

REFLEXÕES SOBRE A PAISAGEM CÁRSTICA NÃO TRADICIONAL DA CAVERNA SERRA DAS ANDORINHAS/PARÁ-BRASIL

DIÊMISON LADISLAU DE ALENCAR

Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás¹
diemisonladislau@gmail.com

LEDA CORREIA PEDRO MIYAZAKI

Docente do Instituto de Ciências Humanas do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Pontal²
lecpge@ufu.br

ABRAÃO LEVI DOS SANTOS MASCARENHAS

Docente do Instituto de Ciências Humanas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará³
abraaolevi@unifesspa.edu.br

RESUMO: A Caverna Serra das Andorinhas é uma das feições geomorfológicas da Serra das Andorinhas/Martírios, e passou a ser denominada como Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas e Área de Proteção Ambiental de São Geraldo do Araguaia, quando tombada. É considerada uma província espeleológica quartzítica do PESAM, cuja interação entre processos geológicos e geomorfológicos ao longo do tempo resultaram em uma paisagem que se destaca no município. O objetivo desse estudo foi analisar os aspectos morfogenéticos e morfodinâmicos da área, sobretudo da Caverna. As bases metodológicas para tal estudo foram compostas pesquisa e revisão bibliográfica, trabalhos de campo, elaboração de mapas temáticos com o intuito de reconhecer as principais características naturais e registros fotográficos. Como resultados dessa investigação, verificou-se que a paisagem da Serra se enquadra como cárstica não tradicional, sendo formada em grande parte por rochas não carbonáticas, devido a presença da rocha metamórfica quartzito. Além disso, foi possível verificar registros de processos morfogenéticos e morfodinâmicos, sendo identificados por meio das feições geomorfológicas presentes na Caverna Serra das Andorinhas.

Palavras-chave: Paisagem; morfogênese; morfodinâmica; caverna quartzítica,

REFLECTIONS ON THE NON-TRADITIONAL KARST LANDSCAPE OF THE SERRA DAS ANDORINHAS CAVE/PARÁ-BRASIL

ABSTRACT: The Serra das Andorinhas Cave is one of the geomorphological features of the Serra das Andorinhas/Martírios and was renamed as Serra dos Martírios/Andorinhas State Park and São Geraldo do Araguaia Environmental Protection Area when listed. It is considered a quartzite speleological province of PESAM, which interaction between geological and geomorphological processes over time resulted in a landscape that stands out in the municipality. The objective of this study was to analyze the morphogenetic and morphodynamic aspects of the area, especially the Cave. The methodological bases for this study were composed of research and bibliographic search, fieldwork, elaboration of thematic maps to recognize the main natural features, and photographic records. As a result of this investigation, it was verified that the landscape of the Serra fits as non-traditional karst, being formed largely by non-carbonate rocks, due to the presence of the metamorphic rock quartzite. In addition, it was possible to verify records of morphogenetic and morphodynamic processes, being identified through the geomorphological features present in the Serra das Andorinhas Cave.

Keywords: Landscape; morphogenesis; morphodynamics; quartzite cave.

REFLEXIONES SOBRE EL PAISAJE KÁRSTICO NO TRADICIONAL DE LA CUEVA DE SERRA DAS ANDORINHAS/PARÁ-BRASIL

Resumen: La Caverna Serra das Andorinhas es uno de los aspectos geomorfológicos de la Serra dos Martírios/Andorinhas y, cuando la declararon como unidad de conservación, pasó a denominarse Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas y Área de Protección Ambiental São Geraldo do Araguaia. Es

¹ Universidade Federal de Goiás, Av. Esperança s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia-GO, Brasil.

² Universidade Federal de Uberlândia, Campus Pontal – Rua Vinte, 1600, CEP: 38304-402, Ituiutaba-MG, Brasil.

³ Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - Quadra Sete (Fl.31), Nova Marabá, CEP: 68507-590, Marabá-PA, Brasil.

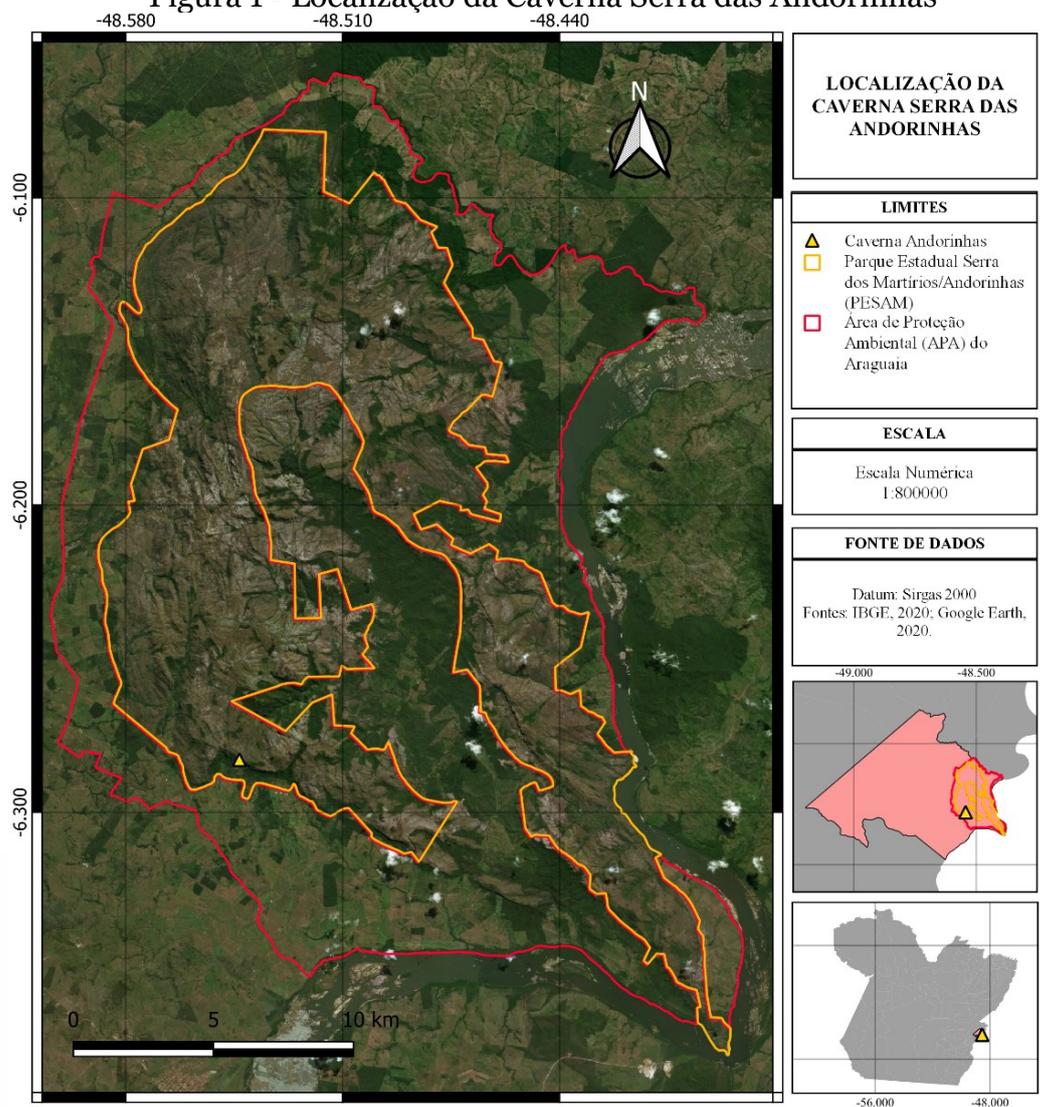
considerada una provincia espeleológica de cuarcitas de PESAM, cuya interacción entre procesos geológicos y geomorfológicos a lo largo del tiempo tuvo como resultado un paisaje que se destaca en el municipio. El objetivo de este estudio es analizar los aspectos morfogenéticos y morfodinámicos del área, en especial de la Caverna. Las bases metodológicas de este estudio se componen de investigación y revisión bibliográfica, trabajo de campo, elaboración de mapas temáticos para reconocer los principales rasgos naturales, además de registros fotográficos. Como resultado de esta investigación, se constató que el paisaje de la Sierra se encuadra como cárstico no tradicional, formado en gran parte por rocas no carbonatadas, debido a la presencia de la roca metamórfica cuarcita. Además, fue posible verificar registros de procesos morfogenéticos y morfodinámicos, identificados a través de los aspectos geomorfológicos presentes en la Caverna de la Serra das Andorinhas.

Palabras clave: paisaje; morfogénesis; morfodinámica; caverna de cuarcita.

INTRODUÇÃO

A Caverna Serra das Andorinhas é uma das feições geomorfológicas do Serra das Andorinhas/Martírios, local que se encontra protegido por meio do tombamento ocorrido em 1989 pela Secretaria de Estado da Cultura do Pará (SECTAM) e passou a ser denominada como Parque Estadual da Serra dos Martírios/Andorinhas (PESAM) e Área de Proteção Ambiental (APA) de São Geraldo do Araguaia (Figura 1).

Figura 1 - Localização da Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: autores (2022).

O PESAM possui uma área de 244.598,1 Km², sendo possível identificar vegetação típica do Cerrado, que representa 12,2% do bioma (ARRUDA, 2005), além de possuir uma área de transição entre vegetação do Cerrado e Amazônia. Outro aspecto natural que se destaca é a Geodiversidade (fatores abióticos), citando como exemplo de distinção aspectos geológicos e geomorfológicos, com a presença de maciços em terrenos ondulados ou planos (SECTAM, 2003).

O objetivo principal da implantação do PESAM, foi aumentar a representatividade dos Biomas Cerrado e Amazônia e do Ecótono Cerrado-Amazônia, uma vez que ainda é escasso a existência de Unidades de Proteção Integral neste ecótono (SECTAM, 2003). No entanto, vale ressaltar que não basta proteger apenas a biodiversidade local, mas também aquilo que envolve os aspectos abiótico, a Geodiversidade, que tem recebido uma atenção maior por diversos pesquisadores, uma vez que são eles que permitem uma interação capaz de manter esses ecossistemas que promovem uma rica biodiversidade na área.

A parte abiótica da natureza, reconhecida como Geodiversidade (envolvendo elementos e processos) é o suporte para a sobrevivência das espécies, incluindo a humana, além de serem consideradas como fontes efetivas para compreensão da origem e evolução do planeta (a partir da escala temporal geológica). Nos últimos anos, essa linha de pesquisa tem buscado preencher as lacunas existentes nos estudos que focam apenas a biodiversidade dos ambientes/áreas, assim a Geodiversidade que apresenta valores excepcionais, tais como científico, turístico, entre outros, tem sido foco de análise, sendo realizada uma avaliação para apontar aquilo que se deve efetivamente ser protegido.

Pensando na questão da Geodiversidade e os elementos que são necessários de serem protegidos destaca-se o relevo cárstico, representado por formas particulares e que tem sido foco de estudo, sendo essas as cavernas. As cavernas, são ambientes frágeis e, na grande maioria das vezes, ainda inexplorados. Esses ambientes proporcionam paisagens desconhecidas que muito podem oferecer nos estudos históricos da humanidade e do planeta.

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi analisar os aspectos morfogenéticos e morfodinâmicos da área, sobretudo da Caverna Serra das Andorinhas para demonstrar a importância da Geodiversidade local, no sentido de proteger a caverna e as demais feições geomorfológicas, bem como popularizar o conhecimento sobre a geologia e a geomorfologia local.

PAISAGEM CÁRSTICA: DEFINIÇÕES, MORFOGENÊNESE E MORFODINÂMICA

Para início de explanação é importante esclarecer algumas concepções teóricas referentes aos conceitos que embasaram essa investigação. Assim, para se entender e definir uma paisagem cárstica é necessário apresentar o conceito de carste.

Ford e Williams (1989), Ford (2000), definem carste como terrenos que apresentam processos hidrogeológicos distintos, originando formas de relevo a partir da junção de alta solubilidade e de porosidade presente na rocha, gerando canal subterrâneo bem desenvolvido.

Bento, Travassos e Rodrigues (2015, p. 126), dizem que o carste refere-se a “paisagens que são marcadas pela dissolução significativa da rocha, que gera diversas feições em diferentes zonas da crosta terrestre”. E que até meados de 1980 esse termo era muito utilizado para indicar morfologias decorrentes, exclusivamente, da dissolução de rochas calcárias, devido ao estudo pioneiro do sérvio Jovan Cvijiic na região do planalto de Kras (HARDT, FERREIRA PINTO, 2009).

Bento, Travassos e Rodrigues (2015, p. 126), relatam que até os anos 80, “quase todas as feições que lembrassem o carste, mas que se localizasse em uma área onde a litologia predominante não fosse calcária, era considerada um pseudocarste”, o que demonstra como a noção de carste estava vinculada apenas a existência de rochas carbonáticas. Essa abordagem, apresenta uma visão mais restrita do carste, não sendo abordado uma visão mais holística da

paisagem que se considera tanto os aspectos litológicos/geomorfológicos com o intuito de entender a morfogênese e a morfodinâmica da paisagem.

No entanto, essa concepção deixou de ser utilizada por muitos pesquisadores, que passaram a adotar posteriormente o termo “carste não tradicional”. Pesquisadores como Hardt et.al. (2009) e Travassos (2014), diferenciam o sistema cárstico em duas categorias, sendo a primeira quando o estudo se trata de feições de uma paisagem cuja a rocha não é carbonática, daí denomina-se como “carste não tradicional”, como por exemplo um quartzito, um granito. A segunda trata-se de paisagens com feições oriundas de rochas carbonáticas, sendo denominada de “carste tradicional”. Vale ressaltar que essa denominação utilizada pelos autores supracitados, leva em conta a diferenciação das paisagens considerando a rocha presente, sendo uma abordagem utilizada no estudo de Andreychouk et al. (2009).

As morfologias que podem ser encontradas tanto em superfície, quanto em subsuperfície que são resultantes da interrelação entre processos morfogenéticos e morfodinâmicos, pode ser chamado de relevo cárstico.

Carvalho Junior et. al. (2008, p. 188) utilizam dois critérios relevantes para se definir a presença de um relevo cárstico, sendo o primeiro a ocorrência da dissolução por meio do intemperismo químico e o segundo trata-se da morfologia, resultante do processo de dissolução da rocha, como por exemplo os condutos por onde circulam as águas subterrâneas. Concordando com essa linha de raciocínio, Hardt e Ferreira Pinto (2009, p. 103) dizem que o carste “pode, portanto, originar-se em rochas consideradas pouco solúveis, desde que o intemperismo químico condicione o surgimento da morfologia (ou seja, embora talvez não seja o processo preponderante, a solubilidade da rocha determina a existência da forma cárstica) e a formação de condutos, organizando uma rede de drenagem ao menos parcialmente subterrânea”.

Para se classificar uma paisagem cárstica tradicional e não tradicional, é preciso analisar as cavidades subterrâneas e as feições morfológicas superficiais, considerando a litologia presente, os processos geoquímicos com destaque para o intemperismo químico e também o mecânico. Para além dessas considerações, é importante destacar que nas paisagens cársticas não tradicionais o intemperismo físico/mecânico tem um papel importante na elaboração das feições geomorfológicas de carste não tradicional, como nas cavernas.

A paisagem cárstica, sob a ótica geográfica-geomorfológica deve proporcionar uma análise integrada da paisagem, considerando a morfogênese que “refere-se à origem e ao desenvolvimento das formas de relevo, as quais são resultantes da atuação dos processos endógenos e exógenos” (FLORENZANO, 2008, p. 19) e também a morfodinâmica definida como sendo os “processos atuais (ativos, endógenos e exógenos que operam nas formas de relevo. Os tipos de processos que definem as formas de relevo, classificados de acordo com sua gênese, não são necessariamente os mesmos que ocorrem nos dias atuais” (FLORENZANO, 2008, p. 23). Esses dois conceitos subsidiam a análise da paisagem cárstica destacando a importância ou os valores (cênicos, culturais, históricos, educacional etc.) das feições cársticas do local.

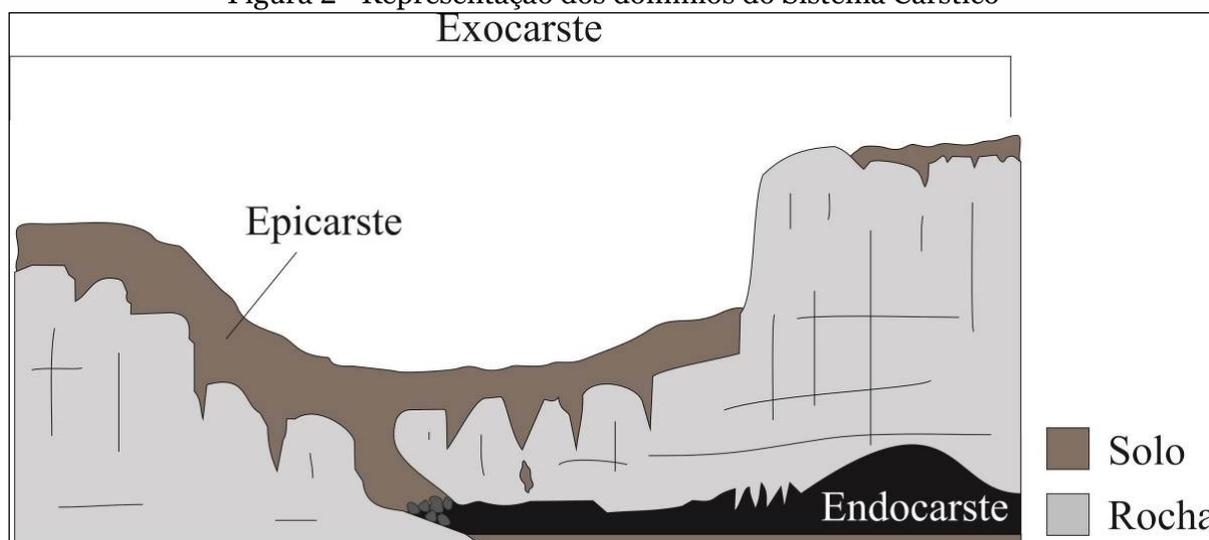
O SISTEMA CÁRSTICO: UMA PAISAGEM

A paisagem cárstica (também conhecida como geomorfologia cárstica), possui a água e a rocha como elementos essenciais para a sua definição (FREIRE, 2017). A água se apresenta na paisagem cárstica enquanto elemento transformante, gerador da modelagem interna e externa do relevo, e a rocha papel passivo como elemento transformado.

Para estudar a paisagem cárstica, é preciso entender a construção, formato e a sua dinâmica atuante na paisagem. Para isso, o sistema cárstico possui divisões zoneadas na crosta terrestre para estudar os componentes das estruturas cársticas em suas diferentes morfologias e genéticas. Cada zona resulta da diferença da fonte de energia, assim como alterações térmicas, dinâmicas, hídricas, além de outros fatores químicos que ocorrem dentro da crosta proporcionando o aumento da profundidade (FREIRE, 2017).

Morfologicamente, Piló (2000) divide o sistema carste em três partes (zonas ou domínios): exocarste, endocarste e epicarste (Figura 2).

Figura 2 - Representação dos domínios do Sistema Cárstico



Fonte: Piló (2000).

O domínio do exocarste é o ambiente externo, ou carste superficial, marcado por formas superficiais desenvolvidas pela ação química de águas que precipitam na rocha, que vão desde pequena escala para características de grande escala (PILÓ, 2000).

O domínio epicarste, compreende a zona logo abaixo da superfície, englobando o contato entre o solo, quando existente, e a rocha da estrutura cárstica. Esta parte apresenta os componentes mais profundos dessa paisagem subterrânea, incluindo desde as menores cavidades e condutos aos espeleotemas e sedimentos da caverna (PILÓ, 2000).

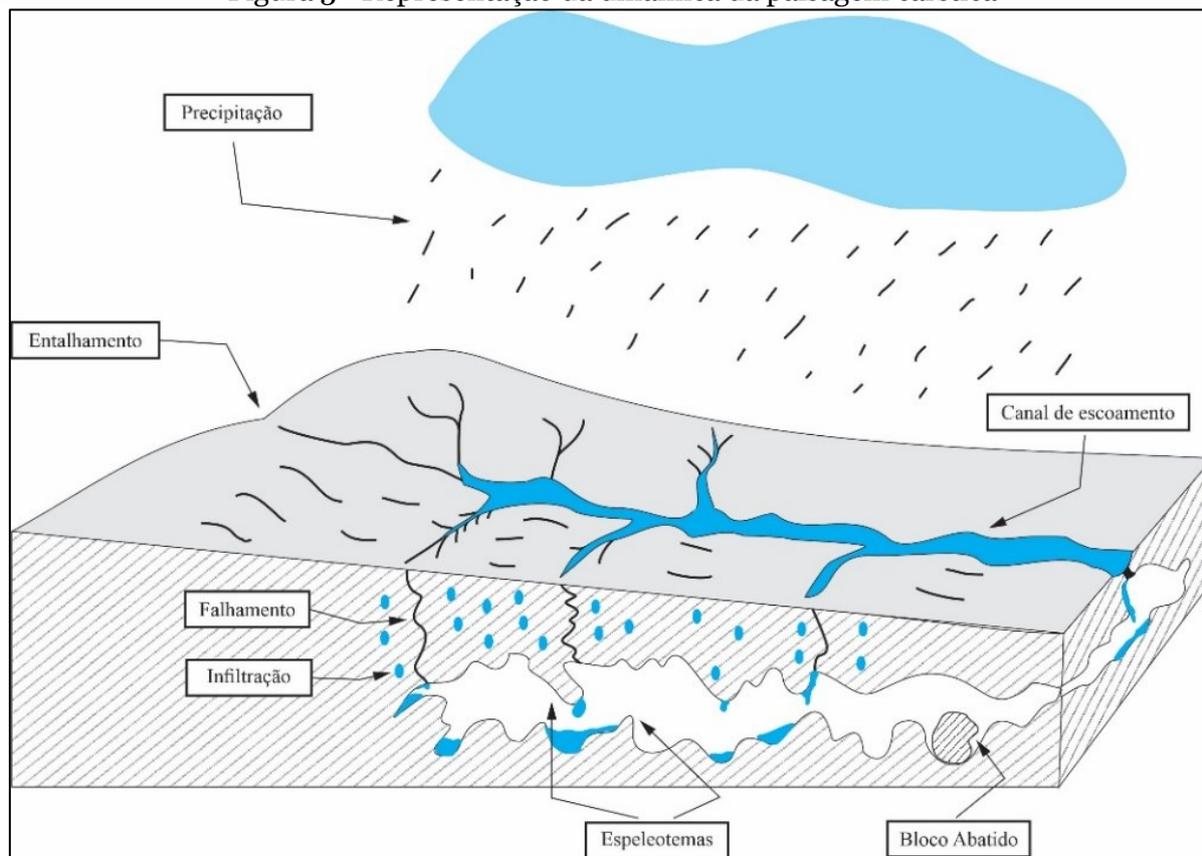
O domínio endocarste é o ambiente subterrâneo, ou carste subterrâneo, representado pelos condutos, galerias e salões formados a partir da dissolução por águas subterrâneas. É a zona que desempenha papel fundamental no sistema cárstico, permitindo que a água, o ar, e outros materiais (sedimentos, detritos orgânicos, e nutrientes) possam ser transferidos a partir da superfície (exocarste) para o subsolo (epicarste) (PILÓ, 2000).

No endocarste (morfologia interna), é possível encontrar diversas feições geomorfológicas como já mencionado anteriormente. As galerias podem ser definidas como corredores ou condutos internos que se formarão a partir da formação química e erosão da água, fraturas e falhas na rocha. Já as salas e salões são formados a partir do alagamento, cruzamento de galerias ou desmoronamento parcial de alguns blocos do teto. Os acidentes verticais são conhecidos como desníveis abruptos encontrados dentro dos espaços internos vazios (FREIRE, 2017).

Os pontos de encontro entre a superfície externa (domínio epígeo) e o ambiente subterrâneo (domínio hipógeo) são as falhas, juntas e fraturas, que são os que permitem entrada e saída de água, ar, detritos, materiais orgânicos e até mesmo pequenos animais (LINO, 2009).

A evolução da paisagem cárstica se dá a partir do contato entre elementos naturais presentes na zona externa com os ambientes internos da caverna. A espeleogênese começa pela infiltração da água concentrada de misturas químicas de soluções nos poros e fissuras da rocha, ou em qualquer área de espaços vazios, dando início a formação de aberturas de maiores dimensões. A abertura constante destes espaços dá origem as galerias, salões e abismos que, unidos em um estágio mais avançado, apresentam sistemas coletores de águas descendentes, posteriormente, passando a compor uma complexa drenagem subterrânea (LINO, ALLIEVI, 1980), como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Representação da dinâmica da paisagem cárstica



Elaborador pelos autores, 2021.

Conforme o número de fraturas e a litologia presente na paisagem cárstica, ocorrerá um entalhamento na estrutura provocado pelas drenagens subterrâneas, alagando e criando novos salões e galerias ocorridas pela erosão das paredes, fragilizando o ambiente ocasionando deslocamentos e desmoronamentos de blocos rochosos (FREIRE, 2017).

Lino e Allievi (1980) e Freire (2017) explicam que a evolução do endocarste se dá ao longo do tempo geológico, sendo marcada pelo rebaixamento do nível freático da água subterrânea, possibilitando o surgimento de formações ornamentais nos tetos e paredes dos espaços vazios. Esta seria a segunda etapa do surgimento de uma caverna, mais conhecida como fase de deposição. As formações ornamentais são conhecidas como espeleotemas.

Diferente do carste tradicional, que tem como principal fator de formação a ação química, o carste não tradicional tem como maior fator de formação o intemperismo físico ou erosão da rocha, visto que sua litologia mais resistente torna as ações intempéricas lentas.

A paisagem do carste não tradicional não possui necessariamente feições similares aos das paisagens carbonáticas. Sua esculturação externa e formação de cavernas se dá principalmente pela ação mecânica da água (erosão hídrica), uma vez que, dependendo das condições climáticas da região, a chuva constante pode intensificar a criação e modificação das paisagens e cavernas, como é o caso da região amazônica (FREIRE, 2017). Vale lembrar que, por mais que não sejam rochas carbonáticas, existe formação de cavernas com endocarste e exocarste.

O ambiente subterrâneo (meio hipógeo), tem como principal característica a ausência de luz nos locais distantes das entradas, desta forma, organismos que dependem de fotossíntese não se desenvolvem e praticamente toda a fonte de recurso, na maioria dos ambientes de cavernas, é proveniente do meio externo (epígeo), denominada entrada (HOWARTH, 1983; GOMES et al., 2000; GUIMARÃES, 2014). Essa entrada de energia é

representada principalmente por material vegetal (ex.: raízes, folhas, galhos, detritos) e por material animal (ex.: guano, fezes de vertebrados não voadores, carcaças), compondo a base da cadeia trófica presente no meio hipógeo.

As características microclimáticas subterrâneas tendem à estabilidade ambiental em relação a umidade relativa do ar e a temperatura, especialmente, em regiões mais distantes de entradas (GUIMARÃES, 2014; FERREIRA, 2005), aproximando-se das médias anuais do ambiente externo circundante (HOWARTH, 1983; FERREIRA, MARTINS, 1999). Estas propriedades permitem a evolução e manutenção de fauna, especializada para tais características.

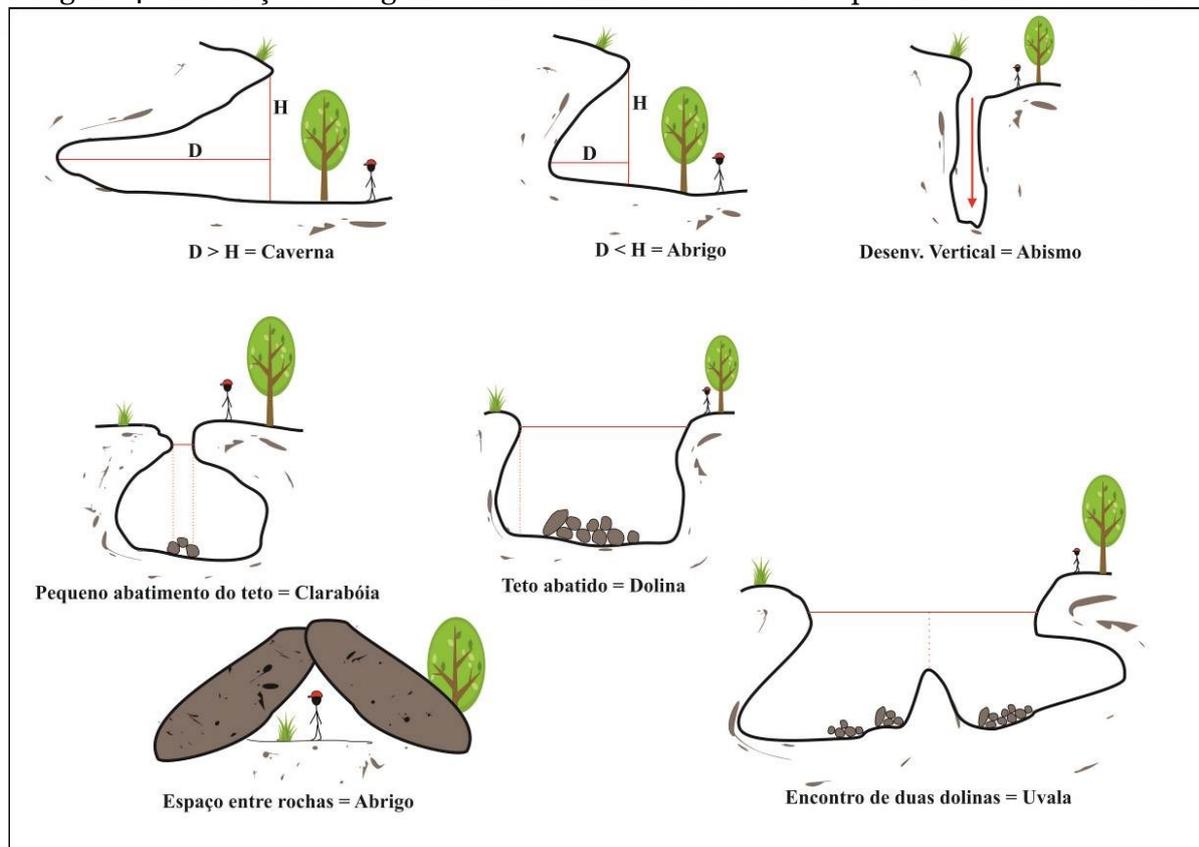
A vegetação presente no entorno das cavernas interfere diretamente na preservação dos elementos biológicos e na manutenção dos climas internos, bem como na vida da microfauna. Dessa forma, a preservação do entorno de uma caverna é de extrema importância para manter o equilíbrio do ambiente hipógeo. Entende-se, portanto, que diversos fatores influenciam na manutenção do equilíbrio ambiental subterrâneo, tais como: vegetação, clima, relevo, hidrologia, geologia entre outros.

Segundo Freire (2017), a paisagem cárstica configura-se especialmente pela ocorrência de uma caverna, denominação mais conhecida referente à formação de aberturas na rocha solúvel que permite circulação da água. As cavernas, por sua vez, podem ser definidas como um vazio natural subterrâneo que, em sua maioria, se estendem até área de escuridão total e com tamanho que permita entrada humana, com abertura identificada, sendo reconhecida popularmente como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, “incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante” (BRASIL, 2008, s. p.).

As feições geomorfológicas encontradas em uma paisagem cárstica é resultante da morfogênese. Em se tratando de cavernas sua forma pode ser explicada a partir da interpretação de Karmann (1994), quando diz que o acúmulo de água concentrada no entalhamento do relevo (paisagem geomorfológica) intensifica o processo de dissolução e transporte de fragmentos da rocha, deixando pequenos espaços vazios que vão se desenvolvendo ao longo do tempo, podendo ser ocupado por ar ou até mesmo por água. É válido lembrar que o tempo de formação de uma caverna vai depender, principalmente, das características da litologia presente na área, sendo as rochas carbonáticas mais passivas ao processo de dissolução (KARMANN, 1994) e as outras rochas menos passíveis a este processo.

A Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) elaborou a definição de alguns termos utilizados nos estudos que envolvem as cavernas. A definição de caverna está associada a cavidades subterrâneas que possibilitam a entrada pelo homem, formadas por processos, independentemente do tipo de rocha encaixante ou de suas dimensões, incluindo seu conteúdo mineral e hídrico. As grutas são cavernas que possuem desenvolvimento predominantemente horizontal. Para fins de cadastro espeleológico devem possuir um mínimo de 20m de desenvolvimento em planta. Já os abrigos sob rocha são as cavidades rasas, abertas largamente em paredes rochosas, que serve como abrigo. Os abismos são cavernas com predominância verticais, com desnível igual ou superior a 10m e diâmetro de entrada menor que seu desnível. Caso o desnível mínimo não seja atingido, denomina-se fosso. As dolinas tratam-se de depressões fechadas, circulares ou elípticas, em geral mais largas que profundas, formadas por dissolução em superfícies rochosas ou por abatimento gerados por dissolução de rochas em profundidade. Possui dimensão variada e, quando se encontra com outra dolina, denomina-se uvala (Figura 4).

Figura 4 - Ilustrações de alguns termos utilizados nos estudos que envolvem as Cavernas



Fonte: Alencar (2021).

As cavidades naturais subterrâneas são, constitucionalmente, consideradas “Bens da União” (BRASIL, 1988). O Decreto nº 99.556, de 01 de outubro de 1990, modificado pelo Decreto nº 6.640, de 07 de novembro de 2008, dispõe sobre a proteção e as possibilidades de uso e exploração do Patrimônio Espeleológico.

Compreende-se, portanto, que o valor das cavernas se estende a todos os elementos responsáveis pela integridade física e ambiental, compondo a chamada Área de Influência da Caverna (AIC), inicialmente estabelecida em um raio de 250m da projeção em superfície de suas galerias. Há de ser estabelecida por estudos técnicos específicos, obedecendo as peculiaridades de cada caso, analisando os elementos (bióticos, abióticos, hipógeos e epígeos) necessários à manutenção do equilíbrio ecológico e da integridade física do ambiente da caverna (BRASIL, 1990; BRASIL, 2004).

Nessa perspectiva, as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional, e suas respectivas AIC, devem ser protegidas de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho científico, espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Tem-se como uma das principais estratégias de Geoconservação de cavernas o zoneamento espeleológico, na qual trata-se da definição de setores ou zonas em uma cavidade natural subterrânea, com objetivos de manejo e normas específicos, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos do manejo sejam atingidos.

A partir deste ditame legal, sendo amparado pelo art. 1º do Decreto nº 99.556/1990, o CECAV vem promovendo discussões sobre o assunto e divulgando documentos com diretrizes e orientações técnicas para elaboração de PME. Neste contexto, considerou-se como principal norteador deste estudo as “Diretrizes e orientações técnicas para a elaboração de Plano de Manejo Espeleológico” do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação das Cavernas (CECAV, 2014).

Dentre diversos estudos que integram o zoneamento espeleológico, a análise da espeleogênese se inclui como peça chave na busca do planejamento e conservação das cavernas, uma vez que analisada juntamente aos agentes que compõe os condicionantes ambientais, se tem um melhor e amplo conhecimento do objeto estudado. No entanto, no início de 2022 o Presidente da república Jair Bolsonaro emitiu o Decreto nº 10.935/2022, que facilitava a exploração de cavernas pelo setor de mineração e construção civil, foi considerado por especialistas como um retrocesso no âmbito da proteção desses ambientes tão especiais. O decreto foi parcialmente suspenso por decisão liminar do ministro do Supremo Tribunal Federal (STF) Ricardo Lewandowski, sendo a solicitação feita pelo senador Randolfe Rodrigues, da Rede Sustentabilidade do Amapá, o senador assim como os especialistas apontaram que a medida iria expor ainda mais a sociedade à ocorrência de novas pandemias, uma vez que as cavernas são abrigos naturais de morcegos, que são portadores de diferentes vírus, como o coronavírus (DIAS, 2022). Isso foi considerado por muitos pesquisadores como um retrocesso no que tange a proteção do “Meio Ambiente” e por enquanto o decreto encontra-se suspenso.

MATERIAIS E MÉTODOS

As bases metodológicas para tal estudo foram compostas por pesquisa e revisão bibliográfica, que fundamentou a discussão teórica apontando os principais conceitos que envolvem a temática abordada, bem como o processo de carstificação que caracteriza a paisagem cárstica.

Trabalhos de campo foram fundamentais para a investigação, pois a partir do referencial teórico foi possível identificar registros e feições na paisagem cárstica que permitiu compreender alguns aspectos da morfogênese e morfodinâmica da área de estudo. Como também registrar feições geomorfológicas e geológicas da área. Assim, foi possível compreender melhor as características naturais tanto do parque, quanto da própria caverna, uma vez que são encontradas outras cavernas no PESAM.

Elaboração de mapas temáticos e outras representações/imagens contemplaram os procedimentos metodológicos, pois a partir do uso de fonte de dados primários e secundários foi possível elaborar representações espaciais, com o intuito de reconhecer as principais características naturais da área, tais como o mapa de localização, ilustrações etc. Para isso, foram utilizados programas como o QGIS e Corel Draw.

Dessa forma, os dados e informações foram sistematizadas e analisadas qualitativamente.

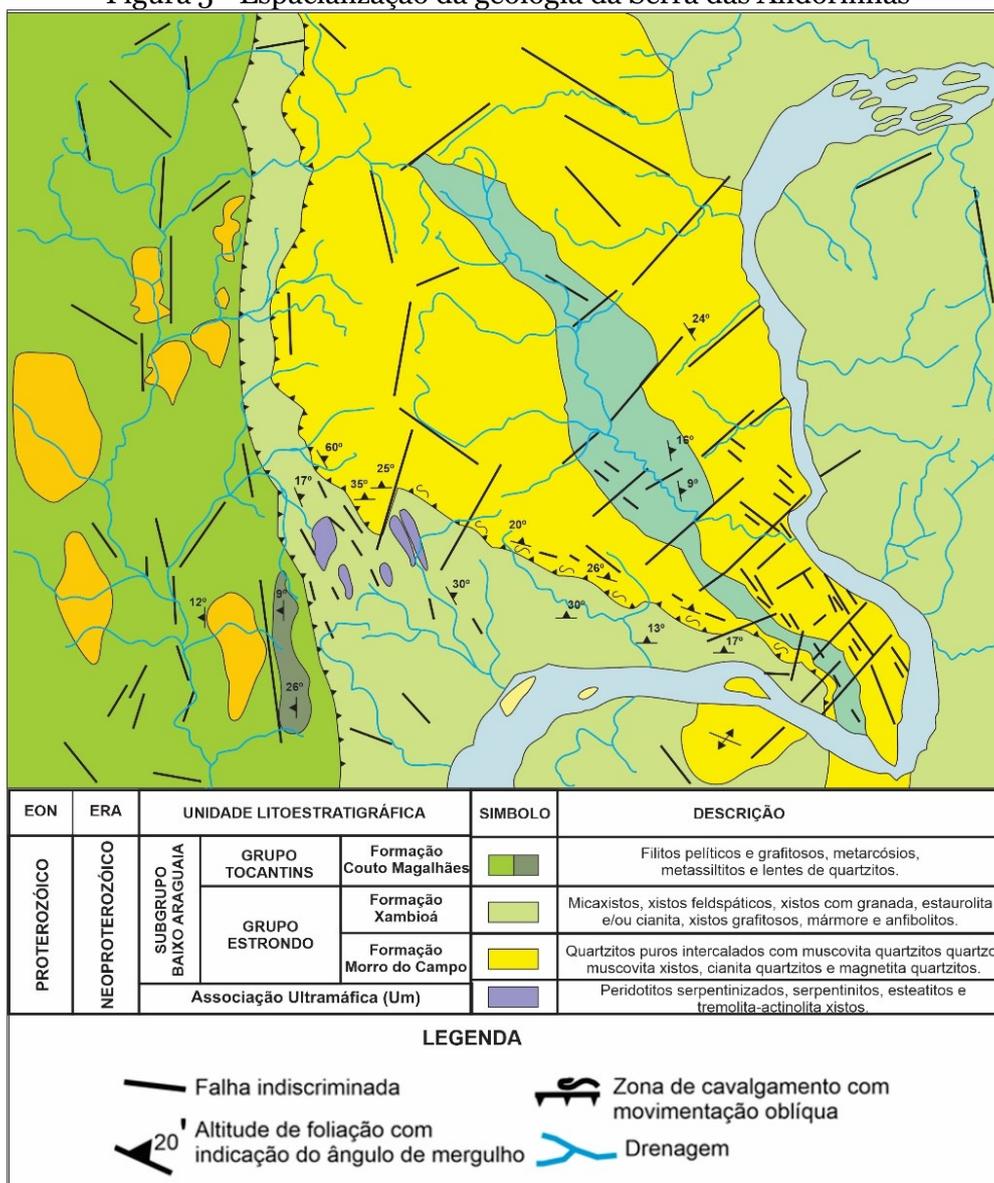
PAISAGEM CÁRSTICA NÃO TRADICIONAL DA CAVERNA SERRA DAS ANDORINHAS: GÊNESE E MORFOLOGIA

A Morfogênese (tempos escoá)

A Serra das Andorinhas compreende uma área que foi intensamente deformada por diversos dobramentos submetido no Neoproterozoico, ou seja, ação endógena, que ao longo do tempo resultou na elevação da topografia local foi esculpura pela ação morfodinâmica por meio dos agentes exógenos. O resultado disso, que envolveu toda essa interação, se materializou na morfologia denominada Serra das Andorinhas, que apresenta uma complexidade geológica e geomorfológica, entre outras (Figura 5).

Por se localizar no extremo leste da região Amazônica, a Serra das Andorinhas/PESAM se fixa em um mosaico de rochas que possui uma gama de eventos tectônicos que estruturam geofomas em ambientes metassedimentares do Cinturão Araguaia (CA) (MASCARENHAS, VIDAL, FELIPE, 2021).

Figura 5 - Espacialização da geologia da Serra das Andorinhas



Fonte: Gorayeb et. al., 2008.

O Cinturão Araguaia é uma unidade geotectônica (ALVARENGA et al, 2000), responsável diretamente pela morfologia da Serra das Andorinhas, cuja idade remonta do Neoproterozóico (0,82 Ga), com rochas sedimentares e um conjunto de rochas metamórficas de idade remota (PARÁ, 2006). Para Hasui et al. (1980), o Cinturão Araguaia é uma unidade geotectônica (também conhecida como cinturão orogênico) da porção leste da Província Estrutural do Tocantins (ALMEIDA et al. 1977, 1981), é uma faixa extensa na direção N-S, com cerca de 1.200 km e largura de até 100 km, “apresenta um lineamento preferencial N-S, a qual, de acordo com Dutra, Gorayeb, Nogueira (2014) e Herz et. al. (1989), corresponde ao setor norte da província Tocantins do Subgrupo Baixo Araguaia” (MASCARENHAS, VIDAL, FELIPE, 2021, p. 5).

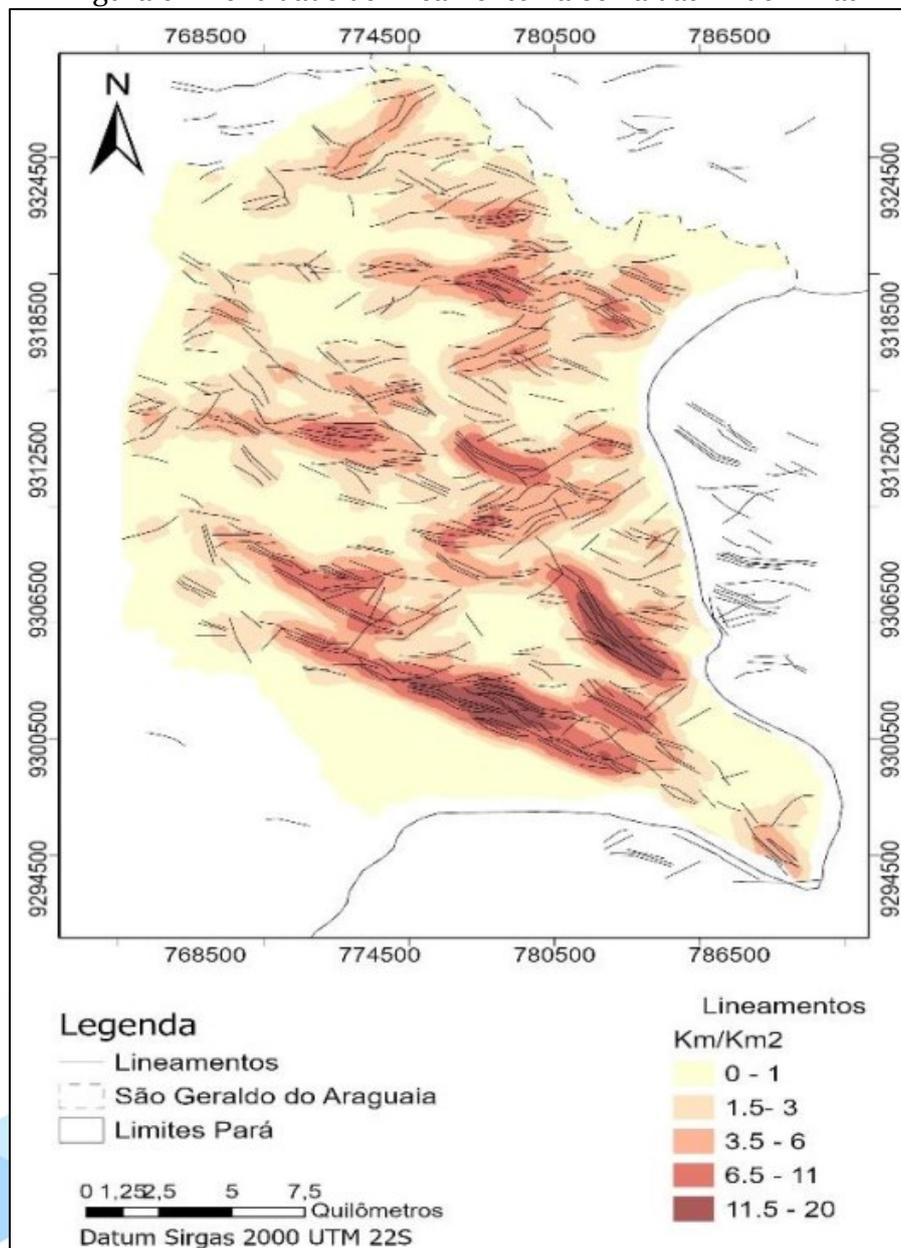
Em relação a composição litoestratigráfica do Cinturão Araguaia esta é composta pelo Grupo Tocantis da Formação Couto Magalhães e pelo Grupo Estrondo, nossa área de interesse, contendo a Formação Xambioá e Morro do Campo, sendo esta última encontrada na Serra das Andorinhas pertencente ao Grupo Estrondo porção setentrional do Cinturão Araguaia onde quartzitos puros estão intercalados com moscovitas, cianitas e magnetitas (GORAYEB, MOURA, ABREU, 2008).

Os elementos estruturais característicos do regime rúptil encontram-se bem impressos na Formação Morro do Campo, composta por rochas quartzíticas contendo dezenas de metros, apresentando variações petrográficas, modificando seus aspectos naturais e mineralógicos (PARÁ, 2006). A Estrutura da Serra das Andorinhas/PESAM e APA é interpretada como uma cadeia montanhosa com sequência de dobras em toda sua área de Oeste a Leste (CPRM, 2001). A APA possui em sua predominância áreas mais planas, tendo litologia presente os quartzitos e xistos.

A estrutura do PESAM é descrita como uma *nappe* de eixo frontal dobrado (CPRM, 2001). Na área apontada na imagem como Fazenda Boqueirão, as declividades da foliação são denominadas como subverticais, com caimento ao leste, tendo inúmeros *shear bands* sentido norte a sul, paralelos e com largura diversa de 3 a 40cm (CPRM, 2001).

No que diz respeito a densidade dos lineamentos existentes na Serra das Andorinhas/PESAM, há um acúmulo presente nas periferias escarpadas (Figura 6), realizando um processo de entalhamento de alguns rios presentes na bacia do rio Sucupira, elaborando relevos encaixados de direção NW em rochas quartzíticas (MASCARENHAS, VIDAL, FELIPE, 2021).

Figura 6 - Densidade de lineamento na Serra das Andorinhas



Fonte: Mascarenhas, Vidal, Felipe (2021).

Autores como Mascarenhas, Vidal e Felipe (2021) e Souza (2001), afirmam que as cavidades naturais desta área são desenvolvidas ao encontro dos lineamentos litológicos NS e NE (Figura 6) aproveitando os espaçamentos presentes nas zonas destas direções para realização de transporte de sedimentos e processos geoquímicos.

Os *trends* apresentam distribuições irregulares, possuindo pouca presença de lineamentos nas margens onde se localiza a Planície Fluvial Araguaia, que são as áreas planas e/ou suave onduladas presentes predominantemente na zona de amortecimento do PESAM.

O tectonismo resultante da ação endógena formou além de dobras falhas e fraturas, que se configuraram em grandes linhas de falhas, especializadas e identificadas junto aos cursos d'água do local, como também nas escarpas, vales encaixados e na formação de quedas d'águas. Além do tectonismo que impulsionou a elevação dessa área da Serra das Andorinhas, a presença da litologia marcante, com presença dos quartzitos, garantiu que esse relevo de serra não sofresse tanto com a ação dos processos morfogenéticos e morfodinâmicos. O que garantiu a elevação topográfica por apresentar uma maior resistência litológica a denudação do que as áreas circunvizinhas.

A Morfodinâmica (tempo que faz)

No sentido de contribuir para o entendimento do sistema cárstico não tradicional, em rochas quartzíticas com ênfase na Caverna Serra das Andorinhas, a fim de compreender um pouco sobre a sua morfodinâmica é importante destacar como se compõem a paisagem cárstica.

A paisagem cárstica que engloba a caverna da Serra das Andorinhas é uma das feições do relevo cárstico, pode-se dizer que a caverna, assim como todas as feições que compõem a paisagem cárstica local, teve como origem o processo de dissolução da rocha quartzítica a partir da ação do intemperismo químico, bem como o mecânico.

A ação dos fluxos de água cujas características são mais lentas e ácidas devido ao acúmulo de matéria orgânica. Essa água infiltra e percola o solo até atingir a rocha matriz, o quartzito, percorrendo pontos de fraqueza litológica, tais como as fraturas e falhas existentes no local. Por meio desses condutos a água em contato com a rocha desencadeia um processo geoquímico provocando a dissolução da sílica (quartzo) e demais minerais presentes.

As zonas de descontinuidade das rochas facilitam a percolação e a circulação da água oriunda da chuva e da rede hidrográficas, isso acontece por meio dos condutos que exerce um papel fundamental na formação das feições geomorfológicas e espeleotemas da Caverna Serra das Andorinhas.

Essa dinâmica decorrente do intemperismo mecânico e da dissolução que ocorre na rocha e dá origem aos canálculos e posteriormente aos condutos, tende a ser mais intensa em locais que apresentam uma resistência menor ao processo de dissolução.

Para entender melhor o intemperismo ocorrido na caverna Serra das Andorinhas, devemos ter em mente que os minerais presentes na área são formados a partir de singulares condições químicas e físicas, onde se tornam instáveis com a água e a atmosfera. Tal instabilidade de origem química e física na caverna, ocorre por meio biogênico (interferência de seres vivos) e abiogênico (interferência dos condicionantes geoambientais).

A presença de água, vento, calor e oscilação de temperatura ao longo dos dias e estações, possibilita que a rocha se fragmente sem que ocorra a modificação da composição química da rocha, possibilitando mecanicamente a morfogênese e morfodinâmica interna e externa da caverna.

Nesses locais desenvolveram-se as galerias, morfologia desenvolvida a partir do alargamento e interligação dos canálculos menores, também é possível verificar que a gênese ocorre por intemperismo mecânico, no caso da ação química seguida pela ação da gravidade, quando um bloco se desprende das paredes ou teto da caverna, caracterizando o abatimento de blocos, feição mapeada na Caverna Serra das Andorinhas.

A Caverna Serra das Andorinhas, tem litologia quartzítica originada da Formação Morro do Campo, contendo extensão interna de mais de 1000 m de desenvolvimento com

estruturas em direções NW-SE e NE-SW (CAVEGIS, 2019).

Este enquadramento segue as especificações do IBAMA (1990), no qual estabelece que a caverna é uma cavidade natural subterrânea, o que enquadra todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, cujas características do ambiente envolvem minerais e uma rede hídrica, a fauna e a flora, corpos rochosos, sendo sua formação exclusivamente oriunda de processos naturais contemplando qualquer tipo de rocha encaixante e dimensões variadas, como por exemplos de termos regionais as cavernas podem ser chamadas de gruta, lapa, toca, abismo, furna, buraco, etc.

Vale frisar que grutas ou as lapas, por exemplo, são tipos de cavernas, que variam conforme o seu tamanho (comprimento, altura e largura), a topografia e forma, sendo que são cavidades horizontais que atingem 20 metros de comprimento, podendo apresentar desníveis e salões.

Em relação a gênese da caverna em estudo a litologia resistente tem sofrido ao longo do tempo geológico um processo de intemperização de ordem física e química, isso devido a algumas condições específicas que a deixa susceptível a dissolução, por exemplo.

Pode-se encontrar no interior da Caverna Serra das Andorinhas rochas do tipo moscovita e quartzito de coloração esbranquiçada de granulação que vai de fina a média. A área apresenta estruturas sedimentares preservadas com algumas estratificações cruzadas truncadas de médio porte (Figura 7a) contendo também dobras de arrasto (Figura 7b).

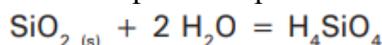
Figura 7 - Estratificação cruzada truncada de médio porte (A) e dobras de arrasto (B)



Fonte: CaveGIS, 2018.

O quartzito da caverna se intercala com camadas de xistos (FIGURA 6a), tendo coloração cinza-esverdeada com fina granulação, mesclada com muscovita-clorita-quartzito xisto (CAVEGIS, 2019). O intemperismo do quartzo ocorre de modo congruente (Equação 1), na qual se caracteriza pela dissolução completa da rocha onde novas fases sólidas não são formadas (EMBRAPA, 2004).

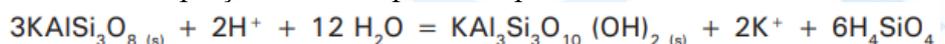
Equação 1 - Intemperismo químico do quartzo



Fonte: Embrapa (2004).

Já a muscovita se enquadra enquanto dissolução incongruente (Equação 2), onde o mineral é o resultado final de uma fase sólida advinda do feldspato formada a partir da troca de ligantes da rede cristalina (EMBRAPA, 2004).

Equação 2 - Intemperismo químico da muscovita



Fonte: Embrapa (2004).

Sendo controlada por estruturas rúpteis, a caverna possui falhas e fraturas desenvolvidas em direção NW/SE e NE/SW (Figura 8), trazendo desenvolvimento linear da caverna.

Figura 8 - Identificação de falhas e fraturas na Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: CaveGIS, 2018.

Figura 9 - Identificação de falha na Caverna Serra das Andorinhas



Fonte: CaveGIS, 2018.

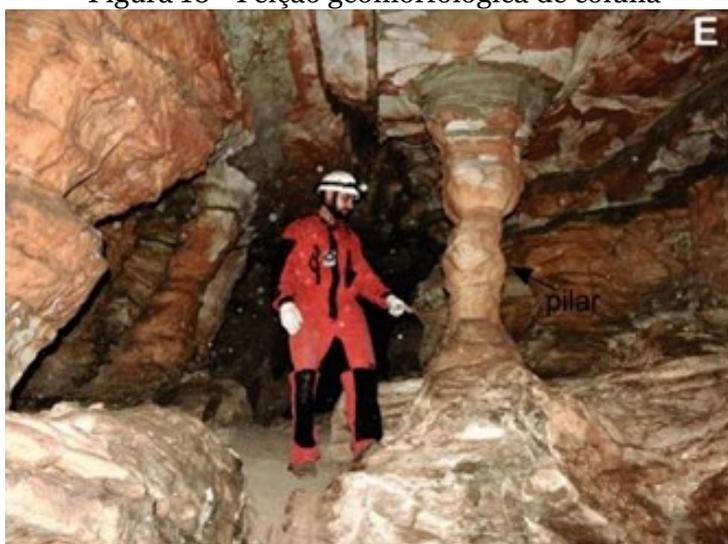
A seguir foram identificadas e registradas feições geomorfológicas na área de estudo, para facilitar a identificação e exaltar o potencial da Caverna Serra das Andorinhas quanto um Geossítio importante de ser protegido no PESAM.

É considerada como uma província espeleológica Quartzítica do PESAM, cuja interação entre processos geológicos e geomorfológicos ao longo do tempo resultaram em uma paisagem cárstica não tradicional que se destaca no município.

FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS ENCONTRADAS NA CAVERNA SERRA DAS ANDORINHAS

As principais estruturas da caverna Serra das Andorinhas são as macrofeições (feições de grande porte como colunas e pilares), apresentados na figura 10. A coluna se forma quando há frequência de gotejamento alta, não havendo tempo para depositar na estalactite toda a carga mineral contida na gota. A gota atinge o solo e dá origem a estalagmites. Com o tempo, ao se desenvolverem, as estalagmites e estalactites se unem e criam o espeleotema denominado coluna (ICMBio, 2011).

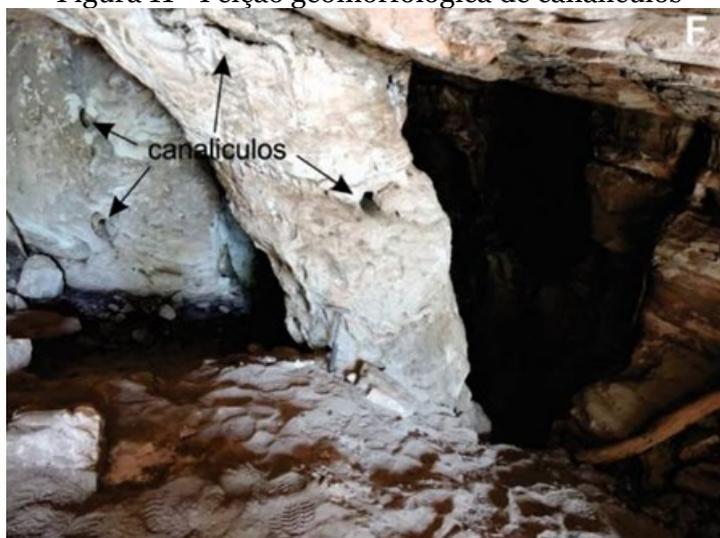
Figura 10 - Feição geomorfológica de coluna



Fonte: CaveGIS, 2018.

Também foram identificados os microfeições (feições de pequeno porte), sendo essas os microcanais de drenagens (canaliculos), apresentados na Figura 11 (CAVEGIS, 2019). Também é possível encontrar microespeleotemas (microescorrimento, coraloides, microestalactites, microestalagmites) formados a partir de processos químicos ocorridos dentro da caverna.

Figura 11 - Feição geomorfológica de canaliculos



Fonte: CaveGIS, 2018.

Atzingen, Scherer e Furtado (2007), afirmam que os depósitos de deposição química da caverna Serra das Andorinhas são pequenos, contendo espeleotemas como “popcorn” (feição que lembra formato de pipocas), cortinas delgadas, escorrimentos e eflorescência branca de aspecto frágil e quebradiço. A composição mineral destes espeleotemas podem estar associadas a ocorrência de formação de complexos fosfáticos a partir da interação com o guano, resultando em minerais fosfáticos de ferro e alumínio do grupo crandalita (ATZINGEN, SCHERER e FURTADO, 2007).

É importante ressaltar que a presença dessas macros e microfissões comprovam que o processo de dissolução de rochas quartzíticas ocorrem e ainda estão ocorrendo, tanto na própria Caverna da Serra das Andorinhas, quanto nas demais cavernas existentes no PESAM e na APA Araguaia. Os processos físicos também se encontram em atuação contínua, promovendo desenvolvimento interno da cavidade, provocando abatimento de blocos, além de diversos processos mecânicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultados dessa investigação, tem-se a que a paisagem cárstica não tradicional da área de estudo é formada em grande parte por rochas não carbonáticas, o que confirma o enquadramento de uma província espeleológica Quartzítica que caracteriza a paisagem cárstica não tradicional, devido a presença da rocha metamórfica quartzito. Além disso, foi possível verificar registros na paisagem cárstica não tradicional da ocorrência de processos morfogenéticos e morfodinâmicos, sendo identificados por meio das feições geomorfológicas presentes na caverna Serra das Andorinhas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG por permitir o desenvolvimento da pesquisa científica e a toda a equipe do Programa de Pós Graduação em Geografia do Pontal-PPGEP por dar a oportunidade de realizar pesquisas e somar como o desempenho do programa. Agradecemos também ao Ideflor-BIO por autorizar as visitas em campo e aos Laboratórios Labgeo (UFU Pontal) e Laboratório de Geografia Física (Unifesspa) por auxiliar nas pesquisas realizadas.

REFERÊNCIAS

ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y; EZHOV, Y; LYSENIN, G. **Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types**. Poland: University of Silesia/ Ukrainian Academy of Sciences/Tavrichesky National University-Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, 2009.

ALMEIDA, F. D. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, v.7, p.349-364, 1977.

ALMEIDA, F. D. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, 1981, Salvador/Bahia. **Anais...** Salvador: SBG, 1981. p.1-10.

ALVARENGA, C. J. S.; MOURA, C. A. V.; GORAYEB, P. S. S.; ABREU, F. A. M. Paraguay and Araguaia Belts. In: Cordani et al. Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, SBG. p. 183-194. 2000.

ARRUDA, M. B. Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas, ecótonos e ecorregiões continentais do Brasil – o caso do Cerrado. **Doutorado**, UNB; IBAMA,

Brasília. 194 p. 2005.

ATZINGIN, N. V.; SHERER, R. S.; FURTADO, M. B. F. F. Parque Estadual Serra dos Martírios/Andorinhas, no Estado do Pará e sua Importância Espeleológica. XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia. **Anais**. 2007.

BENTO, L. C. M.; TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, S. C. Considerações sobre as cavernas quartzíticas do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 16, n. 54, jun/2015, p. 125-139.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Diário Oficial da União, de 05/10/1988, P. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 27 nov. 2021.

BRASIL. **Portaria Nº 887, de 15 de junho de 1990**. Dispõe sobre a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional. Publicado no Diário Oficial nº 117, de 20.06.90, Seção I, Pág. 11844 BRASIL, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 6.640 de sete de novembro** de 2008; Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Decreto_6640_Comentado.pdf Acessado: 02/2022.

CARVALHO JR, O. A.; BERBET-BORN, M.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. **Ambientes cársticos**. In: FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.185-218.

CECAV. **Diretrizes e Orientações Técnicas para a Elaboração de Plano de Manejo Espeleológico**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Orientacoes/Diretrizes_PME_sitio_CECAV.pdf>, 2014. Acesso em: 27 out. 2020.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Xambioá, Folha SB.22-Z-B. **Relatórios técnicos**. 2001; Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/3052> Acessado em: novembro de 2021.

CAVEGIS: Zoneamento Espeleológico da Caverna Serra das Andorinhas. Relatório Final Aprovado pelo IDEFLOR-Bio, Belém-PA, 2019.

DIAS, S.S. **Meio Ambiente**. Rádio Senado. 25/01/2022 Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2022/01/25/decreto-que-autorizava-exploracao-de-cavernas-e-suspenso-parcialmente>. Acessado em: janeiro de 2022.

DUTRA, A. C. S.; GORAYEB, P.S.S.; NOGUEIRA, A.C.R. Depósitos sedimentares neoproterozóicos do Grupo Tucuruí – Cinturão Araguaia, Nordeste do Pará. **Geol. USP, Sér. Cient.** São Paulo, v14, n. 1, p.21-36, 2014; Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201400010002> Acessado em 02/2022.

FERREIRA, R. L.; MARTINS, R. P. Structure and Natural History of Bat Guano Invertebrate Communities with Special Reference to Brazilian Caves. **Tropical Zoology**, Firenze. 1999.

FERREIRA, R. L.; A vida subterrânea nos campos ferruginosos. **O Carste**, 2005.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst geomorphology and hydrology**. London: Unwin Hyman, 1989.

FREIRE, L; Conservação de Patrimônio Espeleológico na Amazônia: Proposta de Planejamento Ambiental Para a Província Espeleológica Altamira-Itaituba (PA). 210 p. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará.

Fortaleza, 2017.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.185-218.

GOMES, L.C.; BALDISSEROTTO, B.; SENHORINI, J.A. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture**, v.183, p.73-81, 2000.

GUIMARÃES, M. M. Morcegos cavernícolas do Brasil: Composição, distribuição e serviços ambientais. Universidade Federal de Lavras (**Dissertação**). 2014.

GORAYEB, P. S. S.; MOURA, C. A. V.; ABREU, F. A. M. **Geologia do parque Andorinhas e região adjacente**. In: P.S.S. Gorayeb (org.). Parque Martírios-Andorinhas: Conhecimento, história e Preservação. Belém: EDUFPA, 2008.

HARDT, R.; FERREIRA PINTO, S. dos A. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 2, p. 99-105, 2009.

HOWARTH, F.G., Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 28, p. 365–389, 1983.

HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R., BISTRICHI, C.A., Estruturas e tectônica do Pré-cambriano de São Paulo e Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 52(1), 61–76. 1980.

HERZ, N; HASUI, Y; COSTA, J. B. S; MATTA, M. A. S. The Araguaia fold belt, Brazil: a reactivated brasiliano-pan-african cycle (550 ma) geosuture. **Journal Precambrian Research**, v.42, p.371-386,1989. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(89\)90020-X](https://doi.org/10.1016/0301-9268(89)90020-X)

ICMBIO. III CURSO DE ESPELEOLOGIA E LICENCIAMENTO AMBIENTAL, 2011; Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/Apostila%20Curso%20de%20Espeleologia%20e%20Licenciamento%20Ambiental.pdf> Acessado em: dezembro de 2021.

KLIMCHOUK, A. Hypogene speleogenesis: hydrogeological and morphogenetic perspective. USA. **Carlsbad**. 2011.

LINO, C. F. Cavernas; o fascinante Brasil subterrâneo. **Editora Gaia**. 2ªed.rev. e atualizada. – São Paulo, 2009.

LINO, C. F. & ALLIEVI, J. **Cavernas Brasileiras**. Ed. Melhoramentos. São Paulo – SP, 168p. 1980.

MASCARENHAS, A. L. DOS S.; VIDAL, M. R.; FELIPE, L. B. Análise do padrão de lineamentos de relevo e caracterização geomorfológica da Região da Serra das Andorinhas (Pará), com o uso de imagens AW3D30. **Revista de Geomorfologia William Morris Davis**. V.2, n.2, 30 setembro de 2021; Disponível em: <https://www.sciencegate.app/document/10.48025/issn2675-6900.v2n2.2021.143> Acessado em: fevereiro de 2022.

PARÁ, **Lei Estadual nº 5982, 25 de julho de 2006**; Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/5154_20201012_132118.pdf?_ga=2.171325605.469001473.1636548249-1365101255.1636457902. Acessado em: 05/2020.

PILÓ, L. B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.1, n.1, 2000.

SECTAM. **Plano de Manejo do PESAM e APA Araguaia**. Secretaria Executiva de Ciência,

Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará – SECTAM. 2006.

SOUZA, J. O. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. PLGB. **Xambioá – Folha SB.22-Z-B**. Esta dos da Pará e Tocantins. Escala 1:250.000. (org.). João Olímpio Souza e Luiz Carlos Moreton – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.

TRAVASSOS, L.E.P. Espeleologia, Carstologia e a pesquisa científica. **Territorium Terram**, v.2, p. 2-14, 2014.

Recebido em: 27/07/2021.

Aprovado para publicação em: 28/12/2021.