SUBSÍDIOS ESPELEOLÓGICOS AOS TERRITÓRIOS DO PARQUE NACIONAL DAS CHAPADAS DAS MESAS, MARANHÃO

SPELEOLOGICAL SUBSIDIES TO THE TERRITORIES OF THE NATIONAL PARK OF CHAPADAS DAS MESAS, MARANHÃO

Claudio Eduardo de Castro[1]
Edelson Leitão Maciel[2]
Janderson Rocha Silva[3]
Klinsmann Augusto Lavra Barros[4]

RESUMO: Apresentam-se aqui os resultados de pesquisa em prospecção de cavernas no Parque Nacional da Chapada das Mesas-PNCM, cuja finalidade foi a de subsidiar a compensação ambiental exigida pelo Ministério Público da União em desfavor ao empreendimento da Usina Hidrelétrica de Estreito, a qual é encontrar o dobro, 42 cavernas, das que submergiram sem que se fizessem quaisquer estudos. Com financiamento da Fapema, CNPq e Capes, ao longo de 4 anos encontraram-se 75 cavidades, 24 delas na área do parque, 49 no entorno e duas fora dos limites impostos. Todas elas foram topografadas e as que ainda não se encontram no Cadastro Nacional de Cavidades-CNC, estão sob análise ou em vias de se cadastrar. As ocorrências concentram-se na porção Oeste da área, sob arenitos da Formação Sambaíba, com pouco desenvolvimento horizontal e com presença de atividade cárstica em poucas delas e com fauna troglófila e trogloxena, em uma se encontrou numerosa quantidade de baratas. Os resultados indicaram mais 41 cavernas que o necessário, mas necessitam de estudos de relevância.

Palavras-chave: Gomorfologia. Parque Nacional da Chapada das Mesas-PNCM. Espeleologia. Cavernas. Prospecção.

1 Prof. Dr. Universidade Estadual do Maranhão, Geografia Licenciatura e Bacharelado, Programa de pós-graduação Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço/Desenvolvimento Socioespacial e Regional-UEMA. E-mail: clanaros@yahoo.com.br.
2 Geógrafo, Bolsista BAT Programa de pós-graduação em Cartografia Social. E-mail: edelsonmaciel@hotmail.com.
3 Mestrando do programa de pós-graduação Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço-UEMA/Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC. E-mail: jr_meta@hotmail.com.
4 Graduando em Geografia-Bacharelado-UEMA, Iniciação Científica em geoprocessamento em ecossistemas, professora Swani Tatiana Alvarado Romero, visitante no Programa de pós-graduação em Agroecologia-UEMA. E-mail: kbbarros54@gmail.com.

Este artigo insere-se de pesquisas empreendidas com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão-FAPEMA, pelos UNIVERSAL-00688/15 e UNIVERSAL-01479/17; processo de pós-doutoramento BPD-02074/19, pelo MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 e pela Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de ensino Superior-CAPES, PROCAD-AM 88887.200484/2018-00. Agradecimentos especiais a Elison André Leal Pinheiro e Flávia Martins Silva, que, igualmente aos autores, contribuíram nos resultados na pesquisa..

Artigo recebido maio de 2020 e aceito para publicação em setembro de 2020.

ABSTRACT: Here are the results of research in prospecting for caves in the National Park of Chapada das Mesas -NPCM, whose purpose is to support the environmental compensation required by the Federal Prosecutor Service against the Estreito Hydroelectric Power Plant, which is to find twice as many, 42 caves, of which submerged without making relevant studies. Financed by Fapema, CNPq and Capes over 4 years, 75cavitieswerefound - 24 of them in the park area, 49 in the surroundings and two outside theim posed limits. All of them have be ensurveyed and those that are not yet in the National Registry of Cavities-CNC are underanalysisor in theprocessofregistering.The occurrences are concentrated in thewestern'sof NPCM, undersandstonesofthe Sambaíba Formation, withlittle horizontal development and withthepresenceofkarsification in a fewofthem and oftroglophilic and trogloxen fauna, in onetherewas a largenumberofcockroaches.The resultsindicated 41 more caves thannecessary, buttheyneedstudiesofrelevance.

Keywords: Geomorphology. National Park of Chapada das Mesas-NPCM.Speology. Caves. Prospection.

CONTEXTUALIZANDO OS TERRITÓRIOS ESPELEOLÓGICOS E A PESQUISA

O território brasileiro contabiliza 6.511 cavernas registradas nos cadastros espeleológicos existentes (CECAV, 2020), além de tantas outras prováveis cavidades naturais subterrâneas ainda não catalogadas ou mesmo desconhecidas, por este motivo apresentam-se os resultados de pesquisa no Parque Nacional da Chapada das Mesas no sentido de somar conhecimento nesse segmento, uma vez que é necessário [...] esclarecer a sociedade da importância de se conhecer e conservar as cavernas, o patrimônio espeleológico" (MONTEIRO, 2013).

O Estado do Maranhão possui junto ao Cadastro Nacional Cavidades (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2020), 121cavidades, das quais 42 localizam-se na cidade de Carolina,39 cadastradas por esta pesquisa (MORAIS *et al.*, 2014; CASTRO *et al.*, 2014; SBE, 2020). Há ainda outras 40 que estão em fase de validação e de mapeamento digital e devem ser incluídas em alguns meses. Esse número de cavernas prospectadas, topografadas e cadastradas advém de um esforço na consolidação de um passivo ambiental gerado a partir da criação do lago da hidrelétrica de Estreito, no rio Tocantins, operada pelo Consórcio Estreito Energia (CESTE), considerado potencialmente lesivo ao patrimônio espeleológico, conforme parecer técnico (AGU, 2010) encaminhado ao ICMBio.

Atesta-se a importância de se encontrar cavernas areníticas a partir dos esforços realizados pela SBE no sudeste do estado do Tocantins, área contígua ao estado do Maranhão, onde uma equipe de paleontólogos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Uni-Rio) encontrou fósseis em 32 cavidades, das 40 visitadas. Os fósseis indicaram uma "[...] mistura de espécies extintas e variações em grandes tamanhos de animais ainda hoje existentes (SBE-NOTÍCIAS, 2013, p. 2). Os esforços foram para se catalogar as cavidades também na intenção de contribuir com sua preservação para o futuro conhecimento arqueológico e paleontológico.

Estudo realizado por Cavalcanti *et al.* (2012) para o CECAV em escala de 1:2.500.000, foram destacadas as áreas de dados geoespaciais das 10.257 cavidades conhecidas, os arenitos, litologia mais abundante no estado do Maranhão, apresentou nesse trabalho apenas 1% de sua potencialidade cadastrada. A despeito de ocorrência de cavernas nos arenitos, embasa-se nas

definições já amplamente acatadas pela comunidade científica acerca do que se considera como carste, como afirma Cavalcanti *et al.* (2012, p. 20) que, contemporaneamente as cavidades naturais são consideradas carste, cuja definição independe do tipo de rocha, dependendo mais "[...] a importância da dissolução de rocha (qualquer que seja), e da hidrologia característica de um sistema cárstico". Nesse sentido Hardt e Pinto (2009) corroboram, salientando que importa também a geomorfologia, mas sobremaneira os processos que dão origem as formas. Queremos dizer que o exocarste, o epicarste e o endocarste que englobam sistemas cavernícolas e suas feições, independente da rocha encaixante, são considerados carste, e, consequentemente, ambientes cavernícolas.

Ressaltamos que todas as rochas são solúveis, no entanto a dimensão de sua dissolução é muito variável e envolve processos complexos que exigem cuidadosos estudos. Por esse motivo a solubilidade das rochas nas quais os processos formativos de cavidades se operam podem ser graduados do maior para a menor, na seguinte escala: calcário, dolomito, mármore, arenito, quartzito, granito, formação ferrífera, entre outras (HARDT; PINTO, 2009).

As cavernas são, segundo a Lei federal Nº 6.640/2008 (BRASIL, 2015) todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, cujas denominações podem variar segundo a localidade como: caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco. Nelas estão incluídos o seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora bem com o corpo rochoso, desde que formada por processos naturais.

Ainda, e antecipadamente a qualquer norma que venha obstar as garantias às cavernas, em 1988 (BRASIL, 2016), a Constituição, pelo inciso X, declara as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional um patrimônio brasileiro, assegurando que independem "de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante", portanto, a despeito da controvérsia existente quanto à existência ou não de carste em rochas pouco solúveis, como o arenito (SELF; MULLAN, 1997; YONGER; STUNEL, 1995; HARD *et al.*, 2009; KLIMCHOUK; FORD, 2000), por força das normas legais, elas assim estão asseguradas, independente de quais sejamos processos ou rocha lhes deram forma, desde que naturais.

As cavernas brasileiras são objeto de leis normativas as quais, já na década de oitenta do século passado, com a Resolução CONAMA Nº005 (1987), - que aprovou o "Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico" – estabeleceu-se "[...] que seja incluída na Resolução CONAMA Nº 001/86, a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental nos casos de empreendimento potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional". No início deste século, a Resolução CONAMA (2004) Nº 347/04 apresentou o conceito de cavidade natural subterrânea relevante, que até então não havia. A partir desta norma são consideradas, pelo inciso II, do art. 2º, relevantes as cavidades naturais subterrâneas que apresentem significativos atributos ecológicos, ambientais, cênicos, científicos, culturais ou socioeconômicos, no contexto local ou regional[5].

Em 2008 o Decreto Nº 6.640/08 veio categorizar as cavernas, prevendo sua classificação segundo quatro graus de relevância: máximo, alto, médio e baixo. As de relevância máxima "[...] não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis", mas as cavernas classificadas com grau de relevância alto, médio ou baixo poderão "[...]mediante licenciamento ambiental" (BRASIL, 2008). Com a intenção de ajustar a classificação de relevância das cavernas, a Instrução Normativa Nº 2 (BRASIL, 2009) assegura, "[...] que através do estabelecimento de um método criterioso de análise de relevância das cavernas brasileiras, [busque-se] identificar aquelas merecedoras de conservação e que formarão o Patrimônio Espeleológico Brasileiro".

Tais medidas são exigências do Decreto 6.640/08 (BRASIL, 2008; MMA/CECAV, 2012), em seu artigo 4º, §1º que diz:

> No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, o empreendedor deverá adotar, como condição para o licenciamento ambiental, medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho.

O CESTE em resposta esclareceu

> [...] que em atendimento às solicitações realizou o levantamento das cavernas afetadas pelo empreendimento e apresentou como medida mitigadora dos impactos negativos provocados a realização de estudos espeleológicos das cavidades localizadas no Parque Nacional da Chapada das Mesas (PNCM), no Município de Carolina, Estado do Maranhão, realizados de acordo com o Termo de Referência elaborado pelo CECAV e o Memorando nº. 24/2007/ CECAV/IBAMA. (MMA/CECAV, 2012)

O parecer técnico nº104/2010 (IBAMA, 2010a) que foi considerado para fins de emissão da Licença de Operação afirma que "[...] a proposta de compensação feita pelo empreendedor não foi satisfatória", ao que exige condicionantes atreladas ao licenciamento, qual seja, uma proposta de compensação pelo impacto irreversível às 21 cavidades alagadas pela UHE Estreito, que contemple de forma clara e objetiva ações de conservação de forma permanente " [...] de 02 (duas) cavidades para cada 1 (uma) alagada (com grau de relevância alto), atendendo ao disposto no Decreto 6.640/2008. Caso necessário, a proposta deverá ser discutida com o CECAV/ICMBio" (IBAMA, 2010b).

Foram solicitados procedimentos diagnósticos quanto à existência e relevância de cavernas afetadas por inundação causada pela formação do reservatório da hidrelétrica. Em março de 2011 a Diretoria de Licenciamento Ambiental do IBAMA – DILIC e o Centro de Estudo e Proteção e Manejo de Cavernas – CECAV, solicitaram ao CESTE a elaboração de estudos para identificar a eventual presença de cavernas na Área Diretamente Afetada – ADA pela UHE, Estreito, bem como a necessidade de medidas mitigadoras desses impactos. Tais medidas são exigências do Decreto 6.640/08 (BRASIL, 2008; MMA/CECAV, 2012), em seu artigo 4º, §1º que diz: No caso de empreendimento que ocasione impacto negativo irreversível em cavidade natural subterrânea com grau de relevância alto, o empreendedor deverá adotar, como condição para o licenciamento ambiental, medidas e ações para assegurar a preservação, em caráter permanente, de duas cavidades naturais subterrâneas, com o mesmo grau de relevância, de mesma litologia e com atributos similares à que sofreu o impacto, que serão consideradas cavidades testemunho.

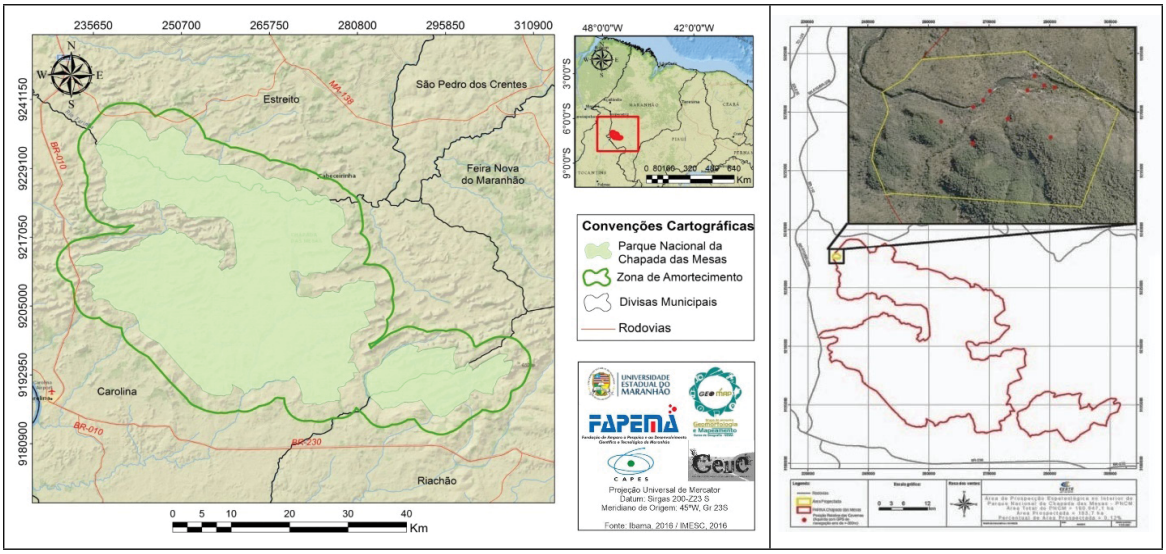
O consórcio da UHE Estreito ofereceu serviços para levantamento diagnóstico que identificasse cavidades no território do PNCM, visando sua preservação, conforme parecer da Advocacia Geral da União-AGU (2012), apresentando 11 delas na porção Noroeste (Figura 1, apresenta ainda a localização do PCNM) constantes em estudos realizados anteriormente

(DIRSSMA-CESTE, 2011), porém não contemplando o número de duas vezes as que foram inundadas e também a exigência de serem em área externa ao Parque. Além do mais, estas 11 cavidades foram somente indicadas por sua coordenada, não se realizando sequer sua topografia, como atestaram os que se encarregaram da prospecção, por ocasião do Congresso Brasileiro de Espeleologia (ATINGEN; SCHERER; VARÃO, 2011, p. 603-605),

Não se realizaram os levantamentos topográficos, mapeamento e qualquer indicação potencial para a relevância espeleológica, uma vez que serviram apenas à finalidade de "[...] compor os estudos vinculados ao EIA/RIMA para obtenção da Licença Ambiental da hidrelétrica do Estreito/MA". Os responsáveis pela prospecção das cavidades sob influência da Usina Hidrelétrica de Estreito salientam que:

> É importante frisar que os dados obtidos durante as campanhas deste estudo são frutos de levantamentos de documentação básica de cavidades, sendo necessária, portanto, a realização futura de estudos complementares específicos de geoespeleologia, bioespeleologia e arqueologia. (ATINGEN; SCHERER; VARÃO, 2011, p. 603).

A AGU, corroborando parecer anterior (IBAMA, 2010a) e a LO (IBAMA, 2010b) enseja que se dê prioridade à aquisição de terras para a regularização fundiária de Unidades de Conservação (UC) que contenham cavernas, desde que em áreas particulares não desapropriadas. Soma-se a esta recomendação a de o CESTE adquirir também, e em maior parcela, áreas externas com ocorrência de cavidades de relevado interesse. Esta recomendação se firma em reunião entre as partes, ocorrida em 29 de abril de 2011, na qual concordaram que essas áreas com essas características fossem adquiridas pelo consórcio CESTE tanto para regularização fundiária dentro do parque, quanto externamente, cujas cavidades tenham relevância (MMA-CECAV, 2012).



Fonte: Pesquisa; DIRSSMA-CESTE, 2011, p.10.

Figura 1. Cavidades encontradas por prospecção da CESTE-UHE Estreito.

O precário conhecimento que se tinha quanto à ocorrência de cavernas na área do PNCM e seu entorno exigiu, de um lado, esforços no sentido de pesquisas nessa área, de outro a necessidade de se descobrirem áreas nas quais essas cavernas se localizavam, com a finalidade de serem cumpridas as exigência de compensação ambiental imputada à CESTE-UHE. Estas características justificaram os esforços empreendidos a partir de outubro de 2015, com recursos de projeto Universal-Fapema/CNPq, mas que ganharam força a partir do projeto Procad-AM entre a UEMA, UFPA e UNICAMP a partir de 2018.

PROSPECTANDO CAVERNAS, O COMO E A PRODUÇÃO DAS BASES

As pesquisas no PNCM, visaram prioritariamente prospectar, topografar e cadastrar o maior número possível das cavidades existentes no território do PNCM e área de amortecimento, dentro da limitação temporal e logística, subsidiando dessa maneira o exposto para a conservação por compensação ambiental de áreas com ocorrências de cavernas. Outros objetivos foram buscados, como o levantamento espeleológico considerando os aspectos geológicos, geomorfológicos, bioespeleológicos e arqueológicos mapeamento espeleológico com nível topográfico BCRA 4C (DEMATEIS, 1975; SANCHEZ, 1980; ASSUNÇÃO; BRAGANTE-FILHO, 2015), considerando a precisão recomendada pela SBE a partir da British Cave Research Association (BCRA), em grau 4C, cujo grau de erro é de 1 centímetro.

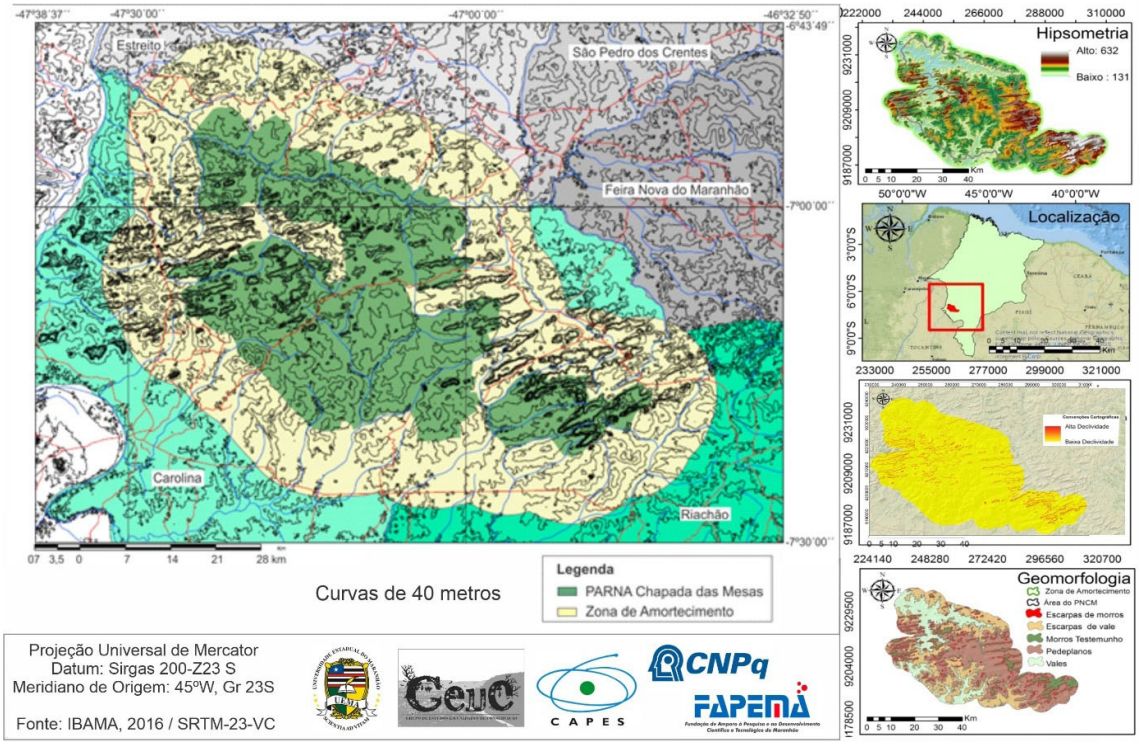
Os equipamentos utilizados foram GPS Etrex 20, bússola e clinômetro com precisão de Azimute do rolamento em +/- 0,5° e com resolução de 1°, com amortecimento a líquido, Clinômetro com + /- 90 °, escala de notas de + / - 150 °, com possibilidade de acoplamento a tripé de trabalho, trena longa, aberta, em fibra de vidro 30 e de 50 metros. As topografias receberam acabamento gráfico em software Corel Draw versão X.8. uma vez que se trata de cartas em grande escala. No campo, a prospecção seguiu um roteiro inicial de busca de informação, a partir da qual as áreas foram escolhidas e visitadas. As cavernas foram cadastradas no site da Sociedade Brasileira de Espeleologia-SBE-CNC.

Inicialmente, consultaram-se as cartas topográficas em escala 1:100.000 produzidas pela diretoria de Serviço Geográfico-IBGE, (ZEE-MA, 2015) e imagens SRTM disponibilizadas pela Embrapa (2015) a partir do que se confeccionou o mapa topográfico com curvas de nível de 40 metros (Figura 2) e as classes de declividades e hipsometrias que permitiu identificar as grandes áreas passíveis de ocorrência de cavidades, esculpidas no sentido NE-SO, em direção à calha do rio Tocantins, mapa refeito em 2018.Utilizou-se os softwares livres Quantum Gis e oTrackMaker.

As visitas às localidades ocorreram com uma equipe de alunos bolsistas de Iniciação Científica (CNPq e Fapema), um técnico do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, dois mestrandos e guias locais. As visitas ocorreram em picape, pertencente ao Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, da Uema-São Luís e outra do PNCM. Utilizaram-se de fichas de campo para os percursos, anotando-se no GPS os caminhos (track) e fichas para as topografias.

Realizaram-se também entrevistas abertas com os moradores no intuito de se obter informações de existência das cavernas, de seus significados para os moradores, do valor simbólico dado a elas. A escolha da entrevista se deu por "atender principalmente finalidades exploratórias, [e] é bastante utilizada para o detalhamento de questões e formulação mais precisas dos conceitos" que se deseja construir, neste caso a ocorrência de caverna e seu significado para os moradores, respectivamente. Nela o "entrevistador

introduz o tema e o entrevistado tem liberdade para discorrer sobre o tema sugerido. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão" uma vez que se aproxima de uma conversação informal (BONI; QUARESMA, 2005).

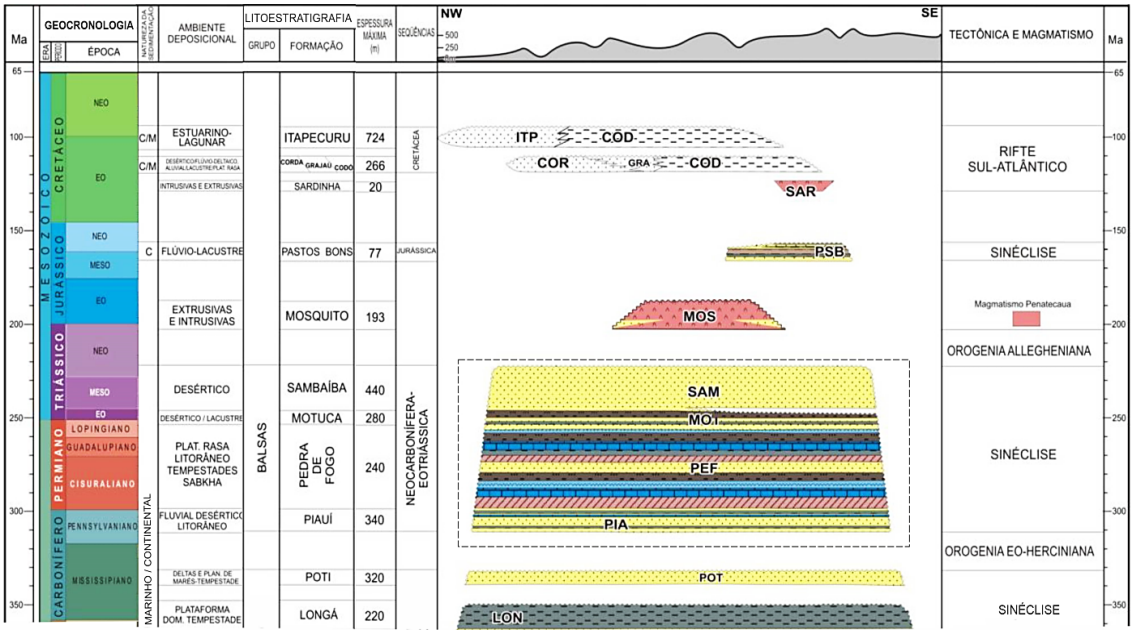


Fonte: Elaborado com base em IBAMA, 2016; NASA, 2018-SRTM: SB-23-VC.

Figura 2. Mapa Topográfico e Hipsometrias da área do PNCM.

As declividades possibilitaram discernir em quais situações se poderia encontrar cavernas nos arenitos ali existentes, porém a geologia é uma fonte imprescindível na prospecção. Dessa maneira se buscou construir o mapa geológico ajustado à escala observacional que se necessitava, partindo-se do mapa de geologia na escala de 1:250.000 (CPRM, 2011) e de trabalhos de Lopes e Teixeira (2013) e uma visita a campo para averiguar-se algumas diferenciações, se pode construir o mapa, que se apresenta conjuntamente com a geomorfologia na Figura 5.

As geologias predominantes são formações do Grupo Balsas, a Sambaíba, a Motuca e a Pedra de Fogo, estando nessa ordem de ocorrência a partir da parte mais alta para a mais baixa. Há ainda a Formação Mosquito, sobreposta, na qual encontrou-se os basaltos já grandemente degradados por remontarem ao Jurássico e Cretáceo, dos quais os derrames e diques de diabásio indicam os efeitos da desagregação do Pangea, com modelado arredondado nos morros mais altos, sobre os arenitos (ARAÚJO, 2015). A Figura 3 mostra o diagrama de corte geológico elucidativo, no qual se percebe a Formação Sambaíba que, sobreposta, mas logo abaixo dos basaltos e diabásios da Mosquito já muito degradados, aparece quando da esculturação geomorfológica hoje presente.



Fonte: Elaborado a partir de VAZ *et al*., 2007. Descritivamente as Formações apresentam-se: os arenitos Sambaíba (SAM) são vermelhos a cor-de-rosa, creme-claro/esbranquiçado, em geral finos a médios, subangulosos a subarredondados (VAZ *et al*., 2007); a Formação Motuca (MOT)constitui-se por siltito vermelho e marrom, arenitos brancos finos a médios, nela os calcários são raros, o contato apresenta-se concordante com a Formação Pedra de Fogo (PEF), subjacente (LIMA; LEITE, 1978); a Formação Pedra de Fogo caracteriza-se por sílex, calcário oolítico e pisolítico creme abranco, eventualmente estromatolítico, com intercalações de arenito fino a médio amarelado, folhelho cinzento,siltito, anidrita e, eventualmente, dolomito. Foram depositados sob ambiente marinho raso a litorâneocom planícies de sabkha, sob ocasional influência de tempestades (GÓES; FEIJÓ, 1994, *apud* VAZ *et al.* 2007). A Formação Piauí apresenta-se somente em outras áreas da bacia, nomeadamente no Alto Parnaíba, e porção de contato com a bacia do Itapecuru.

Figura 3. Diagrama Estratigráfico da Geologia.

Não obstante, ao se tratar de cavernas que, antecipadamente se avalia ocorrerem em arenitos, o conhecimento da geomorfologia é uma das etapas fundamentais da pesquisa, uma vez que o modelado ocorreu sobre as rochas preexistentes oferecendo-nos, a partir de sua análise, uma ferramenta de por onde se deveria palmilhar o território do PNCM em busca das cavernas.

No intuito de se conhecer e entender as morfoestrururas geomorfológicas[6] para a construção do mapa geomorfológico, efetuou-se uma análise das bases de hipsometria obtidas a partir imagem SRTM NASA (2017, 2018), que puderam gerar um mapa geomorfológico seguindo-se os critérios estabelecidos pelo IBGE (2009). A morfoestrutura geomorfológica (IBGE, 2006) advém da Sinéclise da Bacia do Meio Norte, ou Piauí-Maranhão, desenvolvida na plataforma continental em forma de uma grande bacia sedimentar em pacotes espessos e abaulada pelo longo período geológico (ITCG, 2019), que, devido aos processos do modelado criaram-se declividades acentuadas nas bordas das superfícies tabulares pediplanadas, festonadas e dissecadas em Mesas, Mesetas e vertentes muito encaixadas (IBGE, 1997). Estas e os paredões que sobem as chapadas apresentam certa potencialidade para a ocorrência de cavidades naturais, a depender da característica das rochas.

Para Maranhão-Zee (2002), a geomorfologia dessa área criou Mesas em dissecamento, cuja gênese se dá pela esculturação dos interflúvios, que se estabeleceram em forma estruturais

submetidas à pedimentação escalonada, inversa ao mergulho das camadas, ocorrendo fragmentos de Chapadas areníticas, geralmente cuestiformes de rebordos festonados. Em alguns casos a dissecação ocorre em ravinas, vales encaixados e interflúvios tabulares. A Figura 4 apresenta feições geomorfológicas do PNCM, podendo-se observar o delineamento erosivo geomorfogenético dos morros testemunhos, mesetas e mesas ao fundo e à esquerda.

Fonte: Pesquisa.

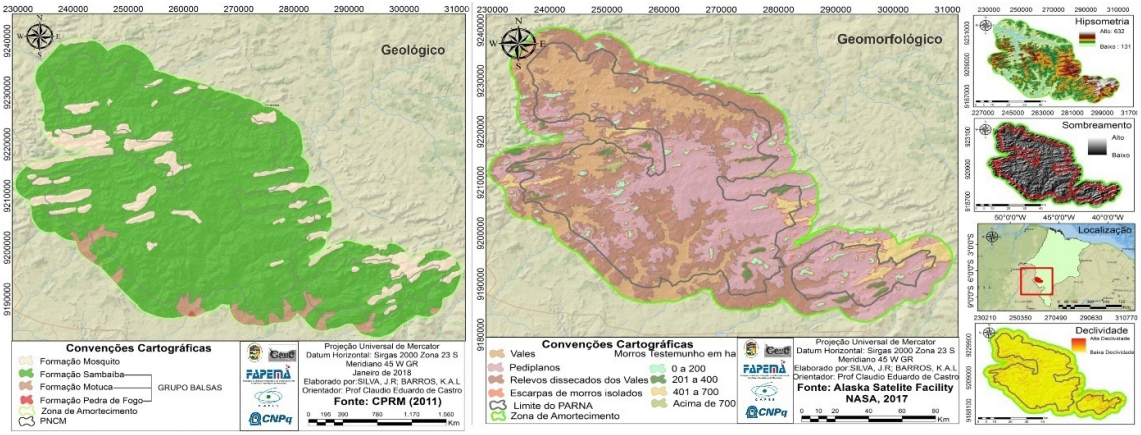
Figura 4. Imagens da Geomorfologia do PNCM.

O entendimento das feições geomorfológicas e sua gênese é necessária, uma vez que a formação das cavernas é uma expressão endocárstica, desenvolvendo-se ao longo de linhas de maior fraqueza, sendo essencial os planos de estratificação, determinantes na geometria e orientação, sendo a partir dessas descontinuidades estruturais e nos contatos divergentes das camadas, por onde inicia-se o ataque químico, ou seja, a dissolução, acompanhada preponderantemente da erosão (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, 1994). Portanto, ao especializar a geomorfologia deu-se um passo fundamental na prospecção que se desejou realizar.

Este resultado considerado como bases à consecução dos objetivos, necessitou de uma primeira visita, na qual se validou o trabalho de pesquisa bibliográfica empreendida, de produção cartográfica preliminar. Essa primeira visita a campo, que teve permanência de 7 dias inteiros na área do PNCM, foi utilizada para ajuste dos mapeamentos que basearam a pesquisa, e quase que exclusivamente para tal empreita. Os demais dias fez-se contato com alguns moradores, com a chefia do parque e visitou-se algumas cavernas conhecidas que até então não estavam cadastradas, nas quais se fez a topografia, utilizada para treinamento das equipes. A geomorfologia está expressa na Figura 5.

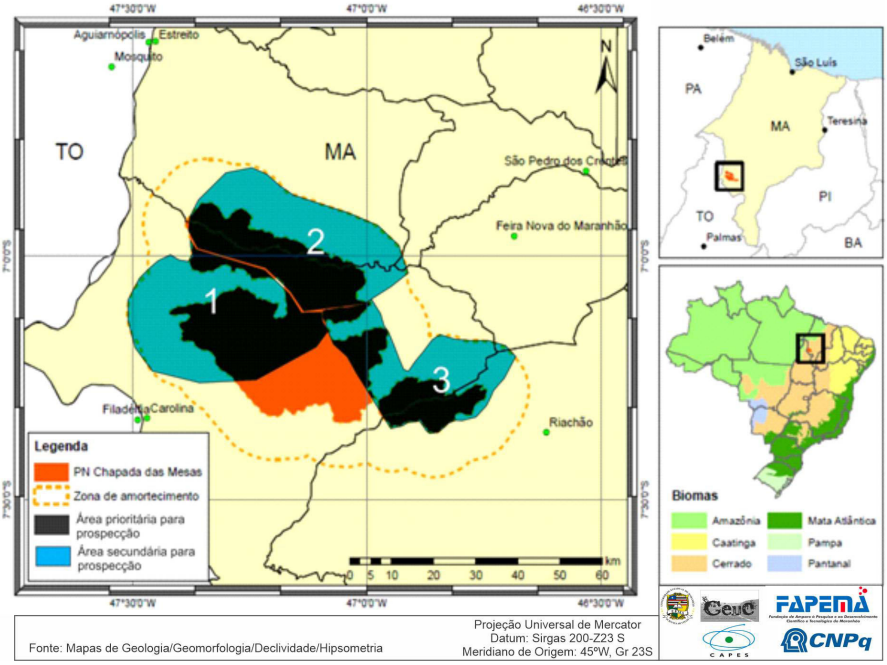
Em posse das bases geradas para prospectar as cavernas, analisaram-se quais seriam as prioridades para o campo, preponderantemente áreas declivosas do dissecamento do relevo, prioritariamente na Formação Sambaíba, por estar nela todas as ocorrências conhecidas e visitadas na primeira expedição, depois as outras, partindo-se do interior para o perímetro do território do

parque, depois em seu entorno. Em casos nos quais a visualização de encostas não foi possível diretamente, e no intuito de se poupar os esforços de escaladas, utilizou-se um Veículo Aéreo Não Tripulado-VANT Phanton 4-Pro, adquirido com recursos de projeto Universal Fapema.



Fonte: Elaborado a partir de Alaska Satelite Facility-Nasa, 2017, 2018, IBGE, 2009, CPRM, 2011.

Figura 5. Geologia e Geomorfologia do PNCM.



Fonte: Elaborado a partir dos mapas de Geologia, Geomorfologia, Declividade e Hipsometria.

Figura 6. Setores de prospecção no PNCM e Entorno

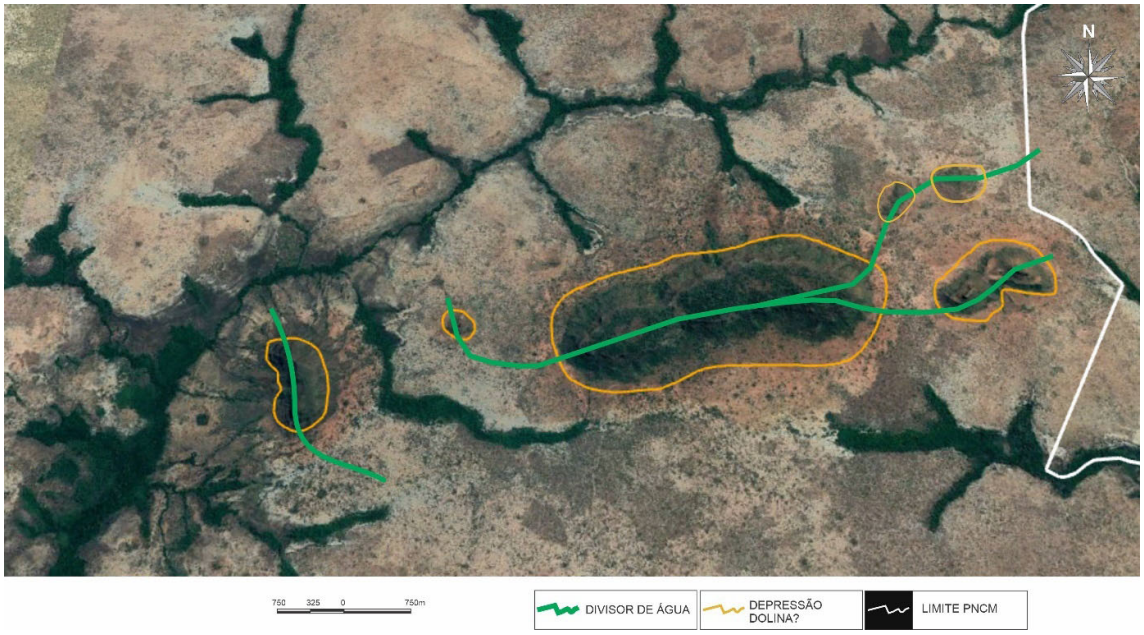
Dividiu-se a prospecção em 3 setores (Figura 6), visando diminuir os deslocamentos e a consequente perda de tempo para se chegar a alguns pontos. Em determinadas áreas, na porção Sudeste (setor 3), fixou-se acampamento, por não haver qualquer apoio de casas, sítio ou fazenda. No campo puderam ser divididas duas equipes que percorriam os paredões em sentidos opostos, procurando as cavernas informadas por moradores, caçadores e por funcionários do parque e, em sua maioria, outras que puderam ser

descobertas. As equipes se comunicaram por rádios e em alguns casos foi exigida escalada para se alcançar o alto dos paredões, utilizando-se equipamento para técnicas verticais.

RESULTADOS DA PROSPECÇÃO DE CAVERNAS NO PNCM E SEU ENTORNO

A prospecção empreendida no PNCM e seu Entorno pode conhecer uma parte das ocorrências de cavernas, uma vez que alguns desafios se impuseram, como a dispendiosa disponibilidade de tempo para empreitadas mais profundas em perímetro tão vasto, necessidade de equipe não só disposta, mas apta e capacitada ao exercício da exploração espeleológica associada a longas caminhadas, o que não se configura no curto período acadêmico discente.

Aqui vale salientar a necessidade de uma expedição que busque averiguar a gênese de depressões, como aparentes dolinamentos, assinalados na Figura 7, que seguem uma lógica no sentido ENE-OSO, na qual novas cavernas de interesse podem existir, bem como geomorfologias de interesse científico e geoturístico, dadas as circunstâncias aparentes, uma vez estarem exatamente no que deveria ser o divisor de águas local.



Fonte: Elaborada a partir de imagem Landsat 8, 31/08/2018 e Google Earth de 19/04/2019.

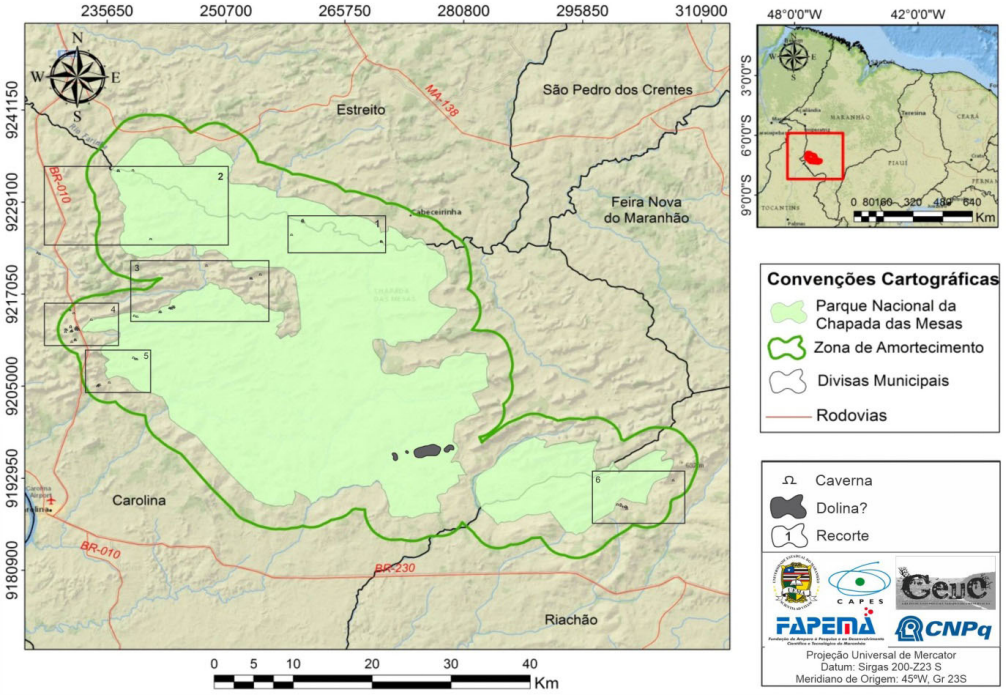
Figura 7. Croqui de Depressões na porção Sudeste do PNCM.

Pelos desafios postos, a porção montante do rio Itapecuruzinho (Leste do setor 1) foi subexplorada bem como feita visita de apenas 3 dias na porção sudeste, nas bordas dos limites do território do parque e na área de entorno (Setor 3). A prospecção, seguindo a dinâmica de exploração nos três setores assinalados puderam apresentar um painel das peculiaridades das cavernas presentes nessa região, sob o domínio geológico do Grupo Balsas.

Assim as 24 cavernas no território do parque, 49 no entorno e duas outras distantes pouco mais de 2,3 quilômetros no sentido Nordeste dos limites do entorno, constam dos resultados. Cabe aqui nomear os motivos de se topografar e catalogar estas duas cavernas no exterior, alheias ao foco da pesquisa, que ocorreram por ocasião de pedido da família de um senhor, Ronaldo, que desejou que fizéssemos o cadastro delas por estar já bastante idoso. Todas estão localizadas na Figura 8.

A análise das cavernas encontradas permite-nos identificar que a porção Oeste da área prospectada resultou em maior número de cavidades e algumas ao longo da drenagem do rio Farinha e no sentido dele a partir da área de maior concentração. Na área percorrida até a margem direita, à montante do rio Itapicuru - que vindo de nordeste, sai do PNCM para sul, cortando a BR-230, parte central do território do PNCM - encontraram-se geomorfologias muito denudadas, de colinas amplas, não havendo ocorrências. Para melhor qualificar as cavernas encontradas, apresentamos os recortes assinalados nas Figuras 9 e 10, descrevendo as características gerais e ilustrando algumas cavernas de cada um dos fragmentos recortados, listando-se as cavernas.

Os nomes atribuídos respeitam prioritariamente o desejo do membro morador da localidade ou o do guia da equipe, sempre morador da região, quando não, os que os grupos nomearam em campo, em alguns casos ainda, ficando com a numeração da planilha.



Fonte: Pesquisa.

Figura 8. Ocorrências de cavernas no PNCM e Entorno.

O recorte 1 ocupa a área do rio Farinha, dentro do PNCM, entre as cachoeiras da Prata e São Romão, ali se encontrou a caverna Carneiros II em um morro, a Andorinhas I e II, a das Baratas, a da Raíz e as São Romão I e II. A geomorfologia marginal ao rio apresentou incipiente espeleogênese, ficando mesmo para a parte estritamente próxima às cachoeiras. Na Prata, há presença de andorinhas em duas cavernas e na São Romão, sob a cachoeira, uma exuberante cavidade abriga andorinhões.

O recorte 2 está na área do Vale da Lua, no limite do parque, o rio Farinha deixa seu território logo após ressurgir de um sumidouro e de ter passado pelos arenitos os quais ele esculpiu em marmitas dos mais diferente tamanhos, daí o nome. Ali se encontraram 3 cavernas, Laje do Porão, Caverna 7 e Esquerdo do Vale da Lua. Esta parte está próxima à área na qual há as 11 cavernas notificadas pela DIRSSMA-CESTE (2011) apresentadas na Figura 1. As cavidades são de pequeno porte, baixas e com fauna restrita ao sedimento

presente no chão. Estão associadas diretamente à história da esculturação recente do rio. Ainda nesse recorte há a uma caverna encontrada no caminho para o Vale, é a Ocorrências.

Na porção Oeste, recorte 3, há um enclave para dentro do parque que exclui de seu território a drenagem da Pedra Caída, bacia hidrográfica na qual há um grande empreendimento turístico. Aí as ocorrências passaram a ser mais numerosas, havendo 21 delas topografadas (9 no entorno): Catitu; da Estiva; Perigosa da Estiva; Gruta do Tomo; Cantinho do Patamar; Caverna 19; Isaías; da Ordem; Escalada I; Escalada II; da Desordem; Constrangimento; Carste; Caverna 8; Sem Nome; Morcegos Aérios; Ararinha; Profeta I, Profeta II; Carneiro I; Morro do Portal.

Fonte: Pesquisa.

Figura 9. Cavernas dos recortes 1, 2 e 3.

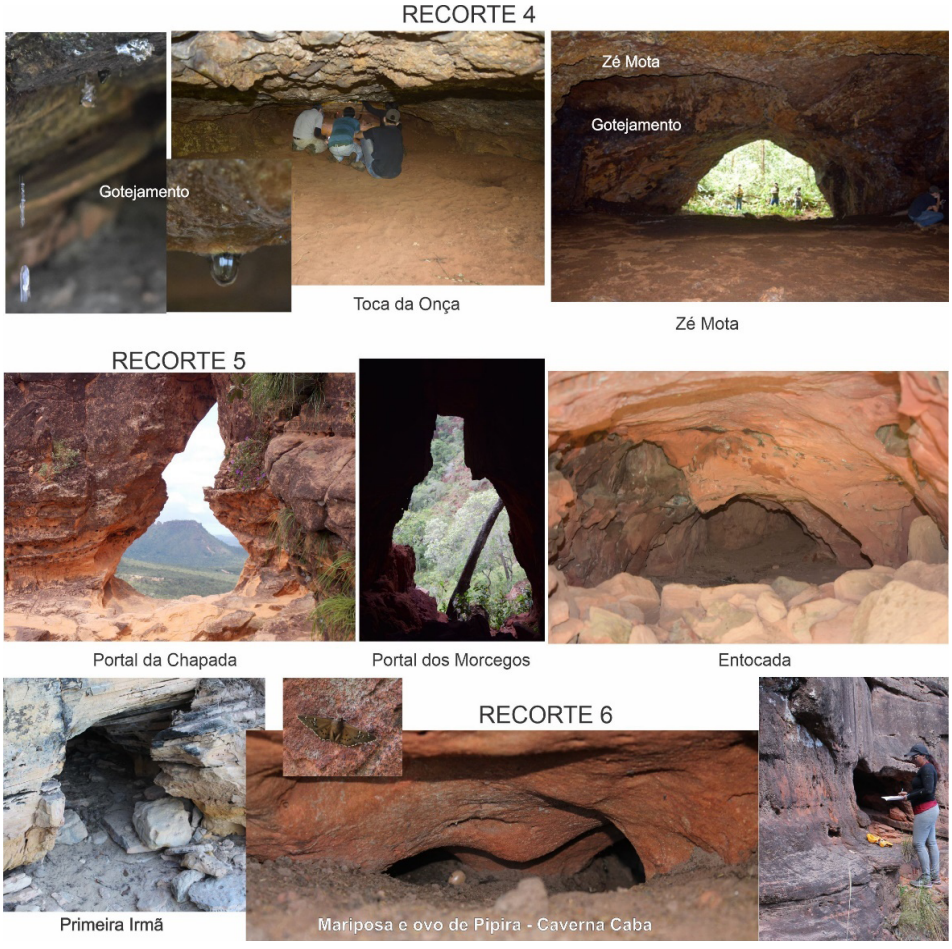
A espeleogênese se tornou mais diversificada, com diaclases e fissuras ainda ativas pela ação das águas pluviais, sedimentos mais abundantes no chão, fauna diversificada, ocorrências em patamares altos, nos quais as cavidades se apresentam mais evoluídas pelo tempo decorrido desde sua formação, ocorrendo cavernas verticalizadas, com entradas superiores.

No extremo Oeste, o recorte 4 se constitui com 25 cavernas, todas no território de entorno, são as: Morro do Portal; Ana Luíza; Deijacir; Fenda da Arara; Arara na Toca; Picada; Estalagmite; Zé Mota; Chupé; Toca da Onça; do Túnel; do Morrinho; Toca do Cachorro; Aranha do Morro; Dúvida do Bode; Chiqueiro; do Teto; Gotejamento; Infiltração; Toca da Cagada; Nova; Tamanduá; Toca do Portalzinho; Toca da Arara Vermelha e Toquinha.

Nesta área as cavernas apresentam-se com aspecto mais cárstico, em se tratando de arenitos. As paredes de algumas estão recobertas por calcificações cristalizadas sobre grãos de areia mais resistentes, alguns seixos depositados nos sedimentos do arenito estão se intemperizando e nos espaços vazios, ovalados-geóides, uma camada branca, calcárea se apresenta. Há infiltração ativa, inclusive com presença de estalagmites e gotejamentos frequentes, sazonais.

Muito parecida com a anterior, o recorte 5, conta 8 cavernas: Duas Bocas, Encavalada do Portal, Portal dos Morcegos, Portal Carolina, Dois lados, Cachorrão, Entocada e Quatro Araras Vermelhas. A característica dominante é a ocorrência em segmentos altos dos morros, com fauna aérea muito presente, somente em duas não ocorreram, nas demais há morcegos e araras. Aqui, ao lado do visitadíssimo Portal da Chapada, uma janela no alto do morro arenítico de onde se vê uma exuberante mesa (morro do Chapéu), ocorrem quatro cavernas, todas com colônias de morcegos.

O recorte 6 é da porção sudeste, em local com várias tocas no arenito servindo como local de abrigo e reprodução de inúmeras araras. Avançou-se para a área do território do parque, mas, percorrendo-se o entorno das três mesas nada se constatou, havendo ocorrências no limite externo, no entorno. Ali encontraram-se as cavernas: Nanica, Coquinho da Arara; Kbjoloiro; 1ª Irmã; Morro do Salto; do Pulo; Salto e da Caba. Todas estão sob o morro das araras, geologia mais desgastada que as demais mesas e mesetas daquela área, com rocha exposta sob um cerrado em geral menos denso.



Fonte: Pesquisa.

Figura 10. Cavernas dos recortes 4,5 e 6.

No aspecto de avaliação da fauna, pode-se averiguar que as cavernas encontradas servem basicamente como abrigo, possivelmente pelas peculiaridades do desenvolvimento de pequenas dimensões. As notificações encontradas foram apenas de animais troglóxenos[7] (Mocós, Morcegos, Felinos, Lagartos, Tamanduás), havendo outros, como os troglófilos que podem ser encontrados tanto dentro quanto fora das cavernas, as aranhas e mariposas encontradas estão nessa categoria[8].

Além do caráter material, há que se considerar o imaterial, aquele que se aloja na cultura, lendas, mitos e imaginário dos que vivem nas localidades onde as cavernas ocorrem. Não se encontrou vínculos culturais com as cavernas prospectadas, senão casos de onças e cobras que habitam algumas, vale ilustrar a que tem mais significado, a da caverna do Zé Mota, história narrada por dona Ciça de 81 anos, moradora da casa mais próxima, quando a equipe de pesquisa foi recebida pelos moradores de três famílias da localidade. Por temerem os mistérios que cercavam a caverna, convocaram o padre de Carolina para lá ir e averiguar a veracidade.

Quando o padre chegou, logo acendeu velas nas rochas do chão do grande salão inicial, mas elas, mesmo sem qualquer ventilação, se apagavam. Observou que do teto pingava um líquido preto, atinando poder ser obra do mal, atirou contra as paredes da caverna, foi então que saiu do buraco uma cobra vermelha muito grande e perseguiu os presentes que só se safaram por espalharem-se e enganá-la. Contam que a partir daí, ao passarem à frente dela, sentem uma força estranha e ao iluminarem para dentro, a luz não 'entra', mesmo com a mais potente lanterna, então ouvem um barulho de morcegos como que engolindo a luz.

Essa caverna tem desenvolvimento de quase 27 metros, com um grande salão de entrada e um lateral criado pela drenagem nas fissuras do arenito. Todo o chão dessa caverna está coberto por espessa camada de guano, observou-se ali ao menos 3 espécies de morcegos, os moradores entrevistados relatam haver constantes ataques de hematófagos aos cavalos, o que pode indicar ser uma delas moradoras da caverna, ocorrem ainda grilos, aranhas, centopeias, lagartos e abelhas sem ferrão (localmente nomeada por xupé) na entrada.

No que tange à fauna encontrada nas cavernas, ressalta-se a ocorrência de Andorinhões em caverna sob a cachoeira de São Romão, fezes de animais diversos, que podem ser de tamanduá, lobo, jaguatirica e/ou maracajá[9], mocós nas cavernas do recorte 3, ratos nas desse mesmo recorte e nas dos recortes 4 e 5 (a Figura 11 mostra algumas imagens da fauna).

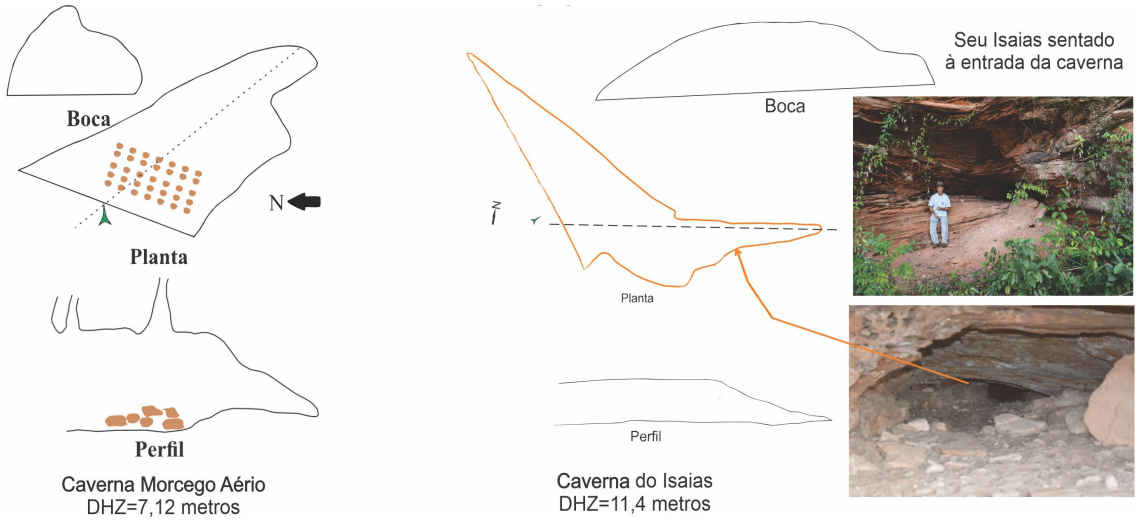
Fonte: Pesquisa.

Figura 11. Fauna encontrada nas cavernas do PNCM.

Em uma caverna à margem do rio Farinha, à margem esquerda da cachoeira da Prata, encontrou-se quantidade excepcional de baratas cascudas, cobrindo todo o chão do salão, não se relatando em qualquer outra prospectada. Fato relevante é a existência de cavidades utilizadas como abrigo por araras Canindé (*Ara ararauna*); Azul (*Anodorhynchushyacinthinus*) na porção Leste e Vermelhas (*Ara chloropterus*) na porção sudeste. Nessa área, na qual há concentração de cavernas em um morro com inúmeras tocas de araras, encontrou-se em uma caverna ninho de pipira azul (*Tangara sayaca*), ou sanhaço cinzento, conforme afirmou o guia de Riachão, da brigada de prevenção de fogo do PNCM que nos acompanhava.

Ou seja, encontraram-se espécies troglófilas de hábito generalista e de ampla ocorrência na maioria delas. Com pouquíssima ocorrência de área afótica e preponderante de zona parietal, as espécies endêmicas foram as aranhas e os lagartos.

Estruturalmente as cavernas apresentaram um endocarste pouco desenvolvido com projeções horizontais que chegam até aos 27 metros, a do Zé Mota, porém, em geral estão entre 6 e os 15 metros de desenvolvimento horizontal, e os maiores desenvolvimentos se dão, via-de-regra, por estreitos condutos depois de um salão baixo, que se pode observar nos exemplos de topografias da Figura 12. Elas se configuram comumente no encaixe das camadas discordantes do arenito da Formação Sambaíba, apenas as mais verticais, como as do Profeta I e II, da Escala I e II, cujo desenvolvimento mais amplo permitiu a existência de endocarste que superou a fase inicial de entalhamento, isso não se observa.



Fonte: Pesquisa.

Figura 12. Recortes de topografias de Cavernas do PNCM.

Os arenitos mais colmatados, agregados, apresentam fraturas e desmoronamentos mais expressivos, nos arenitos mais finos, aspecto arredondado, e em poucos casos pode-se averiguar sinais de desenvolvimento cárstico propriamente dito, no qual se percebe o trabalho químico dos agentes ácidos transportados pelas águas. Nas diáclases, fissuras e nos planos de estratificação divergentes, por onde as águas percolam, vão, ao mesmo tempo que alargando o duto, calcificando as paredes, e ao chegarem no ambiente esculpido da caverna, aumentam-na por erosão e desmoronamentos. Pode-se encontrar evidência de ação química em alguns pontos, como se vê na Figura 13, com sedimentação parecida a travertinos na parte inferior de parede da caverna Zé Mota; endurecimento de cupinzeiro e do entorno de raiz no chão, e deposição sobre dutos de drenagem no teto, este bastante comum. A importância dos espeleotemas e a fauna existente nessas cavernas foi associada à geoconservação e ao geoturismo, pela sua exclusividade e singularidade (MORAIS; CASTRO, 2017).

Fonte: Pesquisa.

Figura 13. Espeleotemasde Cavernas do PNCM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prospecção empreendida no PNCM obteve número significativamente superior ao exigido pelo Ministério Público, 75 (duas estão fora dos limites impostos), tendo sido cadastradas até este momento 39 no Cadastro Nacional de Cavidades-SBE, permitindo aos gestores do parque a possibilidade de escolha das áreas a serem encaminhadas para a compensação ambiental.

Todas as cavernas ocorrem na Formação Sambaíba, do Grupo Balsas, com maior abundância na porção Noroeste e Oeste, tendo ali maior desenvolvimento que às margens do rio Farinha e demais locais. As geomorfologias são de morros residuais mesa e mesetas, com paredes expostas pela erosão hídrica, maciços areníticos alinhados com as drenagens construtivas do relevo hoje presente. Curioso é que nas porções geológicas nas quais a Formação Geológica Mosquito (basaltos) está sobreposta e muito degradada pelos processos denudativos, não ocorreram cavernas.

Quanto à fauna, convém salientar a importância da caverna sob a cachoeira São Romão I, na qual andorinhões se estabelecem por todo o ano, e na da Prata, por também haver andorinhas e andorinhões, mas com uso majoritariamente sazonal, podendo tratar-se de espécies migratórias, não nidificantes ali.

A espeleogênese é comum à maioria das cavernas, advinda quase que exclusivamente por processos hídricos infiltrantes pouco associados a certa ação química, ou seja erosão do arenito que expôs tais gêneses.

Cabe lembrar que muito ainda há a se fazer a partir daqui, no sentido de se aprofundar o conhecimento a cerca do endocarste e do comportamento dos arenitos do Grupo Balsas, que apresenta outras Formações esculturadas na bacia do Parnaíba, ou Meio-Norte, exemplo nomeado aqui quanto aos possíveis dolinamentos na porção Sudeste do parque. Trabalhos que deverão seguir distintamente na prospecção, na bioespeleologia mas, grandemente, na geoespeleologia, ainda quanto à relevância das cavernas.

NOTAS

5 Para efeito de diferenciação do que se vem chamando de Toca, utilizamos a definição da SBE, quando trata da espeleometria (SBE, 2014), ela diz que: "Serão considerados grutas todas as cavidades naturais subterrâneas que apresentem a medida da distância linear entre a entrada e o fundo (desenvolvimento) igual ou superior a altura de sua entrada. Assim, as cavidades que tenham desenvolvimento menor que a altura da entrada serão considerados abrigos-sob-rocha".

6 Estas morfoestruturas "[...] organizam os fatos geomorfológicos segundo o arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. Esses fatores, sob efeitos climáticos variáveis ao longo do tempo geológico, geraram amplos conjuntos de relevos com características próprias, cujas feições embora diversas, guardam, entre si, as relações comuns com a estrutura geológica a partir da qual se formaram" (IBGE, 2009).

7 A classificação ecológico-evolutiva destes indivíduos segue o Sistema de Schinner-Racovitza que os separa em trogloxenos, troglófilos e troglóbios (SESSEGOLO, DA ROCHA, DE LIMA, 2006). A diferenciação entre eles se relaciona ao fato

8 No entanto existem diversos estudos que demonstram que alguns taxa se repetem em cavernas de diferentes regiões e têm maior probabilidade de serem encontrados em qualquer caverna do pais, como algumas aranhas dos gêneros Plato, Loxoceles (Figura. 1), Ctenus e Blechroscelis (SESSEGOLO, DA ROCHA, DE LIMA, 2006).Os troglóxenos utilizarem a caverna apenas para abrigo, reprodução ou alimentação; os troglófilos: são aqueles que podem viver toda sua vida tanto dentro quanto fora da caverna, não possuindo órgãos especializados, como crustáceos, aracnídeos e insetos; os troglóbios, que são animais totalmente adaptados à vida dentro das cavernas, têm populações pequenas e baixa tolerância a variações ambientai, daí estarem permanentemente ameaçados, inclusive pela presença dos turistas (TRAJANO; BESSI, 2017).

9 Nos levantamentos atestou-se a ocorrência e registro fotográfico para indicar posteriores estudos de relevância, as informações obtidas a campo vinculam-se a um biólogo do ICMBio, Paulo, que pode prestar assistência em alguns momentos, até ser transferido, e ao conhecimento empírico dos caçadores e guias locais, todos com experiência em caça. Um morador a quem mostramos fezes coletadas e fotos, João das Araras, informou que uma delas se tratava de Tamanduá Mirim, outras duas, uma foto e outra coletada, de jaguatirica da grande, e uma, de onça parda, "pur ter pelo du Catitu e du catingueiro [veado] ... mais dizê que a parda andar pur cá cada semana e meia má é mansa, num pega criação não... só a pintada qui nem aparece na parte da parda... i ela dormi nessas toca ai onde num chega gente, nessas alta".

REFERÊNCIAS

AGU. **Memorando nº514/2010/AGU/PGF/PFE-ICMBIO**. Memo n. 53/2010/CECAV**.** Atribuições do Instituto Chico Mendes, de 15 de setembro. Brasília: AGU, 2010.

AGU. **Parecer 110/2012. CESTE.** Brasília: AGU/PGF/PFE/ICMBIO, 2012.

ARAÚJO, D. B. de. **Bacia do Parnaíba, sumário geológico e setores em oferta**. Rio de Janeiro: ANP, 2015.

ASSUNÇÃO, P. H. da S.; BRAGANTE-FILHO, M. A. Atual metodologia de mapeamento de cavernas realizada pela Sociedade Excursionista e Espeleológica–SEE. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA-CBE, 33., 2015, Eldorado. **Anais [...].** Eldorado: SBE, 2015. p. 275-280.

ATINGEN, N.V.; SCHERER, B. dos S.; VARÃO, A. M. Estudos espeleológicos das cavidades naturais na área da UHE - Estreito - MA/TO: prospecção e documentação. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011**.** Ponta Grossa. **Anais [...].** Ponta Grossa: UEPG, 2011. p. 601-610.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: fundamentos geológicos-geográficos, alteração química e física das rochas e relevo cárstico e dômico. Santa Catarina: Ed. da UFSC, 1994.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. Quaresma. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC,** v. 2, n. 1., p. 68-80, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. DEC 6.640/2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. 10 nov. 2008. Brasília: Imprensa Oficial, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 02, de 20 de agosto de 2009. Institui a metodologia de classificação do grau de relevância de cavidades naturais subterrâneas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. n. 160. Brasília: Imprensa Nacional, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **DECRETO Nº 6.640, de 7 de novembro de 2008:** comentado. Disponível em: https://www1.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Decreto_6640_Comentado.pdf. Acesso em: 29 ago. 2015.

BRASIL. Presidência da República. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 02 fev. 2016.

CASTRO. C. E. de. **A geografia do entorno dos sítios arqueológicos do Sul do Maranhão:** parecer à visita prospectiva do IBAMA-UEM-IPHAN. São Luís: IBAMA, 2007. Mimeo.

CASTRO, C.E. de; PINHEIRO, E.A.L.; MORAIS, A. R. C.; PONTES, J. L. S. Aspectos geológicos e potenciais espeleológicos da ilha do Medo em São Luís do Maranhão. **Revista Geonorte**, Manaus: UFAM, v. 10, p. 38-43, 2014. Disponível em: http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/index.php/edicao-especial-4-sinageo. Acesso em: 10 dez. 2019.

CAVALCANTI, L. F.; LIMA. M. F. de; MEDEIROS, R.de C. S. de; MEGUERDITCHIAN, I. **Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco**. Brasília: ICMBio, 2012.

CECAV. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Cadastro Nacional de Informação e Espeleológicas-CANIE**. 2020. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html. Acesso em: 02 abr. 2020.

CONAMA. Resolução do N° 005, de 06 de agosto de 1987. Dispõe sobre o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília: Imprensa Nacional, 1987.

CONAMA. Resolução nº 347, 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília: Imprensa Nacional, 2004.

CPRM. **Cartografia da Amazônia, levantamentos geológicos básicos:** mapa de geologia do Maranhão, 1:250.000. 2011.

DEMATTEIS, G. **Manual de la espeleologia**. Barcelona: Editora Labor S.A., 1975.

DIRSSMA-CESTE. **Carta 050/2011**. Rio de Janeiro: CESTE, 2011

EMBRAPA. **SRTM, Brasil em relevo, escala 1:250.000**. Disponível em: http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/ma/ma.htm. Acesso em: 24 mar. 2020.

HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. 10, n. 2. p. 99-105, 2009. Disponível em: http://www.unb.br/rbg/index.php/rbg/. Acesso em: 14 jun. 2020.

HARDT, R.; RODETII J.; PINTOI, S. DOS A. F.; WILLEMS, L. Exemplos brasileiros de carste em arenito: Chapada dos Guimarães (MT) e Serra de Itaqueri (SP). **Espeleotema**, São Paulo: SBE, v. 20, n. 1/2, p. 7-23, 2009.

IBAMA. **Parecer técnico 104/2010.** Brasília: IBAMA/COHID/CGENE/DILIC, 2010a.

IBAMA. **LO 974/2010:** estabelecimento de enchimento em Três Etapas. Brasília: IBAMA-Licenciamento ambiental, 2010b.

IBGE. **Base Municipal do Estado do Maranhão.** 2020. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 maio 2020.

IBGE**. Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Bernardo de Almeida Nunes *et al.* 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE**. Mapa de unidades de relevo do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Mapa geomorfológico do Estado do Maranhão, Escala 1:250.000**. 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 12 maio 2020.

IBGE**. Zoneamento geoambiental do estado do Maranhão.** Rio de Janeiro: FIBGE, 1997.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. **Dicionário geológico**. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/glossario/conteudo.php?conteudo=S. Acesso em: 01 mar. 2019.

KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C. Types of Karst and Evolution of Hydrogeologic Settings. *In*: KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. (editors) **Speleogenesis:** evolution of Karst Aquifers. Huntsville (USA): National Speleological Society, 2000.

LIMA, E. A. M.; LEITE, J. F. **Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaiba**: integração geológico-metalogenética: relatório final da etapa III. Recife: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1978.

LOPES, E.C. dos S.; S. TEIXEIRA, G. Contexto geológico. *In*: BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade do estado do Maranhão.** Teresina: CPRM, 2013. p. 15-30.

MARANHÃO-ZEE. **Mapa geomorfológico do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 2002.

MMA-CECAV. **Parecer técnico Nº 03/2012 – CECAV.** Compensação espeleológica: Carta nº 215-2011 – DIRSSMA-CESTE. Consórcio Estreito Energia (CESTE). Brasília: MMA/CECAV, 2012.

MONTEIRO, F. A. D. Espeleologia e legislação: proteção, desafios e o estado do conhecimento. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA-CBE, 32., 2013, Barreiras. **Anais [...].** Barreiras: SBE, 2013.

MORAIS, A.R.C.; CASTRO, C.E. de; PONTES, J.L.S.; PINHEIRO, E.A.L.; SILVA, R.B.; SOARES, V.M.; Aspectos geológicos e potenciais espeleológicos da ilha do Medo em São Luís do Maranhão. **Revista Geonorte.** Manaus: UFAM, v. 10, n. 6, ed. especial 4, p. 38-43, 2014.

MORAIS, A.R.C.; CASTRO, C. E. de. A Geodiversidade de Carolina-MA: um patrimônio natural voltado ao geoturismo. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2017, Porto. **Anais [...].** Porto: Universidade do Porto, 2017. p. 193-196.

NASA. **Alska Satelite Facility**. Disponível em: https://earthdata.nasa.gov/search?q=SRTM. Acesso em: 31 mar. 2017.

NASA. **Atlantic Satelite Facility**, 2018/SRTM: SB-23-VC. Disponível em: https://earthdata.nasa.gov/search?q=SRTM. Acesso em: 12 abr. 2018

SANCHEZ, L. E. Graus de precisão em topografia de caverna. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA-CBE, 14., 1980, Belo Horizonte. **Anais [...].** Belo Horizonte: SBE, 1980. p. 49-50.

SBE-NOTÍCIAS. Cavernas do Tocantins guardam tesouros da idade do gelo. **SBE-Notícias**, ano 8, n 255, 2013. Disponível em: http://www.cavernas.org.br. Acesso em: 02 mar. 2013.

SBE. Sociedade Brasileira de Espeleologia. **Normas e Convenções Espeleom**étricas**.** Campinas: Comissão de Cadastro e Espeleometria, s/d. Disponível em: www.sbe.com.br. Acesso em: 25 mar. 2014.

SBE. Sociedade Brasileira de Espeleologia. **Cadastro Nacional de Cavidades** (CNC)**.** Disponível em: http://www.cavernas.org.br/cnc/Administracao/EstatisticaDetail?intTipoRel=2. Acesso em: 21 mar. 2020.

SELF, C.; MULLAN G. Karst and Pseudokarst. *In:* CHAMBERT, C.; WILLIANS P. **Atlas des Cavités non Calcairesdu Monde**. UIS, 1997.

SESSEGOLO, G. C.; DA ROCHA, L. F. S.; DE LIMA, F. F. **Conhecendo cavernas:** região metropolitana de Curitiba. Curitiba: GEEP – Açungui, Curitiba, 2006.

TRAJANO, E.; BESSI, R. A classificação schiner-racovitza dos organismos subterrâneos: uma análise crítica, dificuldades para aplicação e implicações para conservação. **Espeleotema,** Campinas**,** v. 28, n. 1, p. 87-102, 2017.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. das G. de A. da M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. **Boletim Geociências Petrobras**, Rio de Janeiro: Petrobrás, v. 15, n. 2, p. 253-263, maio/nov. 2007.

YONGER, P. L.; STUNEL, J. M. Karst and Pseudokarst: na artificial distinction? *In*: BROWN, A. G. (editor) **Geomorfologhy and Groundeater**. John Wiley and Sons LTD, 1995. p.121-242.

ZEE-MA. **Mapas básicos:** cartas topográficas 1:100.000. 2015. Disponível em: http://www.zee.ma.gov.br/. Acesso em: 21 fev. 2015.