

V.20 nº43 (2024)

REVISTA DA

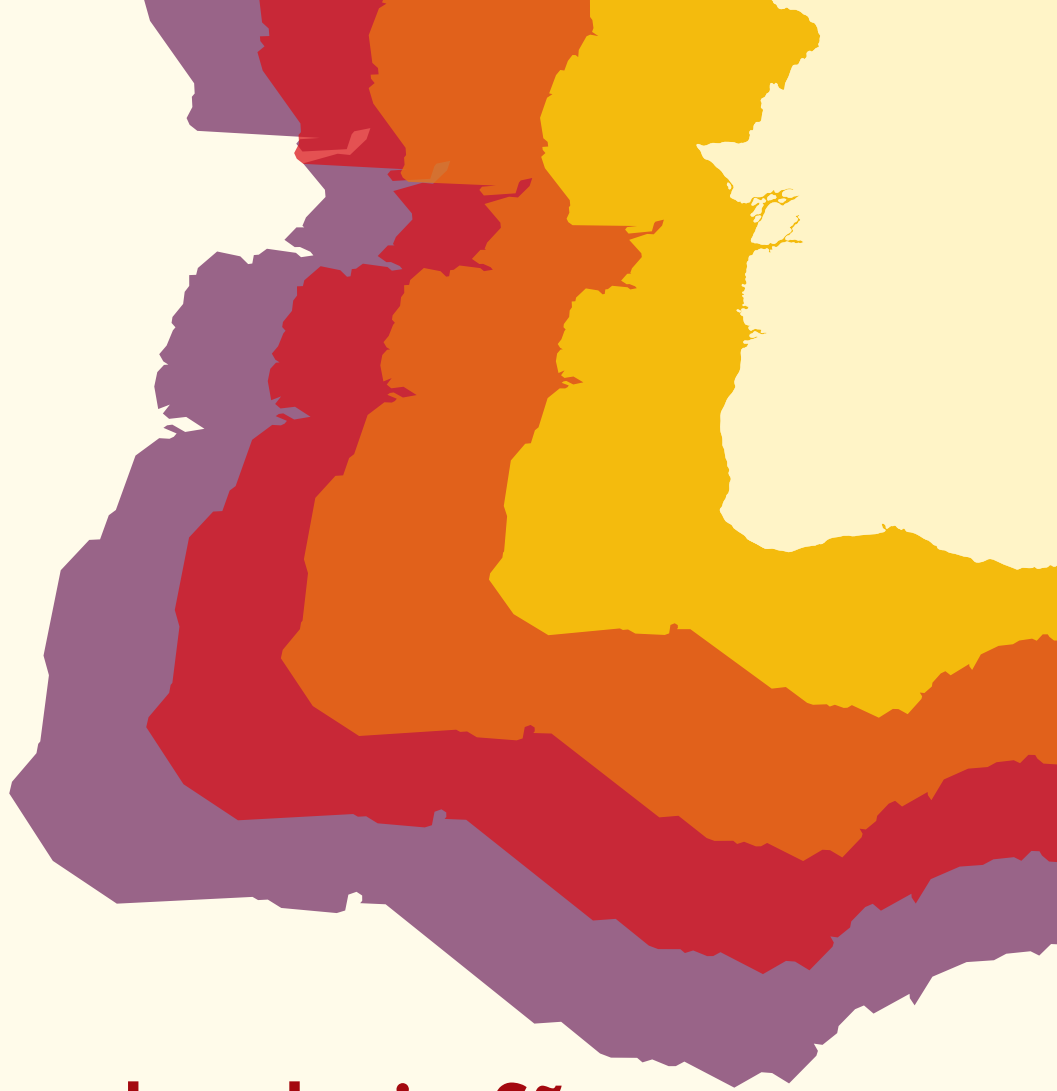
# AN PE GE

ISSN 1679-768X

A stylized lowercase letter 'a' in a white, rounded font, positioned above the organization's name.

ANPEGE

Associação Nacional  
de Pós-graduação e  
Pesquisa em Geografia



## **Cavernas areníticas da cachoeira São Romão no Parque Nacional da Chapada das Mesas, da base de abrasão à espeleogênese infiltrante**

*Sandstone caves of the São Romão waterfall in the Chapada das Mesas National Park, from the base of abrasion to infiltrative speleogenesis*

*Cuevas de arenisca de la cascada de São Romão en el Parque Nacional de la Chapada das Mesas, desde la base de la abrasión hasta la espeleogénesis infiltrativa*

DOI: 10.5418/ra2024.v20i43.19098

**CLAUDIO EDUARDO DE CASTRO**

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

**V.20 n°43 (2024)**

e-issn : 1679-768X

**RESUMO:** O carste em rochas não carbonáticas tem sua gênese associada preponderantemente por agentes erosivos, mais que corrosivos, dentre elas os arenitos são uma geologia que contribui na formação de cavidades, dadas as condições de sedimentação e diversidade de constituintes. O estado do Maranhão é constituído por grande variedade de formações areníticas, nesse sentido estudos revelaram que no Parque Nacional da Chapada das Mesas há uma quantidade significativa delas. Lá, sob a cachoeira São Romão há duas cavernas cuja espeleogênese se deu primeiro pelo efeito canhão das águas na base, depois com o rebaixamento dessa base, a evolução espeleogenética passou a se dar pelas águas infiltrantes no arenito. A beleza cênica da paisagem vista a partir da visitação às cavernas e a raridade são fatores a serem considerados para incorporação ao uso público do parque.

**Palavras-chave:** Parque Nacional da Chapada das Mesas, cavernas, arenito, espeleogênese, uso público.

**ABSTRACT:** Karst in non-carbonate rocks has its genesis associated predominantly with erosive rather than corrosive agents, among which sandstones are a geology that contributes to the formation of cavities, given the conditions of sedimentation and diversity of constituents. The state of Maranhão is made up of a wide variety of sandstone formations, and studies have shown that there are a significant number of them in the Chapada das Mesas National Park. There, under the São Romão waterfall, there are two caves whose speleogenesis was first due to the cannon effect of the water at the base, then with the lowering of this base, the speleogenetic evolution began to take place by the infiltrating waters in the sandstone. The scenic beauty of the landscape seen from visiting the caves and their rarity are factors to be considered for incorporation into the park's public use.



**Keywords:** Chapada das Mesas National Park, caves, sandstone, speleogenesis, public use.

**RESUMEN:** El karst en rocas no carbonatadas tiene su génesis asociada muy a agentes erosivos más que corrosivos, entre los cuales las areniscas son una geología que contribuye a la formación de cavidades, dadas las condiciones de sedimentación y diversidad de constituyentes. El estado de Maranhão está constituido por una amplia variedad de formaciones de arenisca, y los estudios han demostrado que hay una cantidad significativa de ellas en el Parque Nacional de Chapada das Mesas. Allí, bajo la cascada de São Romão, hay dos cuevas cuya espeleogénesis se debió primero al efecto cañón del agua en la base, luego, con el descenso de esta base, comenzó a producirse la evolución espeleogenética por las aguas infiltradas en la arenisca. La belleza paisajística que se aprecia al visitar las cuevas y su rareza son factores a considerar para su incorporación al uso público del parque.

**Palabras Clave:** Parque Nacional da Chapada das Mesas, cuevas, arenisca, espeleogénesis, uso público.

## INTRODUÇÃO

As rochas carbonáticas nas quais os processos químicos de dissolução atuam formam um ambiente cárstico propício a formação de cavernas, abismos e formar externas ruiformes (Klimchouk; Ford, 2000; Florenzano, 2008), porém tal processo ocorre com menor intensidade em outras rochas, dentre as quais os arenitos (Hardt, 2011). Advém dessa constatação que independente de qual seja o a rocha encaixante, as ocorrências de cavernas estão sujeitas à legislação pertinente.

caso do carste em arenitos as cavidades mesmo que enquadradas na definição<sup>1</sup> merecem uma qualificação para melhor avaliação quanto as possibilidades de usos e proteção, especificamente no que se refere à sua dimensão horizontal. Neste aspecto cabe ressaltar a discussão empreendida pelo ICMBio-CECAV (2011) que recomenda uma medida mínima de 5 metros quando trata de pareceres para licenciamentos, quando em litologias não calcárias-dolomíticas. Essa recomendação se alicerça no estabelecimento de zonas afólicas, uma vez até esse limite ainda haver grande influência da luz advinda da entrada.

No que se refere ao território maranhense, a prospecção de cavernas quase inexistia até metade da década de 2020, quando alguns esforços passaram a ser empreendidos por pesquisas acadêmicas que avançaram e cadastraram quase uma centena delas na porção Sul do estado (Castro, *et al.* 2021; Castro, Maciel, Silva, 2020; 2019), dentre essas áreas o Parque Nacional da Chapada das Mesas-PNCM recebeu atenção estrita, uma vez ter se procurado prospectar maciçamente o parque e seu entorno para cumprir recomendação do Ministério Público quanto à compensação a 22 cavernas submergidas pelo lago da barragem da hidrelétrica de Estreio, no rio Tocantins (Castro *et al.*, 2020).

Foi a partir dessas pesquisas que se pode encontrar o objeto aqui apresentado, as cavernas sob a cachoeira São Romão, no rio Farinha, que se vai discorrer quanto a sua descrição, possível espeleogênese, potencial ecológico e algumas ponderações quanto à preservação e uso ecoturístico.

O Parque, criado pelo Decreto de Lei de 12 de dezembro de 2005, é gerido pelo ICMBio e tem os objetivos focados em cada uma das zonas estabelecidas, i - Zona de Conservação que objetiva a “manutenção do ambiente o mais natural possível e, ao mesmo tempo, dispor de condições primitivas para a realização das atividades de pesquisa e visitação com baixo grau de intervenção”; ii - Zona de Uso Moderado, focada em “manutenção de um ambiente o mais próximo possível do natural, além da realização de pesquisa e visitação com médio grau de intervenção”; iii – Zona de Infraestruturas, estabelecida para “facilitar a realização das atividades de visitação com alto grau de intervenção e administrativas, buscando minimizar o impacto dessas atividades sobre o ambiente natural e cultural da UC” (ICMBio, 2019, p. 23; 24; 26). As vias de acesso ao parque se dão a partir da cidade de Carolina, situa-se em meio a conflitos de preservação ambiental, por conter em seu território patrimônios espeleológicos, arqueológico e grande potencial turístico cercado por uma área considerada de expansão agrícola, devido à extensão de plantios de soja e eucalipto no sul do estado (ICMBio, 2019) (Figura 1).

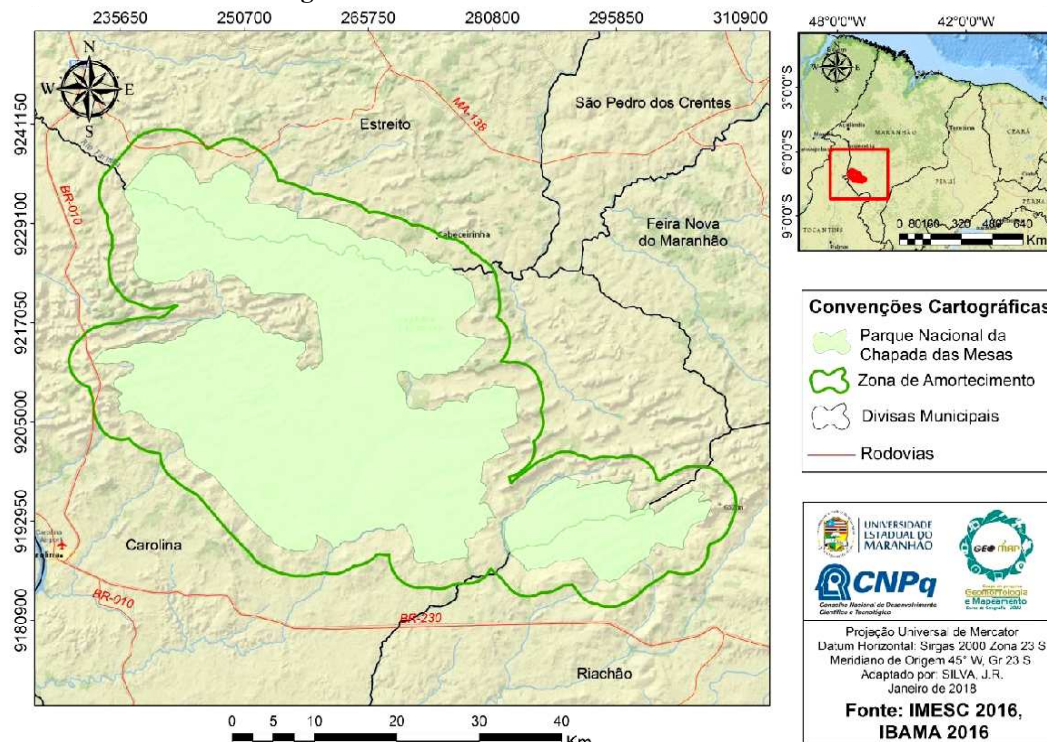
---

<sup>1</sup> Pelo Decreto Federal N. 6.640, de 07/11/2008, uma caverna é “[...] todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, 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”.

potencial espeleológico do PNCM advém da geologia arenítica, a qual se constitui pelas Formações, Motuca, Sambaíba e a ígnea, Mosquito. Nos arenitos encontram-se calcários em pequenas fases, mas que a espeleogênese se dá pela capacidade inicial de dissolução interna que evolui basicamente pela erosão, dando condições para a gênese das cavidades, o que se vê preponderantemente na Formação Sambaíba, na qual ocorrem todas as cavidades topografadas. O território da Chapada das Mesas que deu nome ao Parque Nacional-PARNA está inserido na unidade geomorfológica denominada pelo IBGE (2009) de Chapadas e Planos do Rio Farinha, situada na divisa dos estados do Maranhão e Tocantins, cuja característica é mu conjunto de formas de relevo paisagístico com forte atrativo geoturístico (Barros, Oliveira Filho, Freitas, 2019).

As prospecções realizadas puderam revelar inúmeras cavernas com potencial interesse a diversas funções, como a arqueológica, pela presença de inscrições rupestres, ecológica, pela presença de fauna exclusiva, geológica, pela singularidade, por exemplo. As cavernas São Romão e São Romão I são as que se elegeu pela exuberância paisagística, espeleogênese, presença de fauna e exclusividade.

**Figura 1 – PNCM Limites e área do entorno.**



Fonte: ... , 2024.

## METODOLOGIA, FERRAMENTAS E PROCEDIMENTOS

Como salientada por Boccato (2006), fundamentou-se a pesquisa em primeiro lugar pela busca de bibliografia pertinente e aderente, ela que tem caráter de busca de dados secundários para uma

maior percepção e abordagem sobre o assunto. Fundamentalmente pode-se entender e consolidar resultados quanto ao PNCM, à espeleogênese, à prospecção e topografia, aos aspectos naturais da paisagem, como a geomorfologia e geologia.

Construiu-se para a área como um todo os mapas de geomorfologia, geologia e declividade sobre os quais alocou-se as cavidades. Para produzir o mapeamento da Geomorfologia foram utilizados três parâmetros, a Hipsômetria, a Declividade e o Sombreamento, resultando assim na compartimentação geomorfológica. A compartimentação do relevo da área de estudo teve por base o Manual Geomorfológico (IBGE, 1995; 2009), o Dicionário Geológico-Geomorfológico (Guerra, 1993) e a base do IBGE, na escala de 1:250.000.

Para se determinar a declividade, utilizaram-se imagens de Radar, o mosaico das imagens foi construído pelo Software livre QGIS 3.18.3. A classificação foi elaborada no programa ArcGIS, seguindo a ferramenta *Spatial Analyst*, utilizando as ferramentas *Surface Analysis-Slope*. As estruturas geomorfológicas caracterizadas cartograficamente foram as Chapadas, os Morros Testemunho, os Vales, as Escarpas e os Pediplanos.

Para o mapeamento geológico utilizou-se a base de dados gerados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na escala de 1:250.000. No caso do recorte da cachoeira, houve validação por comparação das características da rocha com a descrição da Formação em questão, visando maior aproximação com a realidade. Não se pode aferir por espectrometria, mas desde já se sugere que a partir deste trabalho se possa fazê-lo, visando implantar algumas das propostas aqui discriminadas. Além disso, se fez necessário a utilização de imagem de Radar para assim realizar o reconhecimento através da altimetria das estruturas geológicas e por fim realizar a vetorização das formações geológicas, em uma escala de 1:25.000.

O mapeamento de declividade, gerou uma classificação de classes adaptadas em quatro níveis, onde o primeiro nível são as áreas com declividade de 0 a 8%, de >8% a 20%, de >20% a 45% e declividades superiores que 45%. Essas quatro Classes foram utilizadas comparativamente às ocorrências de cavernas:

- o Mapa Geológico do Estado do Maranhão (Fonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM; Escala 1:250.000).

- o Mapa Geomorfológico do Estado do Maranhão (Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Escala 1:250.000).

- o SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle (Fonte: Alaska Satellite Facility: Imagem Alos Palsar 12,5 m.).

- o Localização das Cavidades Naturais Subterrâneas do PNCM - MA. Formato: Shapefile (Fonte: Grupo de Estudos em Unidade e Conservação – GEUC/UEMA).

Base Municipal do Estado do Maranhão (Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A topografia (Dematteis, 1975; Cruz e Piló, 2019) utilizou bússola com precisão de Azimute do rolamento em +/- 0,5° e clinômetro (com +/- 90 °) com precisão de até 0,5° a 1°, trena maleável e não expansível à tração, bases topográficas, bússola, GPS, altímetro; utilização de software eficiente e mapeamento em escala suficiente para o detalhamento exigido e máquina fotográfica com objetiva cambiável com alta resolução.

Fez-se duas visitas à cachoeira São Romão, visando maior qualidade e precisão, ambas sob acompanhamento da chefia do parque, uma na estação chuvosa outra na estival.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa que alicerçou a escolha das cavernas sob a cachoeira São Romão baseada na geologia, geomorfologia, declividade, topografia e características distinguíveis ante a totalidade das ocorrências de cavernas do PNCM e seu entorno.

O Maranhão abrange uma vasta extensão territorial, devido a sua grande área, contém diversificados elementos e formações geológicas, retrato dos períodos geológicos e mudanças temporais no decorrer do tempo, nesse sentido levando e considerando os estudos do Serviço Geológico Brasileiro, fez-se o recorte geológico a partir da geologia da bacia hidrográfica do Tocantins/Araguaia da CPRM e Tocantis (2004). As 14 formações geológicas dessa área do PNCM situam-se totalmente na bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia na Bacia Sedimentar do Parnaíba (Figura 2), dessa geologia extraiu-se as ocorrência do parque (Figura 3).

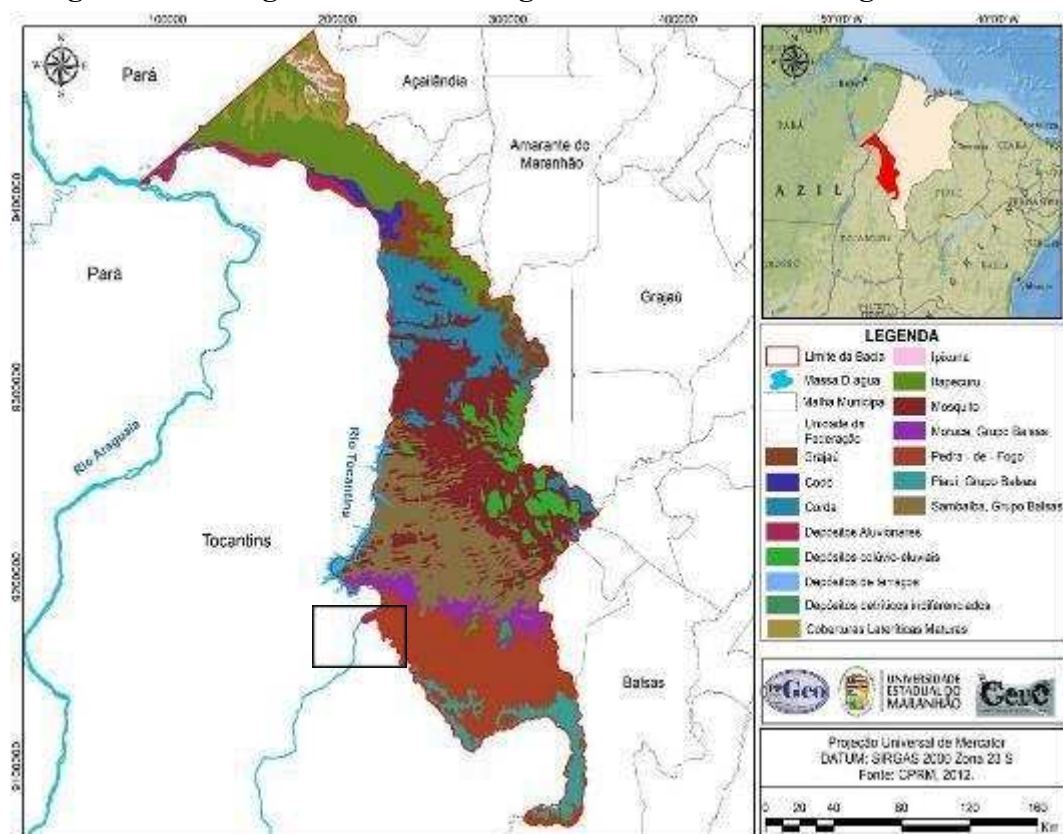
A Formação Itapecuru segundo Rossetti (2001) é uma formação que aflora no interior do Estado do Maranhão, principalmente na região da bacia do Rio Itapecuru. É caracterizada por conglomerado, arenito, arenito arcoseano, argilito, folhelho, siltitos conglomerados, arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos e resquícios de calcário, está presente em sua totalidade em inselbergs e em outras formas de relevos residuais.

A Formação Corda, que se originou dentro do período cretáceo, é composta principalmente por arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos argilosos de texturas predominantemente arenosas, com idade aproximada entre 125 a 162 milhões de anos. O relevo presente nessas formações são as superfícies aplainadas e retocadas com nível considerado de degradação e presença de clinografia constante entre 0° a 5°. A Formação Grajaú é formada por arenitos esbranquiçados de fina granulometria predominantemente arenosas, se encontra especificamente em formas de relevos residuais com inclinações acima de 25° pouco ou moderadamente fraturada. A Formação Mosquito é formada principalmente por basaltos itemperizados com *intertraps* subordinados de arenito (Paz *et al* 2011).



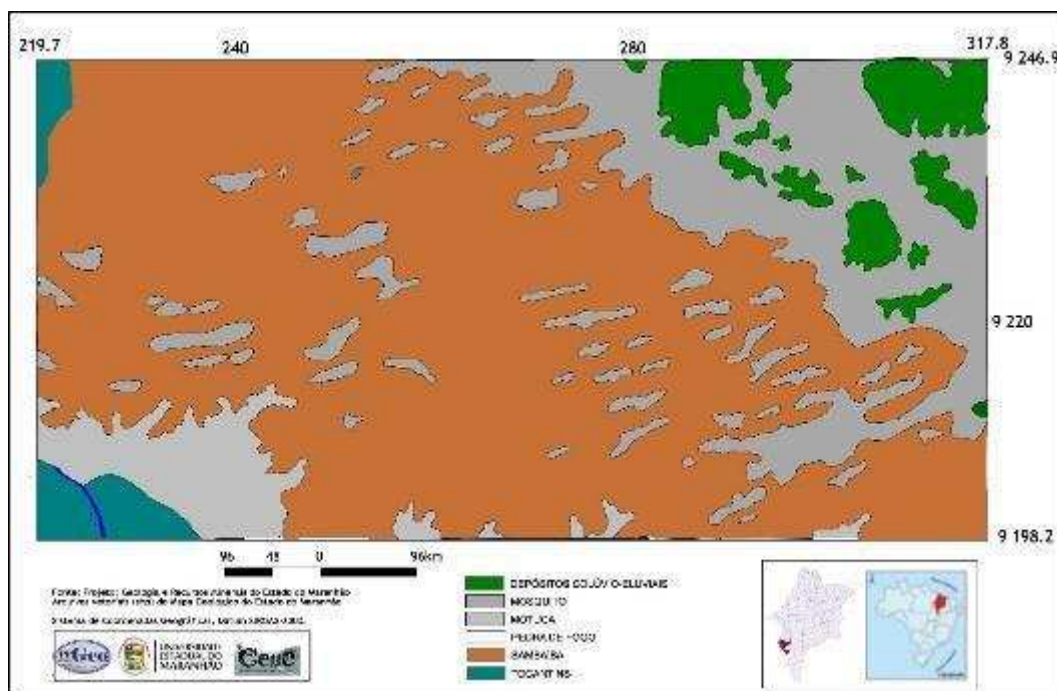
Essa formação vulcânica com cerca de 199 milhões de anos se localiza em regiões de até 5°, em relevos aplainados e retocados (Klein, 2017).

**Figura 2 - Geologia da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia no Maranhão**



Fonte: ..., 2024

**Figura 3 – Geologia na área do PNLM**



Fonte: ..., 2024

Igualmente, encontraram-se depósitos aluvionares, depósitos colúvio-eluviais, depósitos de terraços, depósitos detríticos indiferenciados e as coberturas lateríticas maduras que são formações mais recentes e contém as mesmas características geológicas. Nelas predominam areia, argila, cascalhos, especificamente em relevos de planície flúvio-lacustres, aplainados e superfícies conservadas e nos baixos platôs.

A formação Codó segundo Ramos, Rossetti e Paz (2006), é formada por folhelhos negros, evaporitos e calcários lacustres além da presença de arenitos. Localizadas em regiões de clinografia entre  $10^\circ$  e  $30^\circ$  em relevos aplainados retocados e degradados. A Formação Ipixuna é constituída por depósitos de arenitos siltitos, e argilitos caulínicos. Essa formação tem os vales encaixados com a principal característica morfológica presente, em inclinações que podem chegar até  $45^\circ$  (James *et al*, 2018).

A Formação Piauí constitui-se de uma área com características deposicionais com feições cruzadas, acanalada e linear, originada em ambientes com característica de clima semiárido a desértico e aflorando em áreas dissecadas pelo rio Parnaíba e seus afluentes e objetiva apresentar os resultados plano estratigráficos obtidos da análise do intervalo entre 110,60 e 178,12 milhões de ano, segundo (Souza *et al*, 2010).

A Formação Pedra de Fogo é composta por arenitos, folhelho e calcários, contém domínio de coberturas vulcano-sedimentares mesozoicas e paleozoicas pouco ou moderadamente consolidadas, é predominante em geomorfologias retocadas aplainadas, ou pouco degradadas. A formação Motuca é constituída por arenitos, argilitos e siltitos, calcários e evaporitos. Há predomínio de sedimentos

siltitos-argilosos e calcários com interpelações arenosas subordinadas, e predominante em superfícies aplainadas retocadas e pouco degradadas (Klein, 2017).

Entre as formações presentes na Bacia, em termos espeleogenéticos, destaca-se a formação Sambaíba, com o maior número de cavernas encontradas no Estado do Maranhão. É constituída em toda sua estrutura por arenitos, é composta por um domínio de sedimentos espessos, pacotes de arenitos por deposição eólica, de estratificação cruzada. Está presente em formas residuais de relevos, com inclinações superiores a 10°, além de conter uma textura arenosa que facilita a locomoção por intemperismo mecânico (Klein, 2017).

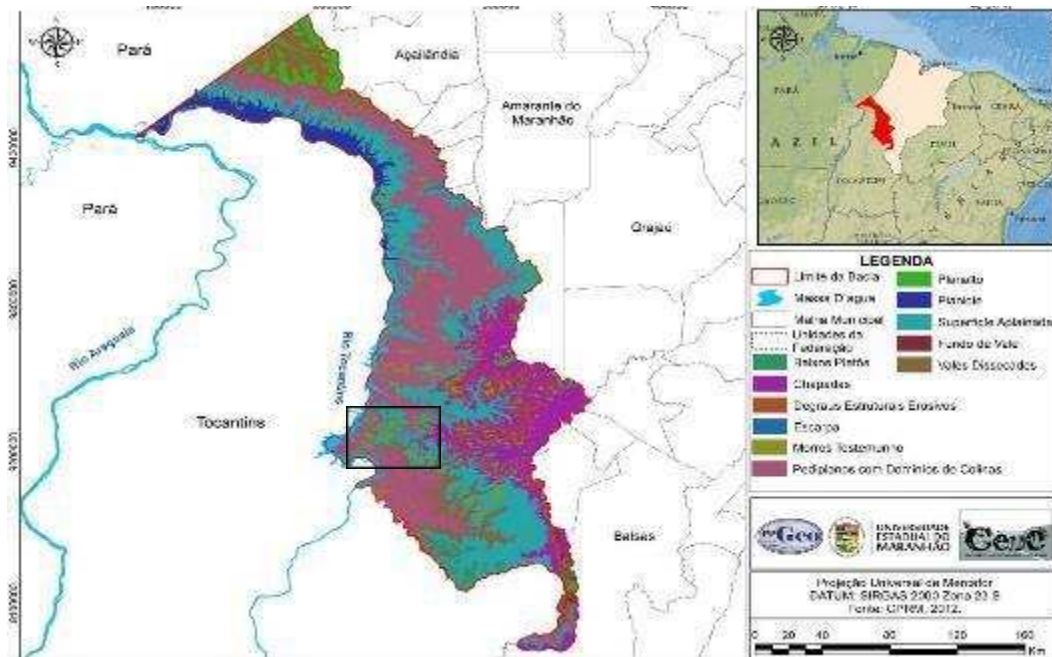
Entre as morfologias encontradas na Bacia, a partir da classificação proposta pelo IBGE (2009) e o Dicionário Geológico-Geomorfológico (Guerra, 1993; Guerra; Guerra, 2008), foram identificadas onze formas de relevo (Figuras 4 e 5). As formas são: Superfícies Aplainadas, Planícies Fluviais, Baixos Platôs, Chapadas, Degraus Estruturais Erosivos, Escarpas, Morros Testemunho, Pediplanos com Domínio de Colinas, Planaltos, Vales Dissecados.

Florenzano (2008) define as Chapadas como um planalto com topografia tabular, as formas de relevo que caracterizam as chapadas são os topos planos em rochas sedimentares, trata-se de um acamamento estratificado que em determinados pontos estão na mesma cota de superfície de erosão. Essas formas são encontradas em extensos planaltos, com altimetria que variam entre 220 a 600 metros, por vezes até mais, como no Parecis, em sua totalidade, as chapadas apresentam baixo grau de dissecação e com vegetação de cerrado.

Pediplanos com Domínio de Colinas são áreas de aplainamentos que se caracterizam por apresentar capeamentos sedimentares. Os Pediplanos se desenvolvem por processos erosivos com regressão de escarpas com expansão de áreas planas que apresentam fino capeamento de material fragmentado e rocha nua, frente de leques aluviais com ampliação constante até restarem derradeiros morros testemunho nas zonas mais elevadas na superfície de aplainamento e a presença de formas de relevo residuais (Bigarella; Mousinho; Silva, 2016).

Os planaltos (Guerra, 1993; Guerra; Guerra, 2008), são superfícies onduladas, que estão localizadas em altitudes elevadas em relação às morfologias próximas. Geralmente essa formação se assemelha com os tabuleiros, entretanto não terminam de formas abruptas em suas extremidades, mas de maneira mais suavizada (IBGE, 2009).

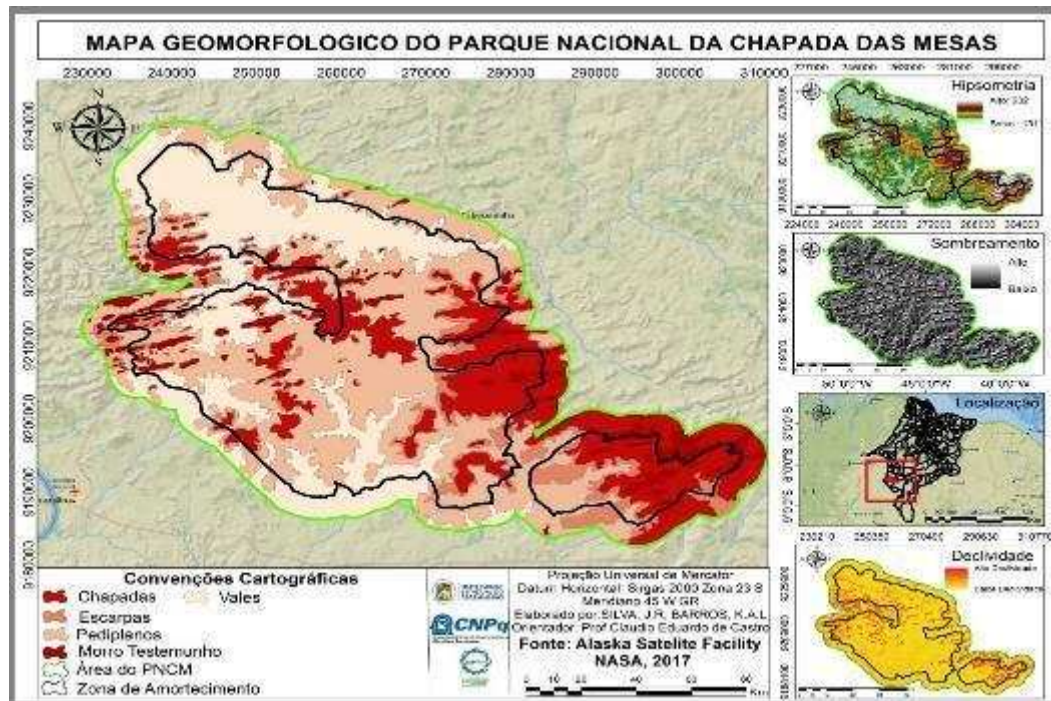
Morros testemunho são formações rochosas com presença de morros residuais onde houve colaboração da erosão eólica ou elevação topográfica que se destaca isoladamente em uma superfície de aplainamento como um relevo isolado. Caracterizam-se pelas escarpas, como o topo tabular no que tange as mesas e mesetas e bordas estruturais com alta declividade em suas vertentes e alto índice de vulnerabilidade.



**Figura 4 - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Tocantins/Araguaia no Maranhão**  
 Fonte: ..., 2024

As Superfícies Aplainadas têm como características serem áreas com relevo suavemente ondulado com declividade de 0° a 5°, com formas residuais de até 10 metros. Os Baixos Platôs- têm características clinográficas semelhantes às superfícies aplainadas, mas com amplitude que chegam a 50 metros.

Vales Dissecados são formas geomorfológicas que apresentam média densidade de drenagem e uma dissecação intensa, e podem assim comportar vales de profundidades variadas. As Planícies fluviais são áreas cortadas pelos cursos dos rios que se formaram pela ação natural, essas áreas foram erodidas tanto pela atuação dos rios como pela pluviosidade. As bases dessas áreas são planas constituídas por materiais não consolidados erodidos das bordas estruturais.



**Figura 5 – Geomorfologia do PNCM**

Fonte: ..., 2024.

Os Degraus Estruturais Erosivos apresentam uma inclinação considerável que pode chegar a 25° com marcas altimétricas de até 200 metros. Enquanto as Escarpas possuem uma inclinação de até 45° e na área de estudo está presente principalmente nos morros testemunho e nas mesas e mesetas.

No que trata os aspectos de declividade (Figuras 6 e 7), a imagem de radar do satélite Alos Palsar de 12,5 metros, aponta que existem declividades de 0° a 70,8° na área de estudos. A esculturação geomorfológica no da Bacia aplainou as Formações expondo a Sambaíba, que representa a base das altimetrias mais baixas. Ela é que se apresenta exposta nos paredões areníticos residuais do processo de dissecação-pediplanação, nas porções mais inclinadas.

Outro mapeamento realizado foi o de localização das cavidades, entre essas cavernas espacializadas estão inclusas as cavernas da base do Centro Nacional de Cavidades-CECAV e da Sociedade Brasileira de Espeleologia-SBE e do banco de dados do GEUC-UEMA (Figura 07), que foram prospectadas e cadastradas, mas ainda não foram cadastradas tanto na SBE como no CECAV. Vale citar que essas cavernas foram prospectadas em trabalhos anteriores de iniciação científica na mesma região e por esta pesquisa, e que após a elaboração do mapa de índice de ocorrência de cavidades, será feita revalidação da localização e dimensão dessas cavidades, além da prospecção de novas cavidades seguindo o mapa índice para comprovação da metodologia em campo.

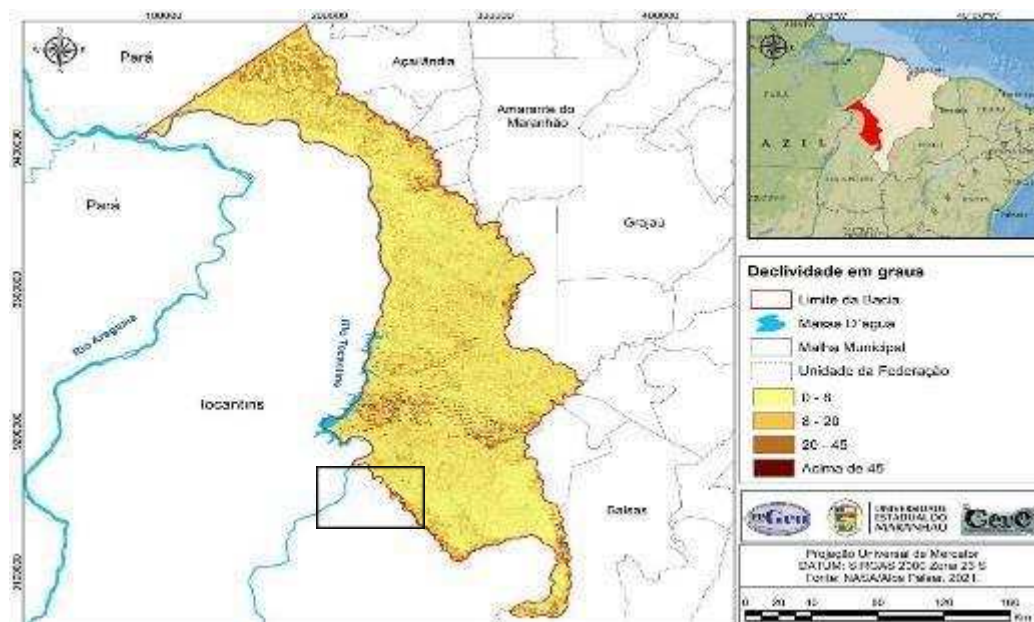


Figura 6 - Mapa de Declividade em Graus do Tocantins/Araguaia no Maranhão.

Fonte: ..., 2024.

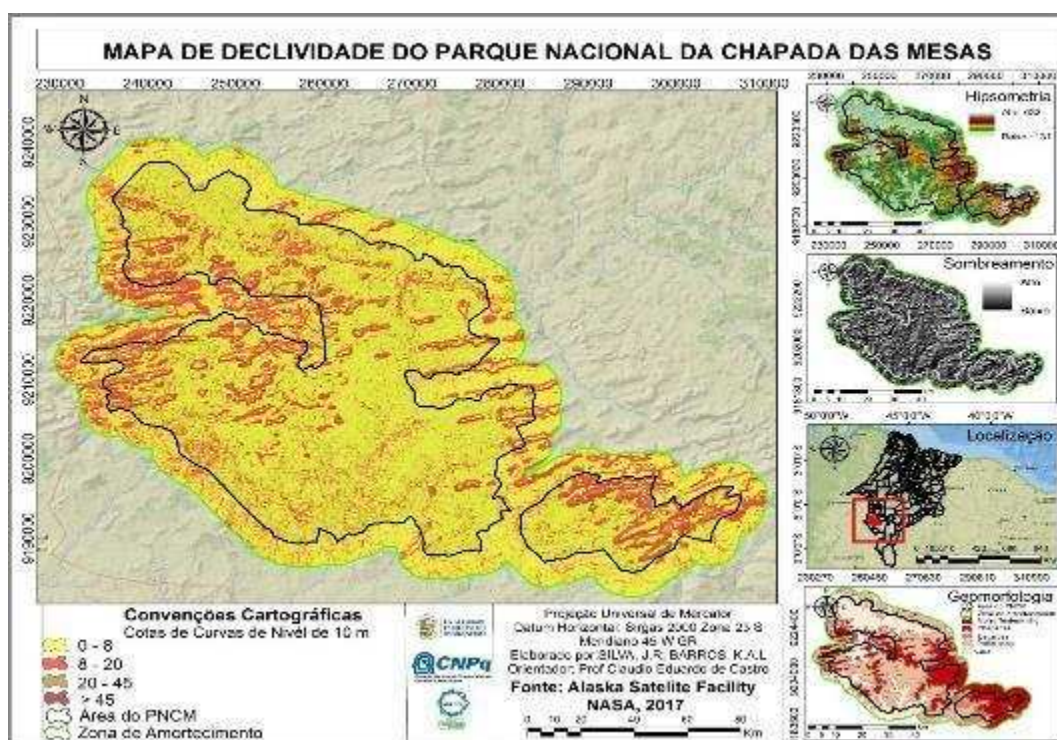


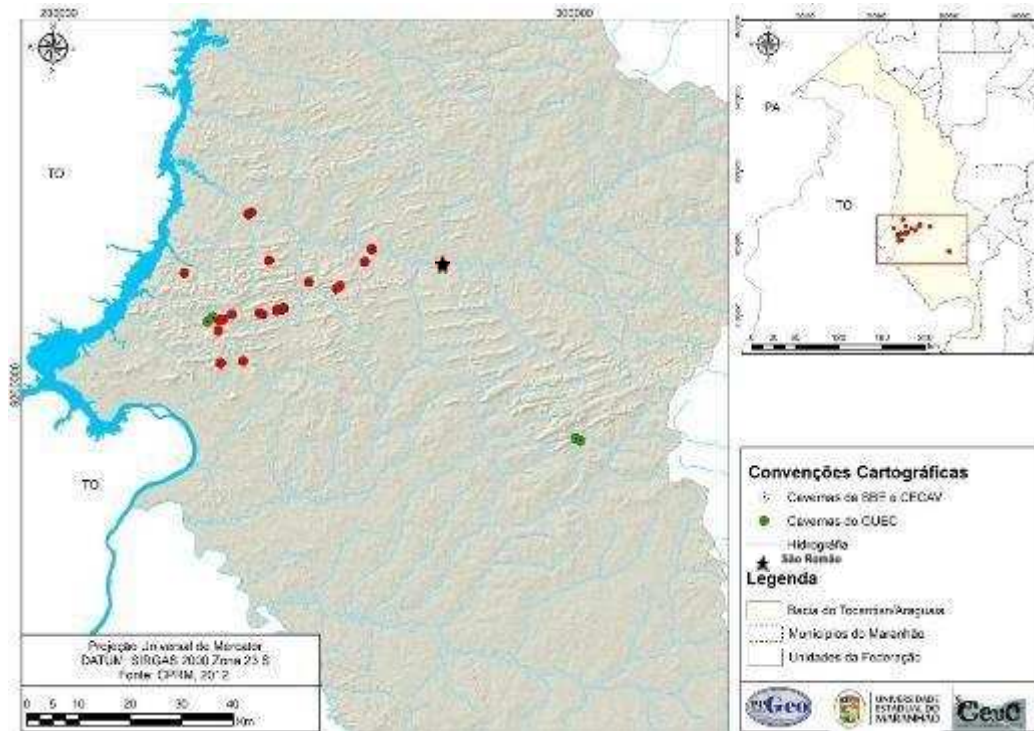
Figura 7 - Mapa de Declividade do PNCM

Fonte: ..., 2024.

As cavernas existentes na área e entorno do PNCM distribuem-se como se vê no mapa da figura 8, delas, há 3 locais às margens do rio Farinha com ocorrências significativas, no sentido

Leste-Oeste. Um fato importante e singular observado relaciona-se à cachoeira São Romão, na qual há uma espeleogênese distinta da generalidade encontrada comumente nasavernas existentes.

**Figura 8 – Cavernas cadastradas na área e entorno do PNCM**



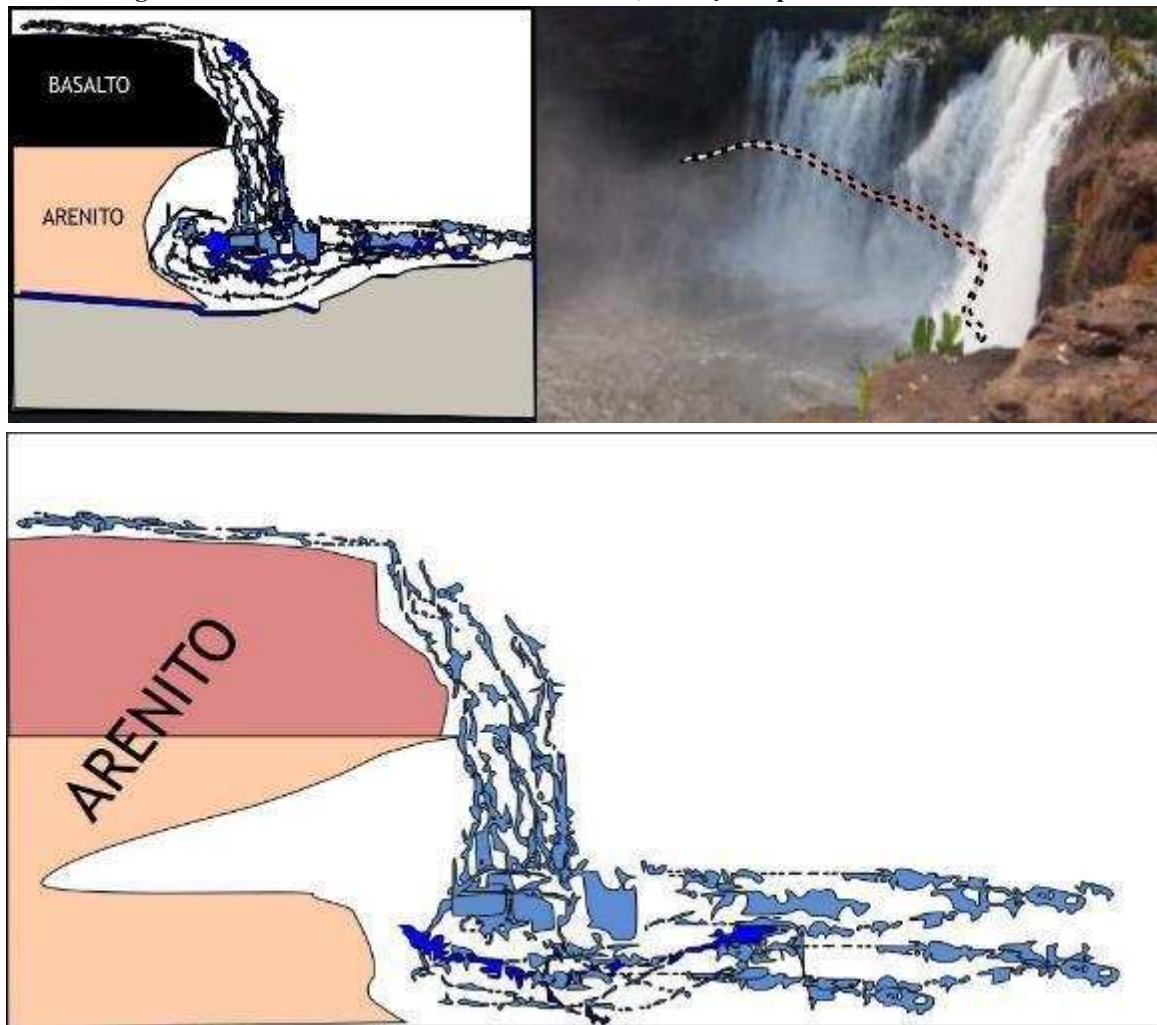
Fonte: CECAV (2022); SBE (2022); GEUC (2022)

A distinção atribuída às duas cavernas sob a cachoeira se dá prioritariamente pelo aspecto de suas gêneses. A formação de uma cachoeira em alguns casos, ocorre por erosão regressiva que é regida por um degrau do perfil longitudinal no curso do rio, advindo de falhas, dobras, erosão diferencial, diques vulcânicos e mesmo por diferenciação de dureza da própria geologia e que concorrem em tempo geológico rápido para a formação de corredeiras e alargamento da vertente (Guerra, 1993). Um fato diferenciador, neste caso, se dá a partir da erosão de base regressiva, que geralmente forma o que se convencionou chamar de ‘canhão’, um prolongamento erosivo à montante na base da cachoeira (Leinz; Amaral, 1989), a figura 9 mostra a ilustração de um canhão, o qual ocorre geralmente quando há geologia resistente à abrasão sobreposta a outra menos resistente, no exemplo Basalto e Arenito. Na mesma figura vê-se uma imagem da cachoeira São Romão, no rio Farinha, na qual foi traçado a linha da altura do patamar do ‘canhão’ presente.

No caso da cachoeira São Romão, a rocha encaixante é o arenito Sambaíba em todo o perfil, que concorreu para a formação do salto pela fratura da rocha e diferença da dureza dos perfis, mais duro sob o leito do rio acima da queda. A erodibilidade de base formou o canhão que ora abriga as cavernas (a imagem acima à esquerda baseada em Leinz, Amaral, 1989), mas a maior fragilidade do

arenito possibilitou não só o recuo como também o aprofundamento da base (imagem abaixo), proporcionando a elevação do outrora canhão ao patamar atual (foto).

**Figura 9 – Caverna sob a cachoeira São Romão, evolução a partir do canhão de base.**



Fonte: Elaborado a partir de Leinz e Amaral, 1989 e observação direta a campo; imagem de pesquisa.

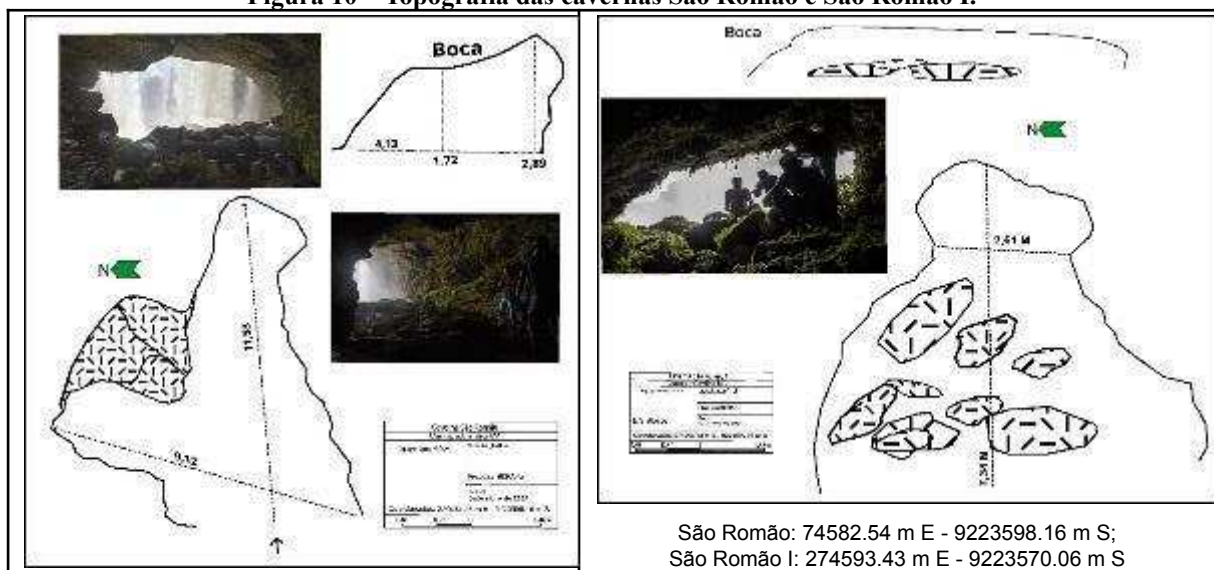
As medições aferidas nas visitas revelaram que a caverna São Romão é resultado do recuo do canhão, mas que apresenta-se ativa epeleogeneticamente pela existência de drenagem interna no arenito, desde a parte final da cavidade, mas que muito próxima, em distância direta de apenas 30 metros, uma caverna formou-se pelo mesmo processo, com dimensões bem mais modestas tanto em profundidade como em altura, porém exclusiva e independentemente do processo observado na outra. Nesta a espeleogênese possivelmente se deu pela erosão hídrica interna, advinda da parte superior da cachoeira, o mesmo processo atuante na outra, mas exclusivo geneticamente, sem qualquer indicação de erosão pelo canhão outrora atuante. Por esse motivo, apesar de o acesso a ambas se dar pelo patamar limitado no alto pela rocha que suporta o salto das águas, considerou esta como uma caverna



independente, não um salão da primeira, denominando-a de São Romão I. As topografias das cavernas estão na figura 10.

A visita à área atrás da cortina de água da cachoeira apresenta uma beleza pouco comum em ambientes naturais, haja vista a presença das cavernas que possibilitam se ter distanciamento da queda d'água, proporcionando visualização completa sem riscos de se cair na borda do patamar ou excesso de água que dificulta a visualização. Nesse sentido convém se pensar na possibilidade de inclusão no uso público do parque.

**Figura 10 – Topografia das cavernas São Romão e São Romão I.**



Fonte: ..., 2024.

A área da cachoeira São Romão está na zona de Infraestrutura do PNCM (ICMBio, 2019), criada para abarcar três pontos atrativos para o ecoturismo, além da cachoeira de São Romão, a da Prata, à oeste e o morro das Figuras. Nessa zona é tolerado alto grau de intervenção no ambiente, visando criar infraestruturas em pequenas áreas que garantam a visitação e a administração do parque, buscando minimizar o impacto dessas atividades sobre o ambiente natural e cultural da UC. Portanto a inserção da visitação à área interior à cortina da cachoeira, em maior ou menor tempo, deverá ser um atrativo implantado na visitação, a depender da política de administração do parque, mas, dependendo da segurança ao visitante e ao ambiente.

No que se refere ao uso público de elementos naturais do PNCM o Plano de Manejo-PM indica que é necessário “Estudo da intensidade e dos impactos de uso inadequados da visitação” e que o uso público deve ser planejado “[...] incluindo [o]ordenamento da visitação (proteção e interpretação), capacidade de carga/números balizadores da visitação (NBV)” (ICMBio, 2019, p. 18-20), mas não faz qualquer referência quanto à visitação *in situ* da parte interna da cortina de água

cachoeira. Por não haver indicação de manejo ou qualificação das infraestruturas no PM, é de vital importância que esforços sejam dispendidos no sentido de se construir um projeto de uso que integre as infraestruturas de visitação e as cargas possíveis de uso, dada a carência de pesquisas para essa área<sup>2</sup>.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução da cachoeira São Romão proporcionou a formação de um canhão de base regressiva que pelo acelerado processo erosivo da água no arenito da Formação Sambaíba aprofundou a base, bem como regrediu a cachoeira, mas mantendo parte do canhão, este que atualmente eleva-se acima da base, em um patamar. Esses fatores constituem significativa individualidade nos aspectos geológicos, geomorfológicos e paisagísticos ao conjunto cachoeira-cortina d'água-cavernas.

Os processos de infiltração nas fraturas do arenito, à montante da cachoeira, contribuem significativamente com fluxo hídrico que alarga os espaços, desloca blocos, aprofunda a galeria do que outrora fora o canhão de base erosiva regressiva da cachoeira, constituindo duas cavernas cujas gêneses remontam ao canhão, caverna São Romão e autogênese, São Romão I, ambas espeleogeneticamente ativas.

A singularidade espeleogenética bem como a paisagem e situação de visitação atrás do lençol d'água da cachoeira deve ainda ser considerado para o uso público, pela situação dentro do PNCM, já em área estabelecida para uso público que permite infraestruturas nesse sentido, ao que se recomenda estudo específico quanto à fauna e impactos de visitação, merecendo aplicar-se metodologias de capacidade de carga adequada.

## Referências

BARROS, J. S.; OLIVEIRA FILHO, J. M. de; FREITAS, L. C. B.. **Geoparques do Brasil Geoparque Vale das Águas - MARANHÃO – proposta**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2019.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, Perdimentos e seus Depósitos Correlativos no Brasil. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, v. 6, n.2, p. 165-196, 2016.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol.** Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

CASTRO, C. E. de; MORAIS, A. R. C.; PINHEIRO, E.A.L.; MARQUES, M. C. Patrimônio Histórico-Cultural de Tasso Fragoso-MA, potencialidade e alternativa geoturística/ Historical-Cultural heritage of Tasso Fragoso-MA, potentiality and geoturistic alternative. **Brazilian Journal of Development**. v.7, p.55692 - 55703, 2021.

---

<sup>2</sup> Há um estudo de carga, de Muniz e Castro ,para a RPPN Mansinha, na área de entorno do PNCM de 2018, não se encontrou outros estudos para essa área.

CASTRO, C. E. de; MACIEL, E. L. ; SILVA, J. R. ; BARROS, K. A. L. . Subsídios Espeleológicos aos Territórios do Parque Nacional Das Chapadas Das Mesas, Maranhão. **Revista CIÊNCIA GEOGRÁFICA**, v. XXIV, p. 1129-1150, 2020.

\_\_\_\_\_. Considerações Sobre a Gênese de Cavernas Areníticas no Sul do Maranhão In: 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia, 2019, Bonito-MS. **ANAIS 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Campinas: SBE, 2019. v.1. p.132 - 137

CRUZ, J. B.; PILÓ, L. B. [org]. ICMBio-Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: ICMBio, 2019.

DEMATTEIS, G. **Manual de la espeleologia**. Barcelona: Editorial Labor, 1975.

FLORENZANO. T. G. **Geomorfologia Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo 2008.

FREITAS, E. P.; DE MORAES, J. F.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000400013>>

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 6.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T.. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6. ed. [Rio de Janeiro]: Bertrand Brasil, 2008.

HARDT. R. Da carstificação dos arenitos. **A aproximação com o suporte de Geotecnologias**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed Rio de Janeiro: Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed Rio de Janeiro: Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais, 1995.

ICMBio-INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Plano de Manejo** – Parque Nacional da Chapada das Mesas-MA. Brasília, 2019.

ICMBio/CECAV. **III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. Brasília: ICMBio/CECAV, 2011.

JAMES, M. J; SANTOS JUNIOR, A. E. A; COSTA, J. S. **Aspectos estratigráficos e análise de minerais pesados das Formações Ipixuna, Barreiras e Pós-Barreiras**, entre as cidades de Jacundá e Goianésia do Pará, Sub-bacia de Mocajuba, sudeste do Estado do Pará. UNESP, **Geociências**. São Paulo, 2018.

KLEIN, E. L. (coord.). **Mapeamento geológico do Estado do Maranhão**. [S. l]: Serviço Geológico do Brasil, 2017. 1 mapa, color. Escala 1:750.000.

KLIMCHOUK, B. A.; FORD, D. C. Types os karst and Evolution of Hydrogeologic. **National Speleological Socyty**, [S. l.], 2000.

LEINZ, V.; AMARAL, S. **Geologia Geral**. 11 ed. São Paulo: Companhia Nacional, 1989.

MUNIZ, G. P. S. ; CASTRO, Claudio Eduardo . O Limite aceitável de Câmbio como subsídeo ao planejamento ecoturístico: o caso da RPPN Mansinha. In: Claudio Eduardo de Castro; Giovanni de Faris Seabra; Luiz Carlos Araújo Santos. (Org.). **Geografia: trabalho, sociedade e meio ambiente**. 1ed. São Luís: EDUEMA, 2018, v. 1, p. 154-171.

PAZ, S. P. A.; ANGÉLICA, R. S.; NEVES, R.; NEUMANN, R.; COSTA, G. M. **Ocorrência de uma nova bentonita brasileira nos basaltos intemperizados da formação Mosquito**, bacia do Parnaíba, sul do Maranhão. *Cerâmica*, São Paulo, v. 57, n. 344, p. 444-452, 2011.


RAMOS, M. I. F.; ROSSETTI, D. de F.; PAZ, J. D. S. Caracterização e significado paleoambiental da fauna de ostracodes da Formação Codó (neoptiano), leste da bacia de Grajaú, MA, Brasil. **Rev. bras. paleontol.** 9(3):339-348, Setembro/Dezembro, 2006.

ROSSETTI, D.F. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (eds). **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi (Coleção Friedrich Katzer), p. 31-46, 2001.

SOUZA, P. A; MATZEMBACHER, L. T; ABELHA, M; BORGHI, L. Palinologia da Formação Piauí, pensilvaniano da Bacia do Parnaíba: biocronoestratigrafia de intervalo selecionado do poço 1-un-09-pi (Caxias, Ma, Brasil). **Rev. bras. paleontol.** 13(1):57-66, Janeiro/Abril, 2010.

TOCANTINS. **Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio**. Zoneamento Ecológico-Econômico. Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente (Seplan). Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Carolina. Geologia da Folha SB.23-Y-C. Estado do Tocantins. Escala 1:250.000. Org. por Ricardo Ribeiro Dias. 2.ed. Palmas, Seplan/DZE, 2004.

## SOBRE O AUTOR

**Claudio Eduardo de Castro**  - Possui graduação em Geografia Licenciatura Plena pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Sorocaba (1988), mestrado em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina (2004) e doutorado em Geografia pela Unesp-PP. Atualmente é professor titular da Universidade Estadual do Maranhão, na qual ocupa a Coordenação de Pesquisa. Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão e manejo de Unidades de Conservação; Educação; Desenvolvimento e Meio Ambiente; Ambientes Cársticos.

E-mail: claudiocastro092014@gmail.com

Data de submissão: 25 de setembro de 2024

Aceito para publicação: 02 de dezembro de 2024

Data de publicação: 23 de fevereiro de 2025