



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA CAMILA MOREIRA

**CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA PRELIMINAR DA
CAVERNA CAPIXABA (CASA DE PEDRA) – PR 274 –
TAMARANA/PR**

Londrina
2016

ANA CAMILA MOREIRA

**CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA PRELIMINAR DA
CAVERNA CAPIXABA (CASA DE PEDRA) – PR 274 –
TAMARANA/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Geografia
da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharela em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Angelo Spoladore

Londrina
2016

ANA CAMILA MOREIRA

**CARACTERIZAÇÃO ESPELEOLÓGICA PRELIMINAR DA
CAVERNA CAPIXABA (CASA DE PEDRA) – PR 274 –
TAMARANA/PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Geografia
da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título
de Bacharela em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Angelo Spoladore
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dr^a. Eloiza Cristiane Torres
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Me. Edison Archela
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 01 de Março de 2016.

Em memória de meus avós amados,
Cida, Silvério, João, Janica, Maria e
Moacir. Estarão para sempre em
nossos corações.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desses mais de três anos buscando concluir o bacharelado em Geografia muitos passaram pela minha vida tornando-a mais leve, me ajudando a vencer os obstáculos que enfrentei. Portanto, faço questão de agradecer a cada um que esteve ao meu lado nessa caminhada.

Agradeço primeiramente à Deus, criador de tudo o que há no universo, dono de todas as coisas e que me permitiu estar aqui. À Jesus Cristo por ser meu guia em todos os momentos e ao meu anjo protetor Emanuel.

À minha mãe, minha vida, companheira, amiga e confidente. Por todo amor e pelo sacrifício feito para que eu pudesse realizar meu sonho. Sem você eu não seria nada, te amo!

Ao meu pai de sangue, Chico, pelo incentivo, amor e valores que sempre me passou e por ter me guiado no caminho do sucesso. Obrigada pela doação pai, te amo menininho!

Ao meu padrasto, que prefiro chamar de pai, Chico (também!), por todos os ensinamentos e amor ao longo desses anos. Por todas as trilhas a bordo do Javali, pelas conversas, conselhos e pela ajuda espiritual. Obrigada por me ajudar tanto. Você é um grande amigo, te amo Vida!

Aos meus irmãos e cunhados, Lindy, Andréa, Bruno, Pati, Marcel, Michelle, Caleb, Lucas, Diego, Angela e Victória pelo apoio nessa caminhada.

Aos meus sobrinhos João Roberto, Arthur e Arthur Davi, pelo amor e alegria que me proporcionaram nos momentos difíceis. Pela luz que trouxeram para a minha vida.

À todos os meus familiares que sempre acreditaram em mim.

Aos meus sogros Juan e Graciela, pela acolhida e pelo carinho.

Aos meus colegas de curso, em especial à Tessa, Flávia e Fran, que estiveram ao meu lado nos melhores e piores momentos. Obrigada por nunca me abandonarem. Levarei vocês para toda a vida.

À Lidi, Dani, Kátia e Eva, pelos 15 anos de amizade e companheirismo. Enfim, a novela do TCC acabou!

Ao meu amigo Zian, por compartilhar sonhos, viagens (a Bolívia foi inesquecível), planos e por sempre me ouvir. Obrigada pelos mais de 16 anos de

amizade. Mesmo longe, você mora no meu coração.

Aos meus animais, pelo amor incondicional.

Aos meus amigos da SEMA e do DRAS – Agendamentos, pelas risadas e por acreditarem que um dia eu entregaria este trabalho.

Aos meus companheiros do Grupo Mediúnico Chico Xavier, pela compreensão nas minhas ausências, pelos conselhos e pela inspiração espiritual.

À minha psicóloga e amiga, Odete, pelos puxões de orelha, pelos conselhos e por me ajudar a concluir esta etapa tão importante.

Aos professores e funcionários do Departamento de Geografia, por tudo o que me proporcionaram.

Ao meu orientador, meu “terceiro” pai, amigo, Prof. Dr. Angelo Spoladore, por me apresentar ao mundo das cavernas, pelos ensinamentos ao longo desses 8 anos de estágio, pela paciência, carinho, confiança e pelo bom humor. Meu maior exemplo de superação. Sou muito grata por tudo o que você me ensinou Angelito! Nossa parceria não acaba aqui.

Agradeço também aos alunos do Laboratório de Geoturismo e Espeleologia da UEL, pelo auxílio nos campos e aos professores Carlos Apolloni e Eduardo Inocente do Laboratório de Física da UEL, pela ajuda nas análises das rochas.

Por fim, agradeço àquele que nunca me deixou desistir da caminhada, meu marido Nazareno. Obrigada por me amar, por me acompanhar nas noites em claro, por aguentar meus choros, minhas reclamações, por me ajudar nos campos, por me lembrar todos os dias do amor de Jesus, pela doação, pelos conselhos, pelas broncas e pelo colo nos momentos difíceis. Sem você ao meu lado, eu não teria conseguido. Eu te amo muito!

Obrigada à todos que fizeram parte dessa história. Aos que não citei, mas que me ajudaram de alguma forma, meu mais profundo agradecimento.

“Teu é o céu, e a terra pertence a ti, tu fundaste o mundo, e tudo o que nele existe. O Norte e o Sul, tu os criaste.”

Salmos 89:11

MOREIRA, Ana Camila. **Caracterização espeleológica preliminar da Caverna Capixaba (Casa de Pedra) – PR 274 –Tamarana/PR**. 2016. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

Cavernas são ambientes únicos, pouco explorados de grande importância científica e ambiental. No Brasil a maioria das cavernas desenvolvem-se em meio a rochas carbonáticas e em rochas ferríferas, dado o fato destas litologias possuírem um alto grau de solubilidade. Entretanto as cavernas não estão exclusivamente associadas a relevos calcários, podendo ser encontradas em outras litologias, em especial no arenito. Cavernas areníticas são bastante frequentes no território nacional, havendo importantes concentrações em algumas regiões do estado do Paraná. Optou-se pela escolha do tema envolvendo a espeleologia por tratar-se de um tema pouco difundido no curso de Geografia da Universidade Estadual de Londrina e da carência de estudos de cavernas em rochas areníticas na região de Tamarana/PR. Dessa forma, o objetivo do trabalho é realizar a caracterização espeleológica preliminar da Caverna Capixaba (Casa de Pedra) obtendo dados do meio físico e fazendo apontamentos a respeito da sua espeleogênese. Para tanto, foram realizados levantamentos bibliográficos, pesquisa de campo e análise de coleta de dados em laboratório, constatando a gênese da caverna relacionada a processos de dissolução da sílica, a partir da infiltração de águas superficiais e remoção mecânica das partículas da rocha, ambos de origem epigênica. Ressalta-se a presença de ondulações e formas arredondadas no salão secundário e indicativos de dissolução por fluxo ascendente, ambos indicativos de origem hipogênica.

Palavras-chave: Cavernas. Rochas areníticas. Caracterização espeleológica. Espeleogênese.

MOREIRA, Ana Camila. **Speleological characterization of the Capixaba Cave (Casa de Pedra) – PR 274 – in Tamarana/PR, Brazil.** 2016. 68p. Course completion assignment (BA Geography degree) – State University of Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

Caves are unique and also unexplored environments which have great scientific and environmental importance. Most of the caves develop amidst carbonate and BIF rocks in Brazil, due to the great degree of solubility of those lithologies. However caves can be found also in other lithologies, most likely in sandstone, not being only associated to calcareous reliefs. In Brazilian territory sandstone caves are easy to be found, and there are large concentrations of it in the state of Paraná. The choice for this subject that involves speleology, happened for dealing with a understudied topic on the Geography course in the Londrina State University (UEL) and also the absence of studies and researches on sandstone rock caves around the city of Tamarana/PR. That being said, the subject of this study is the preliminary speleology characterization of the Capixaba Cave (Casa de Pedra) by making notes about its speleogenesis and gathering data about the physical environment. For that purpose, were performed bibliographic researches, field research and laboratory data analysis finding the genesis of the cave related to the dissolution of silica process, due to the superficial water infiltration and the mechanic removal of the rocks particles, both of them from epigenetic origin. It's important to highlight that on the second hall there is the presence of rounded figures and undulations and also dissolution by up flow indicatives, both indicating a epigenetic origin.

Key words: Caves. Sandstone rock. Speleology characterization. Speleogenesis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de dissolução química que provoca a geração de formas cársticas epigênicas.	22
Figura 2 – Processo típico de formação de uma cavidade hipogênica.	23
Figura 3 – Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Brasil por grau de potencialidade de ocorrência.	26
Figura 4 – Entorno da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).	46
Figura 5 – Visão geral da caverna.	48
Figura 6 – Espeleotemas amorfos em fase inicial de formação.	49
Figura 7 – Fauna e flora cavernícola.	50
Figura 8 – Arenito revestido por óxido e hidróxido de ferro (goetita, hematita e limonita).....	51
Figura 9 – Diagramas das atitudes das fraturas existentes no interior e nas proximidades da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).	51
Figura 10 – Estratificação plano paralela.	52
Figura 11 – Ação da água no ambiente cavernícola.	53
Figura 12 – Impactos ambientais decorrentes da visitação humana.	54
Figura 13 – Representação 3D da amostra 1 com indicativo de dissolução.	55
Figura 14 – Representação 2D da amostra 1 com indicativo dos níveis de granulometria.	56
Figura 15 – Representação 2D da porosidade contida na amostra 1.....	57
Figura 16 – Áreas de alta densidade (branco) contidas na amostra 2.	58
Figura 17 – Representação 2D da porosidade contida na amostra 2.....	59
Figura 18 – Indicativo de padrões hipogênicos na caverna.....	61

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil.....	28
Mapa 2 – Localização e vias de acesso à Caverna Capixaba (Casa de Pedra).....	32
Mapa 3 – Hidrografia da área de estudo.....	34
Mapa 4 – Espacialização dos tipos climáticos em Tamarana/PR.	36
Mapa 5 – Unidades litoestratigráficas da área de estudo.	40
Mapa 6 – Subunidades morfoesculturais da área de estudo..	42
Mapa 7 – Representação cartográfica da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das cavernas quanto as suas dimensões físicas.....	19
Quadro 2 – Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil por litotipos	26
Quadro 3 – Equipe de mapeamento.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
BCRA	<i>British Cave Research Association</i>
CECAV	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas
CNC	Cadastro Nacional de Cavernas
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
GEO	Grupo Espeleológico Organizado
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ITCG	Instituto de Terras, Cartografia e Geociências
MINEROPAR	Minerais do Paraná
NO	Noroeste
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Paraná
SBE	Sociedade Brasileira de Espeleologia
SE	Sudeste
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	ESPELEOLOGIA: BREVE HISTÓRICO	15
2.2	DEFINIÇÃO E GÊNESE DE CAVERNAS	18
2.2.1	Epigênese e Hipogênese.	21
2.3	OCORRÊNCIA DE CAVERNAS ARENÍTICAS NO BRASIL	24
2.4	OCORRÊNCIA DE CAVERNAS EM ARENITO NO PARANÁ	29
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.1	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	31
3.2	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	33
3.2.1	Hidrografia	33
3.2.2	Clima.	35
3.2.3	Geologia	37
3.2.4	Geomorfologia	41
4	MATERIAIS E MÉTODOS	43
5	DISCUSSÕES E RESULTADOS	45
5.1	DESCRIÇÃO DA CAVERNA	45
5.2	IMPACTOS AMBIENTAIS	52
5.3	ESPELEOGÊNESE	54
5.3.1	Epigênese ou Hipogênese?	60
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O mundo subterrâneo ainda é um mistério a ser desvendado pela comunidade científica. Através das cavernas é possível encontrarmos meios de vida ainda inexistentes em outros tipos de formações, bem como informações sobre mudanças climáticas, alterações de relevo, além de abrigarem uma parte da história humana, através de diversos objetos históricos e até mesmo pré-históricos que ainda hoje são encontrados no interior das cavernas, auxiliando os pesquisadores a entenderem a nossa origem.

O Brasil conta com um grande potencial espeleológico, pelo fato de possuir inúmeras paisagens com presença de elementos cársticos e rochas propícias para o desenvolvimento de cavidades naturais, como o calcário, quartzito e arenito. Porém esse patrimônio espeleológico pode estar ameaçado, principalmente pela falta de informação que a população possui acerca dessas formações, e muitas vezes, pelo interesse de grandes empresas que as exploram em nome do “desenvolvimento econômico”.

Assim, o conhecimento da existência de cavidades naturais torna-se a principal ferramenta para a proteção do patrimônio espeleológico, não só no Brasil, mas em todo o mundo, visto que a espeleologia ainda é pouco difundida no meio científico em geral.

No estado do Paraná, os principais trabalhos concentram-se na região dos Campos Gerais, abrangendo a gênese de cavidades desenvolvidas principalmente em rochas carbonáticas, como o calcário. Raros são os trabalhos desenvolvidos no norte do estado e com enfoque em um tipo mais peculiar de espeleogênese, em rochas não-carbonáticas, mais especificamente, o arenito.

Tendo em vista que a espeleologia é um assunto ainda novo no curso de Geografia e na Universidade Estadual de Londrina e com a preocupação de contribuir para o universo espeleológico, este trabalho foi idealizado. Dessa maneira, a escolha pela Caverna Capixaba (Casa de Pedra) deu-se pelo grande potencial espeleológico da região de Tamarana/PR, município onde a cavidade está inserida, e pela falta de estudos mais aprofundados da mesma.

A principal finalidade deste trabalho foi de realizar a caracterização espeleológica da Caverna Capixaba (Casa de Pedra) no município de Tamarana/PR. Foi realizado um levantamento detalhado de dados de temperatura; fauna e flora

local; clima; geologia e geomorfologia regionais; gênese e evolução espeleológica; presença de túneis, galerias; tipos de rocha e minerais presentes na cavidade; presença de corpos hídricos; resquícios históricos e outros, criando um mapa de projeção e perfil longitudinal da mesma, para a partir de então apresentar análises acerca da importância do estudo espeleológico da cavidade estudada para o meio científico e comunidade em geral.

O desenvolvimento da pesquisa deu-se em quatro partes: a primeira composta pela fundamentação teórica; a segunda diz respeito a caracterização da área de estudo; a terceira sendo os materiais e métodos e a quarta e última parte, abrangendo as discussões e resultados da pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESPELEOLOGIA: BREVE HISTÓRICO

A história da humanidade não pode ser escrita sem que haja menção as cavernas. A relação entre o homem e o ambiente cavernícola é tão antiga quanto a sua própria história e representa uma relação intrínseca na evolução de conceitos que definem o homem como ser cultural. (LINO, 2001, p.17).

As cavernas tornaram-se objetos de estudo somente a partir da segunda metade do século XIX. A espeleologia (do grego 'spelaion') surge como uma ciência integrando os vários campos do conhecimento, tais como arqueologia, biologia, geografia, geologia, hidrologia, química e paleontologia, associada à exploração técnica e esportiva desses ambientes (BICALHO, 2003, p.1).

Para Lino (2001, p.37) coube a Édouard-Alfred Martel o título de “pai da espeleologia”, pois foi responsável pelos primeiros trabalhos através dos quais deu a essa nova ciência o esboço teórico necessário.

[...] ao longo das três primeiras décadas do século XX, surgiram pesquisadores que, especializando-se em áreas mais restritas, foram marcando desde cedo o caráter interdisciplinar dessa nova ciência. Assim, entre outros, destacam-se os trabalhos de Jeannel e Racovitza no âmbito da biologia subterrânea; Robert de Jolly e Norbert Casteret na exploração técnica e esportiva desses espaços e o Grupo de Geomorfólogos de Viena - Cvijic, Penk, Grund nos estudos sobre o carste, relevos calcários onde se desenvolvem as cavernas (LINO, 2001, p.37).

No Brasil, com a chegada dos portugueses, muitas cavernas foram utilizadas como fonte de retirada do salitre nas áreas litorâneas, devido ao solo rico em nitrato, utilizado como matéria prima para a fabricação de pólvora. O avanço em direção ao interior do país foi, aos poucos, revelando o descobrimento de novas cavernas (AULER; ZOGBI, 2005, p.11).

Para Figueiredo (2011, p.382) coube ao naturalista dinamarquês, Peter Lund, os primeiros trabalhos mais importantes da paleontologia e espeleologia brasileira, dedicando estudos relacionados à flora e fauna cavernícola nos arredores do Rio de Janeiro. Outro importante propulsor das atividades espeleológicas no Brasil, Ricardo Krone, obteve um papel fundamental no engrandecimento da espeleologia nacional, utilizando como base para exploração e prospecção paleontológica os estudos de Peter Lund, destacando-se como iniciador desse tipo de levantamento sistemático com caráter científico, no final do século XIX.

Para Sessegolo, Silva-da-Rocha e Lima (2006, p.3) o primeiro indicativo sobre cavernas no Paraná data de 1803, através de relatos do viajante Martin Francisco de Andrada, que descreveu sua visita à Gruta da Ermida ou Gruta Estalactítica, no qual parecia se referir o que se conhece atualmente como a gruta dos Jesuítas, no Parque Estadual de Campinhos.

No final do século XIX, foram vários os relatos de aventuras cavernícolas de importantes personagens da história paranaense, tais como Sebastião Paraná, Engenheiro Monteiro Tourinho, Visconde Taunay, Lamenha Lins e Olímpio de Sá Sobrinho. Estes relatos foram importantes para história da espeleologia paranaense devido à riqueza de detalhes e principalmente pelas técnicas, acessos, métodos e equipamentos avançados para a época. (SESSEGOLO; SILVA-DA-ROCHA; LIMA, 2006, p.3).

Com a chegada do espeleólogo Michel Le Bret, em 1959, inicia-se um trabalho de exploração no vale do Rio Ribeira do Iguape, pois este oferecia em seu curso médio, uma vasta zona de grandes montanhas calcárias. Devido ao excessivo número de cavernas, acreditava-se que uma exploração metódica nesta região traria uma contribuição eficaz à paleozoologia brasileira (LE BRET, 1995, p.17).

Os últimos anos da década de 1950 foram marcados pela criação da seção de espeleologia do Clube Alpino Paulista, composto principalmente por espeleólogos europeus. Esses espeleólogos seriam os responsáveis pela retomada das explorações de Krone no vale do ribeira e pela realização do primeiro Congresso Brasileiro de Espeleologia, em 1964, na Gruta Casa de Pedra. Os três congressos subsequentes, realizados em Ouro Preto (MG) deram vida a SBE (Sociedade Brasileira de Espeleologia), em 1969 (LINO, 2001, p.38-39).

Foi somente a partir de 1960 que houve o registro contínuo de diversas expedições em cavernas aliando aventura, esporte e trabalho científico, destacando-se os trabalhos entre 1966 e 1969 do Grupo Espeleológico Organizado – GEO e do Grupo de Espeleologistas “Os Morcegos”, ambos de Curitiba (SESSEGOLO; SILVA-DA-ROCHA; LIMA, 2006, p.4).

Além desses, vale destacar os trabalhos pioneiros do Espeleo-Clube de Londrina, em especial os levantamentos topográficos realizados no final da década de 60 e início dos anos 70 por Pierre Martin, Guy Collet e F. Magariño nas grutas de Pinhalzinho (Sengés), dos Jesuítas (Tunas) e Bacaetava (Colombo) e dos estudos realizados por meio de mergulho em abismos realizados nas Furnas do Parque Estadual de Vila Velha pelo

grupo paulistano Bandeirantes do Mar. Em torno desse mesmo período merecem destaque os trabalhos desenvolvidos pelos irmãos Karl e Gerhard Grube, não apenas registrando a existência de diversas cavernas na região de Curitiba, até então pouco ou nada conhecidas, como também traçando perfis topográficos de ricos detalhes (SESSEGOLO; SILVA-DA-ROCHA; LIMA, 2006, p.4).

A partir da década 1970 é lançada a revista Espeleo-Tema da SBE, apresentando planos de manejo para diversas cavernas turísticas dando início a luta dos espeleólogos pela preservação do patrimônio espeleológico nacional (LINO, 2001, p.40).

Para Auler e Zogbi (2005, p.14) nas décadas de 1970 e 1980 surgiram vários grupos de espeleologia que foram responsáveis pela consolidação da ciência espeleológica brasileira como o Espeleo Grupo de Brasília, o Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, de Belo Horizonte, o Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná, o Grupo Pierre Martin de Espeleologia e a União Paulista de Espeleologia, de São Paulo, bem como diversos outros grupos nos vários estados brasileiros.

Desde 1990 até os dias atuais, a espeleologia brasileira experimentou um grande avanço em termos técnicos e científicos, no entanto, encontra-se praticamente estagnada em relação ao número de praticantes (AULER; ZOGBI, 2005, p.15).

Houve ampliação no quadro de cavernas descobertas e cadastradas, passando de aproximadamente 300, em 1976, para 5.508 cavernas em junho de 2011; entretanto, os especialistas consideram que exista um potencial para 100.000 cavernas. Sendo que enquanto as maiores cavernas em extensão estão nos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais, todas em calcário, os maiores desníveis estão São Paulo e Minas Gerais, com exceção para a caverna mais profunda do Brasil e América Latina que está no estado do Amazonas, e que as 4 mais profundas são formadas em rochas quartzíticas. E a maior gruta granitóide do hemisfério sul está no estado de São Paulo (FIGUEIREDO, 2011, p. 391).

Ao longo desse período o Brasil avançou consideravelmente no que diz respeito à proteção das cavernas. A partir de 1988 cria-se o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. A partir de então houve diversos decretos de parques para proteção de cavernas, executaram-se planos de manejo para cavernas turísticas e foi aprovada, pelo Congresso Nacional, a lei geral de proteção às cavernas. Cria-se também o CECAV (Centro de Estudos, Proteção e Manejo de Cavernas), vinculada ao órgão ambiental federal, atuando em parceria com a SBE (LINO, 2001, p.41).

Lino (2001, p.41) acrescenta que a espeleologia brasileira ampliou sua participação no cenário internacional com a organização de expedições em outros países e participações com publicações em congressos internacionais. Segundo Auler e Zogbi (2005, p.15) atualmente a espeleologia brasileira encontra-se no mesmo nível do que se faz em países mais desenvolvidos, embora seja praticada em menor escala.

2.2 DEFINIÇÃO E GÊNESE DE CAVERNAS

Para melhor compreender a gênese e evolução das cavernas é necessário conhecer as paisagens, os componentes que nelas estão inseridos e os processos que modelam um relevo peculiar conhecido como relevo cárstico (LINO, 2001, p.94).

Dentre as particularidades das regiões cársticas estão a ausência de rios superficiais, já que a maior parte da água corre por condutos e cavidades subterrâneas, e o fato do relevo se desenvolver em rochas solúveis como calcários, dolomitos, podendo ocorrer também em arenitos, quartzitos, sal e gesso (AULER; ZOGBI, 2005, p.16).

Há algumas paisagens que possuem feições tipicamente cársticas, como dolinas e cavernas, porém não são originadas sobre rochas solúveis como em um verdadeiro carste. Um exemplo de paisagens pseudocársticas são as cavernas da Serra dos Carajás no estado do Pará, desenvolvidas em meio a rochas ferríferas (PILÓ; AULER, 2011, p.8).

Dessa forma, as cavernas podem ser consideradas como um componente do relevo cárstico. A definição de caverna proposta pelo pesquisador Clayton Ferreira Lino e oficializada pela Sociedade Brasileira de Espeleologia em 1975, define cavernas como:

[...] cavidades subterrâneas penetráveis pelo homem, formadas por processos naturais, independentemente do tipo de rocha encaixante ou de suas dimensões, incluindo o seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, as comunidades animais e vegetais ali abrigadas e o corpo rochoso onde se inserem (LINO, 2001, p.94).

As cavernas podem ser classificadas quanto a sua morfologia de acordo com suas dimensões físicas: grutas, abrigos sob rocha, tocas, abismos,

fossos e dolinas. Essa classificação é utilizada para fins de cadastro espeleológico (LINO, 2001, p.95).

Quadro 1 – Classificação das cavernas quanto as suas dimensões físicas.

Nomenclatura	Dimensões físicas
Grutas	Desenvolvimento horizontal de pelo menos 20 metros.
Abrigos sob rocha	Pouco profundas e abrigadas em paredes rochosas
Tocas	Semelhantes às grutas, porém com até 20 metros de desenvolvimento horizontal.
Abismos	Desenvolvimento vertical com desnível igual ou superior a 10 metros, e diâmetro de entrada menor que seu desnível.
Fossos	Desenvolvimento vertical com desnível inferior a 10 metros, e diâmetro de entrada menor que seu desnível.
Dolinas	Depressões fechadas, circulares ou elípticas (em geral, mais largas que profundas) formadas por dissolução em superfícies rochosas ou por abatimentos gerados por dissolução de rochas em profundidade, com diâmetro variando de poucos a centenas de metros.

Fonte: Lino (2001, p.95)

Para Spoladore (2004, p.11) a alta capacidade de dissolução dos carbonatos e dos minerais chamados de evaporitos é bem conhecida. Assim, é

natural que as cavernas se desenvolvam mais facilmente em litologias ricas nesses minerais.

Da mesma forma, é imprescindível o papel importante que a água exerce no desenvolvimento de qualquer cavidade subterrânea, dado o fato de ser um poderoso solvente e acelerador do processo erosivo, servindo como um meio de locomoção para as demais substâncias e partículas (SPOLADORE, 2004, p. 12).

A água, além de dissolver e remover o material no interior da caverna, pode também depositar sedimentos, no entanto, mesmo ocorrendo predominantemente a dissolução, é necessário também que ocorra o processo de remoção mecânica do material insolúvel (SPOLADORE, 2004, p.12).

De acordo com Auler e Piló (2011, p.25) o processo básico de dissolução que provoca a geração de formas cársticas em regiões calcárias pode ser sintetizado pela equação: $H_2O + CO_2 + CaCO_3 = 2HCO_3^- + Ca^{2+}$.

A água da chuva absorve dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera e se torna ácida devido à formação de ácido carbônico (H_2CO_3). Esta água ao entrar em contato com a rocha já é capaz de dissolver o calcário. Esta mesma água, ao penetrar no solo absorve ainda mais dióxido de carbono associado a raízes de plantas e ao húmus. Ao atingir a rocha a água estará bastante ácida, podendo então dissolver o calcário e alargar as fraturas da rocha (AULER; PILÓ, 2011, p.25).

Segundo Spoladore (2004, p.13) com a formação do carbonato de cálcio as juntas vão se alargando gradativamente, originando as cavernas.

As águas de chuva aciduladas pelo gás carbônico atmosférico e do solo, quando se infiltram pelas juntas e diaclases das rochas carbonáticas, dissolvem e transportam, em solução, o bicarbonato de cálcio originado da reação. Quando esta mistura emerge no teto de uma caverna, esta solução aquosa ficará dependurada até atingir um determinado volume e peso que, aliado com a ação da gravidade, fará com que a gota caia. Neste período em que a gota fica no teto da caverna, ocorre a liberação do gás carbônico. Como consequência, dá-se a precipitação de parte do bicarbonato de cálcio dissolvido. Dessa forma, cristalizam-se os primeiros cristais de carbonatos de cálcio que originarão diferentes espeleotemas ou ornamento das cavernas, tais como as estalactites. Ao cair, a gota ainda carrega consigo bicarbonato de cálcio em solução, o qual será depositado no piso originando outros espeleotemas como, por exemplo, a estalagmite (SPOLADORE, 2004, p.13).

Se por um lado a solubilidade dos carbonatos e evaporitos são incontestáveis, as rochas ricas em quartzo (arenito, quartzito e conglomerados) tem sido objeto de estudo de diversos autores, tais como Hardt (2003), Spoladore (2004), Spoladore (2005a), Spoladore (2005b), Archela e Spoladore (2007), Klimchouk (2009), dentre outros, considerando a dissolução da sílica como explicação da criação e desenvolvimento de cavernas em tais litologias.

De acordo com Martini (2000 apud HARDT, 2003, p.14) a dissolução do quartzo em água é essencialmente um processo simples de hidratação, originando o ácido sílico, representada pela equação: $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4$.

Quartzitos e arenitos são rochas assemelhadas, compostas principalmente por sílica, sendo que os quartzitos são basicamente arenitos que sofreram metamorfismo, ou seja, foram sujeitos à alta temperatura e pressão. Os processos espeleogenéticos que atuam em arenitos e quartzitos são similares (AULER; PILÓ, 2011, p.34).

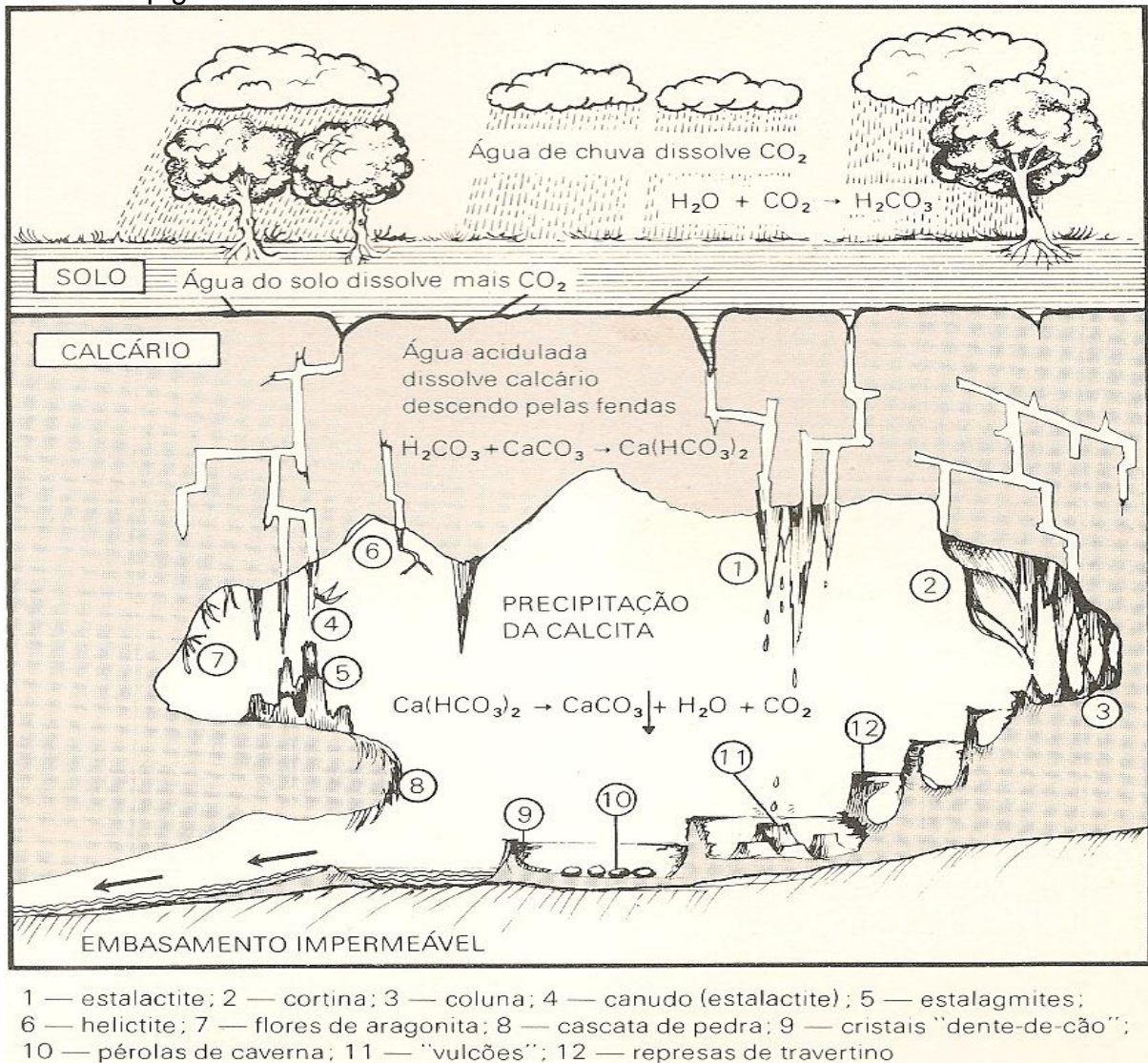
Contudo, a dissolução possui um papel inicial importante, mas quantitativamente menor, se comparado com a evolução por erosão, que é responsável pelo contínuo alargamento dos condutos. Dessa forma, uma primeira fase dissolutiva leva a remoção do cimento silicoso, unindo os grãos de quartzo, ou mesmo à dissolução das bordas dos cristais de quartzo, fazendo com que os mesmos se soltem. Por sua vez, a ação erosiva da água, remove os grãos, alargando os condutos e originando as cavernas. (AULER; PILÓ, 2011, p.34).

2.2.1 Epigênese e Hipogênese

No geral, os estudos e conceitos relacionados à gênese de cavernas, consideram dois padrões principais denominados epigênese e hipogênese.

De acordo com Ros, Llamusi e Sánchez (2014, p.6) na espeleogênese tradicional ou epigênica a caverna se desenvolve a partir da infiltração das águas superficiais que alcançam o interior do maciço cárstico, pela ação da gravidade, originando fluxos a partir das formas superficiais (lapiaz, dolinas, sumidouros, etc.).

Figura 1 - Processo de dissolução química que provoca a geração de formas cársticas epigênicas.



Fonte: Adaptado de LINO; ALLIEVI (1980, p.43).

Segundo Auler e Piló (2011, p.29) cavernas epigênicas são aquelas geradas pelo fluxo de água a partir de zonas de recarga na superfície, oriundas de águas meteóricas (de chuva ou de rios superficiais), compreendendo a grande maioria das cavernas existentes.

No entanto, várias cavernas, incluindo a maior do Brasil e algumas das maiores do mundo, ocorrem devido a ação química de águas ascendendo em profundidade, ou acidificadas no interior do maciço rochoso. Esta categoria recebe o nome de cavernas hipogênicas (AULER; PILÓ, 2011, p.29).

De acordo com Klimchouk (2009, p.6) as cavernas hipogênicas são geralmente consideradas o oposto das cavernas tradicionais ou epigênicas. Entende-se por hipogênese o processo de formação de cavernas através de águas

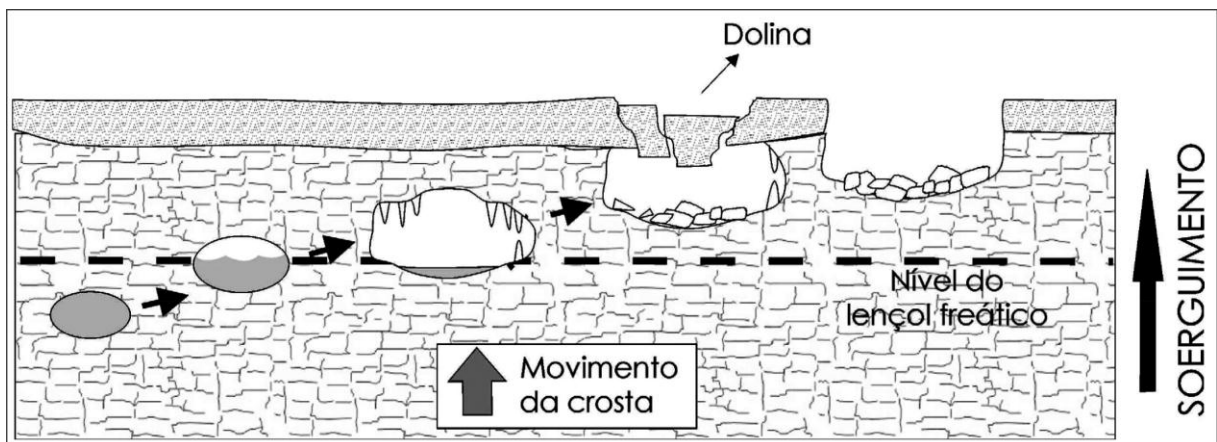
que dissolvem a rocha por fluxo ascendente, conduzido por pressão hidrostática ou outras fontes de energia (FORD, 2006 apud KLIMCHOUK, 2009, p.6).

Em cavidades de origem hipogênica a porosidade nas rochas possui distribuições e padrões diferentes das epigênicas. Em cavernas hipogênicas há a abertura de caminhos através de fratura e colapso em consequência da crescente porosidade na parte inferior da caverna (KLIMCHOUK, 2009, p.6).

Em uma caverna hipogênica, o agente ativo na dissolução provém da subsuperfície, podendo ser tanto ácido carbônico quanto ácido sulfúrico. A água ascendente, normalmente aquecida devido à profundidade, pode vir carregada destes ácidos. Cavernas criadas desta forma são denominadas cavernas hidrotermais. Ácido sulfúrico é o agente principal na gênese de muitas cavernas hipogênicas. Pode ser produzido a partir do gás H₂S que ascende pela rocha e se mistura com a água subterrânea produzindo o ácido sulfúrico que dissolve a caverna (AULER; PILÓ, 2011, p.33).

Pelo fato de serem originadas a partir do interior da rocha, cavidades hipogênicas não possuem qualquer relação com o terreno superficial. Suas entradas são normalmente abatimentos ocasionais devido à interceptação de condutos preexistentes quando do rebaixamento natural da superfície. Sedimentos fluviais são em geral ausentes e a mineralogia dos espeleotemas é distinta. Pendentes, cúpulas e forte intemperismo na rocha são outras feições típicas. Em alguns casos cavernas hipogênicas não possuem entradas, podendo conservar-se à margem das descobertas espeleológicas, dando a falsa impressão de que representam uma tipologia rara no contexto espeleológico (AULER; PILÓ, 2011, p.33).

Figura 2 – Processo típico de formação de uma cavidade hipogênica.



Fonte: AULER; PILÓ (2011, p.34).

2.3 OCORRÊNCIA DE CAVERNAS ARENÍTICAS NO BRASIL

Ressalta-se que há uma indefinição ainda presente no âmbito espeleológico para definir quais os critérios que denominam uma paisagem como sendo cárstica. Alguns autores defendem que é necessário que o transporte de massa em solução seja mais relevante que o transporte de massa por outros processos. Entretanto, tais mecanismos, no contexto da dinâmica da paisagem, são marcados por descontinuidades, geralmente de difícil avaliação. Um exemplo são os processos de dissolução na gênese de cavernas nas formações ferríferas de Minas Gerais e do Pará (PILÓ; AULER, 2011, p.9).

Para Sessegolo, Silva-Da-Rocha e Lima (2006, p.8) a maior parte das cavernas desenvolvem-se em rochas carbonáticas, dado o fato de tais rochas possuírem um alto grau de solubilidade. No mundo cerca de 90% das cavernas formam-se em rochas carbonáticas, entretanto no Brasil essa porcentagem é um pouco menor, pois no país existe um grande potencial espeleológico para o desenvolvimento de cavidades em rochas não carbonáticas (areníticas/quartzíticas), ainda que pouco conhecidas e estudadas.

Tomando por base as ideias de Huntoon (1995) os autores Klimchouk e Ford (2000, p.46) definem o carste como sendo um sistema integrado de transferência de massa em rochas solúveis, onde há uma permeabilidade estrutural, caracterizada por condutos de dissolução estruturados para facilitar a circulação dos fluídos.

Nessa definição não é necessário que as rochas sejam de uma litologia específica, podendo abranger todo tipo de rocha que possua algum grau de solubilidade, mesmo que pequeno.

Para Hardt (2003, p.3) “a existência de um conjunto de formas cársticas em uma determinada área determinaria a existência de um relevo cárstico, independente do processo ou processos envolvidos na estruturação deste relevo”.

Ao longo de todo o território nacional existem diversas formas que podem ser considerados carste, que ocorrem no arenito. No Parque Nacional da Serra da Capivara, em áreas do sul de Goiás, no Mato Grosso, na região da Chapada dos Guimarães, no sul do país, bem como no Pará, e certamente em demais áreas onde ocorrem arenitos (HARDT, 2003, p.36).

Os arenitos são rochas compostas principalmente por sílica e quartzo, que são pouco solúveis, mas sob clima quente, pode sofrer lenta dissolução. Esta dissolução permite que a água circule em pequenos canais removendo os grãos de quartzo e alargando o conduto por ação mecânica. Estes processos ocorrem nos planos de descontinuidade da rocha (AULER; PILÓ, 2011, p.34).

Lino (2001, p.105) propõe a retomada do termo “carste arenítico”, pouco utilizado no meio espeleológico, por ser o mais adequado para caracterizar essas regiões areníticas.

Observa-se que o carste não está exclusivamente associado a rochas carbonáticas, visto que pode ser encontrado em outras litologias. Sem entrar na polêmica sobre denominação de relevos cársticos através de suas formas e/ou processos, classificando-os como sendo cársticos ou não, busca-se neste item evidenciar a potencialidade de ocorrência de cavidades em arenitos no Brasil.

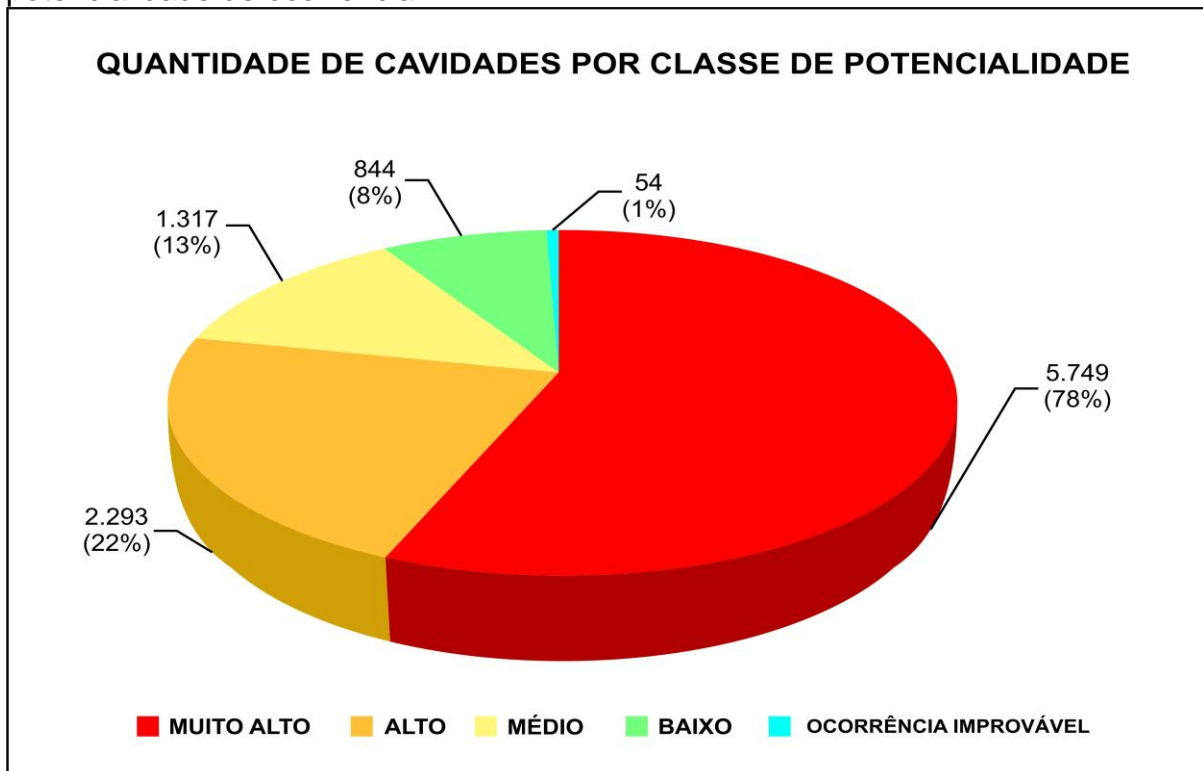
As cavidades naturais em arenito são, via de regra, menores quanto ao desenvolvimento total, quando comparadas com as cavernas calcárias. Além disso, sua ornamentação em espeleotemas é relativamente rara a inexistente, estando sua ocorrência dependente da presença de lentes, camadas ou cimento de composições calcíticas, quartzosas ou mesmo férrica (ARCHELA; SPOLADORE, 2007, p. 15).

Segundo Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012, p.48) dados recentes mostram que no Brasil, 78,4% das cavidades são formadas em rochas carbonáticas (calcário, dolomito, mármore, etc.) e encontram-se em áreas com grau de potencialidade de ocorrência de cavernas muito alto e alto, confirmando que grande parte das 10.476 cavernas brasileiras cadastradas no banco de dados do CECAV desenvolvem-se basicamente em rochas carbonáticas e em formações ferríferas, de acordo com o quadro 2 e figura 3.

Quadro 2 – Grau de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil por litotipos.

LITOTIPO	GRAU DE POTENCIALIDADE
Calcário, Dolomito, Evaporito, Formação ferrífera bandada, Itabirito e Jaspírito.	MUITO ALTO
Calcrete, Carbonatito, Mármore, Metacalcário e Marga.	ALTO
Arenito, Conglomerado, Filito, Folhelho, Fosforito, Grauvaca, Metaconglomerado, Metapelito, Metassiltito, Micaxisto, Milonito, Quartzito, Pelito, Riolito, Ritmito, Rocha calci-silicática, Siltito e Xisto.	MÉDIO
Demais litotipos (Anortosito, Arcóseo, Augengnaisse, Basalto, Chamockito, Diabásio, Diamictito, Enderbitto, Gabro, Gnaisse, Granito, Granitóide, Granodiorito, Hornfels, Kinzigito, Komatito, Laterita, Metachert, Migmatito, Monzogranito, Oliva gabro, Ortoanfíbólito, Sienito, Sienogranito, Tonalito, Trondhjemito, entre outros)	BAIXO
Aluvião, Areia, Argila, Cascalho, Lamito, Linhito, Demais sedimentos, Turfa, e Tufo.	OCORRÊNCIA IMPROVÁVEL

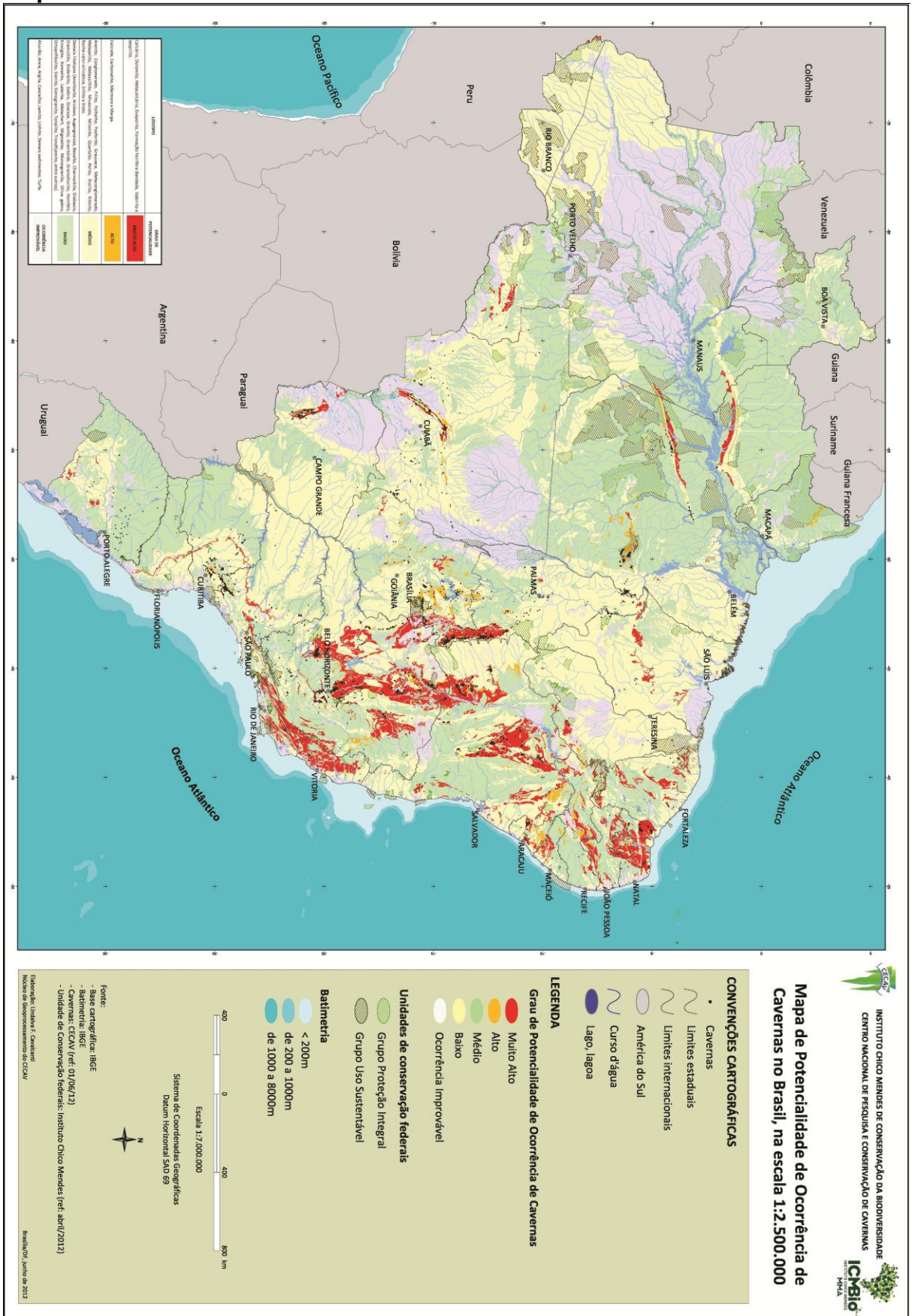
Fonte: Adaptado de Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012, p.49).

Figura 3 – Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Brasil por grau de potencialidade de ocorrência.

Fonte: Adaptado de Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012, p.50).

Em contrapartida, 12,8% das cavidades naturais estão localizadas em áreas com grau de potencialidade médio, em especial os arenitos e quartzitos que possuem vários registros de ocorrência em todo o território brasileiro. As demais classes do grau de potencialidade de ocorrência de cavernas somam apenas 8,7% (JANSEN; CAVALCANTI; LAMBLÉM, 2012, p.52).

Mapa 1 - Potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil.



Fonte: Jansen, Cavalcanti e Lamblém (2012, p.51).

2.4 OCORRÊNCIA DE CAVERNAS EM ARENITO NO PARANÁ

Cavernas areníticas são bastante frequentes em todo território nacional, havendo importantes concentrações em algumas regiões brasileiras, em especial nos estados de São Paulo e Paraná (AULER; ZOGBI, 2005, p.39).

No estado do Paraná há a ocorrência de cavernas areníticas principalmente na região de transição entre os chamados Segundo e Terceiro Planalto Paranaense, onde se destacam cavidades nos municípios de União da Vitória, Tamarana, Rio Azul, Ortigueira, São Jerônimo da Serra, Ribeirão Claro e Santo Antônio da Platina (OLIVEIRA; SPOLADORE, 2010, p.6).

Para Archela e Spoladore (2007, p.16) as cavernas em arenito “distribuem-se preferencialmente ao longo dos sedimentos arenosos pertencentes à Formação Botucatu, bordejando o front da cuesta (Serra do Cadeado), ainda no Segundo Planalto Paranaense”.

Entretanto, há a ocorrência de cavernas em na região sul do estado, próximo a Ponta Grossa, pertencentes à Formação Furnas. Do mesmo modo, há também a Formação Itararé, na região de Sengés e Ventania que também apresentam cavidades neste tipo de litologia (OLIVEIRA; SPOLADORE, 2010, p.6).

Segundo Spoladore, Bisogni e Arrabal (2007, p.301) nas áreas de afloramento do arenito Furnas, são comuns formas cársticas areníticas como cânions, gaps, abismos e fendas, rios subterrâneos, entre outras. O próprio rio Itararé, localizado entre o estado de São Paulo e Paraná apresenta vários trechos subterrâneos que originam cavernas.

Martins (1985) divide as regiões onde se encontram as cavidades em arenito denominando-as de Províncias Espeleológicas Areníticas, que consiste em uma região de mesma unidade geológica (formação ou grupo) localizada em áreas com características geomorfológicas onde ocorrem rochas areníticas suscetíveis ao desenvolvimento de cavernas (Apud SPOLADORE, 2005b, p.137).

Dessa forma, Spoladore (2005b, p.137) sugere uma proposta de classificação das áreas de ocorrência de cavernas areníticas no estado do Paraná nas seguintes Províncias e Distritos Espeleológicos:

- Província Espeleológica Arenítica Serra Geral – subdividida em Distrito Espeleológico Arenítico de São Jerônimo da Serra; Distrito Espeleológico Arenítico de Tamarana/Ortigueira/Mauá da Serra/Rosário do Ivaí; Distrito Espeleológico Arenítico de Ribeirão Claro/Santo Antônio da Platina e Distrito Espeleológico Arenítico de União da Vitória/Rio Azul/Mallet;

- Província Espeleológica Arenítica do Grupo Itararé – subdividida em Distrito Espeleológico Arenítico de Itararé; Distrito Espeleológico Arenítico de Ventania e Distrito Espeleológico Arenítico de Vila Velha;

- Província Espeleológica Arenítica Formação Furnas – subdividida em Distrito Espeleológico Arenítico de Ponta Grossa e Distrito Espeleológico Arenítico de Sengés (SPOLADORE, 2005b, p.137).

Como exemplo de cavernas na Província Espeleológica Arenítica Serra Geral cita-se: a Gruta Arco Verde e Gruta do Cedro, no município de São Jerônimo da Serra; Gruta da Água Virtuosa e Gruta da Boca Abatida, em Ribeirão Claro; Gruta do índio e Gruta da Serra, em União da Vitória; Caverna da Homenagem, em Rosário do Ivaí; Caverna Manain, em Mauá da Serra; Gruta das Colunas, em Ortigueira; Gruta do Albino, Gruta do Inocente e Caverna Capixaba (Casa de Pedra), em Tamarana, sendo esta objeto de estudo do presente trabalho (SPOLADORE, 2005a, p.133; SPOLADORE, 2005b, p.138).

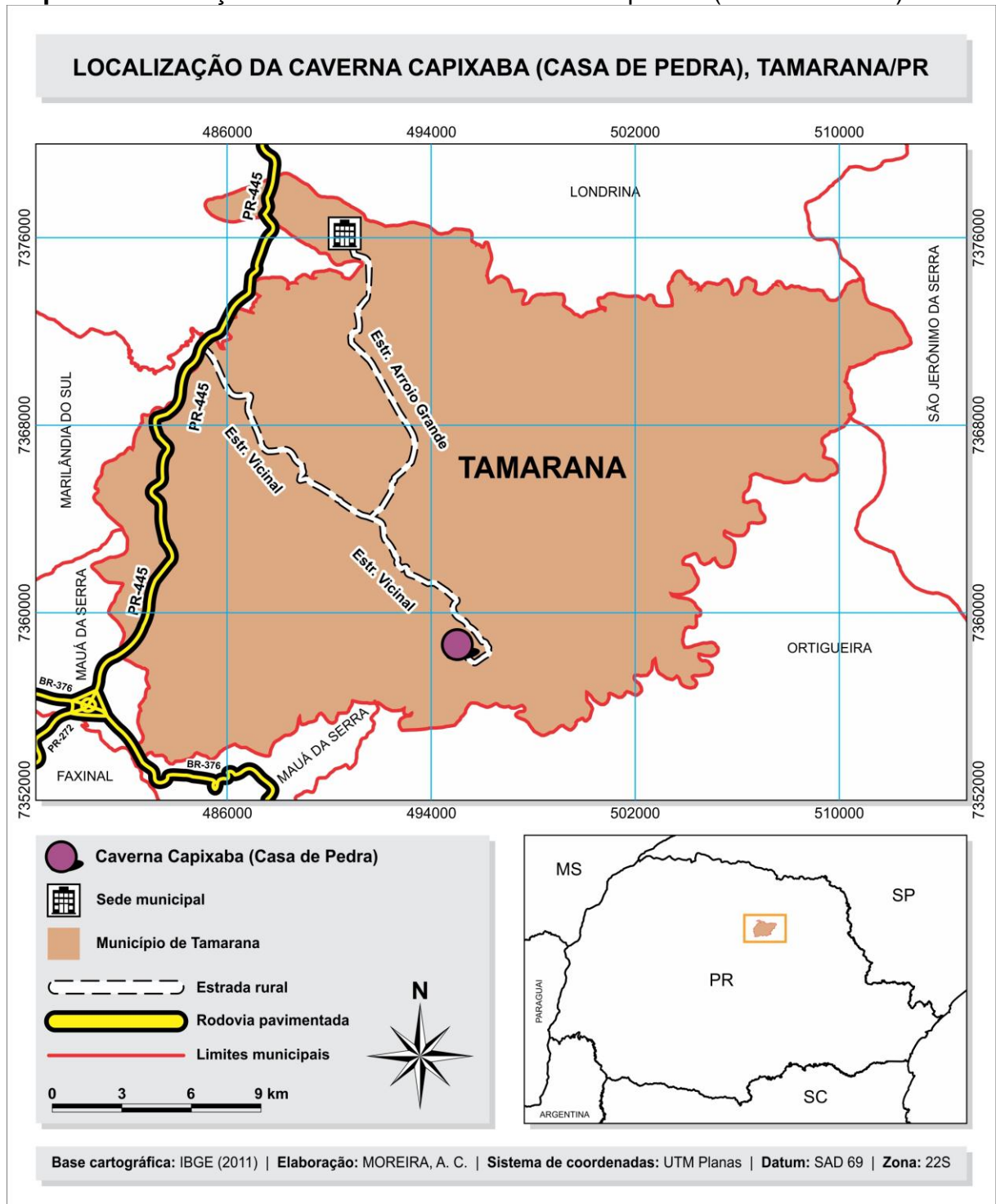
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A caverna em estudo situa-se no município de Tamarana próximo ao limite sul com o município de Ortigueira/PR. Sua entrada posiciona-se nas coordenadas geográficas 51°02'30.34" de longitude oeste e 23°53'22.31" sul de latitude, a uma altitude de 843 metros, no Sítio Meia Serra.

O acesso, a partir de Londrina/PR, é feito pela Rodovia Celso Garcia Cid (PR-445), percorrendo 57,9 km sentido sul, e mais 20,2 km sentido sudeste em estrada vicinal. Para acessar a caverna a partir de Tamarana/PR utiliza-se a Estrada Rural Arroio Grande, seguindo por 20,9 km sentido sul, e mais 2,5 km sentido sudeste em estrada vicinal (mapa 2).

Mapa 2 - Localização e vias de acesso à Caverna Capixaba (Casa de Pedra).



Fonte: o próprio autor.

3.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

O município em questão localiza-se na mesorregião geográfica Norte Central Paranaense e microrregião de Londrina, tendo como municípios limítrofes, a nordeste São Jerônimo da Serra, a sudeste Ortigueira, a sudoeste Mauá da Serra, a oeste Marilândia do Sul e ao norte Londrina (IBGE, 2011).

A unidade territorial de Tamarana recobre uma área de 472,155 km². A população estimada para 2015 é de 13.730 habitantes. Atualmente sua economia é diversificada, com destaque à agropecuária que responde por 45% do PIB do município (IBGE, 2015).

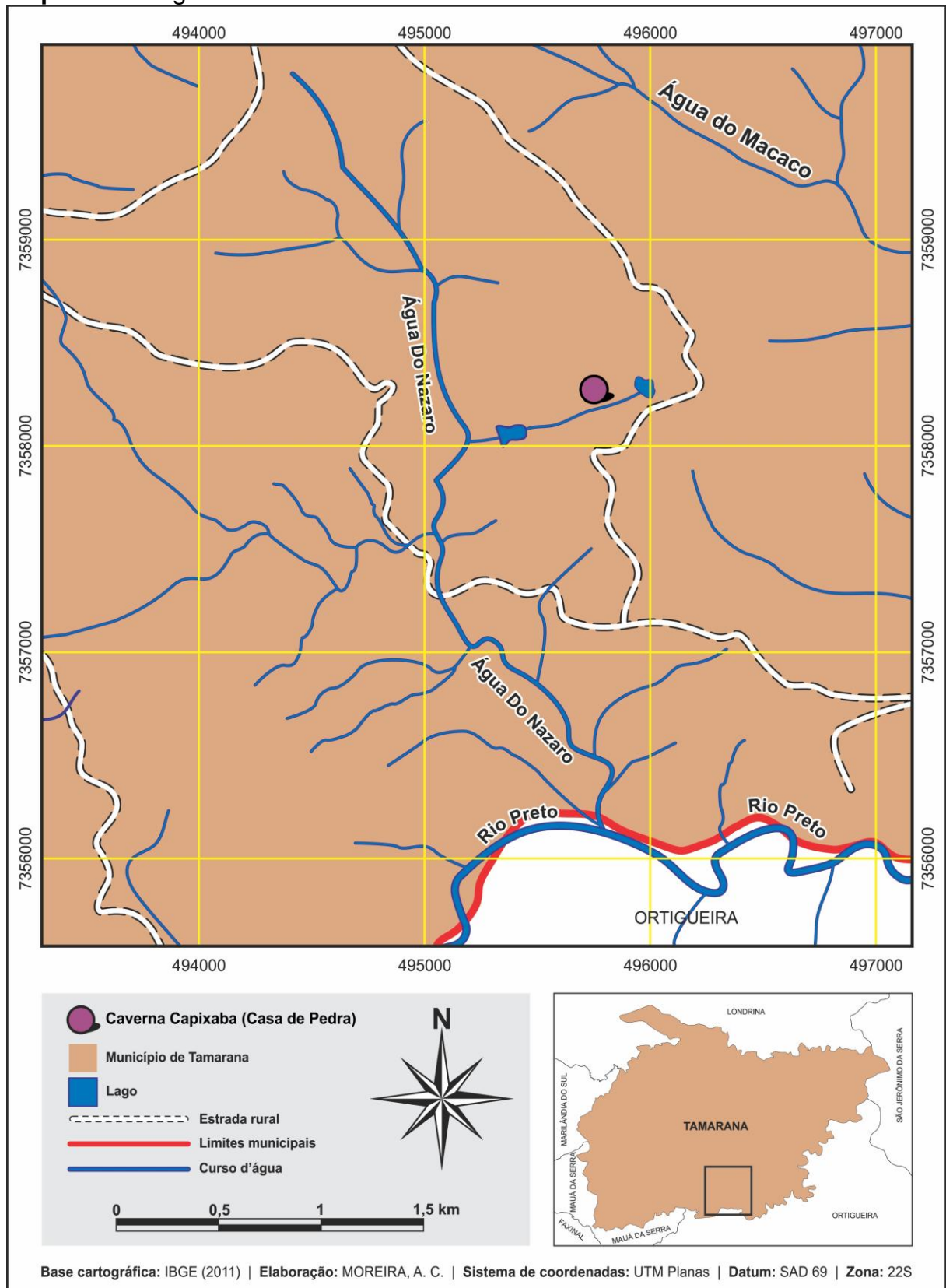
3.2.1 Hidrografia

O município de Tamarana encontra-se na porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi próximo ao divisor de águas da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí. Abrange as micro bacias hidrográficas do Rio do Meio, Rio Preto, Rio Claro, Rio Valêncio, Rio Gama, Rio Branco, Rio do Ernesto, Rio Apucarana e o Rio Apucarantina, dentre outros afluentes que compõem a hidrografia do município. (PARANÁ, 2006; OLIVEIRA, 2008, p.14).

No Rio Apucarantina, destaca-se a usina hidrelétrica que iniciou suas atividades de operação comercial em 1949, oriundo do aproveitamento do Salto Grande, no Rio Apucarantina, no município de Tamarana, antes pertencente à Londrina. O salto, com 125 metros de altura, localiza-se em um vale suspenso na margem do leito do Rio Tibagi. Distante 26 km da sede do município, possui uma área de drenagem de 580 km² (COPEL, 1999, p.2).

A caverna em estudo insere-se na vertente norte da Bacia do Rio Preto, situando-se próximo a um rio sem denominação formal, o qual é afluente do Rio Água do Nazaro, que por sua vez deságua no Rio Preto já no limite municipal com Ortigueira (mapa 3).

Mapa 3 - Hidrografia da área de estudo.



Fonte: o próprio autor.

3.2.2 Clima

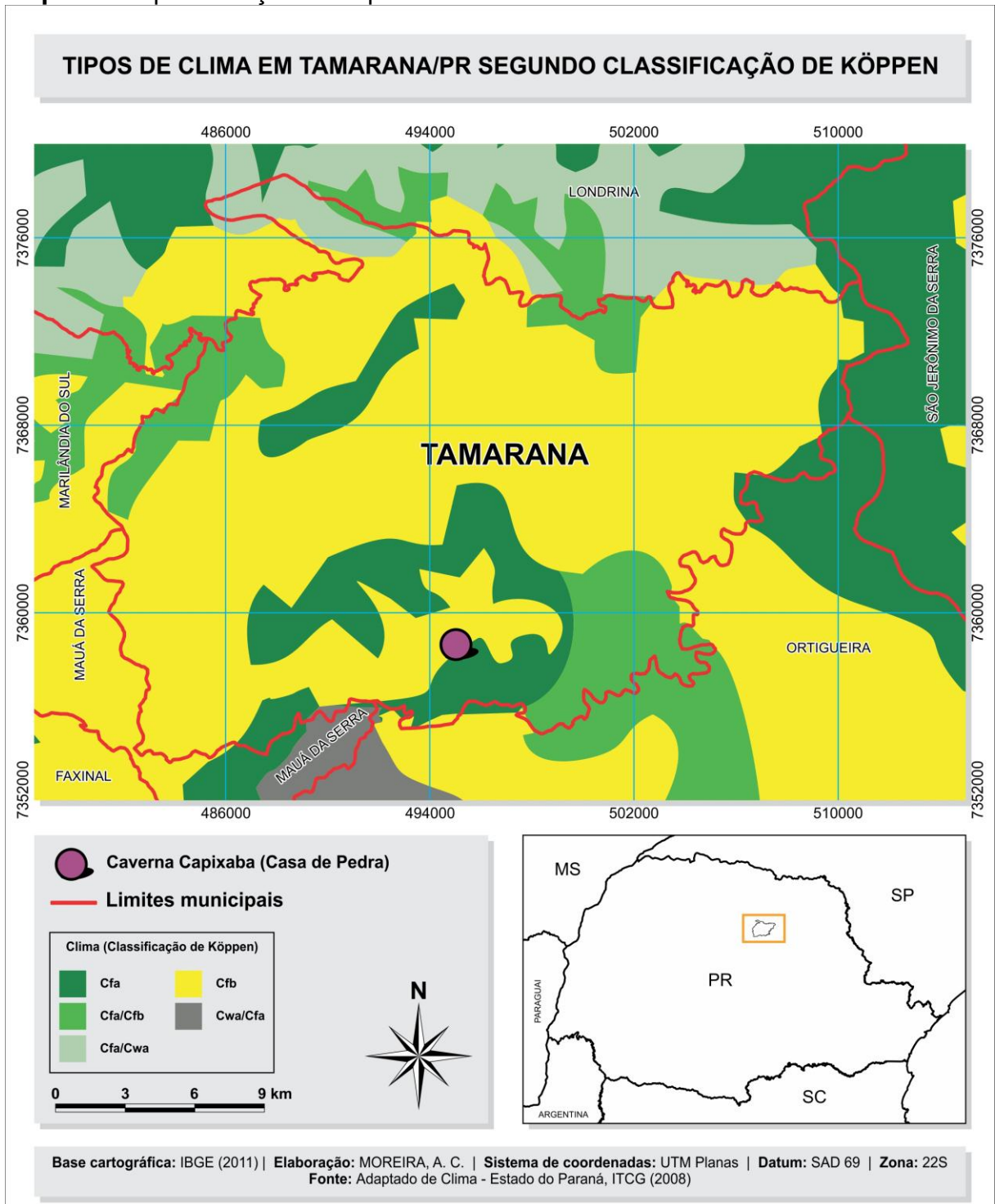
Para Santos, Chung e Celligoi (2013, p.81) “as condições médias da atmosfera que identificam o clima de uma dada região são definidas segundo a situação geográfica de localização em relação ao planeta”.

[...] situado no Hemisfério Sul e cortado pela linha do Trópico de Capricórnio, o estado do Paraná sofre influências de alguns fatores macro climáticos que lhe garantem o predomínio do clima subtropical. Porém, a conformação topográfica paranaense atribui algumas diferenciações em relação aos subtipos climáticos (SANTOS; CHUNG E CELLIGOI, 2013, p.81).

Willhelm Köppen elaborou uma classificação climática planetária considerando, simultaneamente a temperatura, precipitação e distribuição dos tipos de vegetação. Esse modelo compreende um conjunto de letras que representam características especiais sazonais, no qual se destaca o grupo C (climas temperados chuvosos e moderadamente quentes) e seus subgrupos Cfa (úmido em todas as estações, verão quente), Cfb (úmido em todas as estações, verão moderadamente quente) e Cwa (chuva de verão, verão quente) (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 119-120).

Tomando por base a classificação de Köppen (apud MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 120) Cfa e Cfb são os tipos climáticos predominantes no município de Tamarana. As características predominantes desses tipos climáticos são: temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C, com geadas poucos frequentes; temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes e/ou moderados; tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (RITTA NETO, 2010, p.1).

Mapa 4 – Espacialização dos tipos climáticos em Tamarana/PR.



Fonte: o próprio autor. Adaptado de ITCG (2008).

3.2.3 Geologia

Geologicamente, Tamarana Insere-se sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, sendo identificada litologias pertencentes às formações Rio do Rasto (Grupo Passa Dois); Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (Grupo São Bento) próximas à área de estudo (SPOLADORE; FUKUDA; GONÇALVES, 2009, p. 243).

A Formação Rio do Rasto, originalmente descrita por White (1908), marca o fim de um longo ciclo sedimentar, no qual se destaca a forte mudança no tipo de sedimentação (siltico-argilosa para arenosa) demonstrando a evolução de mares epicontinentais no permiano para ambientes desérticos no Eomosozóico (apud PINESE; STIPP; OLIVEIRA, 2000, p.17). Tal formação subdivide-se em dois membros: Serrinha (inferior) e Morro Pelado (superior). A serrinha, assentado em ambiente de frente deltáica e planície de marés, contém siltitos e arenitos esverdeados muito finos, micríticos e calcarenitos (MINEROPAR, 2001a, p.38).

A seção inferior consiste de siltitos, argilosos e arenitos finos, bem selecionados, esverdeados, arroxeados e, por vezes, avermelhados. Localmente, desenvolvem-se bancos calcíferos alguns dos quais oolíticos, com abundantes fragmentos de conchas. As camadas siltico – argilosas apresentam laminação paralela, ondulada e flaser. Em alguns bancos desenvolvem-se estruturas estromatolíticas. A seção superior é constituída de arenitos vermelhos, arroxeados, amarelados, esbranquiçados, finos, com intercalações de argilito e silito vermelho- arroxeados. Localmente esses argilitos e siltitos são calcíferos. Estratificação cruzada acanalada, laminação cruzada e paralela são as estruturas sedimentares mais comuns. Acunhamento de camadas e lenticularidade de corpos arenosos é uma das características dessa seção (PINESE; STIPP; OLIVEIRA, 2000, p.18).

Para Orlandi Filho, Krebs e Giffoni (2009, p.12) a deposição da Formação Rio do Rasto é atribuída a um ambiente marinho raso onde ocorre a transição para depósitos de planície costeira (Membro Serrinha) e passando posteriormente à implantação de uma sedimentação flúvio-deltaica (Membro Morro Pelado).

As formações Pirambóia e Botucatu caracterizam-se pelos arenitos e siltitos com raros conglomerados de sequências sedimentares continentais formadas no Triássico – Jurássico (MINEROPAR, 2001a, p. 15). Ao longo de toda a área de afloramento das formações Piramboia e Botucatu, são descritas diversas cavernas areníticas. (SPOLADORE; VARGAS, 2014, p.82).

A Formação Pirambóia aflora nos estados de São Paulo e Paraná (Tamarana e São Jerônimo da Serra), sendo constituída de arenitos

esbranquiçados, amarelados, avermelhados, síltico-argilosos, tendo espessura máxima de 270m caracterizada por uma série de camadas arenosas, geralmente de cor avermelhada (PINESE, 2002, p.33; PETRI e FÚLFARO, 1983, p.209).

Para Spoladore et al. (2007, p.310) a Formação Pirambóia incide sobre a Formação Rio do Rasto e na base da Formação Botucatu. Porém, às vezes torna-se difícil a distinção entre os arenitos da Pirambóia e Botucatu. As unidades em questão são compostas por arenitos de granulação fina e média com intercalações de leitos de argilitos e siltitos, ocorrendo ainda arenitos conglomeráticos. A coloração da rocha exposta à superfície é bem marcante, sendo esbranquiçada, com tons amarelos e róseo-avermelhados.

Já a Formação Botucatu é predominantemente constituída por arenitos de granulação fina e média, de cor avermelhada ou róseo-avermelhada. Uma característica importante desta unidade é a presença de estratificação cruzada e pode ser frequentemente em cunhas, tangencial e acanalada. As litologias são altamente friáveis, o que facilita a instalação de fenômenos erosivos (SPOLADORE et al., 2007, p.310)

Na Formação Botucatu, comum nas porções sul dos municípios de São Jerônimo da Serra e Tamarana, ocorre um arenito com nível alto de porosidade primária e secundária (SPOLADORE, 2005a, p.135). De idade jurássico-cretácea, aflora nos estados de São Paulo e Paraná e raramente ultrapassa 100 metros de espessura (PINESE, 2002, p.33).

De acordo com Petri e Fúlfaro (1983, p.211-218) essa formação constitui-se predominantemente de arenitos com seleção regular a boa, classe modal dominante de areia fina, com pouca matriz e estratificação cruzada de porte médio a grande.

O tipo predominante da Formação Botucatu (arenito fino, com boa seleção, elevado grau de arredondamento dos grãos menores que 0,1mm de diâmetro e dotados de superfícies foscas e esburacadas, e suas estruturas sedimentares, predominantemente constituídas de estratificações cruzadas grandes, não tangenciais, com lâminas frontais de ângulo elevado no topo) sugere origem eólica, com depósito por acreção de areia na frente de dunas (Petri e Fúlfaro, 1983, p.218)

A Formação Serra Geral recobre grande parte da área de abrangência do curso inferior do Rio Tibagi, possuindo espessuras que alcançam mais de 1000 metros em certos locais. O vulcanismo basáltico é um dos mais

extensos relatados e recobre a sequência sedimentar da Bacia do Paraná (PINESE, STIPP e OLIVEIRA, 2000, p. 21).

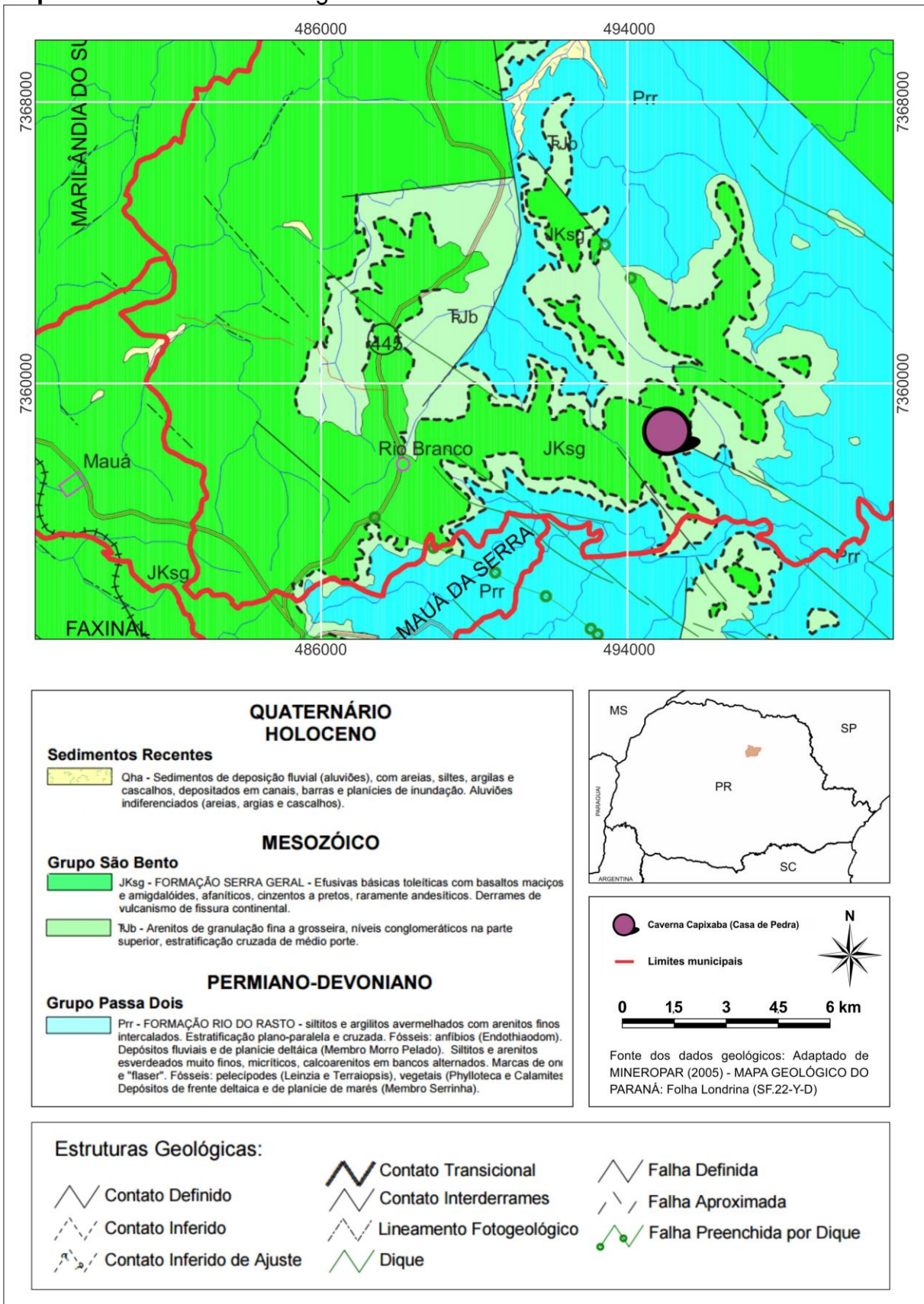
O pacote vulcânico mesozóico localizado acima da Formação Botucatu, apresenta frequentes lentes intertrapianas de arenitos, via de regra, correspondendo aos primeiros derrames basálticos que ali ocorreram. Nas porções de topo, são comumente encontradas, brechas arenosas intercaladas (PINESE, STIPP, OLIVEIRA, 2000, p.21).

A litologia da Formação Serra Geral abrange rochas que vão desde rochas ígneas, variando de básicas a ácidas, compreendendo basaltos pórfiros, dacitos, riódacitos e riólitos (MINEROPAR, 2001a, p. 40).

A Formação Serra geral engloba as sequências vulcânicas, que compreendem os extensos derrames de lavas do sul do Brasil. Composta por rochas extrusivas básicas conhecidas sob a designação genérica de basaltos e intermediárias (riódacitos) (SPOLADORE et al., 2007, p.310).

Estas particularidades geológicas favorecem o desenvolvimento de cavernas em arenito, tendo em vista o contato das rochas sedimentares com as vulcânicas diaclasiadas propicia a formação do fenômeno pipping, que consiste na dissolução pelas fraturas presentes na rocha, seguida de processo de remoção mecânica pela água causando um alargamento gradativo da caverna (SPOLADORE et al., 2007, p.310).

Mapa 5 - Unidades litoestratigráficas da área de estudo.



Fonte: o próprio autor. Adaptado de MINEROPAR (2005).

3.2.4 Geomorfologia

Com relação à geomorfologia, Tamarana está situada na Unidade Morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, Unidades Morfoesculturais Segundo e Terceiro Planalto Paranaense, nas subunidades morfoesculturais Planaltos de Londrina, Santo Antônio da Platina e Ortigueira (MINEROPAR, 2006a, p.28).

A Caverna Capixaba (Casa de Pedra) está localizada na subunidade morfoescultural Planalto de Santo Antônio da Platina, que apresenta dissecação alta, ocupando uma área de 267,94 km². A declividade predominante varia entre 12 e 30% em uma área de 113,51 km². Com relação ao relevo as altitudes variam entre 680 e 1240 metros. As formas de relevo que predominam são topos isolados, vertentes convexas e vales em “V”. A direção geral da morfologia é NO/SE, modelada em rochas da Formação Rio do Rasto (MINEROPAR, 2006a, p.28).

Quanto às Províncias e aos Distritos Espeleológicos Areníticos, a cavidade encontra-se situada na Província Espeleológica Arenítica Serra Geral, no Distrito Espeleológico Arenítico de Tamarana/Ortigueira/Mauá da Serra/Rosário do Ivaí (SPOLADORE, 2005b, p.137).

A Província Espeleológica Arenítica Serra Geral foi definida por Martins (1985 apud SPOLADORE, 2005b, p.137) em estudos realizados na região de Altinópolis, Estado de São Paulo. Conforme Spoladore (2004, p. 105) “tal província espeleológica é composta litologicamente pelos litotipos mesozoicos pré-basálticos, que compõem as formações Pirambóia, Rosário do Sul e Botucatu, ambas pertencentes ao Grupo São Bento da Bacia Sedimentar do Paraná”.

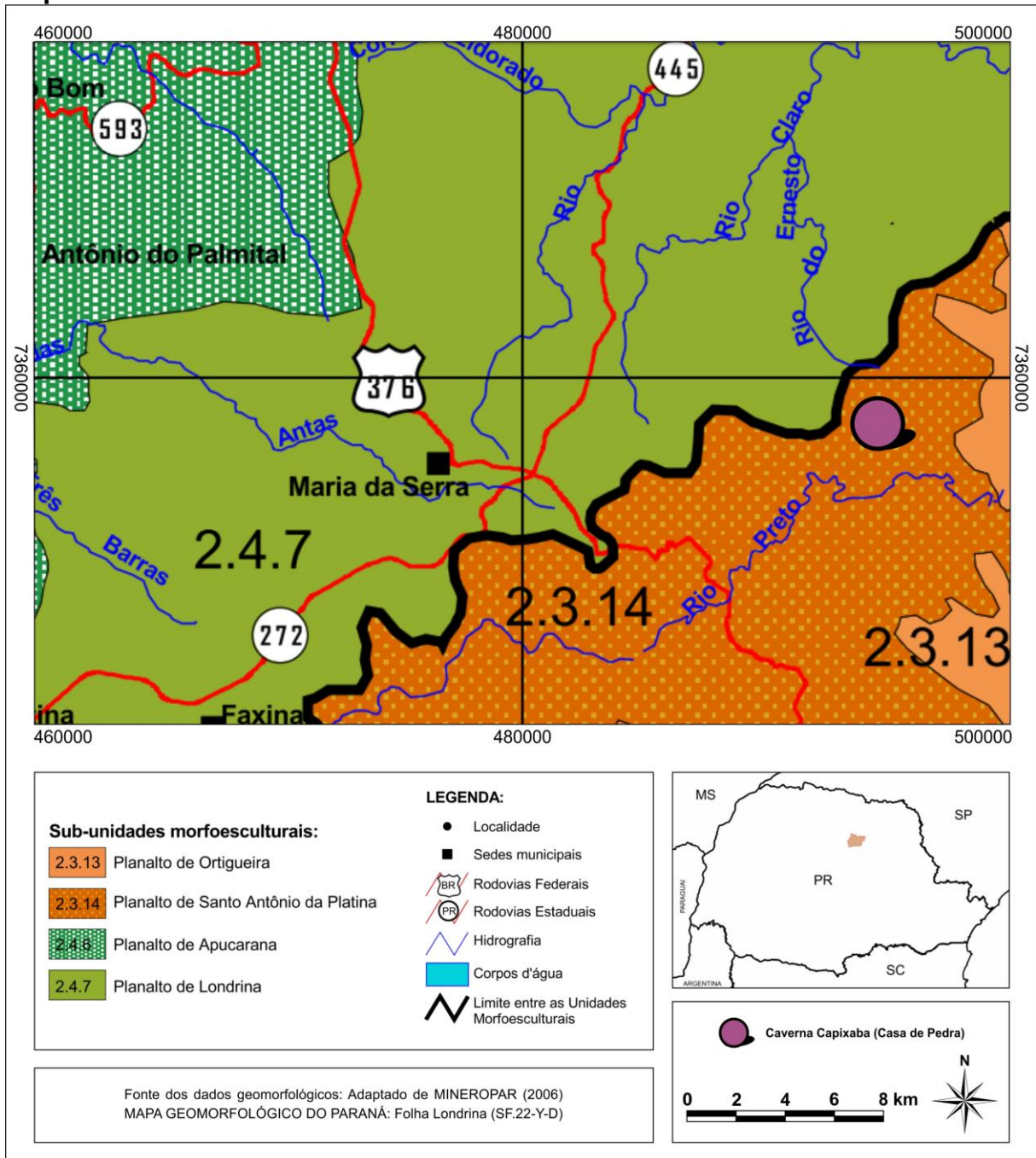
As cavidades nesta província ocorrem em uma circunstância geomorfológica bem singular, sendo caracterizada por regiões de cuevas onde os arenitos são protegidos mecanicamente da ação mais violenta da erosão pelos basaltos sobrepostos (SPOLADORE, 2005b, p.138).

O Distrito Espeleológico Arenítico de Tamarana/Ortigueira/Mauá da Serra/Rosário do Ivaí está localizado na região centro-norte do estado do Paraná, na margem esquerda do Rio Tibagi, e compreende os municípios de Tamarana, Ortigueira, Mauá da Serra e Faxinal (SPOLADORE, 2005b, p.138).

Spoladore (2004, p. 110) ressalta que mesmo situado próximo ao Distrito Espeleológico Arenítico de São Jerônimo da Serra, optou-se por separá-los, pois não há continuidade física entre os afloramentos da região de São Jerônimo e

Tamarana, e também outra diferença diz respeito à tectônica, que no Distrito de Tamarana é muito mais evidente e marcante.

Mapa 6 – Subunidades morfoesculturais da área de estudo.



Fonte: o próprio autor. Adaptado de MINEROPAR (2006b).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando atender os objetivos dessa pesquisa os procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho foram revisão bibliográfica, trabalho de campo e análise em gabinete dos dados coletados em campo.

A revisão bibliográfica deu-se através da leitura de livros, artigos, monografias e cursos relacionados à espeleologia, geo-espeleologia e aos aspectos fisiográficos do Paraná e do município de Tamarana/PR.

Para a obtenção dos dados da caverna, foram realizados três trabalhos de campo em abril/2009, julho/2014 e fevereiro/2016, onde foram coletadas informações detalhadas da Caverna Capixaba (Casa de Pedra), como amostras de rochas e minerais, dados de temperatura (através de termômetros móveis de ambiente inseridos em diversos pontos da cavidade) e fotografias dos elementos cársticos da caverna e do entorno. A coleta dos dados em campo foi realizada com o auxílio dos alunos do Laboratório de Geoturismo e Espeleologia da Universidade Estadual de Londrina – UEL, sob orientação do Prof. Dr. Angelo Spoladore.

Realizou-se a prospecção e o mapeamento da cavidade no ano de 2009, ano no qual os estudos e a caracterização espeleológica tiveram início. Para o mapeamento do interior da caverna utilizou-se a bússola do tipo Clar, receptor GPS (Sistema de Posição Global), trena métrica, clinômetro, capacete e lanterna.

O método de mapeamento foi o BCRA, que consiste em um mapeamento radial utilizando-se de uma bússola em um ponto fixo, sem auxílio de tripé, no qual são tomadas as medidas entre o ponto de origem e os demais pontos ao longo do perímetro da caverna, relacionando cada ponto com seu respectivo ângulo em relação ao norte magnético (MENDES et al., 2010, p.2).

O grau de precisão obtido foi 4D, onde 4 representa um levantamento preciso mais não alcançando o nível máximo de precisão (5), devido a interferência de condições geofísicas e, D representa medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo a representar mudanças morfológicas nas galerias (RUBBIOLI; MOURA, 2005, p.81-82).

A equipe de mapeamento foi composta conforme o quadro 3:

Quadro 3 - Equipe de mapeamento.

Instrumentista	Zé Verde
Ponta de trena	Ana Camila Moreira
Croquista	Ferdinando Nesso Neto
Explorador	Prof. Dr. Angelo Spoladore

O instrumentista foi responsável pela leitura da bússola e do clinômetro (azimute e inclinação da caverna, respectivamente). O ponta de trena auxiliou o instrumentista levando a trena até a base seguinte, tomando-se dessa forma o comprimento em metros e centímetros de todos os espaços existentes na caverna. O croquista ficou responsável por anotar os dados coletados pelo instrumentista e o ponta de trena, identificando e anotando os elementos cársticos presentes na cavidade. O explorador coordenou o mapeamento e auxiliou na iluminação da caverna através do uso de lanternas de mão.

O receptor GPS foi utilizado para demarcar o percurso até a caverna e sua localização, através de coordenadas geográficas em UTM.

Após os trabalhos de campo, os dados foram reunidos e analisados em gabinete. Os dados coletados foram transcritos, junto com os registros fotográficos. Neste momento foram confeccionados os mapas de projeção horizontal e perfil longitudinal da cavidade com o software Compass, sendo exportados para o software Corel Draw X5, onde foi possível fazer o contorno da caverna e digitalizar os croquis.

Posteriormente, duas amostras de rochas foram analisadas pelo Prof. Dr. Carlos Roberto Appoloni e Prof. Me. Eduardo Inocente, do Laboratório de Física da UEL, através da técnica de microtomografia computadorizada de alta resolução, a fim de identificar o grau de porosidade nas amostras. Para tal, foi utilizado o aparelho Skyscan que permite visualizar fatias virtuais das amostras de até 209 megapixels, onde foram geradas mais de 2.000 fatias virtuais em apenas uma varredura por raio-x.

Também foram obtidos dados estruturais da cavidade contendo os principais direcionamentos dos planos de fraturas presentes em todos os salões e no afloramento de rocha próximo à boca da caverna, através do uso da bússola Clar. Os dados de inclinação e dos planos medidos foram inseridos no software Stereo Net, onde obtiveram-se os diagramas de rosetas e os estereogramas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DESCRIÇÃO DA CAVERNA

A Caverna Capixaba (Casa de Pedra) (mapa 7) recebeu sua primeira visita científica no ano de 2009 pelos pesquisadores do Laboratório de Geoturismo e Espeleologia do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, foi mapeada no mesmo ano e cadastrada no banco de dados da SBE em 2011.

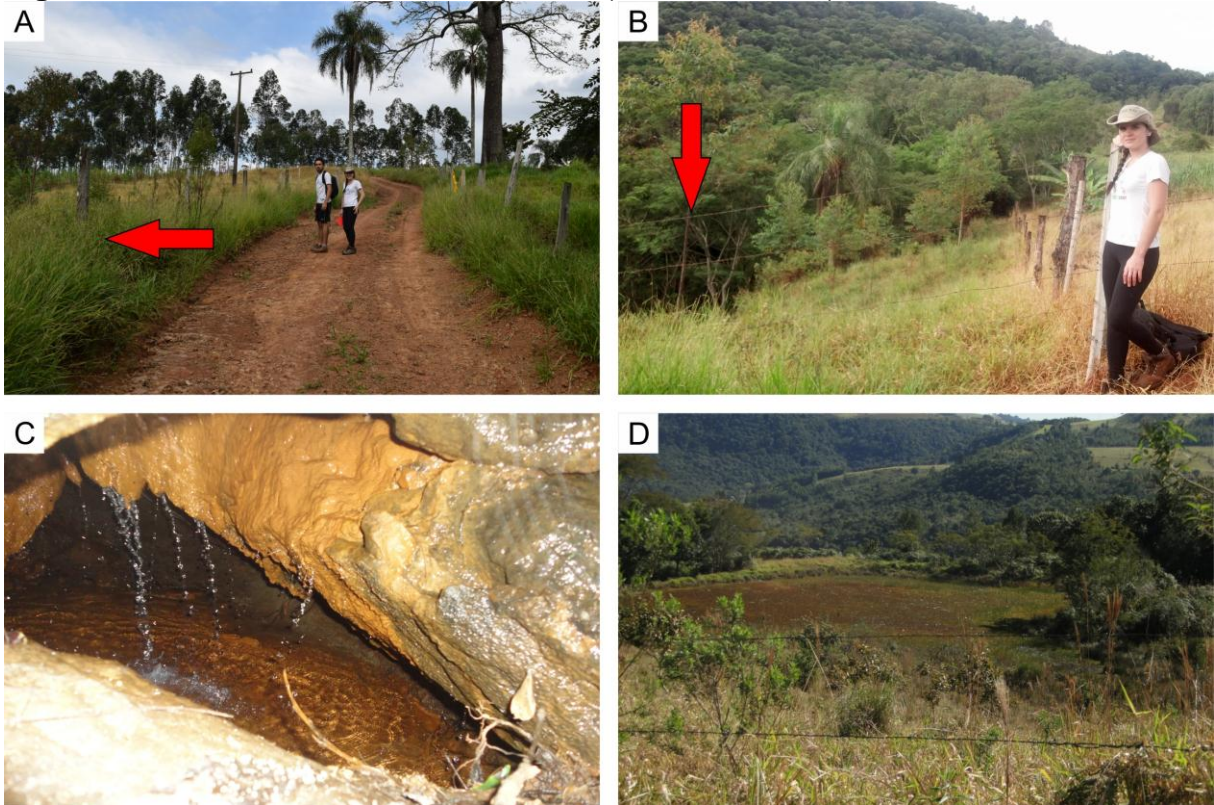
Popularmente a caverna é conhecida como Casa de Pedra. Porém, devido a existência de outra cavidade que leva o mesmo nome localizada em Iporanga/SP, optou-se no ano do cadastro, pela denominação de Capixaba, dado o fato de situar-se na propriedade do morador de mesmo nome. No entanto, no ano de 2014, a caverna passou a pertencer ao Sítio Meia Serra por conta de novas aquisições e divisões de terras na área.

De acordo com o CNC (2016) define-se uma sigla para cada cavidade cadastrada, sendo que a primeira parte da sigla refere-se a unidade da federação onde a caverna está localizada e a segunda parte é composta por um número referente a cronologia de seu cadastro. Dessa forma, a caverna em estudo recebeu a sigla PR-274.

Localizada na zona rural de Tamarana/PR, a caverna situa-se em meio a um relevo dissimétrico, no qual sua morfologia externa apresenta feições de bastante ondulação assemelhando-se a uma cuesta, com altitudes que atingem 1.000 metros. Seu desenvolvimento deu-se em meio aos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, contendo afloramentos de conglomerados com presença de seixos de quartzo.

O entorno da cavidade é composto por vegetação nativa de Mata Atlântica bem preservada circundada por pequenas áreas de pastagens e plantação de eucalipto. Próximo a entrada há um pequeno riacho sem denominação formal, de ordem primária, pertencente a Bacia Hidrográfica do Rio Preto. Logo acima encontra-se uma lagoa artificial.

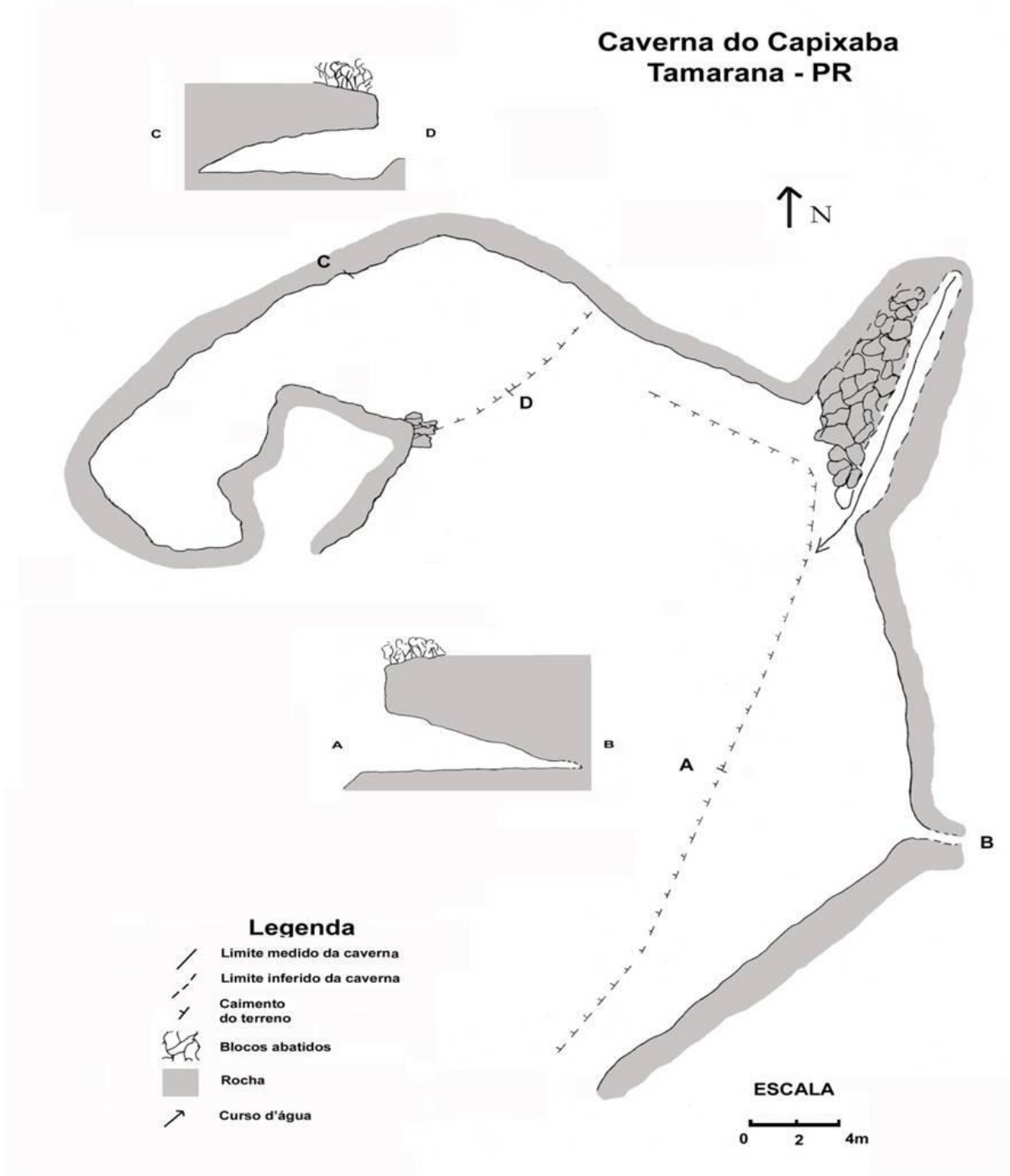
Figura 4 – Entorno da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).



A - Acesso a partir do Sítio Meia Serra. B – Início da trilha rumo a caverna. C - Corpo hídrico próximo a cavidade. D - Lagoa no plano acima da caverna. **Fonte:** Ana Camila Moreira e Carolina Nunes França.

A entrada da Caverna é ampla e arredondada, com presença de blocos abatidos e depósito de areia ao longo de todo o salão primário. Passando o primeiro salão pode-se observar uma abertura para o salão secundário de menores proporções, representando o interior da gruta propriamente dito, que engloba a zona de penumbra e concentra o maior acúmulo de sedimentos e matéria orgânica trazida pela chuva.

Mapa 7 – Representação cartográfica da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).



Fonte: o próprio autor.

Figura 5 – Visão geral da caverna.

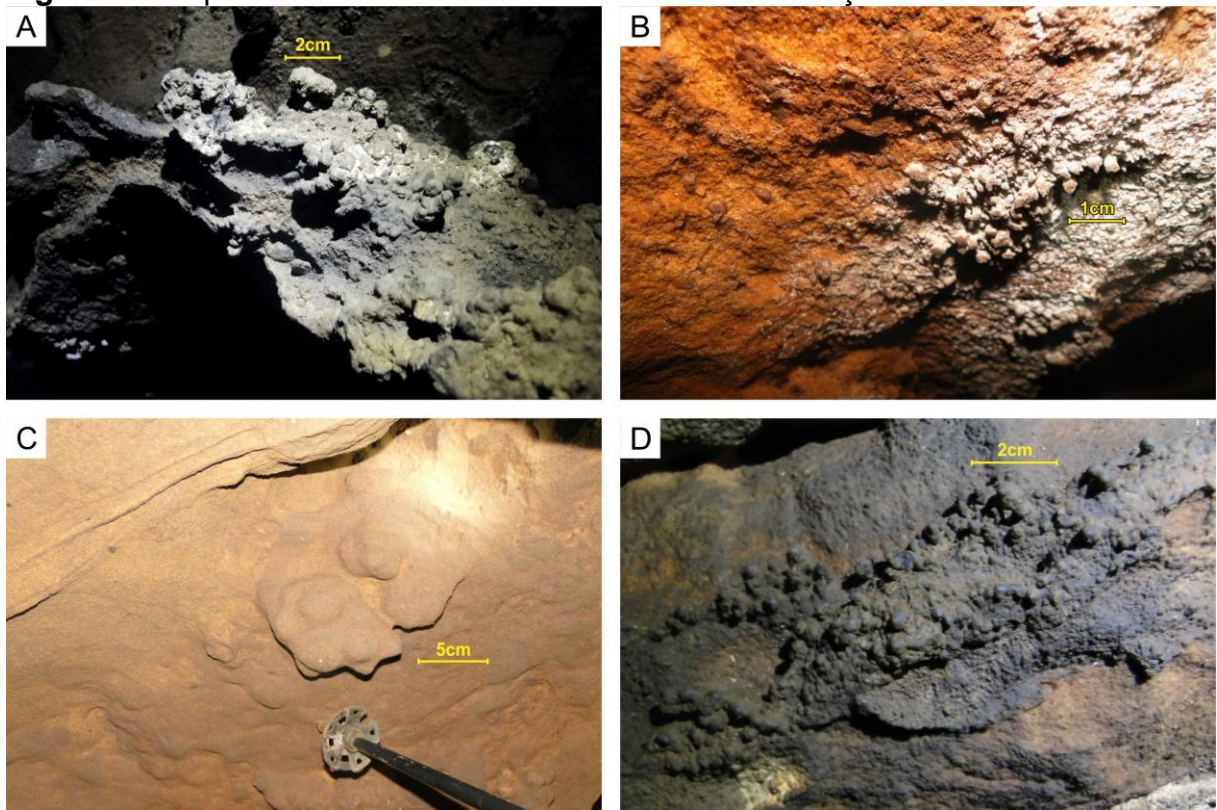


A - Visão interna da boca da caverna. B – Segundo salão visto de dentro para fora. C – Passagem do primeiro para o segundo salão. D – Aspecto do segundo salão visto de fora para dentro. **Fonte:** o próprio autor.

No salão primário identificaram-se pegadas de mamíferos de grande porte, possivelmente de anta e onça pintada, bem como algumas pegadas de aves pequenas, de acordo com o relato informal do proprietário do sítio.

Observaram-se vários planos de fraturamento nas paredes e no teto, além de um princípio de formação de espeleotemas amorfos milimétricos e películas compostas de óxido e hidróxido de ferro (goetita, hematita e limonita) que envolvem os arenitos em alguns pontos do teto da cavidade. O teto do salão possui conglomerados com seixos de quartzo branco e amarelado.

Figura 6 – Espeleotemas amorfos em fase inicial de formação.

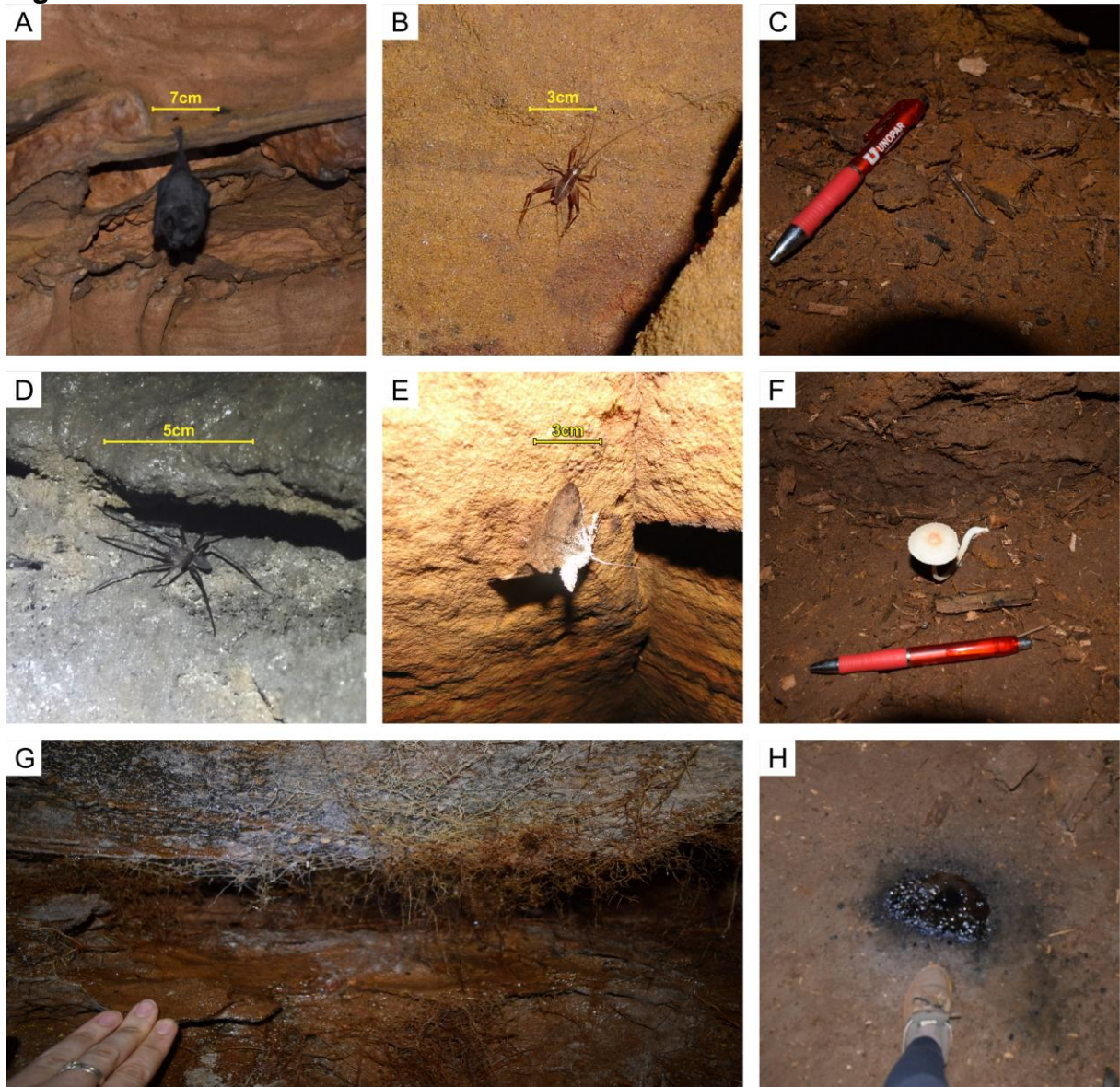


A, C e D – Espeleotemas compostos de óxido e dióxido de ferro. B – Espeleotemas compostos de quartzo. **Fonte:** O próprio autor.

Após o salão primário, encontra-se o salão secundário e o final da caverna. A entrada para o salão secundário é de pequenas proporções, com cerca de 1,10 metros de altura e 1,20 metros de largura.

Nesse salão constatou-se a presença de morcegos, grilos, centopéias, aranhas, mariposas, bem como fungos e musgos que indicam a alta umidade no interior da cavidade. Há também grande quantidade de guano e matéria orgânica no solo.

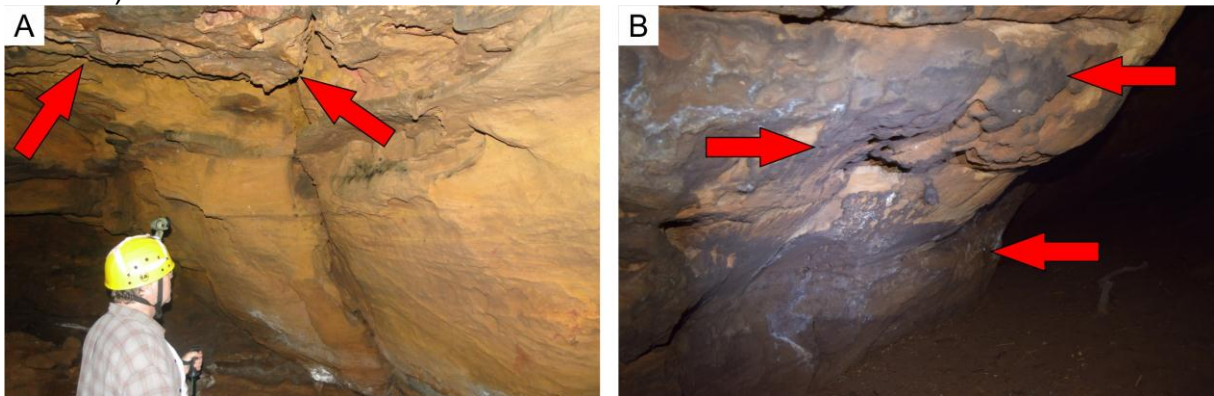
Figura 7 – Fauna e flora cavernícola.



A – Morcego. B – Grilo. C – Centopéia. D – Aranha. E – Mariposa. F – Cogumelo. G – Musgo. H – Guano de morcego. **Fonte:** o próprio autor.

O teto e as paredes do salão secundário possuem várias formas areníticas indefinidas, também revestidas por uma fina camada de óxido e hidróxido de ferro.

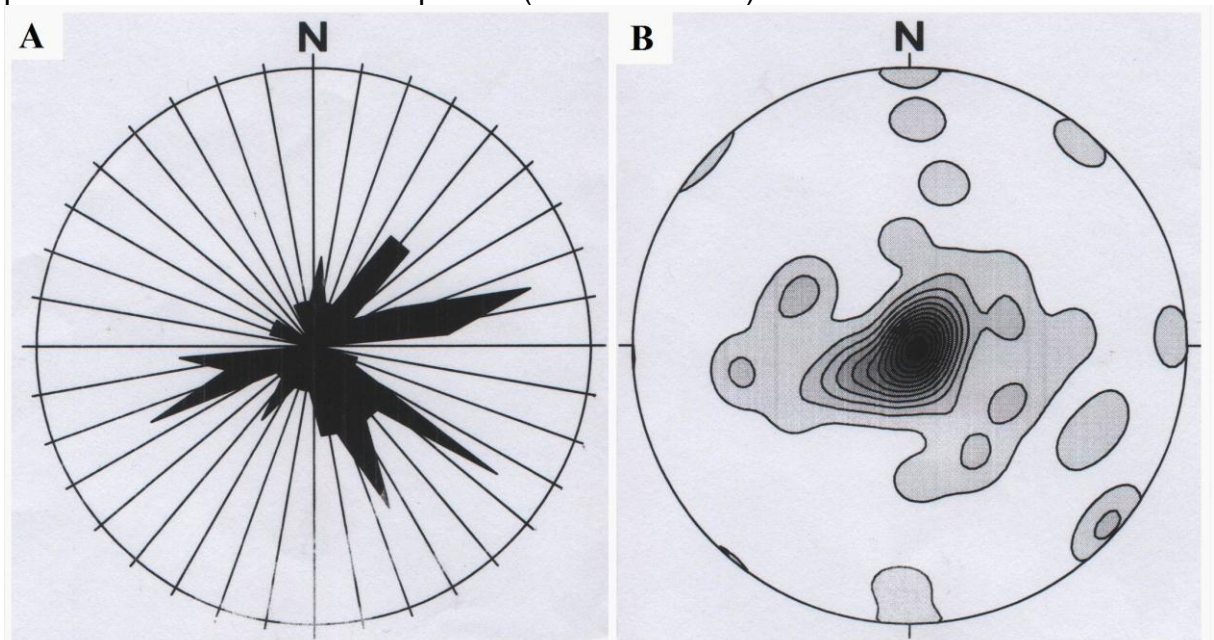
Figura 8 – Arenito revestido por óxido e hidróxido de ferro (goetita, hematita e limonita).



A – Revestimento no teto. B – Revestimento na parede. **Fonte:** o próprio autor.

Os planos de fraturamento da rocha (arenito) presentes na cavidade mostraram um direcionamento N70/S130/S160, como exposto na figura 9. Os planos de fraturamentos desenvolveram-se a partir do resfriamento da rocha, após contato com o magma.

Figura 9 – Diagramas das atitudes das fraturas existentes no interior e nas proximidades da Caverna Capixaba (Casa de Pedra).



A – Diagrama de frequência dos mergulhos das fraturas. B – Diagrama de contorno de pólos das fraturas. **Fonte:** o próprio autor.

No interior da cavidade há a presença de extratificação cruzada e plano-paralela (figura 10). A primeira indica sedimentos depositados por atividade

eólica e a segunda por ação de grande volume de água, possivelmente de enxurrada causada pela chuva.

Figura 10 – Estratificação plano-paralela.



Fonte: o próprio autor.

A temperatura média medida da caverna foi de 19°C e a umidade atingiu 100% na maioria dos pontos coletados nas paredes e no teto. Já a temperatura medida da água no curso d'água inserido ao lado da caverna foi de 16°C.

5.2 ANÁLISE DE IMPACTOS

Nos trabalhos de campo realizados ao longo dos anos de 2009 e 2016 foram identificadas algumas mudanças nas características físicas da caverna.

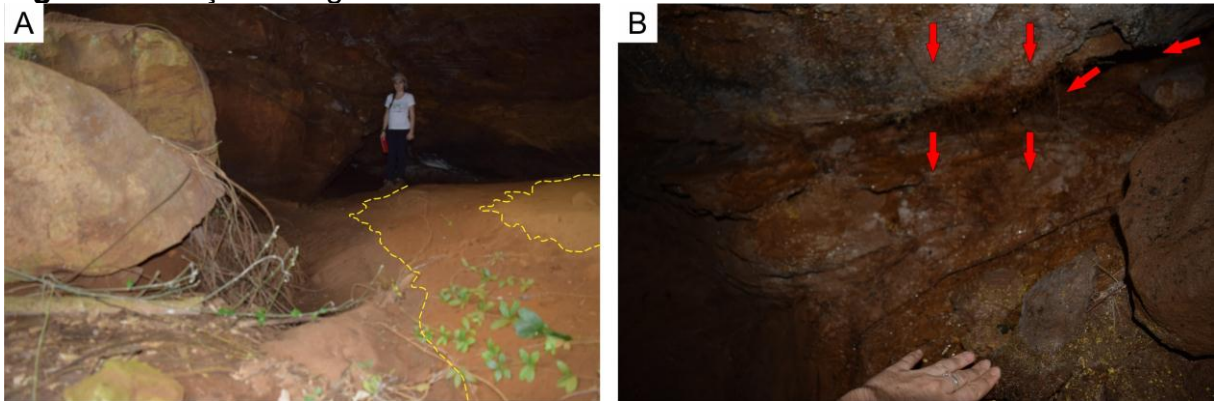
Observou-se o aumento nos pontos de infiltração no teto e nas paredes, tendo em vista que, no ano de 2009, a caverna encontrava-se praticamente seca, com apenas um ponto de infiltração.

Relaciona-se o aparecimento de novos pontos de infiltração com o aumento da pluviosidade na região de Tamarana de outubro de 2015 a fevereiro de 2016, por conta da ocorrência do fenômeno El Niño.

O grande volume de chuvas causou diversos estragos na área rural do município em questão, elevando significativamente o nível dos rios e a vazão da lagoa situada no plano acima da cavidade.

O aumento da infiltração foi responsável pela abertura de novos condutos e alargamentos das fissuras já existentes, aumentando a umidade da caverna e proporcionando o aparecimento de novos fungos e musgos.

Figura 11 – Ação da água no ambiente cavernícola.



A – Conduto por onde a água da chuva adentra na caverna e níveis de umidade no solo. B – Conduto de infiltração e aparecimento de musgos. **Fonte:** o próprio autor.

Na primeira visitação, identificaram-se inscrições no teto e nas paredes, lixo espalhado ao longo dos salões primário e secundário e vestígios de fogueiras. Em visitação recente já não havia vestígios de fogueiras ou lixo e constatou-se o adensamento das espécies rasteiras nativas, indicando uma diminuição no fluxo de visitantes.

Figura 12 – Impactos ambientais decorrentes da visitação humana.



A e B – Inscrições nas paredes. C – Lixo deixado por visitantes. D – Vestígios de fogueiras.
Fonte: o próprio autor.

Em conversa com os proprietários do Sítio Meia Serra, Sr. Paulo e Sr^a. Marlize, os mesmos demonstraram grande interesse em tornar a propriedade rural em um local turístico, visto que na região há diversos atrativos naturais como cachoeiras, trilhas e cavernas.

Não foram encontrados vestígios arqueológicos na cavidade em questão. Identificou-se apenas um objeto que aparentava ser uma base para socador, porém após análise em laboratório constatou-se ser um seixo rolado, transportado aparentemente por depósito fluvial.

5.3 ESPELEOGÊNESE

De acordo com Spoladore (2004, p.261) cavernas em arenito apresentam, na maioria das vezes, gênese ligada a dissolução da sílica e posteriormente, remoção mecânica das partículas de rocha

A caverna possui diversas características que nos permite analisar

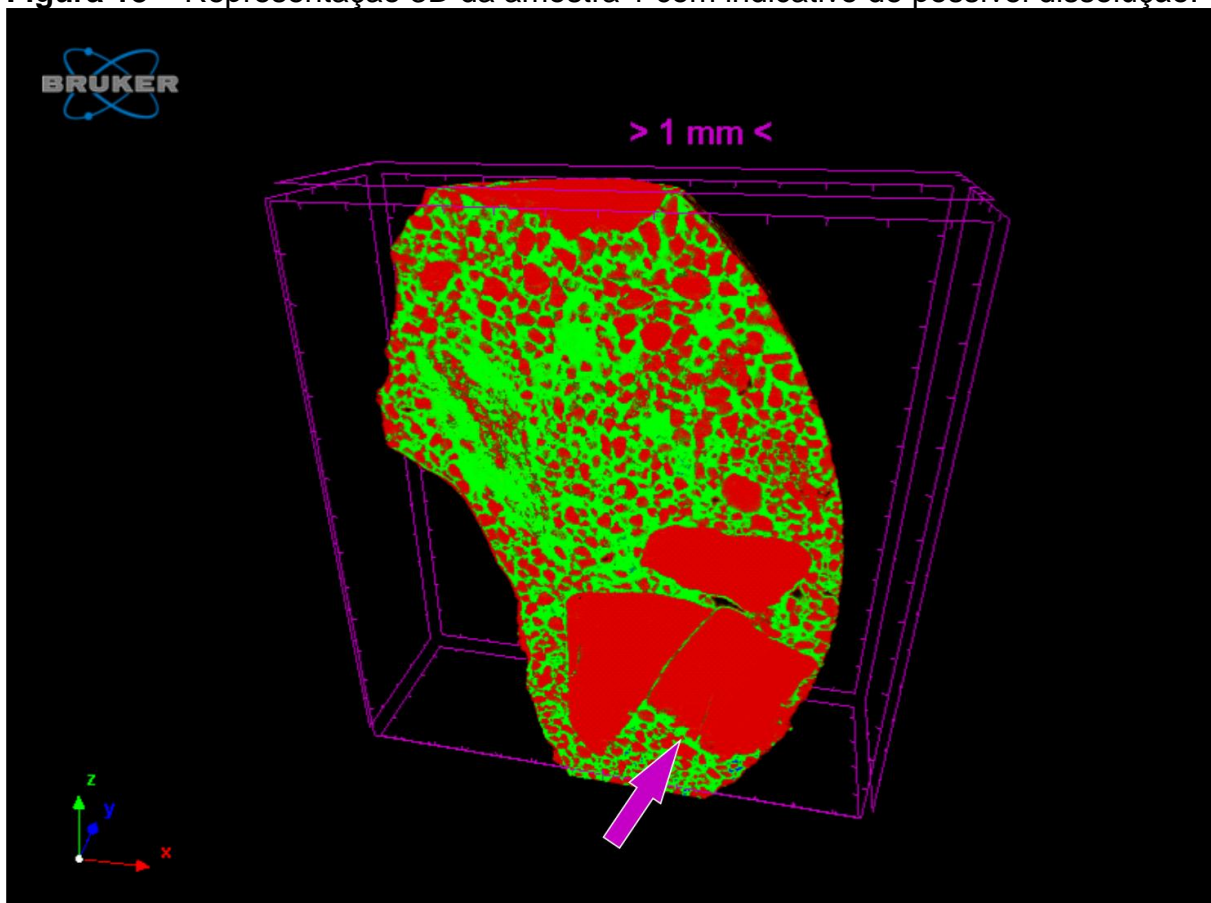
os fatores envolvidos em sua gênese e fase de evolução atual.

Acredita-se que a caverna em estudo apresenta gênese ligada a dissolução química. Identificou-se a presença de uma fina camada de quartzo e esfeniscidita (fosfato hidratado de ferro, alumínio e amônio), ambos de coloração branca, bem como óxido e hidróxido de ferro com espeleotemas em fases ainda amorfas.

Outras considerações relacionadas a dissolução podem ser feitas a partir das análises de porosidade da rocha retiradas da caverna. Para tal, realizou-se a análise de duas amostras de rocha.

Na primeira amostra (figura 13) identificou-se um arenito composto por conglomerados de seixos, onde predomina o quartzo. Contém três níveis de coloração, o primeiro esbranquiçado à rosáceo, onde localizam-se os seixos; o segundo marrom e o terceiro marrom com presença de ferro (hematita) com coloração alaranjada.

Figura 13 – Representação 3D da amostra 1 com indicativo de possível dissolução.

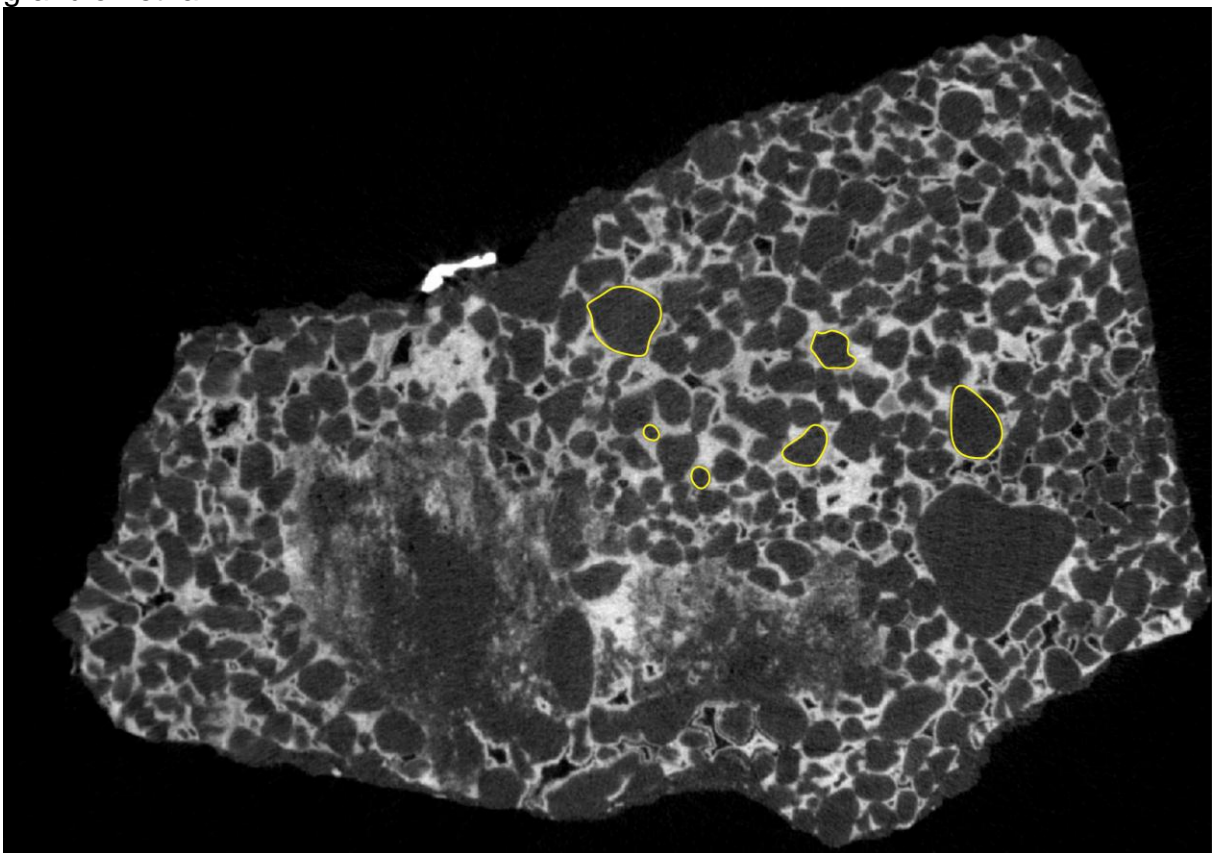


Fonte: Eduardo Inocente.

A fração verde representa a matriz da amostra (sílica ferro e/ou argila/silte), a vermelha indica o quartzo e os pontos pretos representam os poros presentes na rocha.

Na partícula de quartzo indicada na figura 13, nota-se uma leve rugosidade na borda do mineral, sugerindo o processo de dissolução. Os grãos de areia são identificados em três classes distintas de granulação (figura 14), indicando arenito por formação eólica.

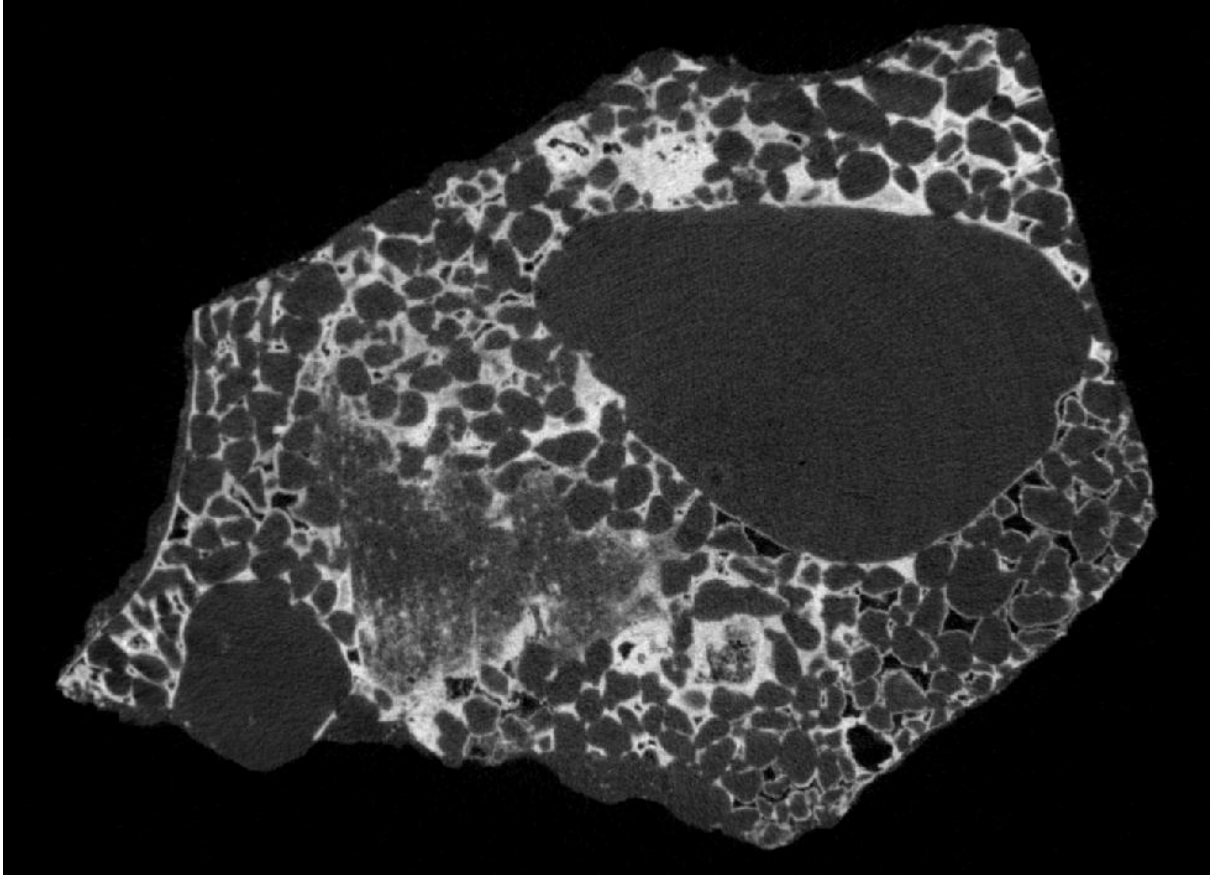
Figura 14 – Representação 2D da amostra 1 com indicativo dos níveis de granulometria.



Fonte: Eduardo Inocente.

Quanto a porosidade da rocha contida na amostra 1, no qual os poros são representados pela cor preta intensa constatou-se que a porcentagem de poros é de 0,8% do volume total da amostra, sendo 0,6% de poros fechados e 0,2% dos poros abertos com saída para as bordas da amostra (figura 15).

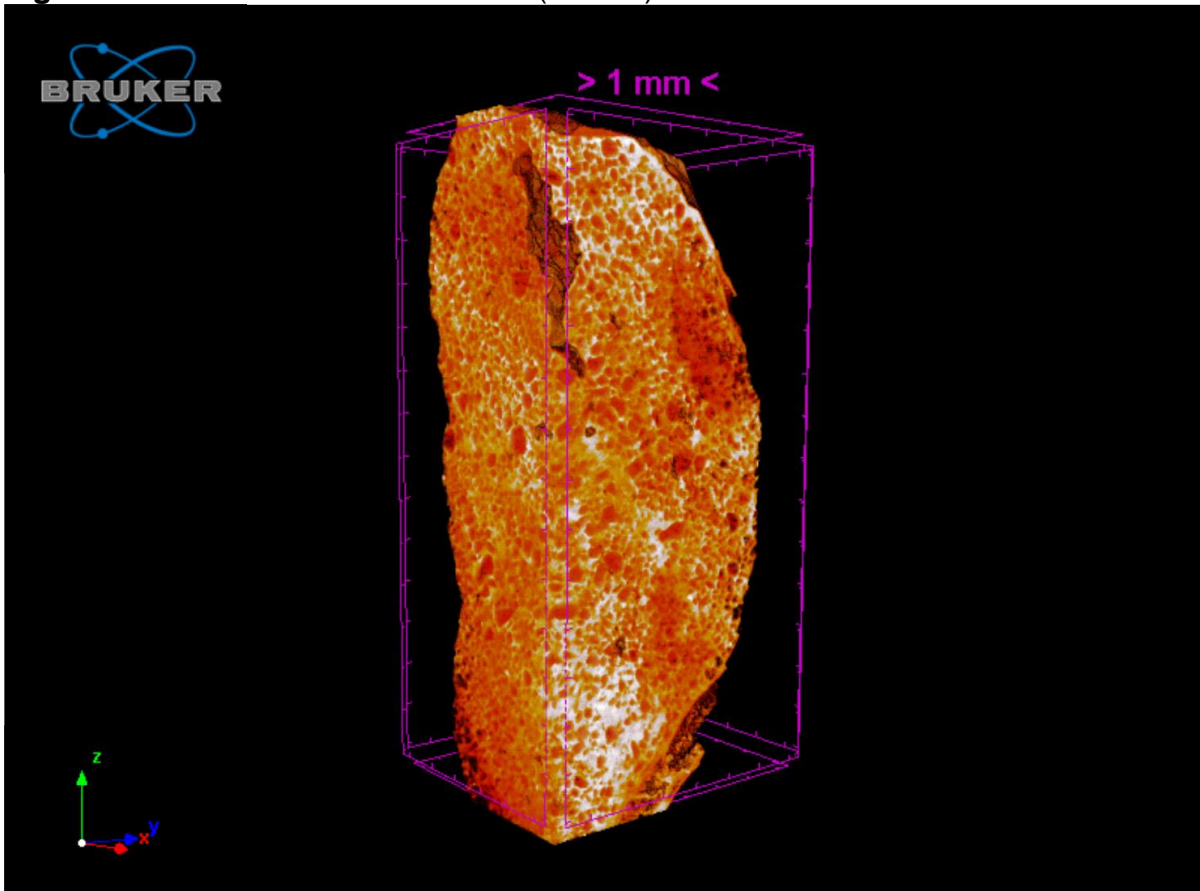
Figura 15 – Representação 2D da porosidade, representada pela cor preta contida na amostra 1.



Fonte: Eduardo Inocente.

A amostra 2 é composta por arenito fortemente amarelado, com presença de concreções ferruginosas, sem níveis distintos de coloração. Identificaram-se espaços de alta densidade (cor branca), que indicam um alto nível de ferro (hematita, limonita, goetita) e outros minerais não identificados (figura 16).

Figura 16 – Áreas de alta densidade (branco) contidas na amostra 2.

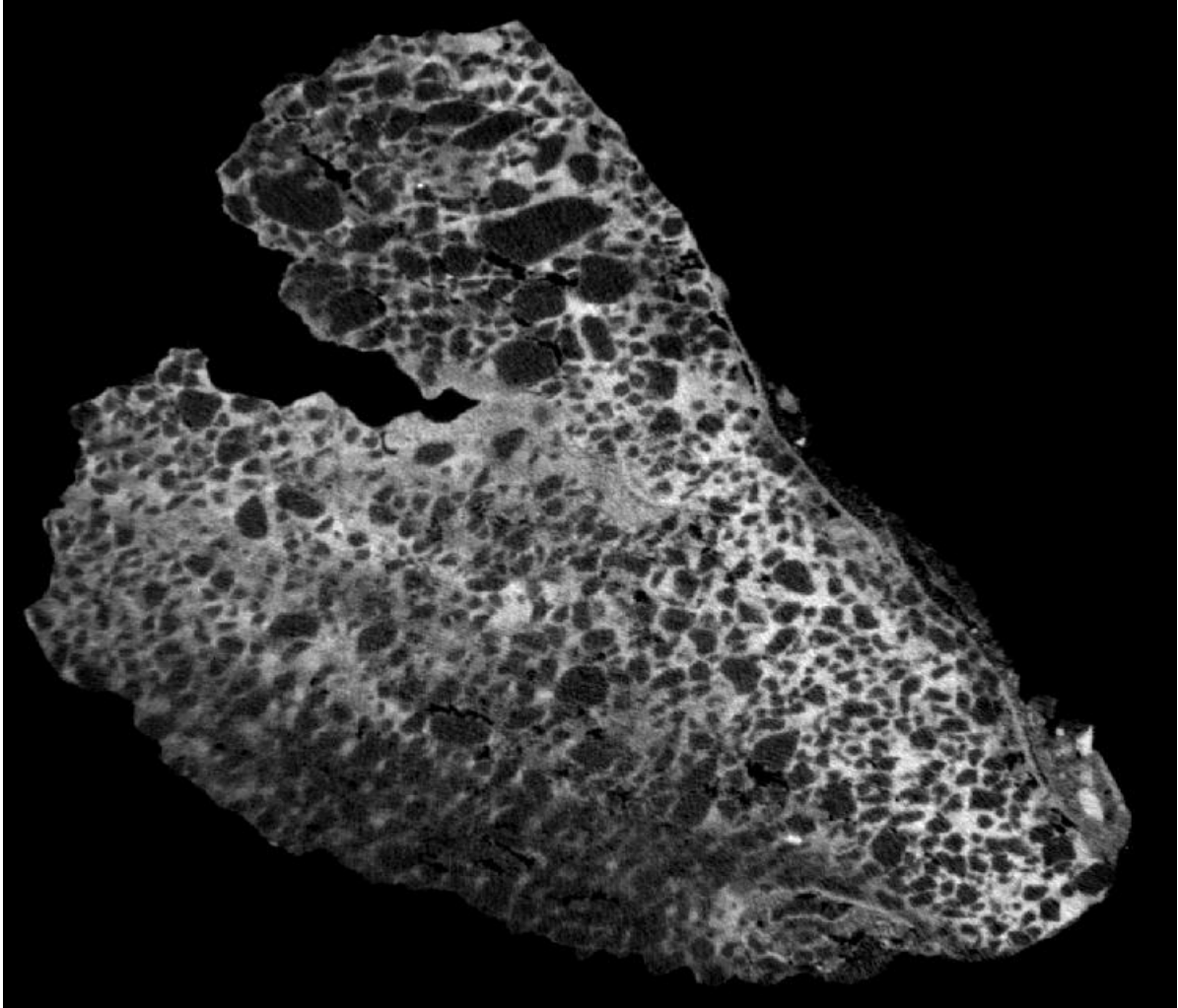


Fonte: Eduardo Inocente.

O nível de porosidade da amostra 2 (figura 17) é de 2%, com 1,3% de poros abertos e 0,7% de poros fechados.

A sílica presente nas duas amostras aparenta ser facilmente mobilizada, no qual permite a percolação da água através dos espaços deixados pelas diferentes granulometrias que, somado ao alto nível de porosidade dos arenitos, pode representar o processo inicial na gênese desta cavidade.

Figura 17 – Representação 2D da porosidade, representada pela cor preta contida na amostra 2.



Fonte: Eduardo Inocente.

Spoladore (2004, p.264) relaciona a solubilidade da sílica com a temperatura, presença de sódio (Na^+) e potássio (K^+) na água. No estado do Paraná as regiões nordeste (Ribeirão Claro e Carlópolis), central (São Jerônimo da Serra e Tamarana) e sul (Rio Azul e União da Vitória) apresentam um grau elevado desses elementos (MINEROPAR, 2001b, p.53-55).

Segundo Spoladore (2004, p.269) os altos níveis de sódio e potássio na porção central do estado coincidem com a Província Espeleológica Arenítica Serra Geral, onde a Caverna Capixaba (Casa de Pedra) está inserida.

5.3.1 Epigênese ou Hipogênese?

Em relação aos padrões de gênese de cavidades, descritos no item 2.2.1, é importante ressaltar que a caverna em questão possui indicativos tanto de origem epigênica quanto hipogênica.

As evidências epigênicas podem ser observadas pela presença de infiltração das águas da superfície ao longo dos padrões de fraturamento (figura 11) que originam fluxos a partir das formas superficiais gerando espeleotemas ao longo do primeiro e segundo salão, indicando a abertura de condutos por dissolução da sílica (figura 6).

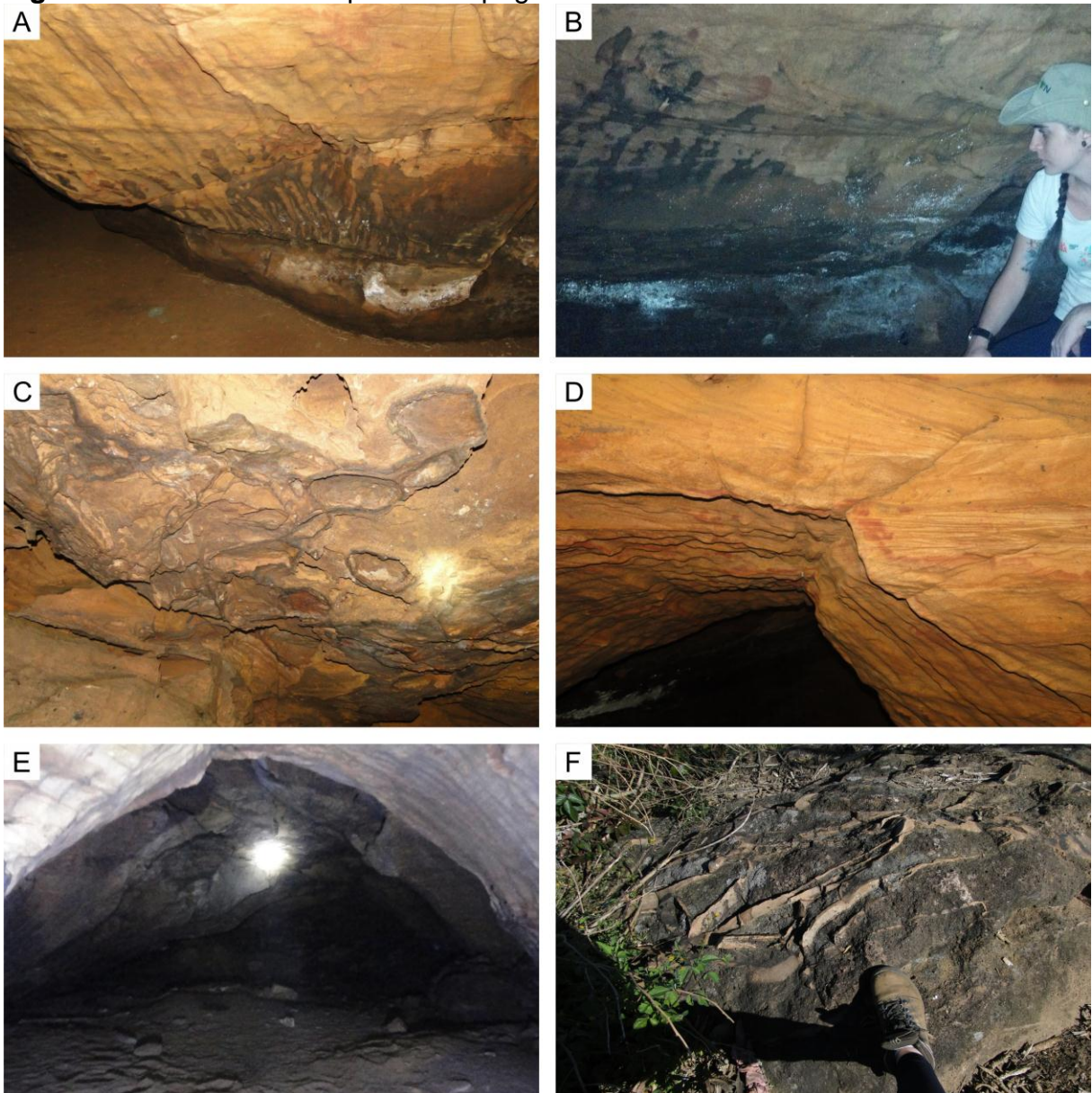
Quanto aos padrões hipogênicos, constatou-se a presença de ondulações no teto e na parede, na passagem do primeiro para o segundo salão, indicando a abertura do segundo salão por provável ação de águas subterrâneas acidificadas.

Outro indicativo importante refere-se a forma arredondada que o salão secundário possui, assemelhando-se a salões de cavernas hipogênicas.

Observou-se também a presença de condutos arredondados com presença de ferro, no teto e nas paredes, de provável dissolução por fluxo ascendente do óxido e hidróxido de ferro.

Por fim, destaca-se a presença de um dique de riodacito nas proximidades da caverna. A presença do dique representa um ponto importante na análise dos padrões hipogênicos, pois pode indicar que, no momento da intrusão da lava, o arenito superaquecido metamorfozou-se no quartzito deixando lacunas de preenchimento no interior do maciço cárstico.

Figura 18 – Indicativos de padrões hipogênicos na caverna.



A e B – Fluxo ascendente de óxido e hidróxido de ferro. C – Provável dissolução por fluxo ascendente no teto da caverna. D – Ondulações na passagem do primeiro para o segundo salão. E – Forma arredondada do segundo salão. F – Dique de riodacito identificado nas proximidades da caverna. **Fonte:** Ana Camila Moreira e Carolina Nunes França.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi idealizado com a preocupação de contribuir para o universo espeleológico, trazendo informações mais aprofundadas sobre as formas cársticas em arenito na região de Tamarana/PR, tendo em vista que não há muitos trabalhos com essa temática nessa localidade.

Buscou-se neste estudo elaborar uma caracterização espeleológica preliminar da Caverna Capixaba (Casa de Pedra), apresentando suas principais características e os processos envolvidos em sua gênese. Este objetivo, a princípio, foi alcançado.

A partir dos trabalhos de campo, constatou-se que a área onde a cavidade está inserida é bem preservada com presença de espécies nativas e de mamíferos de grande porte. Essas características mostram-se importantes para a manutenção da fauna e flora cavernícola.

Quanto ao estágio de desenvolvimento e evolução, trata-se de uma cavidade em plena atividade, relativamente madura. Mas foi possível identificar um conduto na caverna que apresenta desenvolvimento inicial. Outro conduto que se localiza próximo à entrada da cavidade tem se desenvolvido de forma rápida, tendo em vista que no trabalho de campo realizado em 2014 ele encontrava-se apenas com a entrada visível, e em visita feita em fevereiro de 2016 já foi possível visualizar a saída, devido a passagem de água.

Isso demonstra que o volume de água infiltrada na cavidade pelas fraturas existentes tem acelerado o processo de dissolução da sílica e aumentado a remoção mecânica de partículas de rocha. Outra característica que comprova tal fato são os espeleotemas identificados na caverna, que ainda se encontram em estágio inicial, sem formas definidas, sendo muitos deles ainda milimétricos.

Com relação à espeleogênese da cavidade, o entendimento sobre as diferenças entre espeleogênese epigênica e hipogênica, discutidas no item 2.2.1, permite classificar e avaliar de forma mais precisa os tipos de processos envolvidos na gênese de cavernas, determinando inclusive, a ocorrência de cavidades por ação antrópica ou natural, estimar o tempo de formação da caverna (tendo em vista que nos padrões hipogênicos o processo ocorre de forma mais lenta que nos epigênicos), influenciando até mesmo nos tipos de espeleotemas que surgirão.

Porém, devido à dificuldade de identificação da espeleogênese da caverna, não foi possível precisar se ela foi formada por processos epigênicos, hipogênicos, ou se os dois foram condicionantes para seu desenvolvimento, visto que ela possui indícios de vários processos distintos. O que se sabe é que sua gênese não está ligada à atividade humana.

A partir de todos os dados e informações da cavidade que foram apresentados ao longo deste trabalho, torna-se possível avaliar os impactos causados pelo homem, bem como criar estratégias para que esses danos não comprometam o desenvolvimento da cavidade e de seus espeleotemas.

Infelizmente a caverna foi bastante depredada por visitantes que deixaram seu lixo e seus nomes inscritos nas paredes e teto da cavidade, inclusive nos espeleotemas.

Visto que a caverna será utilizada para fins turísticos pelos proprietários do sítio onde ela se encontra, será elaborado um estudo mais detalhado de proteção e manejo da cavidade para que a atividade turística não atrapalhe a pesquisa científica que ainda deve continuar na caverna Capixaba (Casa de Pedra), e também para que os visitantes não fiquem expostos a riscos de acidentes e tenham consciência da importância de preservar esse bem tão precioso para a ciência, meio ambiente e para toda sociedade.

Outros estudos ainda fazem-se necessários para que o tema proposto seja mais aprofundado e que de fato, os processos envolvidos na gênese da caverna sejam devidamente comprovados, visto que este estudo é ainda preliminar.

REFERÊNCIAS

ARCHELA, Edison; SPOLADORE, Angelo. Tipologia gênica de cavidades naturais e sua ocorrência no estado do Paraná In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2007. p. 13-17.

AULER, Augusto; PILÓ, Luís Beethoven. Geospeleologia. In: CARVALHO, Sonia Carlos (Org.). **Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. 3. ed. Brasília/DF: CECAV, 2011. p. 25-44.

AULER, Augusto; ZOGBI, Leda. **Espeleologia: noções básicas**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.

BICALHO, Cristina Caetano. **Noções Básicas de Espeleologia**. Brasília: Espeleo Grupo de Brasília – EGB, 2003.

CNC, Cadastro Nacional de Cavernas de Brasil. **Cadastro Nacional de Cavernas**. São Paulo: União Paulista de Espeleologia – UPE. Disponível em: <<http://cnc.cavernas.org.br/Home/CNC>>. Acesso em 08 jan. 2016

COPEL, Companhia Paranaense de Energia. **Usina hidrelétrica Apucarantina: relatório ambiental**. Londrina: GESPR/SPRGPR/EQGMA, 1999.

FIGUEIREDO, Luiz Afonso V. História da espeleologia brasileira: protagonismo e atualização cronológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011, Ponta Grossa. **Anais...** Campinas: SBE, 2011. p. 379-395.

HARDT, Rubens. **Formas cársticas em arenito: estudo de caso**. 2003. 47p. Trabalho (Estágio de especialização) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@: Tamarana - informações completas**. 2015. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/239LC>>. Acesso em 12 dez. 2015

_____. **Mapa municipal estatístico: Tamarana-PR**. Rio de Janeiro. Diretoria de Geociências, 2011.

ITCG, Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Clima**: estado do Paraná. Curitiba, 2008.

JANSEN, Débora Campos; CAVALCANTI, Lindalva Ferreira; LAMBLÉM, Hortência Sousa. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.00. **REBEsp**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 42-57, set. 2012.

KLIMCHOUK, Alexander; FORD, Derek. Types of karst and evolution of hydrogeologic setting. In: KLIMCHOUK, Alexander. et. al. (Editors). **Speleogenesis**: evolution of karst aquifers. Huntsville: National Speleological Society, 2000. p. 45-53

KLIMCHOUK, Alexander. Morphogenesis of hypogenic caves. **Geomorphology**, Simferopol, v. 106, n. 1-2, p. 100-117, maio. 2009.

LE BRET, Michel. **Maravilhoso Brasil subterrâneo**. Jundiaí: Japi, 1995. [edição original francesa, 1975]

LINO, Clayton Ferreira; ALLIEVI, João. **Cavernas brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1980.

LINO, Clayton Ferreira. **Cavernas**: o fascinante Brasil subterrâneo. 2. Ed. São Paulo: Gaia, 2001.

MENDES, Lucas Gusmão. et al. Estudos Preliminares sobre a Gênese da Caverna Manain. In: SIMPÓSIO SUL BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 2., 2010, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2010.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINEROPAR, Minerais do Paraná S/A. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001a.

_____. **Atlas geoquímico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001b.

_____. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná**: escala base: 1:250.000, modelos reduzidos: 1:500.000. Curitiba, 2006a.

_____. **Mapa geológico:** folha Londrina - escala: 1:250.000. Curitiba, 2005.

_____. **Mapa geomorfológico:** folha Londrina - escala: 1:250.000. Curitiba, 2006b.

OLIVEIRA, Alini Nunes; SPOLADORE, Angelo. Impactos ambientais decorrentes do turismo em cavernas de Ribeirão Claro/PR. In: STIPP, Nilza Aparecida Freres (Org.). **Análise ambiental em ciências da terra.** Londrina: UEL, 2010. p. 3-34.

OLIVEIRA, Juliana Sieni de. **Formação sócio espacial do município de Tamarana.** 2008. 107p. Monografia (Bacharelado em geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2008.

ORLANDI FILHO, Vitório; KREBS, Antônio Sílvio Jornada; GIFONNI, Luís Edmundo. Coluna White, Serra do Rio do Rastro, SC: seção geológica clássica do continente Gondwana no Brasil. In: WINGE, M (Org.). et al. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil.** Brasília: CPRM, 2009. 515p.

PARANÁ, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Bacias hidrográficas do Paraná.** Curitiba. SUDERHSA, 2006.

PETRI, Setembrino; FÚLFARO, Vicente José. **Geologia do Brasil (Fanerozóico).** São Paulo: T. A. Queiroz: Ed. da Universidade de São Paulo, 1983.

PILÓ, Luís Beethoven; AULER, Augusto. Introdução à espeleologia. In: CARVALHO, Sonia Carlos (Org.). **Curso de espeleologia e licenciamento ambiental.** 3. ed. Brasília/DF: CECAV, 2011. p. 7-24.

PINESE, José Paulo Piccinini. Síntese geológica da Bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, Nilza Aparecida Freres (Org.). **Sociedade, natureza e meio ambiente no norte do Paraná:** a porção inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi. Londrina: EDUEL, 2002. p. 11-32.

PINESE, José Paulo Piccinini; STIPP, Nilza Aparecida Freres; OLIVEIRA, Jaime de. A geologia e os recursos minerais no curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR). In: MEDRI, Moacyr E. et al. (Org.). **A Bacia do Rio Tibagi.** Londrina: M.E. Medri, 2000. p.21-38.

RITTA NETO, Agenor Santa. **Agrometeorologia:** 2010/2011. Curitiba: DERAL, 2010.

ROS, André; LLAMUSÍ, José Luis; SÁNCHEZ, Juan. **Cuevas hipogénicas en la región de Murcia – España**. Murcia: CENM-naturaleza, 2014.

RUBBIOLI, Ezio; MOURA, Vitor. **Mapeamento de cavernas: guia prático**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005.

SANTOS, Maurício Moreira; CHUNG, Chang Kiang; CELLIGOI, André. Avaliação da vulnerabilidade de aquíferos da Formação Serra Geral: uma proposta metodológica. In: CARVALHO, Márcia Siqueira de (Org.). **Geografia, meio ambiente e desenvolvimento**. Londrina: a Autora, 2013. p. 75-88.

SESSEGOLO, Gisele Cristina; SILVA-DA-ROCHA, Luis Fernando; LIMA, Flávia Fernanda de. **Conhecendo cavernas: região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: GEEP Açungui, 2006.

SPOLADORE, Angelo. **As cavidades naturais em arenito do Paraná e a geologia de planejamento no contexto do ecoturismo: o caso de São Jerônimo da Serra, PR**. 2004. 409 fls. Exame Geral de Qualificação (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2004.

SPOLADORE, ANGELO; Bisogni, Frederico Muller; ARRABAL, Fernanda . A Gruta do portão de Cima (PR-262) - PR e a Gruta do Portão de Baixo (PR-259). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2007.

SPOLADORE, Angelo; BUENO VARGAS, Karina. Caracterização espeleológica do conjunto de grutas de arenito Albino Inocente: Tamarana (PR). **Geonorte: edição especial 4**, Manaus, v. 10, n. 6, p. 81-87, out. 2014.

SPOLADORE, Angelo et al. Considerações sobre a Gruta Arco Verde (PR-065) – São Jerônimo da Serra, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2007. p. 309-314.

SPOLADORE, Angelo; FUKUDA, Emília Akemi; GONÇALVES, Marcos Aparecido. Considerações sobre a gênese e desenvolvimento da Gruta de Barro (PR 272), município de Tamarana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. **Anais...** Campinas: SBE, 2009. p. 241-249.

SPOLADORE, Angelo. Novas cavernas em arenito no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28., 2005a, Campinas. **Anais...** Campinas: SBE, 2005a. p. 125-135.

_____. Províncias e Distritos Espeleológicos Areníticos no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 28., 2005b, Campinas. **Anais...** Campinas: SBE, 2005b. p. 136-140.