressai uma elevação constituída essencialmente de rocha calcária, onde está localizada a Gruta do Wilson, bem como a plantação de acerola do proprietário.

A elevação calcária contém aproximadamente 15 metros de altura está coberta por uma vegetação tipo floresta Semidecidual bem preservada. O restante da região se encontra ocupado essencialmente por pastagens e agricultura, principalmente acerola.

A rocha calcária apresenta coloração cinza, sendo caracterizada por alternância de camadas de cor mais clara, com camadas de cor mais escuras, definindo um acamamento plano-paralelo de aproximadamente 2 a 5 cm de espessura (Figura 28).

Figura 28 – Fotografias da Gruta do Wilson



Nota: Foto “A” entrada da Gruta do Wilson. Foto “B” afloramento do calcário onde está situada a gruta.

Fonte: Chaves (2017).

Esta pesquisa iniciará os primeiros estudos sobre esta cavidade, então, os resultados discutidos neste trabalho servirão como “base” para trabalhos científicos futuros. A gruta possui aproximadamente 30 metros de comprimento, apresenta um salão principal com duas entradas.

Vale salientar que as informações aqui descritas são apenas de uma parte da cavidade, bem como, o mapa que foi elaborado. Mostrando apenas uma porção da cavidade estudada. Isto ocorreu pelo fato da grande presença de morcegos e o guano por eles excretado, que dificultou bastante a exploração e consequentemente, o mapeamento dessa cavidade.

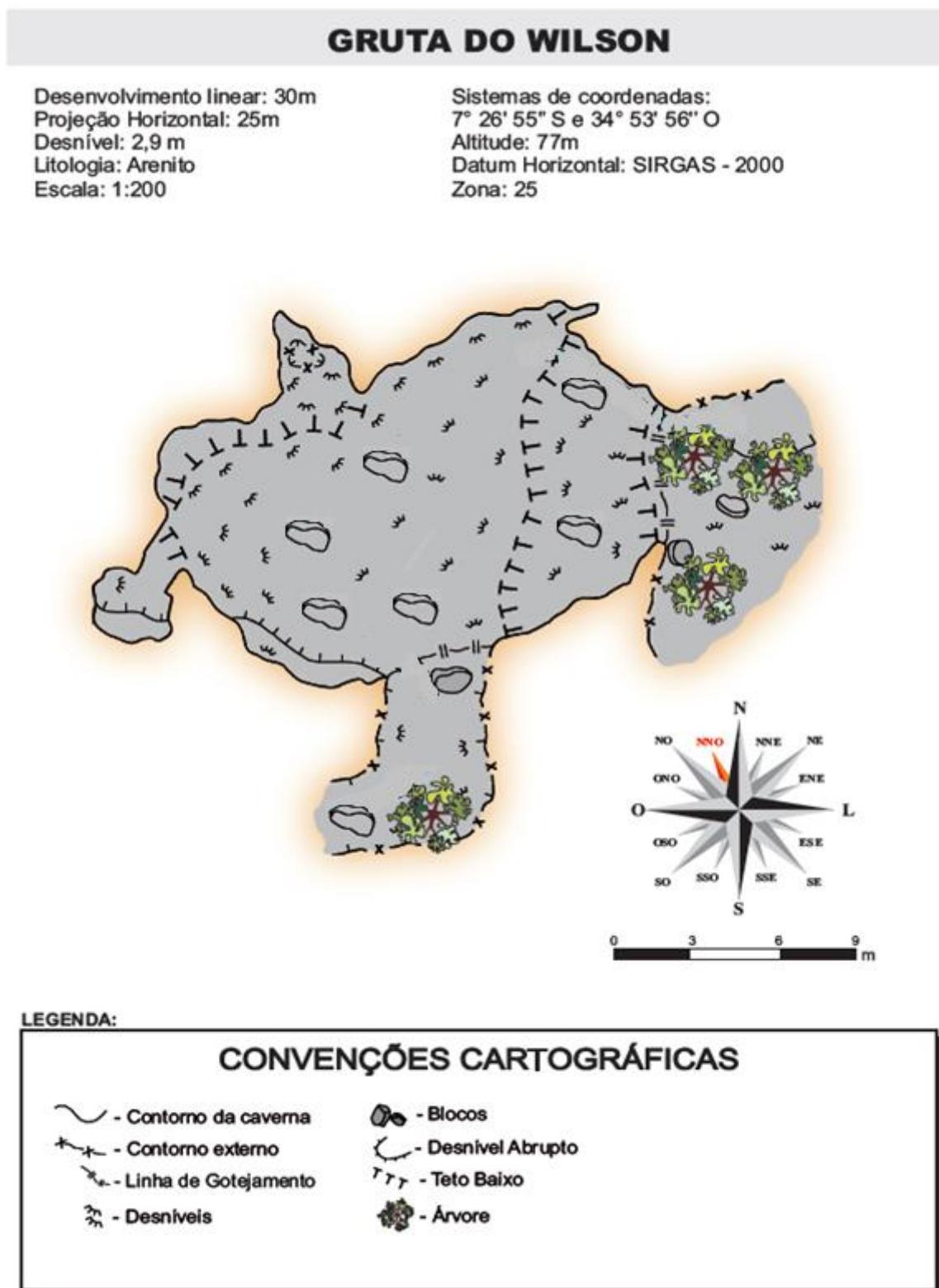
A Gruta do Wilson apresenta uma entrada com aproximadamente 3,2m de altura e 6,5m de largura. Sua entrada por ser caracterizada como um afunilamento linear até a chegada de um grande salão com teto baixo.

Em primeiro contato com a cavidade foi possível observar em seu interior diversas linhas de gotejamento, mas não foi observado nenhum tipo de ornamentação carbonática (Figura 29). A exploração não foi mais adiante pela total falta de luminosidade e pela concentração de guano na cavidade, que impossibilitou por completo a exploração e o mapeamento da mesma.

Foi possível perceber no interior da gruta uma enorme quantidade de morcegos e diversos depósitos de guano no chão da cavidade o que tornou a respiração quase impossível sem um equipamento adequado de exploração. Uma grande quantidade de guano numa determinada caverna é altamente propício a infecções causadas por fungos, que em alguns casos pode levar à morte.

A presença de animais só foi observada na zona afótica da cavidade, ou seja, no local onde a incidência de luz é quase nula. Foram encontrados animais como: Morcegos, Aranhas e Escorpiões.

Figura 29 – Mapa temático da Gruta do Wilson.



Fonte: Chaves (2017).

As estruturas da Gruta do Wilson estariam ligadas a ação física e química da água que outrora saturava os interstícios da rocha, neste caso representados principalmente por fraturamentos, uma vez que nos calcários, principal rocha constituinte do afloramento, não há espaços integrantes significativos. Um processo de rebaixamento culminou com o abatimento da entrada principal da gruta. Pelo que foi observado na gruta, a percolação da água gravitacional que infiltra no maciço rochoso não foi suficiente para abrir condutos penetráveis ou visíveis.

4.5 Cavidades em Granito na Paraíba

Partindo do princípio de que cada lugar apresenta em sua paisagem elementos naturais resultantes das diversas transformações ocorridas ao longo do tempo, devem ser considerados para seu entendimento os processos geológicos endógenos e exógenos que contribuíram para a sua formação e esculturação.

Desta forma, o complexo paisagístico da Pedra da Boca, constituído geologicamente por um corpo intrusivo discordante (batólito), de composição granítica com aproximadamente 10 km de diâmetro, que aflora na porção nordeste do Planalto da Borborema, apresenta singularidades morfológicas decorrentes de aspectos estruturais e esculturais.

Com relação aos aspectos estruturais, além da própria natureza da rocha, podem ser destacados os planos de descontinuidades, posicionados em diversas direções existentes no corpo intrusivo. Dentre essas descontinuidades destacam-se os alívios de pressão litostática. Estas, que concedem às encostas um aspecto de “acebolamento” em associação com outras descontinuidades (planos de falhas e fraturas) que potencializam conjuntamente os processos que respondem pelo recuo paralelo das vertentes, facilitando a esculturação dos relevos residuais ao longo das vertentes, possibilitando o desenvolvimento de cavidades ou abrigos que são uma das mais importantes feições do relevo em toda essa área (Figura 30).

Outro tipo de cavidade natural, existente na região, é formado pelo acúmulo de blocos que precipitam das vertentes. Esses ao caírem se acumulam de forma aleatória no sopé das vertentes, ou, em alguns casos, quando o vale é estreito, ficam prisioneiras das mesmas, constituindo o segundo tipo de cavidade frequente em toda região.

Figura 30 – Fotografia destacando as serras constituintes da área da Pedra da Boca e sua vegetação do entorno.



Fonte: Chaves (2017).

A geologia do Parque Estadual da Pedra da Boca insere-se na província geológica da Borborema, situada na faixa oriental do Complexo Presidente Juscelino, com formações residuais que datam do Pré-Cambriano inferior, composta de uma sequência gnáissica do Curimataú e migmatitos com intercalações de lentes de anfibólitos (CAVALCANTE, 2006).

Quanto à hidrografia da região, o Parque Estadual da Pedra da Boca está inserido na microbacia do Rio Calabouço. Esse rio é um dos principais afluentes integrantes da bacia hidrográfica do Rio Curimataú. A microbacia do Rio Calabouço é interestadual, sendo divisa geográfica entre o Estado da Paraíba e do Rio Grande do Norte.

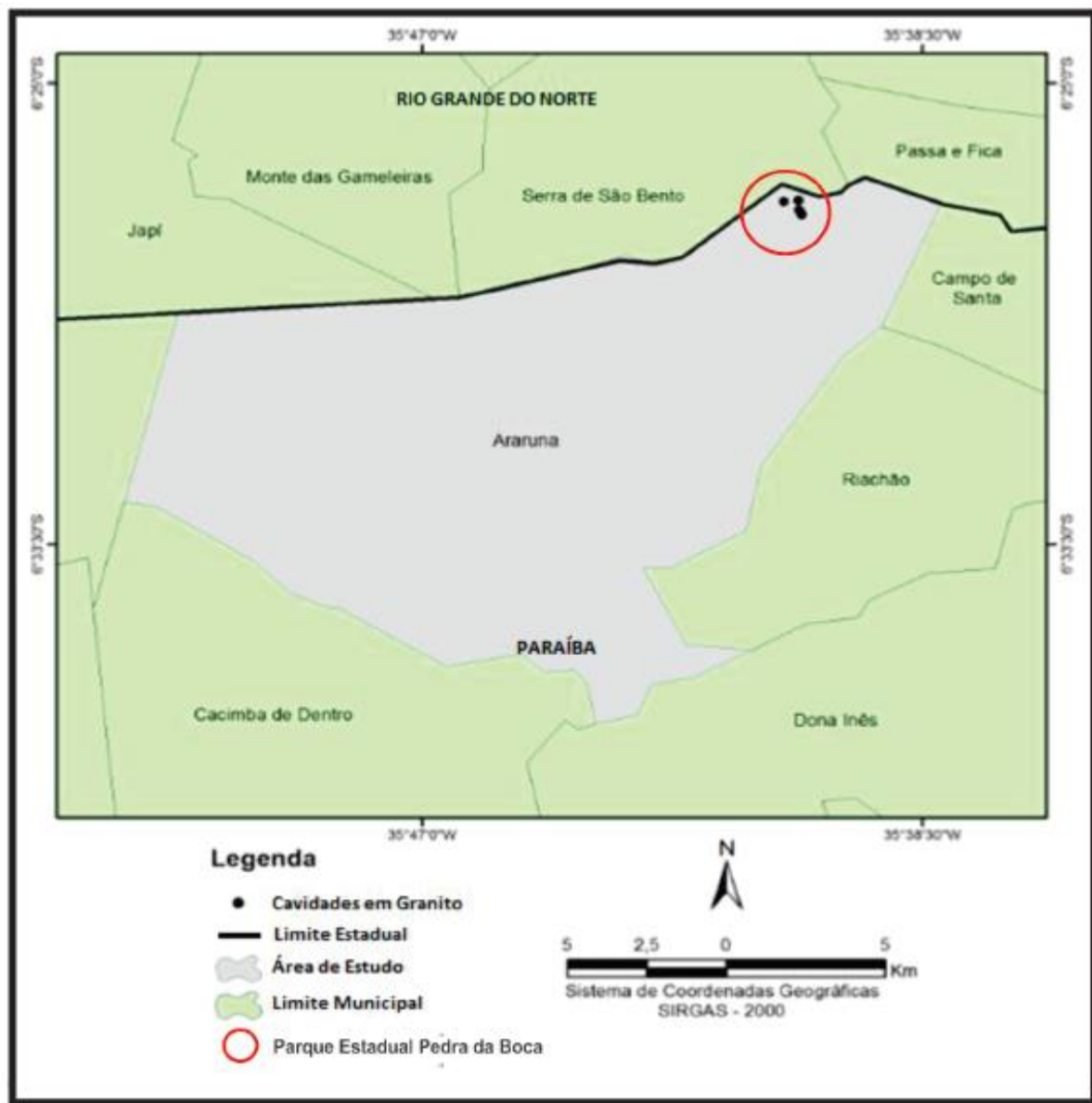
4.6 Parque Estadual da Pedra da Boca (PEPB)

O Parque Estadual da Pedra da Boca está localizado ao norte do município de Araruna. Situa-se em zona fisiográfica de caatinga, no Planalto da Borborema, na Mesorregião Geográfica do Agreste Paraibano e Microrregião do Curimataú Oriental, entre os paralelos 6° 31' e 6° 33' de Latitude Sul e entre os meridianos de 35° 35' e 35° 37' de Longitude Oeste (Figura 31).

Os limites territoriais do Parque são: ao Norte, o município de Passa e Fica/RN; ao Sul, Sítio Água Fria (Araruna/PB); ao Leste, Rio Calabouço (divisa geográfica entre os Estados da PB e RN) e a Oeste, Serra da Confusão (Araruna/PB). O PEPB está distante 172

km de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba; 22 km de Araruna; 6 km de Passa e Fica; e a 110 km de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 31 – Localização do município de Araruna e as respectivas cavidades em granito localizadas no PEPB.



Fonte: Chaves (2017).

O PEPB possui 157,27 hectares de extensão territorial, formado por um conjunto rochoso de beleza cênica inserida no bioma caatinga, significativo para a prática do ecoturismo, turismo de aventura, turismo religioso e pesquisas científicas.

O principal acesso ao PEPB é pelo município potiguar de Passa e Fica – RN, tomando como ponto de referência quem vem pelo Estado da Paraíba, sentido norte, o percurso segue pela Rodovia Estadual PB-099 até o limite com o estado do Rio Grande do Norte, o percurso segue pela Rodovia RN-092 até a entrada do município de Passa e Fica/RN. De Passa e Fica

até o Parque são aproximadamente 6 km, seguindo no sentido oeste pela estrada asfaltada até o leito do Rio Calabouço; entrando novamente na Paraíba, o trajeto continua através de uma estrada de barro até a entrada do Parque.

O ambiente fitogeográfico do PEPB é de Savana Estépica nordestina - Caatinga, alcançando seus aspectos hipoxerófila e hiperxerófila. Na região, além da Caatinga, ainda se podem observar algumas espécies de mata serrana, vegetação do tipo subcaducifólia que aparece nas áreas mais úmidas, próximas às vertentes (CAVALCANTE, 2009).

A implementação do Parque Estadual da Pedra da Boca, Unidade de Conservação de proteção integral dos recursos naturais, possibilita a preservação e o monitoramento de uma área importante do bioma caatinga localizado no agreste paraibano. A preservação da Mata do Gemedouro, localizada na área territorial da UC, possui espécies importantes da flora e da fauna da região.

De acordo com Cavalcante (2009) juntamente com pesquisas de campo foi possível identificar algumas espécies vegetais na área do Parque Estadual da Pedra da Boca, são elas: Aroeira (*Astronium urundeuva*), Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), Gameleira (*Ficus spp.*), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), Pinhão (*Jethropha Pohlana Muel arg.*), Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*).

4.6.1 Cavidades localizadas nas vertentes

4.6.1.1 Pedra da Boca

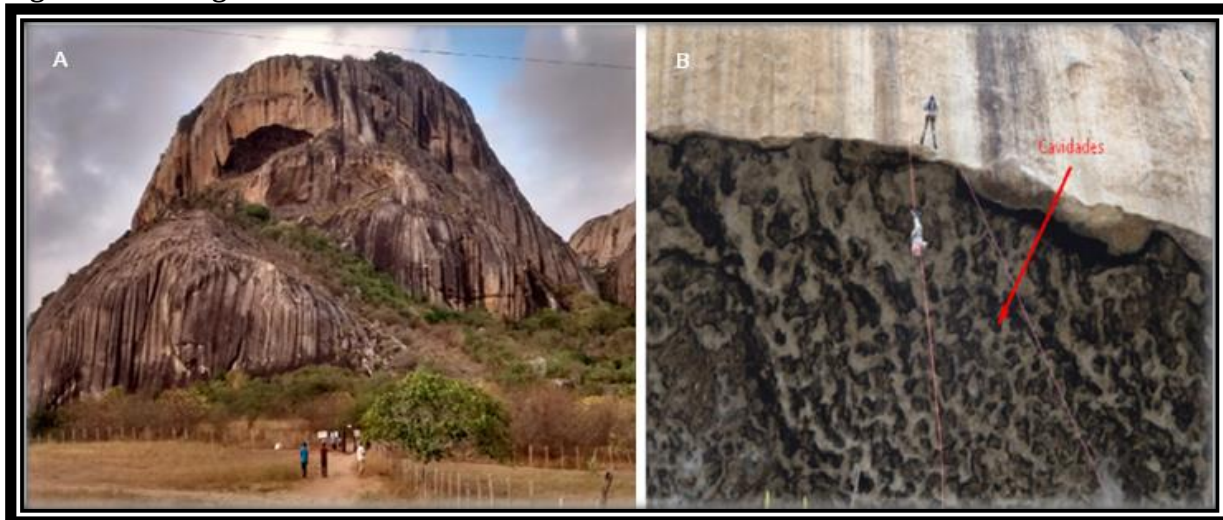
É uma cavidade localizada nos contramoldes de uma porção rochosa cuja precipitação ou o caimento de bloco deu origem a essa cavidade. Esse caimento de bloco está relacionado a dois aspectos importantes, são eles: a presença de planos de descontinuidades presentes no corpo rochoso e a evolução da área por recuo paralelo das vertentes. Então, com esse recuo no decorrer do tempo geológico, a vertente se posiciona de tal forma que, conjuntamente com os planos de descontinuidades, alguns blocos ficam instáveis, então em algum momento da história evolutiva da região o bloco se precipita, dando origem à cavidade.

A cota altimétrica do corpo rochoso onde se localiza a Pedra da Boca tem aproximadamente 336m de altura. A própria cavidade tem cerca de 80m de largura e 42m de profundidade, estando a aproximadamente a 60m de altura (Figura 32).

No interior da Pedra da Boca e nas demais cavidades originadas nas vertentes, existem pequenas cavidades em formatos de “cascas de ovo” denominado de “*Taffoni*”. A formação

dos Taffonis se dá pelo intemperismo diferencial, ou seja, através da ação do vento, presença de sais entre outros.

Figura 32 – Fotografia evidenciando a Pedra da Boca



Nota: Foto “A”, Pedra da Boca vista a partir da estrada de acesso. Foto “B”, detalhes de veio pegmatítico e cavidades alveolares (Taffoni) no abrigo rochoso.

Fonte: Chaves (2017).

4.6.1.2 Pedra da Caveira

A Pedra da Caveira é outra feição geológica localizada no interior do Parque; a mesma recebe esse nome por ter um perfil semelhante ao de um crânio humano devido à ação constante do vento, da água e da mudança de temperatura no paredão rochoso próximo à Pedra da Boca. Esta feição localiza-se aproximadamente a 219m de altura e tem cerca de 346m de diâmetro (Figura 33).

Figura 33 – Fotografia evidenciando a Pedra da Caveira



Nota: Foto “A”, Pedra da Caveira vista no sentido Leste-Oeste. Foto “B”, a mesma feição vista no sentido Sul-Norte.

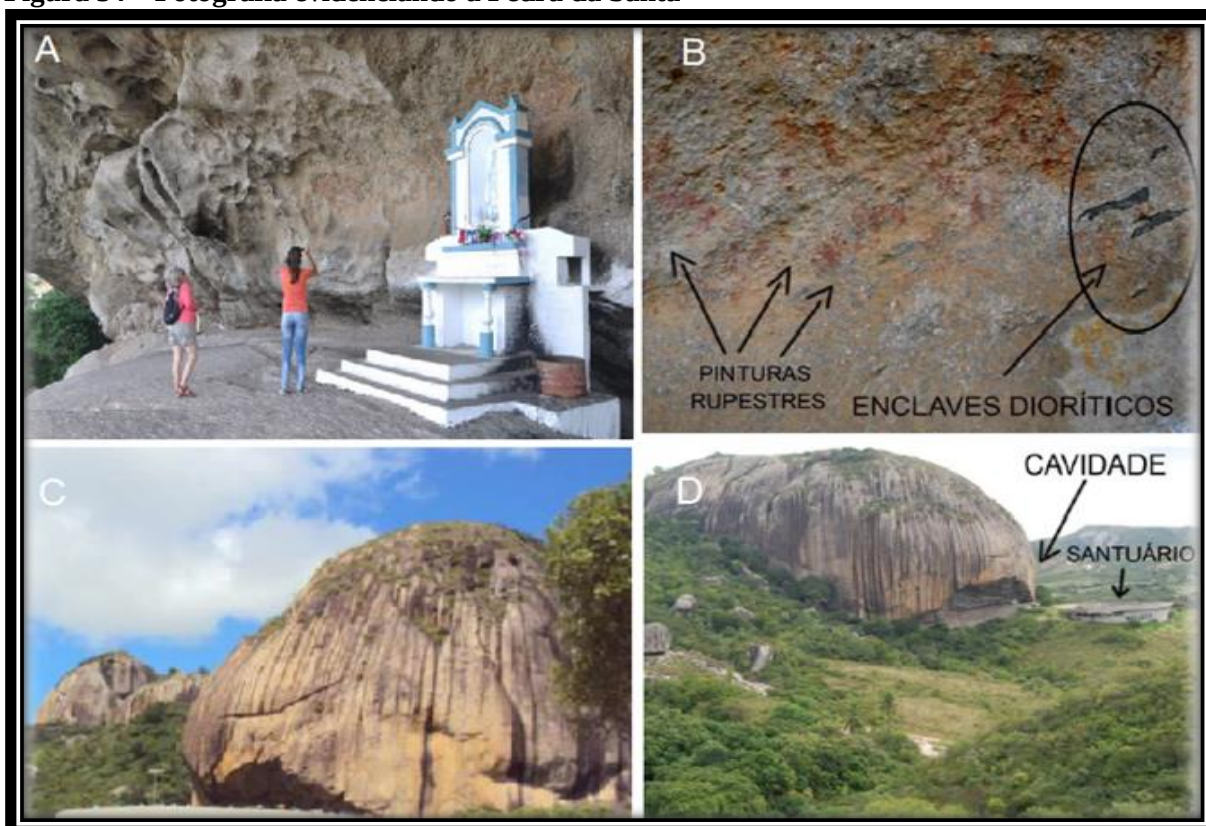
Fonte: Chaves (2017).

4.6.1.3 Pedra da Santa

A Pedra da Santa, conhecida também como Pedra do Letreiro, preserva grande concentração de pinturas rupestres (Figura 34) tipo hieróglifos da “Tradição Nordeste”. Essas pinturas são atribuídas aos antigos moradores do local, os índios Paiacus, pertencentes à nação Cariri, conhecidos por Tapuias. Segundo pesquisadores, esses registros teriam aproximadamente cinco mil anos, demonstrando a ampla dispersão que alcançou esta arte pré-histórica, na qual estão representadas riquezas de detalhes à luta e à caça, simbolizando a cultura dos povos ameríndios que habitavam essa região (CAVALCANTE, 2012).

Conforme Santos (2005) nas pinturas rupestres da tradição Nordeste, as principais cores utilizadas são o vermelho e várias tonalidades. Aparecendo também: branco, amarelo, preto, cinza, verde e azul. Desse modo, os sítios arqueológicos são testemunhos dos registros culturais deixados por nossos habitantes primitivos, constituindo um riquíssimo patrimônio arqueológico, que deve ser objeto de estudo científico e preservado de acordo com a legislação vigente.

Figura 34 – Fotografia evidenciando a Pedra da Santa



Nota: Foto “A”, local onde está inserida a imagem de Nossa Senhora de Fátima. Foto “B”, Pinturas rupestres com detalhe para alguns enclaves dioríticos. Foto “C”, santuário construído para abrigar a imagem. Foto “D”, Pedra da Santa vista do alto da Pedra da Caveira, no sentido Leste-Oeste.

Fonte: Guimarães (2012).

O corpo rochoso onde está inserida a Pedra da Santa tem cota topográfica de 287m de altura e possuindo cerca de 415m de diâmetro. A entrada da cavidade está situada a 38m do solo e sua abertura contem 10m de altura por 46m de largura. Percebe-se no teto dessa cavidade a presença de Taffonis com dimensões variadas, algumas podem chegar a apresentar de 1,3m a 2,2m de diâmetro.

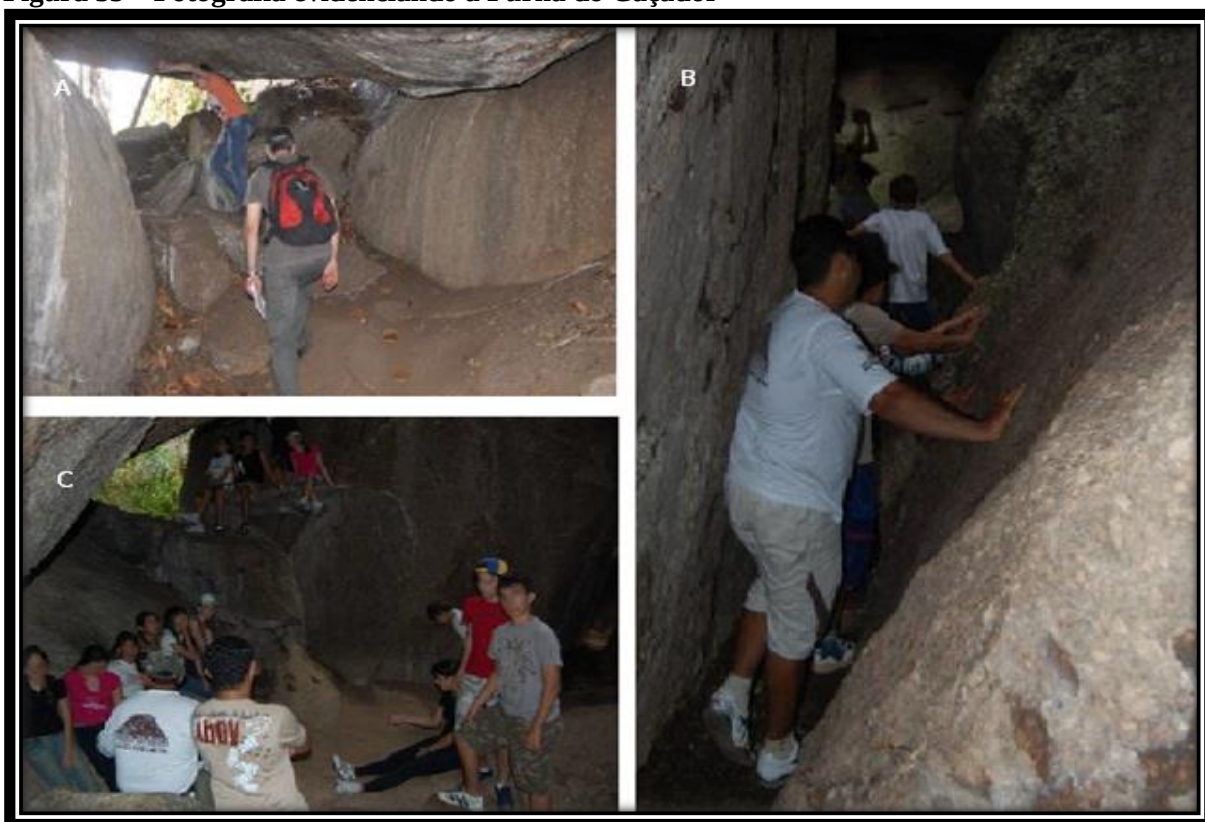
No interior da cavidade foi um pequeno altar onde são realizados cultos religiosos uma vez por ano, que atraem um grande numero de pessoas para a localidade. Talvez, seja por esse motivo, que a Pedra da Santa seja o local mais impacto na área do Parque.

4.6.2 Cavidade por acúmulo de blocos

4.6.2.1 Furna do Caçador

Este tipo de cavidade tem origem pelo acúmulo de blocos no sopé das vertentes. Os grandes blocos ao caírem eles se posicionam de forma aleatória, originando entre eles as cavidades que denominadas de furnas (Figura 35).

Figura 35 – Fotografia evidenciando a Furna do Caçador



Nota: Foto “A”, entrada da Furna do Caçador, ocasionado pelo acúmulo de blocos uns sobre os outros. Foto “B”, salão medindo aproximadamente 30m². Foto “C”, uma das diversas reentrâncias da cavidade.

Fonte: Chaves (2017).

A Furna do Caçador caracteriza-se pela existência de um grande salão com cerca de 30m² e inúmeras reentrâncias com diversidade de formas (GUIMARÃES, 2009). Essa cavidade retém um grande valor cultural devido às inúmeras “lendas” que foram criadas sobre este lugar.

Nas pesquisas de campo perceberam-se diversas trilhas associado à Furna do Caçador, cada uma delas medindo cerca de 70m. A extensão total da furna é de aproximadamente 150m. As disposições dos blocos, caídos aleatoriamente, formando furnas despertam o interesse didático, do turismo e científico não só da furna em questão mais em qualquer abrigo rochoso presente no PEPB.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi exposto nesta pesquisa é possível afirmar que no Estado da Paraíba, além de ser um estado que possui muita rocha calcária, possui apenas uma pequena cavidade no qual pode ser denominada de Gruta ou Caverna. Até o presente momento, não consta literatura pertinente uma referencia sobre essa cavidade, sendo assim, constitui-se, provavelmente a primeira citação dessa cavidade no qual é denominada de Gruta do Wilson. Vale salientar que o conhecimento dessa cavidade só foi possível através de outra pesquisa que estava em andamento na região.

A pesquisa também abordou que na Região Litorânea Paraibana, as mais frequentes e as que apresentam maior extensão e continuidade são as que se desenvolvem em litologia arenítica. Apresentando diversos arenitos, sílte e argila da Formação Barreiras.

Após trabalhos de prospecção e mapeamento, considera-se que todas as cavidades localizadas no litoral ainda estão em pleno estágio de transformação, acarretadas pela ação dissolutiva e ação mecânica água.

Outro tipo de cavidade existente na Paraíba são as que se desenvolvem em litologia granítica. As cavidades abordadas nesta pesquisa que abrangem essa litologia estão situadas no município de Araruna, mais precisamente, no Parque Estadual da Pedra da Boca. Importante ressaltar que, esse tipo de cavidade pode ser observado em outras regiões do estado, como por exemplo: Lajedo do Pai Matheus, São João do Cariri, Algodão de Jandaíra, São João do Tigre, Barra em Camalaú entre outros. A escolha do município de Araruna pode ser justificada pelo fato de suas cavidades serem mais emblemáticas, em função de seu tamanho, pela sua frequência e de sua beleza paisagística em toda a área.

O presente trabalho teve como objetivo estudar geomorfologicamente os diversos tipos de cavidades naturais no estado da Paraíba. Conhecer e entender os processos modeladores do relevo através da bibliografia pertinente e visitas de campo.

Com isso, é de grande valia fazer novos estudos sobre as cavidades citadas nessa pesquisa e outras distribuídas pelo estado, independentemente da área de conhecimento. Pois, o estudo dos ambientes subterrâneos, é interdisciplinar. Sendo assim, o objetivo desses novos estudos é ampliar o conhecimento e disseminar tais resultados para pesquisa futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTÃO, G. A. **Abordagem interdisciplinar e epistemológica sobre as evidências do limite Cretáceo-Terciário, com base em leituras efetuadas no registro sedimentar das bacias da costa leste brasileiras.** 1993. 225 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1993.

ALMEIDA, J. A. C. **Calcários Recifais Eocênicos da Formação Maria Farinha, na Sub-bacia Alhandra, Paraíba: aspectos taxionômicos, Paleoecológicos, Paleoambientais e estratigráficos.** 2000. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

ALMEIDA, J.A.C. **Ichnofosséis de Macróbia na região da Bacia Paraíba (Cretáceo Superior), Nordeste do Brasil.** Tese de Doutorado, Pós-graduação em geociências. UEPE (2007). 214p.

ALVES, J. J. A. Geocologia da Caatinga no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n.1, 2007.

ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geologia USP Série Científica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, out. 2006.

ARAÚJO, M. E. **Água e rocha na definição do sítio de Nossa Senhora das Neves, atual cidade João Pessoa – Paraíba.** 2012. 297 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

ARCHELLA, E. SPOLADORE, A. Tipologia gênica de cavidades naturais e sua ocorrência no estado do Paraná. In: XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia. **Anais...**, Ouro Preto/MG, 2007 p. 13 - 17.

ASSIS, E. G. A Salinidade das Águas Superficiais e sua interferência nas condições sócio-econômicas na Sub-bacia do Rio Caraibeiras – Curimataú Paraibano. **Anais...**, João Pessoa, 2002. 95-114.

AULER, A.; ZOGBI, L. **Espeleologia: Noções básicas**. São Paulo: Ed. Redespeleo. Brasil, 2005. 104p.

AULER, A. Karst in Sandstones and Quartzites of Minas Gerais, Brazil. **Cadernos lab. geológico de laxe**. Belgium: corunã. 33. p.127-138. 2004.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 332 p.

BAGGIO, H., SOUZA, F.C.R. Morfologia Cárstica do Maciço Quartizítico da Gruta do Salitre, Diamantina – MG. **Revista: Caminhos da Geografia**. Uberlândia, v. 13, n. 43 2011. p. 102-113.

BARBOSA, J. A.; LIMA FILHO, M. Aspectos estruturais e estratigráficos da faixa costeira Recife-Natal: observações em dados de poços. **Boletim de Geociência da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, 2006.

BARBOSA, J. A. **Evolução da bacia da Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil**. 2004. 219 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

BARBOSA, J. A. **A Deposição Carbonática na faixa Costeira das Bacias da Paraíba e da Plataforma de Natal, NE do Brasil. Aspectos Estratigráficos, Geoquímicos e Paleontológicos**. Tese de doutorado. Pós Graduação em Geociências - UFPE, 2007, 278p.

BICALHO, C. C., 2003. **Noções Básicas de Espeleologia**. Espeleo Grupo de Brasília. Brasília. 2003.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Paisagem Cárstica**, vol. 1, ed. UFSC: Florianópolis, 1994, p. 423.

BORGHI, L. & MOREIRA, M.. C. M. **Caverna aroê jari, chapada dos Guimarães, MT: raro exemplo de caverna em arenito**. ed. Eventus, (2007).

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais** – Serviço Geológico do Brasil. Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002. 142 p. il., 2 mapas. Escala 1:500.000.

BRITO NEVES, B. B.; RICCOMINI, C.; FERNANDES, T. M. G.; SANT'ANNA, L. G. O sistema Tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado Proterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 1. 2004, p. 127-134.

CARVALHO, L. C. DE. Cavidade natural subterrânea: natureza jurídica. **Interações (campo grande) [online]**. 2009, v.10, n.1, p. 83-93.

CARVALHO, M.G.; CARVALHO, F. Vegetação. In: **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**, João Pessoa: Grafiset, 1985.

CAVALCANTE, M. B. **Parque Estadual da Pedra da Boca (Araruna/PB): uma avaliação sobre as atividades turísticas e as ações de gestão territorial**. Dissertação. UFRN – CCHLA. 2012, 146p.

CAVALCANTE, M. B. Reflexões sobre os impactos socioambientais de atividade ecoturística no Parque Estadual da Pedra da Boca, Paraíba. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n. 24, 2007, 46-55p.

CAVALCANTE, M. B. **Rio Calabouço: conhecer para preservar**. In: LINS, Juarez Nogueira; BEZERRA, Rosilda Alves; CHAGAS, Waldeci Ferreira (Orgs). **Espaços Interculturais: linguagem, memória e diversidade discursiva**. Olinda: Livro Rápido, 2006.

CAVALCANTE, M. B. **Políticas de Turismo em Áreas Protegidas: O Caso do Parque Estadual da Pedra da Boca (Araruna/PB)**. In: **Revista de Geografia**. V. 29, n. 2, 2012. 203-217p.

CETESB. **Decreto Federal Nº 9.556 de 1º de outubro de 1990**. Pág. Visitada em 09/11/2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1980. 188p.

CNC. **Cadastro Nacional de Cavernas**. Disponível: <http://www.cavernas.org.br/cnc/>
Acessado em: Maio de 2017.

CORRÊA NETO, A. V.; BAPTISTA FILHO, J. Espeleogênese em Quartzitos da Serra do Ibitipoca, Sudeste de Minas Gerais. **Anuário do Instituto de Geociências**. v. 20. 1997, p.75-87.

CORREA FILHO, O. J; ALENCAR, M. L; BARBOSA, J. A; NEUMANN, V. H. Proposta de formalização da formação Tambaba, Eoceno da bacia Paraíba, NE do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 25, n. 2, p. 61-81, 2015.

DIAS, M. S. Ficha de Caracterização de Cavidades. **Anais**. XXVII Congresso Brasileiro de Espeleologia. Januário - MG, Julho de 2003.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006. 306 p.

FABRI, F. P. **Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional, MG**. Dissertação (mestrado), Departamento de Geografia da UFMG, Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, R. L. Biologia subterrânea: conceitos gerais e aplicação na interpretação e análise de estudos de impacto ambiental. In: **Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília, 2010, p. 85-105.

FREITAS, G. M. A. **Caracterização Geomorfológica e Morfométrica da Folha Alhandra (1:25.000)**. Dissertação. – UFPB/CCEN. 2012. 125p.

FURRIER, M; ARAÚJO, M. E; MENESES, L.F. Geomorfologia dos Tabuleiros Litorâneos no Estado da Paraíba. In. **Paraíba: pluralidade e representações geográficas**. Org. Anieres Barbosa da Silva, Henrique Elias Pessoa Gutierrez, Josias de Castro Galvão. Campina Grande: EDUFCG, 2015.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E; MENESES, L. F. de. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. n 2, 2006.

GINES, A.; GINES J. **Karst phenonema and bioespeleological environment**. Museo Nacional de Ciencias Naturales, (Ed), The natural history of bioespeleology: Monography. Madrid, Spain. 1992, 677 p.

GODOY, J. M. O. **O Calcário e as grutas**. Ed. Creative. 2010. 132p.

GUARESCHI, V. D.; NUMMER, A. V. Relevos cársticos em rochas não calcárias: uma revisão de conceitos. In: FIGUEIREDO, L. C.; FIGUEIRÓ, A. S. (Org.). **Geografia do Rio Grande do Sul: Temas em debate**. Santa Maria: UFSM, 2010. p. 183-194.

GUEDES, M. H. **A Caverna de Gelo**. Vitória, 2015. 246p.

GUEDES, L. S. **Monitoramento Geoambiental do estuário do rio Paraíba do Norte – PB por meio da cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento remoto**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

GUERRA, A. J. T.; AMARAL, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 474p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7. ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2009. 648p.

GUIMARAES, T. O.; MARIANO, G.; SEABRA, G. Estratégias de Geoconservação através da inventariação e quantificação de geossítios: parque estadual da pedra da boca - plúton monte das gameleiras - Araruna/PB. In, **Revista Estudos Geológicos**, v. 22, n. 2, 2012. 77-92.

GUIMARÃES, T. O. **Caracterização física da área do Parque Estadual da Pedra da Boca, Araruna/PB.** Monografia. CCEN – UFPB. 2009, 71p.

HARDT, R. carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.2, p.99-105, 2009.

JANSEN, D. C. **Análise ambiental da área de proteção ambiental do morro da pedreira e do parque nacional da serra do cipó para a proteção do patrimônio espeleológico.** Dissertação. O (mestrado) – pontifícia universidade católica de minas gerais. Programa de pós-graduação em tratamento da informação espacial. Belo horizonte, 2013. 149p.

JENNINGS, J. N. **karst geomorphology.** New York: basil blackwell, 1985.

KEGEL, M. **Geologia do fosfato de Pernambuco.** Brasília: DNPM, 1955. (Boletim DGM/DNPM, 157).

LAVOR, L. F. **GEODIVERSIDADE E SÍTIOS HISTÓRICOS NA PORÇÃO TERMINAL DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA DO NORTE.** Dissertação – UFPB/CCEN, João Pessoa, 2016, 174p.

LEAL, L. T. **Levantamento geológico-geomorfológico da bacia Pernambuco–Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa, PB.** 1998. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

LIMA FILHO, M; BARBOSA, J. A.; NEUMANN, V. H; SOUSA, E.M. Evolução estrutural comparativa da Bacia Pernambuco e Bacia Paraíba. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5., 2005, Curitiba. **Boletim de Resumo...** Curitiba: SBG, 2005, p. 45-47.

LINO, C. F. **Cavernas: o Fascinante Brasil subterrâneo.** São Paulo: Editora Rios, 1998. 279p.

LOWE, D. J. 1992. A historical review of concepts of Speleogenesis. **Caves Science**, 19; p. 63 - 90.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. R - Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte - base estrutural. **Estudos Geológicos UFPE**, v. 10, série B. Recife: 1991. p. 33-34.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Origem da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco/Paraíba. **Revista Brasileira de Geociências**. .v.18, n.02, 1988. p. 476-482.

MARRA, R. J. C. Análise de cluster como instrumento de classificação de cavernas no contexto socioeconômico. In: XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. **Anais...**, Montes Claros/MG, 2009, p. 119 - 126.

MENEZES, M. R. F. Estudos sedimentológicos e o contexto estrutural da Formação Serra dos Martins, nos Platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN. Dissertação. UFRN – CCET. 1999, 90p.

MORAIS, R. F. **Mapeamento geológico em escala 1:10.000 do distrito de extração, região se de diamantina, minas gerais**. Monografia de Geologia. Belo horizonte: Universidade Federal De Minas Gerais – UFMG. 2008.

MONTEIRO, F. A. D. Projeto de implantação de conhecimentos, práticas e legislação pertinentes à espeleologia na Superintendência Estadual do Meio Ambiente – Semace. In: 31º CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA. Ponta Grossa-PR, 2009. **Anais...** p.263-267.

MONTEIRO, A. G. D.; GUERREIRO, M. C.; FERREIRA, R. L.; PINTO, L. M. Avaliação do perfil lipídico de peixes cavernícolas. In: XXX Congresso Brasileiro de Espeleologia. **Anais...**, Montes Claros/MG, 2009, p. 133 – 137.

NETO, L. T. S. **São tabuleiros conhecidos como Platôs, de relevo plano suavemente ondulado, com escarpas abruptas e margens irregulares sobre a borda oriental do Planalto da Borborema**. Dissertação – PPGCN – UERN, Rio Grande do Norte, 2015, 139p.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Plano Estadual de Recursos Hídricos**: resumo executivo e atlas. Brasília: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PEREIRA, M. D. B; MONTEIRO, D. C. S; SILVA NATIELI T.; MOURA M. O. Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 921-929, 2012.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A. Queiroz/ EDUSP, 1988. 631 p.

POPP, J.H. **Geologia Geral**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

RIBAS, L. M. L. R.; CARVALHO, L. C. de. Caverna natural subterrânea: natureza jurídica. **Interações** (Campo Grande). 2009, v.10, n.1, p. 83-93.

RODET, M. J.; RODET, J.; WILLEMS, L.; POUCKET, A.; NASCIMENTO, S. **Geoarqueologia do Parque Estadual do Rio Preto**, Minas Gerais, Brasil, 2009, 59p.

RODRIGUEZ, Janete Lins. (Coord.). **Conhecendo Araruna**. João Pessoa: Grafset, 2001.

ROSA, P. R. **Relatório Técnico Científico: Distribuição das Cavidades Naturais na Zona da Mata Paraibana**. João Pessoa, 2000.

ROSSETTI, D. F. Ambientes Costeiros. In: **FLORENZO**, T. G. (Org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

ROSSETTI D. F. Reconstituição paleoambiental do Grupo Barreiras no Nordeste do Pará. Brasília: **CNPq – Aperfeiçoamento Científico**, 1988. 84 f. (Relatório final).

SANTOS, J. S. **Manual do Espeleólogo**. Campina Grande: EDUEP, 2003.

SBE. **Sociedade Brasileira de Espeleologia**. Acesso em março. Disponível: <http://cnc.cavernas.org.br/CavernasBW/RegioesBrasil>.

SIAL, A. N.; LONG, L. E.; GALINDO, A. C.; ARAÚJO, M. E.; McMURRY, J.; McREATH, I. Algumas considerações sobre corpos graníticos de Monte das Gameleiras – Serra de São Bento e de Dona Inês, fronteira Rio Grande do Norte/Paraíba. **Departamento de Geologia, UFPE**, 1982.

SILVA, M. S.; BERNARDI, L. F. O.; FERREIRA, R. L. Caracterização sistêmica da Gruta da Lavoura (Matozinhos, MG): aspectos topoclimáticos, tróficos e biológicos. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Espeleologia, **Anais...**, Campinas/SP, 2005, p. 109 – 115.

SPOLADORE, A. **A Geologia e a Geoespeleologia como instrumentos de planejamento para o desenvolvimento do Turismo – o caso de São Jerônimo da Serra/PR**. 2006, 320p. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro.

STINNESBECK, W.; KELLER, G. Environmental changes across the Cretaceous Tertiary boundary in Northeastern Brazil. In: MACLEOD, N.; KELLER, G. (Eds.). **Cretaceous-Tertiary mass extinctions: biotic and environmental changes**. New York: W.W. Norton & Company, 1996.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand, 1998. 1222p.

TABARELLI, M.; SANTOS, A.M. Uma breve descrição sobre a historia natural dos brejos nordestinos. In: **Porto: Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

TRAVASSOS, L. E. P. **Caracterização do carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 2011, 102p

TRAVASSOS, L.E.P; VARELA I.D.. Legal Aspects of the Groundwater usage in The Karst Region of Minas Gerais, Brazil in: **International Karsological School**,. 2007.

UAGODA, R, COELHO, A.L, AVELAR, A.D.S. Morfologia de Depressões fechadas em domínio Cárstico-Quartzítico na Bacia do Ribeirão Santana/MG: Datações absolutas iniciais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 10(2), p. 91-98, 2006.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

VIEIRA, I.F. M. **A região do Curimataú no Estado da Paraíba: Aspectos fisioclimáticos e ocupação do solo**. João Pessoa, ano 2005.