CARTOGRAFIA E CADASTRAMENTO DE CAVERNAS

Slatter Jhunior Cardozo Rodrigues[1]

Cláudio Eduardo de Castro[2]

INTRODUÇÃO

O estudo das cavernas constitui um campo estratégico para a compreensão da evolução da paisagem, da dinâmica hídrica subterrânea e da conservação do patrimônio geológico. Em território brasileiro, a diversidade de cavidades naturais já cadastradas revela a amplitude desse acervo e, ao mesmo tempo, evidencia a persistência de extensas lacunas de conhecimento, sobretudo em áreas menos investigadas fora dos grandes polos cársticos. A literatura especializada destaca que as cavernas podem registrar processos geomorfológicos, paleoambientais, hidrológicos e biológicos de alta relevância científica, o que lhes confere valor patrimonial e demanda políticas específicas de proteção e monitoramento (Lino, 1989; Auler; Smart, 2002; Brasil, 2022).

No Maranhão, essa discussão assume importância particular porque a ocorrência de cavidades em rochas siliciclásticas ainda é menos conhecida do que em terrenos carbonáticos, embora tais ambientes revelem potencial significativo para a leitura de controles estruturais, da porosidade arenítica e da atuação combinada do intemperismo físico e químico. Em escala estadual, o número de cavidades oficialmente registradas ainda é reduzido quando comparado ao potencial do território, o que indica a necessidade de estudos locais capazes de ampliar o inventário espeleológico e qualificar tecnicamente as ocorrências já identificadas. Nesse contexto, investigar cavernas em arenito no Maranhão significa não apenas ampliar o conhecimento científico regional, mas também oferecer subsídios concretos para conservação e gestão ambiental.

A Bacia do Parnaíba, na qual se inserem os recortes analisados, apresenta longa história geológica e diversidade estratigráfica, reunindo unidades sedimentares importantes para a interpretação da evolução do Nordeste setentrional (Plummer, 1948; Aguiar, 1971; Goés; Feijó, 1994). Entre essas unidades, destacam-se, para este estudo, os arenitos da Formação Itapecuru, em Presidente Dutra, e os arenitos da Formação Sambaíba, em Fortaleza dos Nogueiras. Em ambos os casos, a litologia siliciclástica, a presença de fraturas, a estratificação e as condições locais de circulação hídrica condicionaram o surgimento de cavidades de pequena a média expressão, mas de elevado interesse científico pela raridade e pelo potencial interpretativo.

Além do valor geomorfológico, as cavernas analisadas possuem relevância patrimonial, hidrogeológica e ecológica. O Decreto n.º 10.935/2022 consolidou critérios normativos de proteção para cavernas naturais subterrâneas, reforçando a necessidade de documentação, valoração e gestão desses ambientes em escala nacional (Brasil, 2022). Em paralelo, a ampliação dos bancos de dados oficiais e associativos voltados ao cadastro de cavernas evidencia a importância de estudos regionais capazes de transformar ocorrências pontuais em

informação espacializada e aplicável à gestão do território (CECAV, 2025). Por tratar-se do Maranhão, essa agenda é ainda mais necessária por se tratar de um patrimônio geocientífico pouco conhecido e vulnerável.

A pesquisa que fundamenta este artigo derivou de um relatório técnico mais amplo sobre cartografia e cadastramento de cavernas, posteriormente reelaborado para o formato de

1 Discente em Geografia Licenciatura da Universidade Estadual do Maranhão. Bolsista PIBIC/UEMA. E-mail: slatterjhunior@gmail.com

2 Doutor em Geografia; Docente do Departamento de Geografia da Universidade estadual do Maranhão. Orientador. E-mail: clanaros@yahoo.com.br

artigo científico. O problema central que a orienta pode ser formulado da seguinte maneira: de que modo a cartografia e a caracterização morfoestrutural de cavidades em arenito podem contribuir para a compreensão da espeleogênese e para a valorização do patrimônio espeleológico no Maranhão? A hipótese adotada é que, mesmo em cavidades de pequena dimensão, a análise integrada entre geologia, relevo, drenagem e forma interna permite reconhecer processos distintos de gênese e evolução, relevantes tanto para a ciência quanto para a conservação.

Diante dessa problemática, o objetivo geral deste trabalho consistiu em elaborar o mapeamento digital com foco no alto curso do rio Itapecuru, além de produzir plantas espeleológicas detalhadas a partir do tratamento de arquivos escaneados das cavidades prospectadas. Para o alcance desse propósito, definiram-se os seguintes objetivos específicos: a) dominar as técnicas de geoprocessamento aplicadas à geração de mapas temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia e declividade; b) executar a produção de mapas espeleológicos por meio da vetorização de cartas topográficas físicas e; c) realizar o cadastramento sistemático das cavernas, integrando todos os levantamentos realizados durante a pesquisa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa adotou abordagem mista, articulando levantamento bibliográfico, análise cartográfica, trabalho de campo e sistematização interpretativa em gabinete. O levantamento bibliográfico concentrou-se em obras de referência sobre espeleologia, geologia regional da Bacia do Parnaíba, legislação espeleológica e caracterização geomorfológica do Maranhão (Plummer, 1948; Goés; Feijó, 1994; Lino, 1989; Feitosa, 2006; Brasil, 2022). Também foram consultadas bases institucionais e cartográficas para suporte à delimitação do recorte espacial e à contextualização físico-territorial, com destaque para produtos do IBGE e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2024; IBGE, 2023; IBGE, 2024). Os autores referenciados e seus anos de publicação estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação de Autores Consultados

AUTOR	ANO DA PUBLICAÇÃO	AUTOR	ANO DA PUBLICAÇÃO
ANA	2024	Goés, A. M. O *et al.*	1994
Aguiar, G. A. De.	1971	IBGE	2024
Auler, A. S *et al.*	2002	Leite, J. F *et al.*	1975
BRASIL	2022	Lino, *et al.*	1989
Brito Neves, B. B.	1998	Plummer, F. B.	1948
CECAV	2025	CPRM	2011

Fonte: Autor, 2024

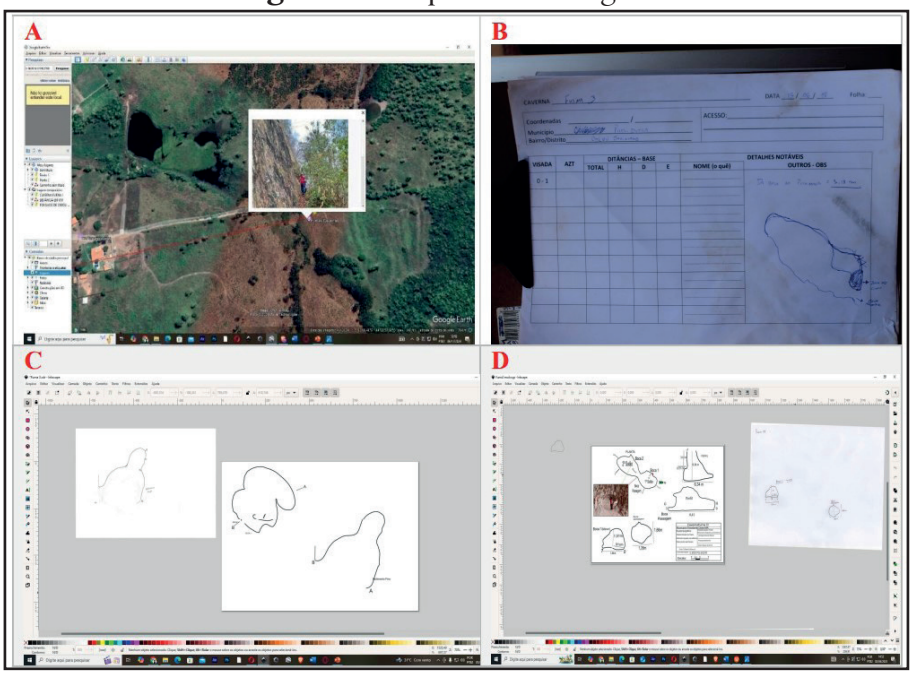
A elaboração da cartografia temática foi desenvolvida em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, especialmente por meio do software QGIS 3.38.1. Foram utilizados dados de uso e cobertura da terra, hidrografia e bases municipais disponibilizados por órgãos oficiais, em escalas compatíveis com a análise regional. Os dados, originalmente em WGS 84, foram reprojetados para o sistema SIRGAS 2000, zona 23 Sul, a fim de garantir padronização espacial. Para a finalização gráfica de croquis e mapas espeleológicos, utilizou-se também o Inkscape 2024, sobretudo na etapa de tratamento visual e organização das peças cartográficas.

Para a elaboração dos mapas topográficos das cavernas, seguiram-se as seguintes etapas destacadas na (Figura 1):

1. Visualização da área: Primeiramente foram usados os programas Google Earth Pro e o Google Maps para visualização das coordenadas e imagens de satélite do município conforme a (Figura 1-A).

2. Esboço manual: Os dados coletados em campo foram transferidos para folhas de papel, onde foram desenhados os primeiros esboços topográficos das cavernas na ficha topográfica de campo, com todas as informações identificadas como: as coordenadas, latitude e longitude, o nome da caverna, a descrição da localidade, o acesso a elas, o perfil topográfico, a planta das cavernas, a distância de base, a inclinação, o mergulho em graus do arenito, a descrição de fauna e flora presente conforme mostra a (Figura 1-B). essas informações geraram um mapa com confeccionado com material de desenho técnico, em escala grande.
3. Digitalização, vetorização e edição: Os mapas foram escaneados e importados para o software Inkscape, onde foram refinados e detalhados. No Inkscape, os mapas foram ajustados com base em medidas precisas e padronização cartográfica conforme mostra a (Figura 1-C).
4. Finalização: As topografias foram concluídas e formatados para fins de documentação e estudo acadêmico, garantindo a representação detalhada das cavernas conforme mostra a (Figura 1-D).

Figura 1 – Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado a partir de dados vetorizados do Inkscape (2024), por Rodrigues (2025)

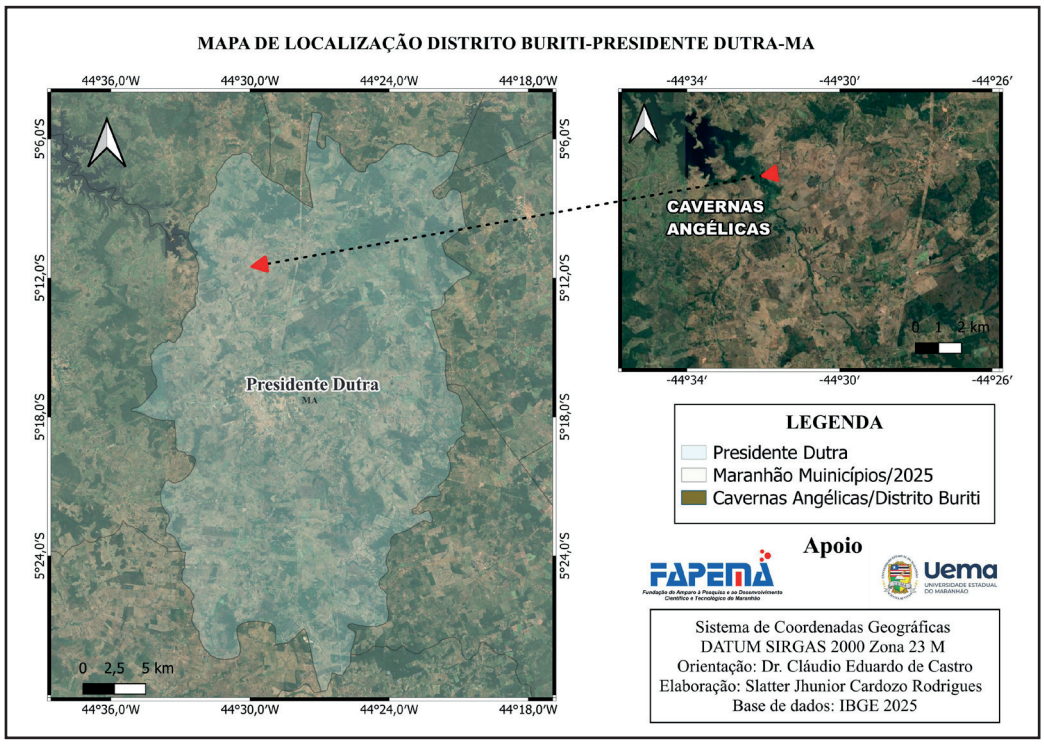
A pesquisa foi constituída por quatro cavidades naturais: Angélica I, Angélica II, Grota Pintada e Afluente Grota Pintada. O trabalho de campo concentrou-se no reconhecimento das entradas, no registro fotográfico, na observação morfológica, em medições básicas de dimensão interna e na descrição das feições geológicas e sedimentares visíveis. Esses levantamentos permitiram identificar formas de desenvolvimento predominantes, inclinações, dimensões de galerias, alturas de entrada, presença de blocos abatidos, marcas de dissolução, fraturas condicionantes e relações entre a cavidade e a drenagem local.

Para as análises, os dados foram organizados em três eixos complementares, (i) o primeiro considerou os controles geológicos e estruturais, incluindo litologia hospedeira, estratificação e fraturamento, (ii) privilegiou-se a morfologia das cavidades, distinguindo desenvolvimento horizontal, subvertical, pequenas galerias, salões e índices de alongamento, (iii) enfatizou-se o significado hidrogeológico e patrimonial das ocorrências, levando em conta evidências de circulação hídrica pretérita ou atual, potencial de recarga aquífera, uso pela fauna e adequação aos parâmetros de reconhecimento do patrimônio espeleológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo abrange dois recortes do Maranhão vinculados à alta e à média bacia do rio Itapecuru: o distrito de Buriti, no município de Presidente Dutra (Figura 2), e o município de Fortaleza dos Nogueiras. Esses espaços se inserem em contexto geomorfológico marcado por superfícies tabulares, formas residuais, dissecação variável do relevo e cobertura vegetal predominante do Cerrado, em ambiente tropical com sazonalidade pluviométrica bem definida (Feitosa, 2006; IBGE, 2024). Embora situados em compartimentos municipais distintos, os dois recortes compartilham a importância da drenagem regional e da circulação hídrica superficial e subsuperficial como fatores decisivos na organização da paisagem.

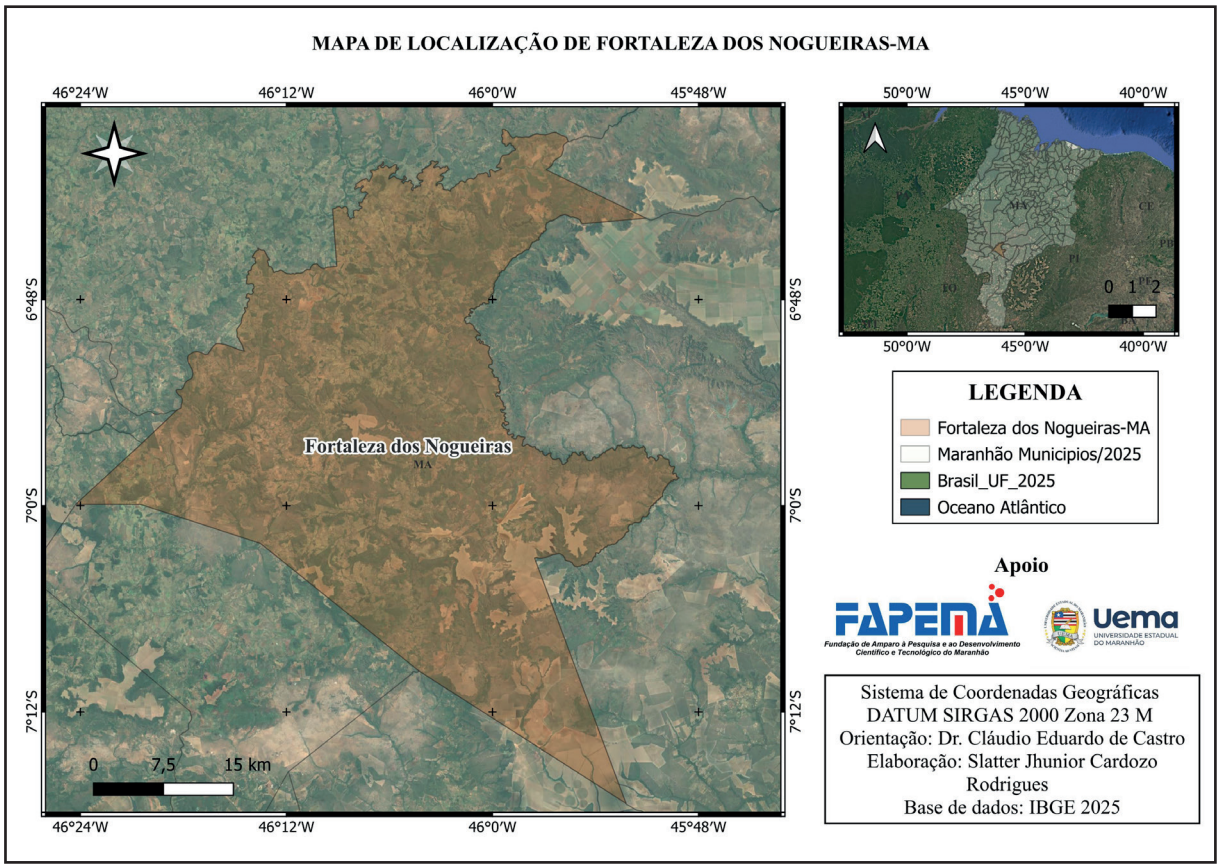
Figura 2 – Localização do Distrito Buriti, Presidente Dutra - MA



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

Em Presidente Dutra, as cavernas Angélica I e Angélica II localizam-se no distrito de Buriti e estão associadas aos arenitos da Formação Itapecuru. Em Fortaleza dos Nogueiras (Figura 3), as cavernas Grota Pintada e Afluente Grota Pintada inserem-se em arenitos da Formação Sambaíba, na alta bacia do rio Macapá. Essa diferenciação litoestratigráfica foi tratada como central para a interpretação comparativa dos processos de formação das cavidades, uma vez que a estrutura interna dos arenitos, o padrão de fraturamento e a relação com o escoamento hídrico variam entre os sítios estudados.

Figura 3 – Localização de Fortaleza dos Nogueiras – MA



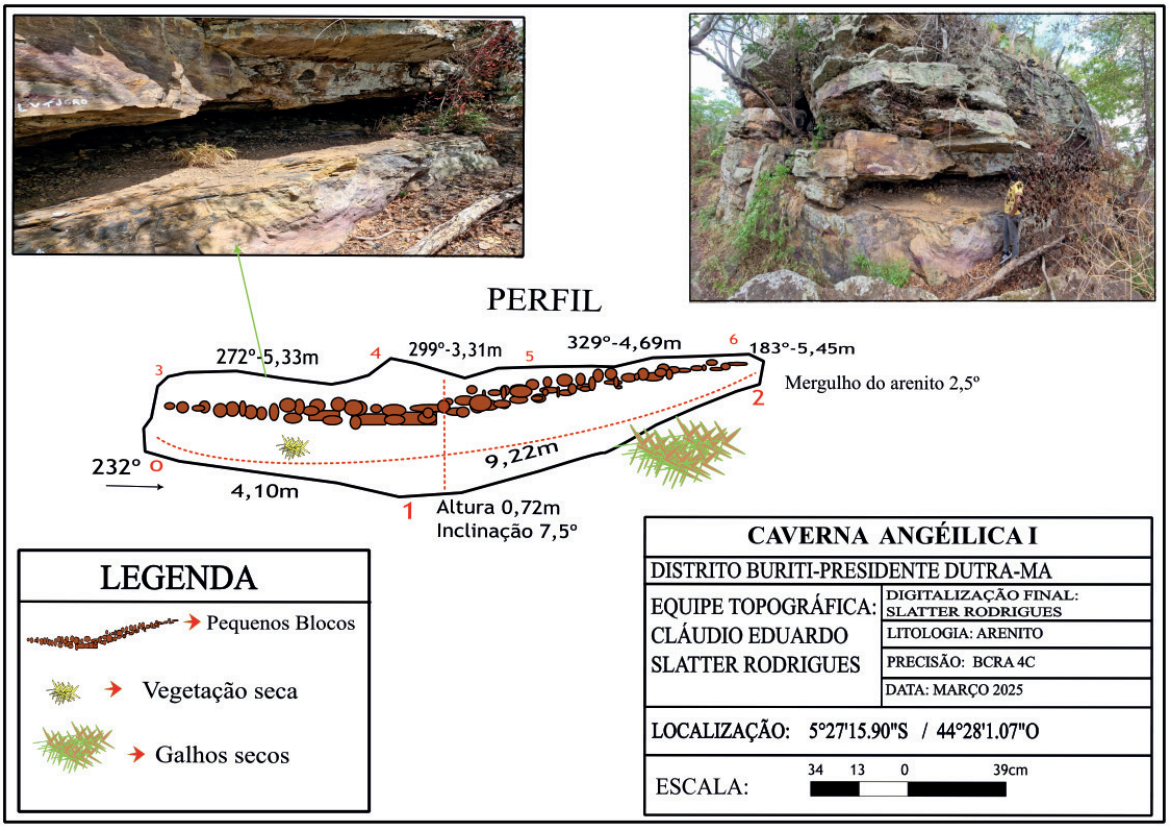
Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

Os resultados demonstram que as quatro cavidades analisadas, embora relativamente pequenas em dimensão, são expressivas do ponto de vista científico por registrarem mecanismos distintos de espeleogênese em rochas areníticas. Em vez de constituírem ocorrências homogêneas, elas revelam a combinação entre estrutura da rocha, posição topográfica, circulação de água e processos intempéricos, o que reforça a necessidade de abordagens locais e comparativas na análise do patrimônio espeleológico em arenitos.

No distrito de Buriti, em Presidente Dutra, a caverna Angélica I (Figura 4) apresenta desenvolvimento horizontal limitado, com 9,22 m de extensão total e altura máxima interna de 0,72 m. Trata-se de cavidade de baixa amplitude, marcada por estratificações plano-paralelas e cruzadas, além da presença de pequenos blocos de arenito dispersos no piso.

Essa configuração sugere processo evolutivo condicionado pela própria estrutura sedimentar da rocha, em que planos de fraqueza e descontinuidades internas favoreceram a abertura e a ampliação gradual do salão. Não se observa, nesse caso, uma cavidade de grandes dimensões, mas sim uma forma expressiva para indicar o papel da infiltração, do desplacamento e da desagregação diferencial na gênese local.

Figura 4 – Topografia da caverna Angélica I



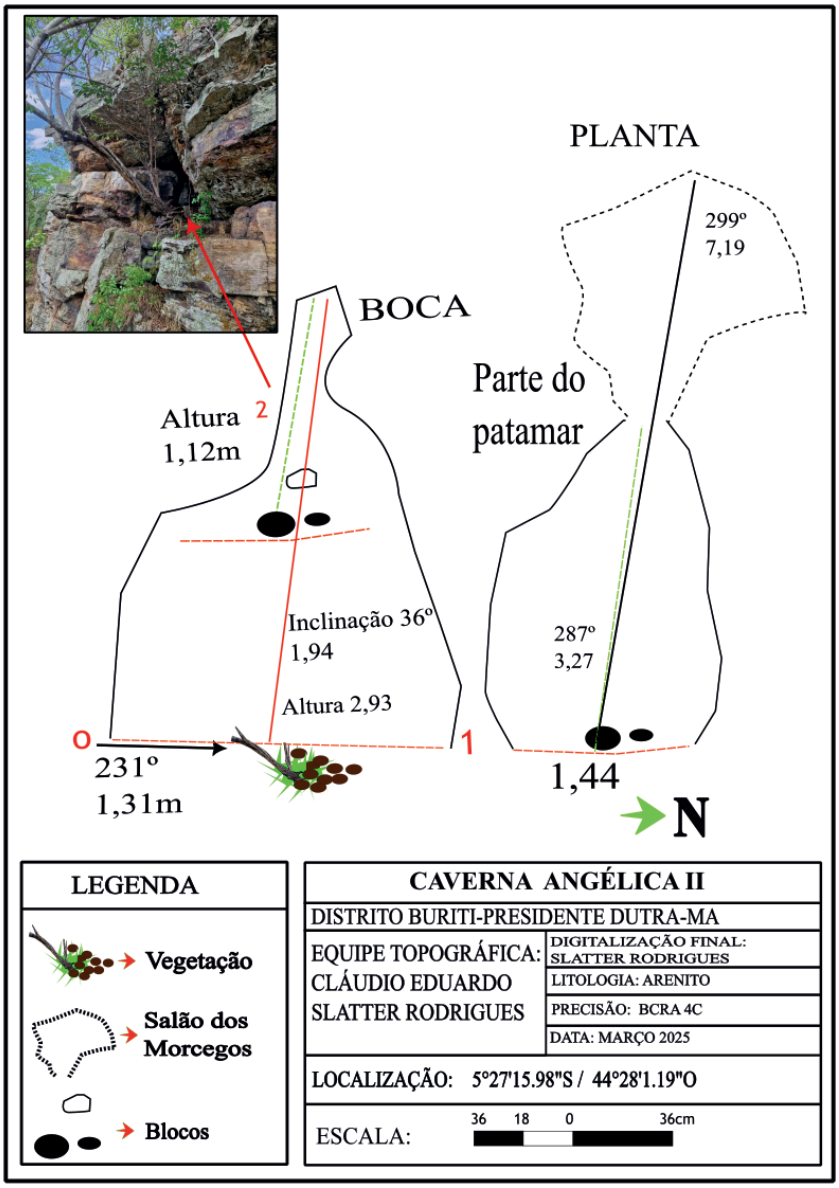
Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

A caverna Angélica II (Figura 5) evidencia organização morfológica mais complexa. O levantamento identificou duas galerias principais, com desenvolvimento de 3,27 m e 7,19 m, inclinação aproximada de 36° e alturas internas variando entre 1,12 m e 1,94 m. A entrada alcança 2,93 m de altura por 1,31 m de largura, o que lhe confere maior destaque visual e funcional em relação à Angélica I.

A feição mais marcante da cavidade é o chamado Salão dos Morcegos, ambiente que amplia o interesse ecológico do sítio ao servir de abrigo para fauna cavernícola. Ainda que a pesquisa tenha priorizado a caracterização geológica e cartográfica, esse uso biológico reforça o caráter multidimensional da caverna, cuja relevância não se esgota na forma física. Em termos genéticos, a Angélica II também sugere atuação combinada de intemperismo físico e químico, aproveitando fraturas e anisotropias da rocha, mas com maior capacidade de ampliação interna em relação à Angélica I.

As cavernas de Presidente Dutra revelam, assim, que a espeleogênese em arenitos da Formação Itapecuru pode produzir cavidades de modesta extensão linear, porém significativas para a leitura da organização estrutural do maciço e da dinâmica de abertura de pequenos vazios. Nesses casos, a morfologia predominantemente horizontal e a limitação dimensional não reduzem o valor científico das ocorrências; pelo contrário, permitem observar, em escala reduzida, mecanismos responsáveis pela evolução desses sistemas subterrâneos.

Figura 5 – Topografia da caverna Angélica II



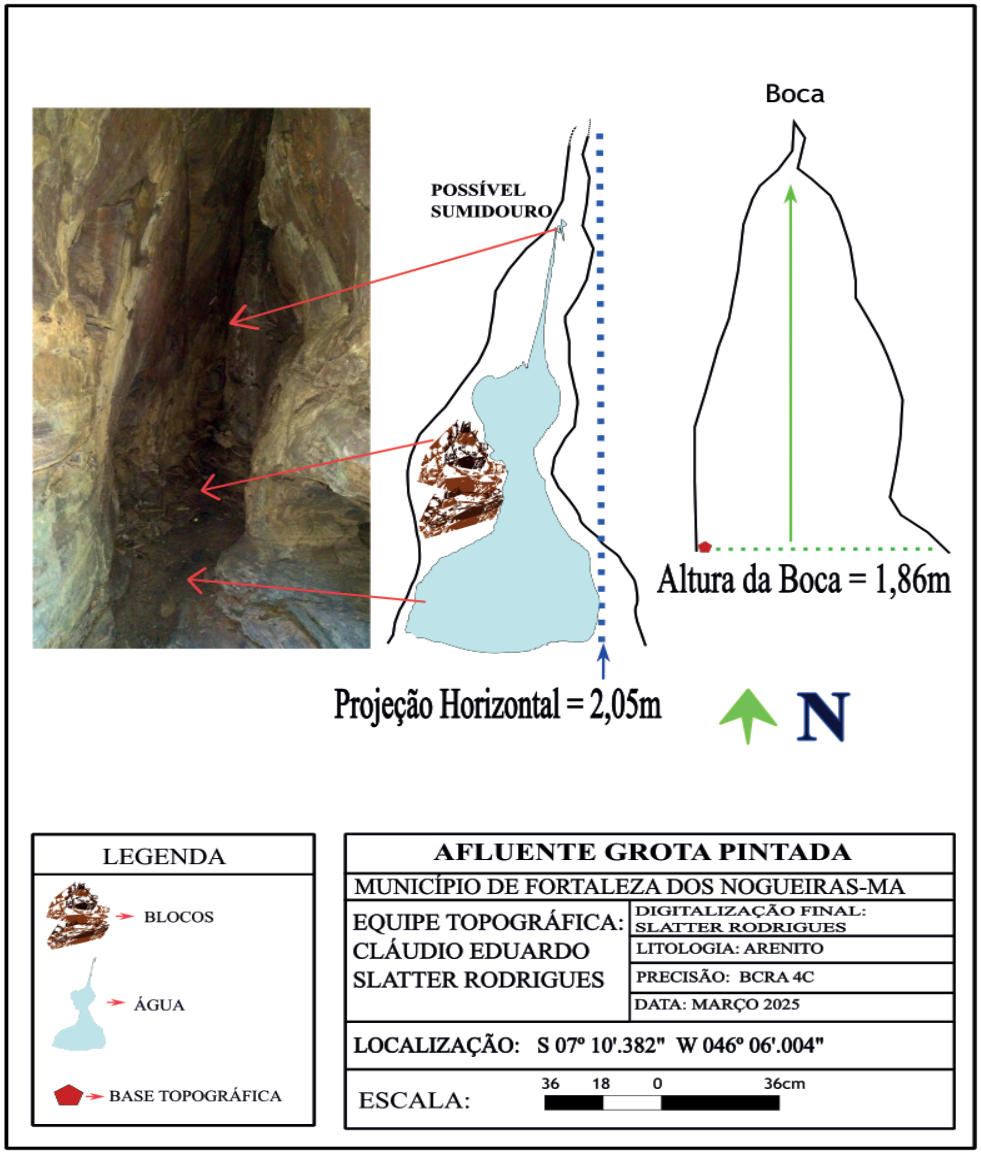
Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

Em Fortaleza dos Nogueiras, o conjunto analisado apresenta características distintas e demonstra influência mais evidente da água na definição das formas internas. A caverna Afluente Grota Pintada (Figura 6), desenvolvida em arenitos da Formação Sambaíba, possui morfologia subvertical e comportamento compatível com sumidouro ativo.

Sua entrada mede aproximadamente 1,86 m de altura por 2,05 m de largura, e a relação altura/largura em torno de 0,91 aponta para arranjo espacial controlado por fraturas verticais preexistentes. O dado mais relevante, entretanto, está em sua funcionalidade hidrogeológica: a cavidade atua como ponto de recarga do aquífero regional, canalizando a infiltração e estabelecendo ligação entre a drenagem superficial e o meio subterrâneo.

Esse aspecto desloca a análise da mera descrição morfológica para um nível funcional, pois demonstra que a caverna integra a dinâmica hídrica regional e deve ser considerada em estratégias de gestão ambiental e hídrica.

Figura 6 – Topografia da caverna Afluente da Grota Pintada



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

Já a caverna Grota Pintada (Figura 7) possui desenvolvimento horizontal e comprimento total de 4,53 m, com área aproximada de 12,8 m². A entrada registra 1,14 m de altura e 3,77 m de largura, e o relatório indica índice de desenvolvimento de 1,84. As observações de campo registraram passagens de contorno elíptico e circular, marcas de dissolução nas paredes e presença de blocos angulosos variando entre 0,5 m e 1,5 m.

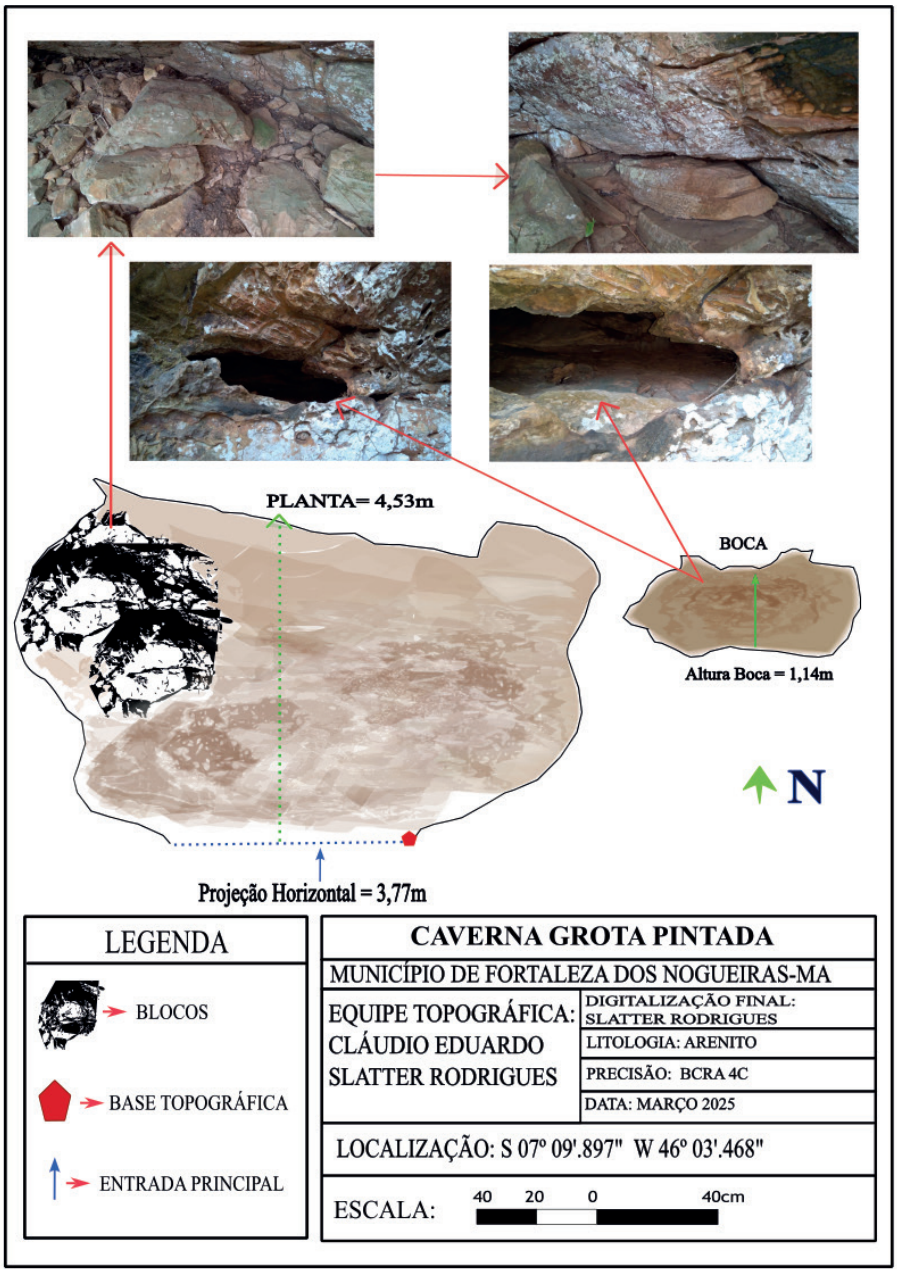
Em termos interpretativos, essa caverna foi relacionada a ambiente paleo-freático, isto é, a uma condição pretérita de circulação de água subterrânea em nível mais elevado do que o atual. Tal hipótese é coerente com a geometria do conduto e com os indícios de dissolução em camadas mais porosas do arenito, posteriormente expostas pelo rebaixamento do nível d'água.

A comparação entre as cavernas de Presidente Dutra e Fortaleza dos Nogueiras mostra que a litologia arenítica, por si só, não determina formas espeleológicas únicas. O desenvolvimento das cavidades depende da interação entre textura e porosidade da rocha, fraturamento, posição geomorfológica, disponibilidade hídrica e tempo de atuação dos processos.

Nas cavernas Angélicas, sobressaem formas menores, fortemente controladas por estratificação, fraturas e intemperismo diferencial. Em Grota Pintada e seu afluente, sobressai a importância da circulação hídrica, com uma cavidade associada a ambiente paleo-freático e outra vinculada à recarga atual. Essa distinção reforça a necessidade de abandonar leituras

generalistas sobre cavernas em arenito e reconhecer trajetórias morfogenéticas múltiplas no interior da Bacia do Parnaíba.

Figura 7 – topografia da caverna Grota Pintada



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

Outro resultado importante do estudo está na contribuição metodológica da cartografia temática e espeleológica. A integração entre dados de base institucional, observação de campo e representação digital em SIG permitiu não apenas localizar as cavidades, mas relacioná-las a relevo, drenagem, geologia e compartimentos ambientais.

Em regiões onde o patrimônio espeleológico ainda é pouco conhecido, a cartografia desempenha papel estratégico porque transforma informação dispersa em instrumento técnico para pesquisa, ensino, planejamento e conservação. Nesse sentido, a elaboração de croquis e mapas das cavidades não constitui etapa secundária, mas parte essencial da própria produção do conhecimento geográfico sobre esses ambientes.

Os resultados também dialogam com a discussão patrimonial. A legislação brasileira reconhece o caráter protegido das cavernas naturais subterrâneas e de seus conteúdos associados

(Brasil, 2022). No caso das cavidades analisadas, a importância científica decorre de três dimensões articuladas. A primeira é geomorfológica, pois as formas registram a atuação de processos de dissolução, fraturamento, abatimento e intemperismo em arenitos.

A segunda é hidrogeológica, especialmente em Fortaleza dos Nogueiras, onde o Afluente Grota Pintada atua como zona de recarga. A terceira é ecológica, exemplificada pela função de abrigo da Angélica II para quirópteros. Somadas, mostram que o valor das cavidades não reside apenas em sua metragem, mas na densidade de informações ambientais que concentram.

O estudo ainda sugere potencial mais amplo para pesquisas futuras. A presença de cavernas em duas formações areníticas distintas, em municípios separados, indica que o patrimônio espeleológico maranhense pode ser mais diverso do que o atualmente documentado. Há espaço, portanto, para aprofundar levantamentos em escala regional, incorporar análises hidrogeoquímicas, ampliar o monitoramento biológico e refinar a modelagem geomorfológica das áreas estudadas. Em termos aplicados, isso significa que o cadastramento espeleológico deve ser articulado a políticas de ordenamento territorial e conservação de recursos hídricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das cavernas Angélica I, Angélica II, Grota Pintada e Afluente Grota Pintada permite afirmar que a espeleogênese em arenitos nestas áreas do Maranhão resulta de controles múltiplos, nos quais se combinam estrutura sedimentar, fraturamento, circulação hídrica e intemperismo físico-químico. O estudo demonstrou que mesmo cavidades de pequena dimensão podem oferecer informações relevantes sobre a evolução da paisagem, o funcionamento hidrogeológico local e o patrimônio geocientífico regional.

Em Presidente Dutra, as cavidades da Formação Itapecuru evidenciam desenvolvimento horizontal limitado e forte condicionamento estrutural, enquanto em Fortaleza dos Nogueiras, na Formação Sambaíba, as feições analisadas ressaltam o papel da água subterrânea, seja na configuração paleo-freática da Grota Pintada, seja na função de recarga aquífera do afluente. Esses contrastes reforçam a importância da análise comparativa entre diferentes contextos areníticos no interior da Bacia do Parnaíba.

Por fim, a cartografia produzida e a sistematização dos dados de campo mostram que o cadastramento de cavernas deve ser compreendido como etapa fundamental de conhecimento e preservação. Recomenda-se a ampliação de levantamentos espeleológicos em outras áreas do Maranhão, a incorporação dessas cavidades em estratégias de conservação e o aprofundamento de estudos voltados à interação entre relevo, água e patrimônio subterrâneo. Dessa forma, será possível consolidar uma base científica mais robusta para a proteção e a valorização desses ambientes singulares.

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato a Deus todo poderoso, dono de toda ciência e sabedoria, à FAPEMA pela concessão desta bolsa, à UEMA, ao meu orientador Dr. Cláudio Eduardo de Castro, a minha família e amigos por todo apoio.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Recursos hídricos do Brasil, base de dados Maranhão/Itapecuru**. 2024. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork. Acesso em: 31 jul. 2025.

AGUIAR, G. A. de. **Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. Anais… São Paulo: SBG, 1971. p. 113-122.

AULER, A. S.; SMART, P. L. **Toca da Boa Vista (Campo Formoso), BA: a maior caverna do Hemisfério Sul**. In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (org.). Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM, 2002. p. 443-451.

BRASIL. **Decreto n.º 10.935, de 12 de janeiro de 2022**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jan. 2022. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.935-de-12-de-janeiro-de-2022-373591582. Acesso em: 31 jul. 2025.

BRITO NEVES, B. B. T**he Cambro-Ordovician of the Borborema Province. Boletim IG - Série Científica**, São Paulo, v. 29, p. 175-193, 1998.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS (CECAV). **Página institucional.** Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav. Acesso em: 20 fev. 2025.

FEITOSA, A. C. **Relevo do estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4., Goiânia, 2006. Anais… Goiânia: UGB, 2006. p. 1-11.

GOÉS, A. M. O.; FEIJÓ, J. F. **Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57-67, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados: Maranhão.** 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html. Acesso em: 12 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Fortaleza dos Nogueiras.** 2024. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/fortaleza-dos-nogueiras/panorama. Acesso em: 10 fev. 2025.

LEITE, J. F.; ABOARRAGE, A. M.; DAEMON, R. F. **Projeto carvão da Bacia do Parnaíba: relatório final das etapas II e III**. Recife: CPRM, 1975. v. 1.

LINO, Clayton Ferreira. **Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo**. São Paulo: Rios, 1989.

PLUMMER, F. B. **Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Petróleo**, 1948. p. 87-143. Relatório de 1946.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL; CPRM. R**elatório diagnóstico do município de Fortaleza dos Nogueiras**. Teresina, 2011.