



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DEGEO
CURSO DE GEOGRAFIA LICENCIATURA

SLATTER JHUNIOR CARDOZO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E ESPELEOLÓGICA DAS
CAVERNAS DE PRESIDENTE DUTRA-MA**

SÃO LUÍS – MA
2025

SLATTER JHUNIOR CARDOZO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E ESPELEOLÓGICA DAS
CAVERNAS DE PRESIDENTE DUTRA-MA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Geografia
Licenciatura da Universidade Estadual do
Maranhão para o grau de licenciatura em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Eduardo de
Castro

SÃO LUÍS – MA
2025

SLATTER JHUNIOR CARDOZO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E ESPELEOLÓGICA DAS
CAVERNAS DE PRESIDENTE DUTRA-MA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Geografia
Licenciatura da Universidade
Estadual do Maranhão-UEMA, para
o grau de licenciatura em Geografia.

Aprovado em: 25/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CLAUDIO EDUARDO DE CASTRO**
Data: 04/07/2025 12:54:00-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Cláudio Eduardo de Castro (Orientador)
Doutorado em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **QUESIA DUARTE DA SILVA**
Data: 07/07/2025 15:34:42-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dr. Quésia Duarte da Silva
Doutorado em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ CARLOS ARAUJO DOS SANTOS**
Data: 04/07/2025 18:59:24-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Carlos Araujo dos Santos
Doutorado em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão

Rodrigues, Slatter Jhuniur Cardozo.

Caracterização geomorfológica e espeleológica das cavernas de Presidente Dutra - MA. / Slatter Jhuniur Cardozo Rodrigues. – São Luís (MA), 2025.

58p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Geografia Licenciatura) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Eduardo de Castro.

.

1. Cavernas. 2. Geomorfologia. 3. Espeleologia. I. Título.

CDU: 551.44(812.1)

Elaborado por Luciana de Araújo - CRB 13/445

A Deus, meu Criador e Salvador, à minha amada esposa, à minha família e a todos que me apoiaram e me incentivaram ao longo desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu a vida, a saúde e a força para realizar este trabalho. Agradeço também à Universidade Estadual do Maranhão, que me proporcionou uma formação acadêmica de excelência e me oportunizou o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu orientador, Professor Cláudio Eduardo de Castro, agradeço imensamente por sua dedicação, sabedoria e paciência em me guiar ao longo deste processo. Sua orientação foi fundamental para a realização deste trabalho. Agradeço também à professora Nadja Furtado Bessa dos Santos, por toda a ajuda nesse trabalho, suas contribuições foram muito importantes. E, por fim, agradeço aos meus colegas de sala, Kelvin, Gabriel, João Eudes, Wilk, Otávio, Arthur, Maurício, Deyvid e vários outros por todo o tempo juntos, risadas e atividades desenvolvidas ao longo desta jornada. Muito obrigado a todos!

"O homem não pode compreender a si mesmo sem compreender o espaço que habita".

Milton Santos

RESUMO

Este estudo teve como objetivo a caracterização geomorfológica e espeleológica das cavernas situadas no município de Presidente Dutra-MA, preenchendo lacunas existentes quanto à documentação dessas formações. Embora algumas cavernas tenham sido catalogadas por pesquisadores da Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), as informações disponíveis eram limitadas e inconsistentes. Dessa forma, esse trabalho analisou os processos geomorfogênicos responsáveis pela formação e evolução dessas cavidades, além de identificar e caracterizar a geologia da rocha encaixante. Foram identificados arenitos siltosos de tonalidade clara a creme da Formação Grajaú nas cavernas Furnas e arenitos com estratificações cruzadas plano-paralelas com indícios de oxidação e desagregação da Formação Urucuia nas cavernas Angélicas. A metodologia adotada envolveu a descrição das formas geológicas e geomorfológicas essenciais ao planejamento da prospecção e vetorização dessas cavernas, topografias físicas e finalização de mapas espeleológicos detalhados. Foram consideradas as características estruturais das cavernas, seu prolongamento horizontal, formações geológicas e aspectos espeleobiológicos, além de potenciais atrativos para a conservação e o uso sustentável dessas áreas. As cavernas estudadas em Presidente Dutra-MA revelaram formações complexa, resultante da ação combinada de processos físicos e químicos. A erosão diferencial, favorecida pela presença de camadas areníticas com diferentes resistências, foi um dos principais mecanismos de Espeleogênese, conforme o modelo proposto por Auler e Smart (2002). Nas cavernas Angélica, evidências de oxidação e dissolução do cimento entre os grãos indicam processos de arenização, reforçando a atuação química mesmo em litologias não carbonáticas. As características geológicas das Formações Grajaú e Urucuia, com presença de silexites e fácies carbonáticas, influenciaram diretamente a morfologia das cavernas, explicando a variação estrutural entre os sistemas Furnas e Angélica. As topografias produzidas detalham inclinações, desníveis e compartimentos internos, contribuindo de forma inédita para a documentação espeleológica da região e oferecendo base sólida para estudos futuros.

Palavras-chave: cavernas; geomorfologia; espeleologia.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the geomorphological and speleological aspects of the caves located in the municipality of Presidente Dutra-MA, addressing existing gaps in the documentation of these formations. Although some caves had been cataloged by researchers from the Foundation for the Support of Scientific and Technological Research and Development of Maranhão (FAPEMA), the available information was limited and inconsistent. Thus, this research analyzed the geomorphogenic processes responsible for the formation and evolution of these cavities, as well as identified and characterized the geology of the host rock. Silty sandstones with light to cream tones from the Grajaú Formation were identified in the Furnas caves, while sandstones with planar-parallel cross-stratifications, showing signs of oxidation and disaggregation from the Urucuaia Formation, were found in the Angélica caves. The adopted methodology involved the description of geological and geomorphological features essential for the planning of prospecting and vectorization of these caves, physical topographies, and the finalization of detailed speleological maps. The study considered the structural features of the caves, their horizontal extension, geological formations, speleobiological aspects, and potential attractions for conservation and sustainable use. The caves studied in Presidente Dutra-MA revealed complex formations resulting from the combined action of physical and chemical processes. Differential erosion, favored by the presence of sandstone layers with varying resistance, was one of the main speleogenetic mechanisms, according to the model proposed by Auler and Smart (2002). In the Angélica caves, evidence of oxidation and cement dissolution between grains indicates arenization processes, highlighting the chemical activity even in non-carbonate lithologies. The geological characteristics of the Grajaú and Urucuaia Formations, including the presence of silexite and carbonate facies, directly influenced the morphology of the caves, explaining the structural variation between the Furnas and Angélica systems. The produced topographic maps detail inclinations, vertical differences, and internal compartments, contributing in an unprecedented way to the speleological documentation of the region and providing a solid foundation for future studies.

Keywords: caves; geomorphology; speleology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos compartimentos do relevo desde o sistema epígeo até o hipógeo

Figura 2 – Mapa de Presidente Dutra-MA

Figura 3 – Mapa da geologia de Presidente Dutra-MA

Figura 4 – Mapa da geomorfologia de Presidente Dutra-MA

Figura 5 – Morro residual das cavernas Angélica II e Angélica II

Figura 6 – Etapas metodológicas

Figura 7 – Topografia da caverna Furna I Presidente Dutra-MA

Figura 8 – Entrada da caverna Furna I

Figura 9 – Topografia da caverna Furna II Presidente Dutra-MA

Figura 10 – Boca passagem caverna Furna II

Figura 11 – Topografia da caverna Furna IV Presidente Dutra-MA

Figura 12 – Entrada principal caverna Furna IV

Figura 13 – Parte interna da caverna Furna IV, possível abrigo de animais

Figura 14 – Exposição das estruturas sedimentares plano-paralelas e cruzadas, e sinais de oxidação na superfície rochosa da área das cavernas Angélica I

Figura 15 – Topografia da caverna Angélica I

Figura 16 – Fotografia externa das cavernas angélica I e II

Figura 17 – Topografia da caverna Angélica II

Figura 18 – Entrada da caverna Angélica II

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AW (Clima AW) – Clima Tropical com estação seca no inverno, segundo a Classificação de Köppen-Geiger

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas

CNC – Comissão Nacional de Cartografia

CPRM – Serviço Geológico do Brasil (antiga Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais)

DATUM WGS – *World Geodetic System* (WGS 84), sistema de referência geodésico mundial

FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IMESC – Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos

MME – Ministério de Minas e Energia

RBGF – Revista Brasileira de Geografia Física

QGIS – *Quantum Geographic Information System*

SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia

SGB – Serviço Geológico do Brasil (novo nome oficial da CPRM)

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SVG (*Scalable Vector Graphics*) – Gráficos Vetoriais Escaláveis

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

ZEE-MA – Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS	15
3 CONCEITO DE CARSTE EM ARENITO	18
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
4.1 Geologia e Geomorfologia da área de estudo	23
4.2 Hidrografia da área de estudo	27
4.3 Relevo da área de estudo	28
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
5.1 Etapas Metodológicas; Revisão Bibliográfica	31
5.2 Trabalho de Campo e coleta de dados	31
5.3 Etapas para as topografias	32
5.4 Programas e aplicativos utilizados na pesquisa	33
6 RESULTADOS	34
6.1 Cavernas Furnas	35
6.2 Cavernas Angélica I e II	42
6.3 Processos espeleogenéticos identificados	49
6.4 Processos geomorfológicos na formação das cavernas estudadas	50
6.5 Características geológicas das rochas encaixantes e sua influência na morfologia das cavernas	50
6.6 Contribuição dos mapas espeleológicos para documentação e estudos futuros	51
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

As cavernas funcionam como verdadeiros laboratórios naturais, preservando registros únicos da história da Terra. Seus espeleotemas guardam informações paleoclimáticas que remontam a milhões de anos, suas águas subterrâneas conectam-se a complexos sistemas hidrológicos regionais, e sua fauna especializada representa exemplos únicos de evolução e adaptação biológica.

Em escalas mundiais, a caverna Son Doong, localizada no Vietnã, é considerada a maior caverna natural do mundo, com aproximadamente 9 km de extensão e um volume de 38,5 milhões de metros cúbicos. Além de suas dimensões impressionantes, Son Doong é conhecida por seu mundo subterrâneo único, repleto de estalactites gigantescas, florestas tropicais primitivas e um ecossistema próprio, tornando-a um destino fascinante para exploradores e cientistas. Essa caverna é um verdadeiro tesouro natural que inspira admiração e curiosidade, convidando-nos a descobrir mais sobre esse mundo oculto e fascinante Oxalis, (2025).

No contexto brasileiro, a espeleologia ganha importância ainda maior. O Brasil abriga um dos maiores patrimônios espeleológicos mundiais, com 28.428 cavernas oficialmente cadastradas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio, 2025), representando apenas uma fração do potencial estimado de centenas de milhares de cavidades naturais em território nacional.

Pesquisadores mundiais como Peter Wilhelm Lund (1801-1880): Naturalista dinamarquês considerado precursor da espeleologia científica no Brasil, explorou mais de 200 cavernas em Minas Gerais entre 1835-1844 e Ricardo Krone (1861-1917): Engenheiro-agrimensor alemão considerado por muitos como fundador da verdadeira atividade espeleológica no Brasil, realizou levantamentos sistemáticos no Vale do Ribeira (1897-1909), (SBE, 2024). Já o Estado do Maranhão possui 121 cavidades naturais catalogadas em parceria com o Cadastro Nacional Cavidades (CNC) da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE, 2024).

A definição legal de caverna natural subterrânea, de acordo com o Decreto N° 10.935, de 12 de janeiro de 2022 abrange qualquer espaço subterrâneo acessível ao homem, independentemente de ter ou não uma abertura identificável, incluindo elementos como conteúdo mineral, hídrico e os corpos rochosos adjacentes (Brasil, 2022).

De acordo com Lobo e Boggiani, (2013) Pg. 193

uma caverna pode ser reconhecida como um patrimônio geológico quando sua própria estrutura oferece a possibilidade de interpretação paleoambiental ou paleoclimática, ou quando apresenta um registro geológico único e incomum.

Auler e Smart, (2002) destaca as cavernas como fenômeno geológico atípico no processo de formação ou da geração dos determinados espeleotemas raro. Exemplo seria a toca da Boa Vista na Bahia, considerada a maior caverna no Hemisfério Sul, onde interpreta-se que sua origem estaria relacionada ao raro processo de oxidação de sulfetos.

O termo "espeleologia" deriva do grego "spelaion" (caverna) e do latim "spelaeum" (cavidade natural). Lino, (1989) descreve a espeleologia como a ciência dedicada ao estudo das cavernas, incluindo sua gênese, formação, meio físico, biológico e história, além dos métodos e técnicas de pesquisa específicas.

A problemática central deste estudo residiu na carência de informações detalhadas sobre as características espeleológicas das cavernas de Presidente Dutra-MA, as quais ainda não haviam sido objeto de estudo sistemático ou mapeamento detalhado até o presente trabalho, o que confere caráter inédito à presente pesquisa. Diante disso, surgiram questionamentos como: quais são os principais processos geomorfológicos responsáveis por sua formação e evolução? De que maneira a geologia da rocha encaixante influencia na morfologia e no desenvolvimento dessas formações subterrâneas?

A hipótese é que as cavernas de Presidente Dutra-MA foram formadas predominantemente por processos cársticos em rochas não solúveis, como os arenitos, onde predomina erosão e dissolução das rochas carbonáticas, ou por processos de colapso e erosão diferencial em litologias menos resistentes.

Este estudo investigou os processos de formação nas cavernas Furnas 1, 2 e 4 no povoado Creoli do Joviniano e nas cavernas Angélica I e II no Distrito Buriti a aproximadamente 20km da sede de Presidente Dutra, identificando a presença arenitos siltosos de tonalidade clara a creme da Formação Grajau nas cavernas Furnas e arenitos com estratificações cruzadas plano-paralelas com indícios de oxidação e desagregação da Formação Urucuia nas cavernas Angélicas como um dos fatores principais, juntamente com as características da rocha, como porosidade e capacidade de retenção de água, e as condições físicas do relevo, que influenciaram na criação dessas cavidades subterrâneas.

Esse trabalho tem como objetivo geral analisar as características geomorfológicas e espeleológicas das cavernas em Presidente Dutra-MA, identificando os processos geomorfológicos responsáveis por sua formação e evolução, e como específico analisar os processos geomorfológicos que influenciaram a formação e modificação das cavernas; identificar e caracterizar a geologia da rocha encaixante dessas cavernas; elaborar mapas espeleológicos detalhando as cavernas para fins de documentação e estudos acadêmicos.

A metodologia adotada incluiu levantamentos bibliográficos, análises geomorfológicas e espeleológicas de cinco cavernas em Presidente Dutra-MA, áreas como a das cavernas Furnas um, dois e quatro no povoado de Creoli do Joviniano e das cavernas Angélica um e dois no povoado Distrito Buriti, com a descrição das formas geológicas, vetorização de topografias escaneadas e finalização dos mapas detalhados. Os dados coletados permitiram documentar essas formações de maneira mais precisa, contribuindo para estratégias de preservação ambiental e licenciamento espeleológico.

As topografias e os mapeamentos dessas cavernas servirão como base para os estudos futuros pois trata-se de um estudo inédito na região, contribuindo significativamente para a ampliação do conhecimento científico sobre o patrimônio espeleológico do estado do Maranhão e oferecendo subsídios para futuras ações de preservação e pesquisas acadêmicas.

2 A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS ESPELEOLÓGICOS

A espeleologia exerce um papel relevante em diversas áreas da vida humana, indo além das ciências. As cavernas podem encantar pela sua beleza natural e despertar sentimentos de paz, espiritualidade e admiração. Muitas pessoas veem esses lugares como sagrados, e é comum encontrar cavernas que viraram pontos de devoção religiosa.

Além disso, o ambiente desafiador das cavernas atrai praticantes de esportes de aventura, devido às suas condições desafiadoras como passagens estreitas, trechos alagados, variações extremas de temperatura e umidade elevada.

Segundo o (SGV 2014 *apud* Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, (1992)

Espeleologia é o estudo das cavernas, de sua gênese e evolução, do meio físico que elas representam, de seu povoamento biológico atual ou passado, bem como dos meios ou técnicas que são próprias ao seu estudo. Essa palavra vem do latim *spelaeum* (caverna) e do grego *logos* (estudo).

Lino, (1989) descreve a espeleologia como a ciência dedicada ao estudo das cavernas, incluindo sua gênese, formação, meio físico, biológico e história, além dos métodos e técnicas de pesquisa específicas.

A espeleologia brasileira possui raízes profundas, iniciando-se com as primeiras descrições de naturalistas europeus no século XVIII. O dinamarquês Peter Wilhelm Lund, considerado precursor da espeleologia científica nacional, explorou mais de 200 cavernas em Minas Gerais entre 1835-1844, estabelecendo os fundamentos da paleontologia e arqueologia cavernícola brasileira (SBE, 2024).

Da superfície até os ambientes mais profundos de uma caverna, ocorre uma sequência de habitats subterrâneos com distintas características ecológicas e estruturais. Dentro das ciências espeleológicas observa-se os conceitos de endocarste e exocarste que constituem fundamentos essenciais para a compreensão dos sistemas das cavernas cársticas e suas complexas interações geomorfológicas.

A relação entre os domínios superficial e subterrâneo do carste é bastante dinâmica. Travassos (2019) explica que “a água agressiva dissolve e alarga fraturas e, com a evolução do tempo geológico, aumenta o tamanho das cavernas”, estabelecendo uma conexão direta entre os processos do exocarste e do endocarste.

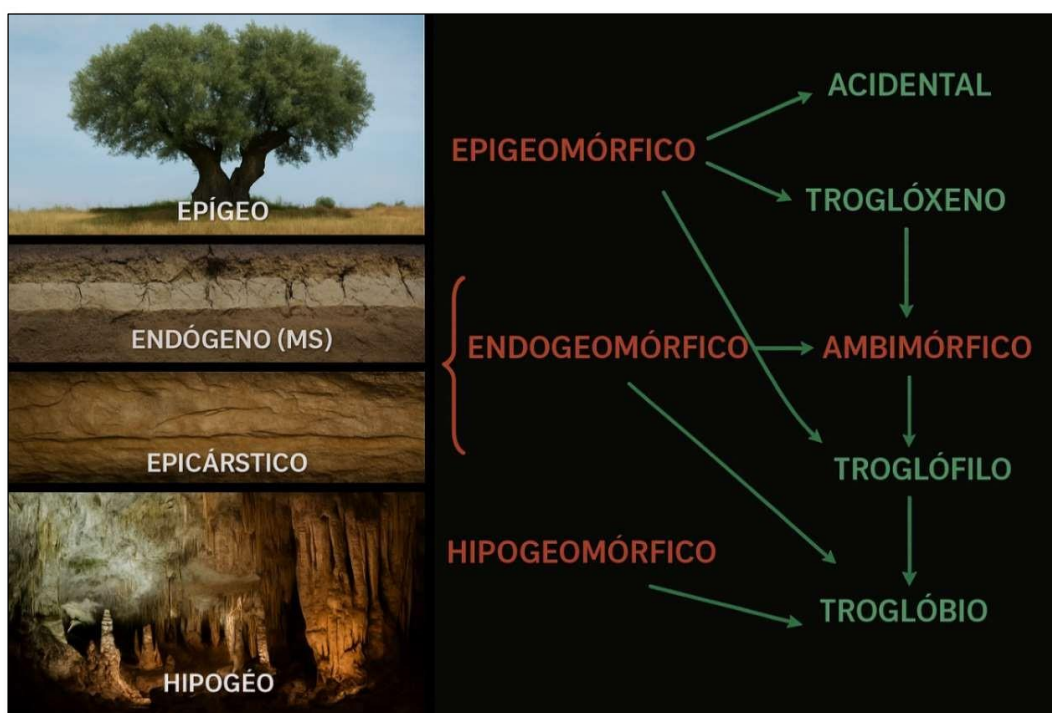
O exocarste compreende o domínio superficial do sistema cárstico, caracterizado por uma diversidade de formas topográficas específicas. Travassos, (2019) em sua obra “Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica”, publicada pelo ICMBio, define o exocarste como “a paisagem do relevo superficial cárstico”.

Como enfatiza a Universidade Federal de Sergipe: “O exocarste compreende o domínio superficial do carste, dotado de uma diversidade de formas, como os lapiás, dolinas e uvalas” (CESAD/UFS, 2012). Já o endocarste representa o domínio subterrâneo do sistema cárstico, constituindo o que Moura *et al.*, (2019) denominam “a expressão subterrânea do sistema cárstico, onde há a ocorrência das cavernas, condutos e salões, englobando as cavidades subterrâneas”.

Considerando as classificações de Ferreira, (2011) o primeiro compartimento pode ser caracterizado como epígeo (Figura 1) ambiente acima da superfície terrestre, o segundo conhecido como endógeno e corresponde aos espaços intersticiais presentes no solo, formados por fissuras e rachaduras do manto de intemperismo. Esses espaços são ocupados por uma grande diversidade de organismos edáficos.

Em seguida, localiza-se o epicarste, que se origina da descontinuidade da rocha e é ampliado pela ação contínua da água. Trata-se de um ambiente frequentemente saturado, que favorece o desenvolvimento de diversas populações, incluindo espécies vertebradas com elevado grau de especialização. Em camadas mais profundas encontram-se as cavernas propriamente ditas, que compõem os habitats chamados de hipógeos, característicos por seus amplos espaços subterrâneos (Ferreira, 2011).

Figura 1 – Distribuição dos compartimentos do relevo desde o sistema epígeo até o hipógeo



Fonte: Ferreira (2011), modificado por Rodrigues, (2025)

Em vermelho, são destacadas as categorias morfológicas mais comuns associadas a cada compartimento, enquanto em verde, encontram-se as categorias ecológico-evolutivas dos organismos adaptados a essas morfologias específicas. Cada um desses compartimentos está associado a categorias geomorfológicas e ecológicas específicas. As formas de relevo epigeomórficas relacionam-se à superfície terrestre e podem ser habitadas por organismos acidentais ou trogloxenos, que utilizam ambientes cavernícolas temporariamente, sem dependência ecológica.

Já as formas endogeomórficas, desenvolvidas no subsolo, estão associadas a organismos adaptados parcial ou totalmente a esses ambientes, como os ambimórficos, que vivem tanto em meios subterrâneos quanto superficiais, e os troglófilos, que preferem ambientes cavernosos, mas também podem habitar locais externos com condições semelhantes. Por fim, nas regiões mais profundas e isoladas, encontram-se os organismos troglobios, completamente adaptados à vida subterrânea, com características especializadas, como ausência de pigmentação e redução ocular (Ferreira, 2011).

É importante considerar que os ambientes subterrâneos são organizados em zonas de acordo com sua distância em relação ao exterior. No entanto, delimitar essas zonas pode ser complexo, pois cada sistema cavernoso apresenta uma configuração única (Ferreira, 2011).

Além das importantes descobertas biológicas, o ambiente cavernícola também oferece benefícios socioeconômicos significativos, de acordo com a (SBE, 2024) muitas cavernas brasileiras contribuem para o turismo sustentável, como ocorre em Bom Jesus da Lapa (BA), gerando empregos e movimentando a economia local. Ainda que não sejam essenciais para a sobrevivência humana, essas experiências impactam positivamente a qualidade de vida, ao promoverem lazer, renda e integração com o meio ambiente.

3 CONCEITO DE CARSTE EM ARENITO

Os primeiros estudos acerca do carste foram desenvolvidos em uma área situada entre a Eslovênia e a Itália, conhecida como "kras", origem etimológica do termo "carste". Essa região é constituída predominantemente por rochas calcárias, e a denominação foi inicialmente utilizada para descrever sua morfologia. Desde então, a palavra, que significa "paisagem rochosa", passou a ser relacionada a áreas cujo ambiente resulta do processo de dissolução (Kohler, 1998).

De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- (ICMBIo, 2025) as primeiras iniciativas de classificação do carste brasileiro surgiu na década 1970, elaborada por Karmann, Sánchez (1979) que, a partir da distribuição de rochas carbonáticas, identificaram cinco províncias espeleológicas, como o Vale do Ribeira, Bambuí, Serra da Bodoquena, Alto Rio Paraguai e Chapada de Ibiapaba, além de nove outras áreas com fenômenos cársticos mais limitados. Já em 1986, as mediações do Rio Pardo, Serra Geral e Alto Urubu, foram incluídas nessa classificação as duas últimas de formação arenítica (Karmann; Sanches, 1986).

O carste também pode ocorrer em formações rochosas não carbonáticas, conforme apontado por Suguio, (2010). No entanto, esse fenômeno é denominado “pseudo-carste” (ou falso carste), terminologia por vezes questionável, pois a gênese da carstificação pode variar conforme sua litologia, sendo o aspecto essencial do resultado final do processo, que alcança a formação de endocarste e exocarste.

Diversos conceitos têm associado o carste a áreas constituídas por sedimentos altamente carbonáticos. Contudo, com o avanço dos estudos sobre ambientes cársticos, verificou-se sua ocorrência também em rochas de menor solubilidade, como os arenitos Renault, (1953). Atualmente, formas cársticas podem ser identificadas em arenitos, quartzitos e até mesmo em lateritas, que possuem elevado teor de hidróxidos de ferro e alumínio (White *et al.*, 1967).

Ferreira, Uagoda (2019) destacam que o carste se refere a um tipo específico de terreno ou paisagem que resulta da alta solubilidade da rocha ou da presença de porosidade secundária. Esse fenômeno é mais comum em rochas carbonáticas, como calcários, dolomitos e mármore, e está associado ao desenvolvimento de características de dissolução e drenagem subterrânea.

Na literatura especializada, o carste é frequentemente relacionado ao processo de intemperismo, com foco especial no intemperismo químico, em particular na ação da água

acidulada. Embora o ácido carbônico não seja o único ácido a provocar este tipo de intemperismo, é, sem dúvida, o principal responsável pela maioria das ocorrências de carste no mundo (Hill; Forti, 1997; Auler, 1999).

De acordo com a (SBE, 2024) os ambientes cársticos se destacam tanto por suas paisagens dinâmicas quanto por sua fragilidade. Essa fragilidade se deve à presença de rochas solúveis que, quando expostas ao intemperismo químico, são facilmente dissolvidas pela água. A água da chuva infiltra no solo e se acumula nas fraturas das rochas, ampliando esses espaços através da dissolução, o que cria uma rede de cavernas e canais subterrâneos.

Segundo Aureli, (2010) as águas subterrâneas provenientes de aquíferos cársticos são consideradas uma das fontes mais importantes e confiáveis de água potável. Estima-se que esses aquíferos forneçam aproximadamente um quarto do abastecimento global de água potável. Esses processos acontecem em um relevo irregular e permeável, caracterizado por vales íngremes e rochas esculpidas pela corrosão da chuva. Além disso, a grande permeabilidade da rocha aumenta a vulnerabilidade dos mananciais subterrâneos e à contaminação pode causar afundamentos bruscos na superfície (Aureli, 2010; Ford e Williams, 2007).

Segundo a Eletrobrás (2009), a dissolução do quartzo durante o processo de arenização da rocha pode seguir dois caminhos distintos. Quando a taxa de dissolução da sílica é baixa, o processo fica restrito às bordas dos grãos ou cristais, ocorrendo principalmente nos contatos entre eles. Por outro lado, se a taxa de dissolução é muito alta, mesmo sem aumento da solubilidade, a topografia pode ser significativamente afetada. Nestes casos, o terreno pode desenvolver morfologia característica semelhante aos terrenos cársticos.

Conforme a Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF, 2017) a ocorrência de camadas de arenito friável, o fraturamento da estrutura geológica de origem tectônica, associado às variações isostáticas, deu início ao processo que geraria as cavernas. A ação mecânica da água por meio da erosão hídrica e da arenização, associada à elevação do nível do lençol freático, submeteu o arenito a condições freáticas, tornando-se um dos principais fatores de esculturação das cavidades

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Maranhão, localizado na região Nordeste, é uma das 27 unidades federativas do Brasil, e faz fronteira ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul e sudoeste com o estado do Tocantins, a oeste com o Pará e a Leste com o Piauí. Possui uma área de 329.651,495 km², dividida entre 217 municípios, tendo como capital a cidade de São Luís. De acordo com o (IBGE, 2024) a população estimada do estado é de 7.010.960 habitantes, resultando em uma densidade demográfica de aproximadamente 20,56 habitantes por km². Com esses números, o Maranhão é o segundo maior estado do Nordeste em extensão territorial e o 12º mais populoso do Brasil.

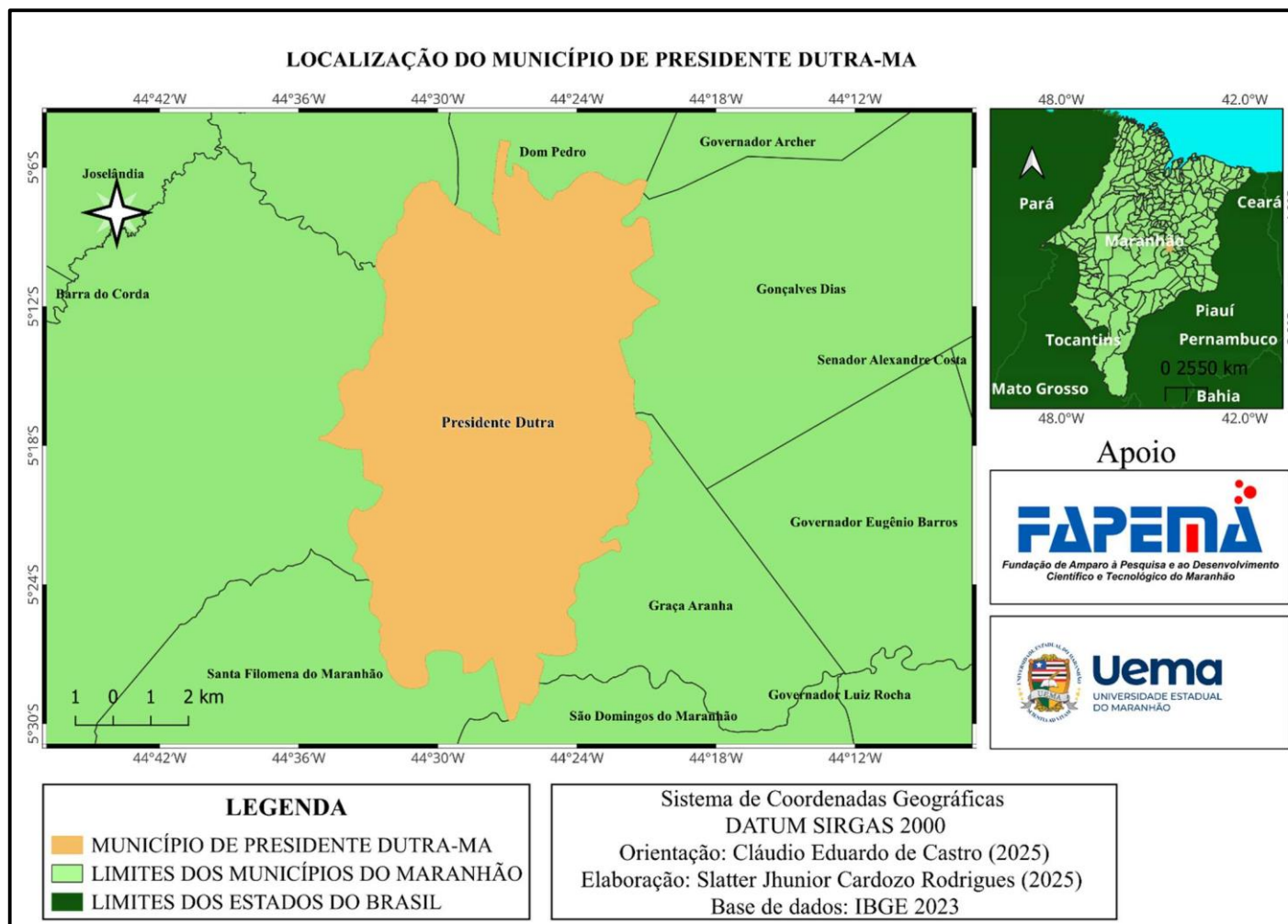
Segundo Spinelli-Araujo *et al.*, (2016) o estado do Maranhão possui 64% de sua extensão territorial ocupada pelo bioma Cerrado, 35% pelo bioma Amazônico e 1% pela Caatinga. Aproximadamente 76% do território maranhense é coberto por vegetação natural, sendo que 19% dessa área encontra-se sob proteção em unidades de conservação. Contudo, menos de 5% corresponde a áreas de proteção integral situadas fora dos limites do bioma Amazônico e da Amazônia Legal.

Segundo o Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA, 2021) a área do Cerrado Maranhense corresponde a cerca de 181.000 km², o que representa aproximadamente 54,5% da extensão total do estado do Maranhão. Essa região está subdividida em 12 regiões de planejamento e abrange 98 dos 217 municípios maranhenses. A vegetação de porte florestal no Bioma Cerrado está distribuída em 8.344 fragmentos, ocupando aproximadamente 13,4% de sua área total (181000,00 km²).

O município de Presidente Dutra conquistou sua emancipação política em 30 de dezembro de 1943 e está situado na Mesorregião Centro Maranhense, dentro da Microrregião de Presidente Dutra (Figura 2). Abrange uma área de 771,5 km² e possui uma população estimada em 45.155 habitantes, com uma densidade populacional de 58,52 habitantes por km², conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

Já o Distrito de Buriti está localizado no município de Presidente Dutra, no estado do Maranhão, Brasil. Segundo o (IBGE, 2022) situa-se na região noroeste do município, aproximadamente 20 km distante do centro da cidade. O acesso ao distrito é geralmente feito por estradas de terra.

Figura 2 – Mapa de Presidente Dutra-MA



Fonte: (IBGE 2022), elaborado por Rodrigues, (2025)

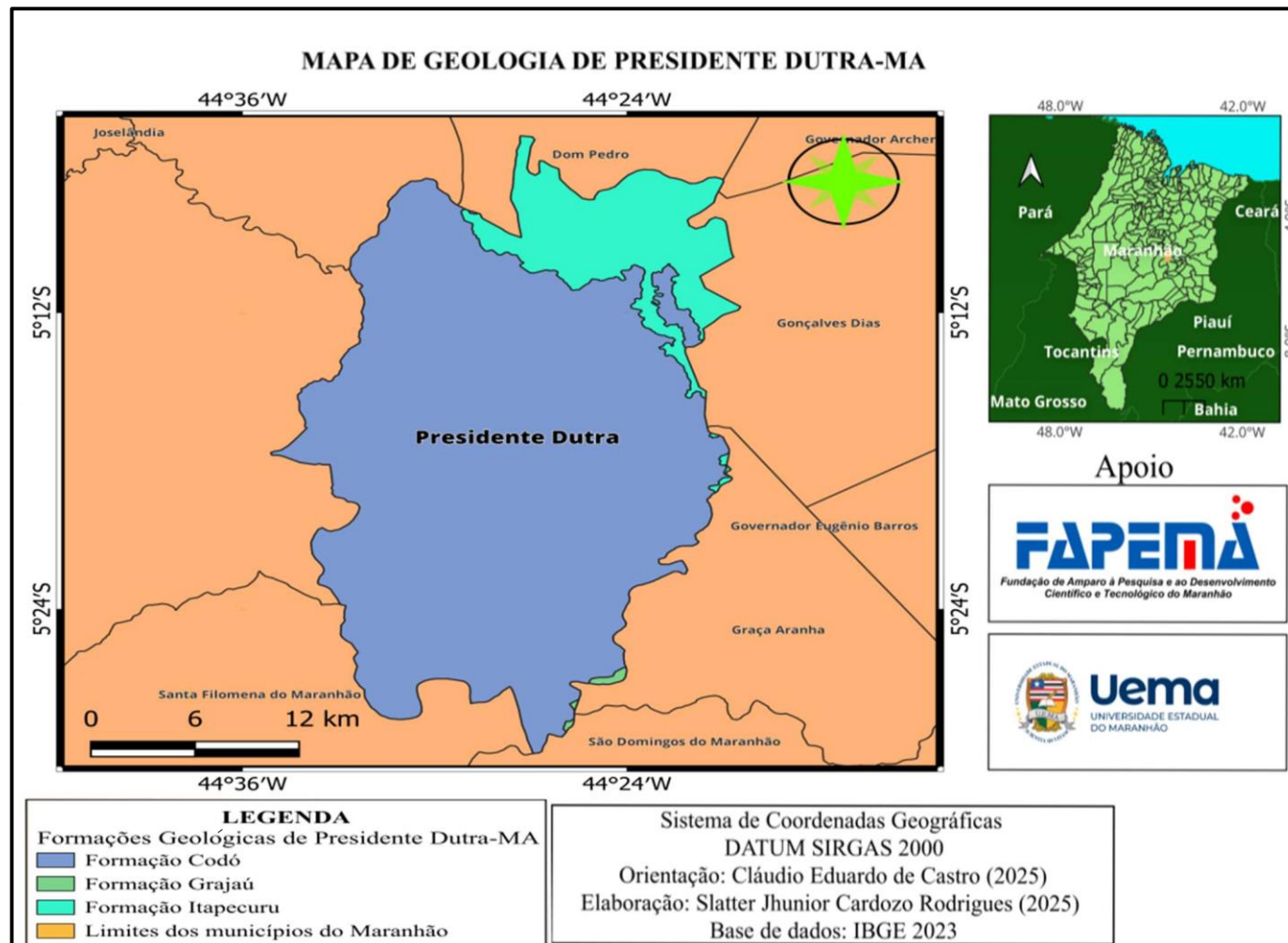
4.1 Geologia e Geomorfologia da área de estudo

O município de Presidente Dutra-MA está inserido no contexto geológico da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que, conforme Brito Neves, (1998), foi estruturada sobre os riftes cambro-ordovicianos de Jaibaras, Jaguarapi, Cococi/Rio Jucá, São Julião e São Raimundo Nonato. Sua composição inclui as supersequências Silurianas (Grupo Serra Grande), Devonianas (Grupo Canindé) e Carbonífero-Triássicas (Grupo Balsas) (Góes e Feijó, 1994).

No município, as formações Grajaú, Codó e Itapecuru representam o período Cretáceo-145-100Ma (ZEE, 2023). Aguiar, (1971) utilizou a nomenclatura Formação Grajaú conforme definida por Lisboa (1935 *apud* Santos *et al.*, 1984) posicionando-a sobre os basaltos Sardinha ou sobre os arenitos da Formação Corda. O contato superior entre a Formação Grajaú e a Formação Codó é considerado concordante conforme representada na (figura 3).

Lisboa, (1935) denominou "Arenito Grajaú" uma camada localizada abaixo dos folhelhos e calcários da Formação Codó, atribuindo-lhe idade cretácea. Essa localidade geológica é constituída principalmente por arenitos de tonalidade clara a creme, variando de granulação fina a conglomerática, com estruturas de estratificação cruzada e plano-paralela. Os grãos são predominantemente limpos, brilhantes e arredondados. Esses arenitos podem ser friáveis ou silicificados, com intercalações esporádicas de camadas de até 2 metros de espessura de argilitos vermelhos, arroxeados, marrons e cremes, apresentando laminação regular e ondulada.

Figura 3 – Mapa da geologia de Presidente Dutra-MA



Fonte: (IBGE 2023), elaborado por Rodrigues, (2025)

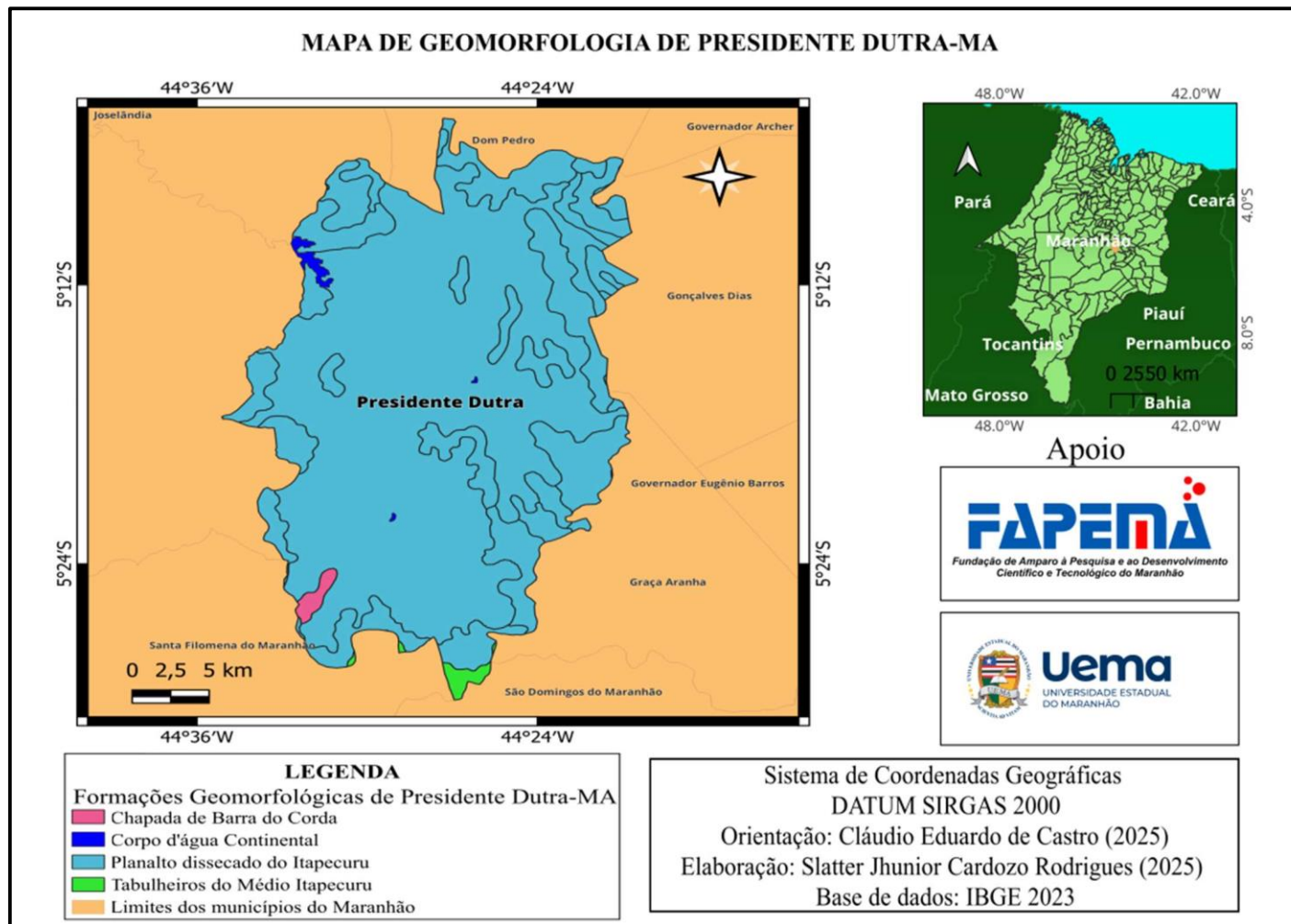
Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-(CPRM, 2011) a Formação Grajaú aflora amplamente na porção centro-oeste e em parte da região centro-norte da Bacia Sedimentar do Parnaíba, formando uma faixa relativamente estreita e descontínua, com orientação predominantemente Leste-Oeste, mantendo as mesmas direções estruturais das camadas mesozoicas.

A relação litoestratigráfica entre as formações Grajaú e Codó sugere uma equivalência cronoestratigráfica entre elas. Destaca-se também Lisboa, (1935) que foi o pioneiro na descrição dos folhelhos betuminosos associados aos calcários ao longo do vale do rio Itapecuru, na região de Codó-MA.

Segundo Leite *et al.*, (1975) a Formação Codó, em sua, apresenta conglomerados basais sobrepostos a folhelhos de tonalidade cinza-esverdeada a preta, que, em algumas áreas, são betuminosos e apresentam fraturas preenchidas por pirita. Além disso, inclui camadas de calcário e níveis de gipsita.

Segundo o (IBGE, 2023) o município de Presidente Dutra apresenta uma configuração geomorfológica dominada pelo “Planalto Dissecado do Itapecuru”, unidade que abrange a maior parte do seu território (Figura 4). Essa localidade é caracterizada por superfícies irregulares, com relevo suavemente ondulado a ondulado, resultante de processos erosivos atuantes sobre rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba.

Figura 4 – Mapa da geomorfologia de Presidente Dutra-MA



Fonte: (IBGE 2023), elaborado por Rodrigues, (2025)

Além do Planalto Dissecado do Itapecuru, pequenas porções do território municipal também apresentam feições associadas a outras unidades geomorfológicas, como a “Chapada de Barra do Corda e os Tabuleiros do Médio Itapecuru”. A presença da Chapada de Barra do Corda, embora limitada, indica áreas com relevo mais elevado e topo plano, típicos de formações tabulares resistentes à erosão. Já os Tabuleiros do Médio Itapecuru são representados por superfícies planas a suavemente onduladas, associadas a antigos processos de deposição e posterior dissecação (Alves; Silva, 2022).

4.2 Hidrografia da área de estudo

O estado do Maranhão apresenta uma condição hídrica singular dentro do Nordeste brasileiro, distinguindo-se por sua expressiva disponibilidade de água ao longo de todo o ano, tanto superficial quanto subterrânea. Essa realidade se deve à composição geológica predominantemente sedimentar e à existência de uma rede hidrográfica diversificada, com rios perenes distribuídos em várias bacias (IMESC, 2022).

Grande parte do Maranhão encontra-se sobre a Bacia Sedimentar do Parnaíba, uma das mais importantes do país em termos de volume e distribuição de água subterrânea. Trata-se de uma bacia intracratônica com estrutura simples, composta por sedimentos de origem paleozóica e mesozóica, com camadas mergulhando suavemente em direção ao seu centro (Góes *et al.*, 1993). Isso contribui para a existência de aquíferos amplos e de boa produtividade, o que diferencia o estado dos territórios sobre terrenos cristalinos, mais restritivos ao armazenamento de água.

De acordo com Costa (2000), os aquíferos podem ser classificados conforme a natureza geológica: fissurais (em rochas cristalinas), cársticos (em rochas carbonáticas) e porosos (em sedimentos consolidados ou inconsolidados). No município de Presidente Dutra, predominam os aquíferos porosos intergranulares, associados às formações Grajaú, Codó e Itapecuru.

A formação Grajaú, composta por arenitos intercalados com siltitos e argilitos, apresenta permeabilidade regular e potencial hídrico variável entre fraco e médio. Sua recarga ocorre principalmente por infiltração de águas pluviais e trocas com rios da rede superficial (CPRM, 2011). Já a formação Codó, segundo Manoel Filho (2000), atua como um aquífero; unidade com baixa permeabilidade; composta por siltitos e folhelhos, com potencial de exploração muito limitado.

Por sua vez, o aquífero Itapecuru, também presente na região, é constituído por arenitos finos a muito finos, com características predominantemente argilosas. Atua como

aquífero livre ou semiconfinado, com produtividade média a fraca, sendo recarregado por infiltrações verticais e águas influentes de rios próximos (CPRM, 2011).

O município de Presidente Dutra-MA apresenta um contexto hidrogeológico caracterizado pelo domínio do aquífero poroso intergranular, associado aos sedimentos consolidados das formações Grajaú, Codó e Itapecuru (Costa, 2000).

Segundo a (CPRM, 2011) o aquífero Grajaú, presente na região municipal tanto na forma livre quanto confinada, possui uma composição litológica composta por arenitos de tonalidades rósea, creme e esbranquiçada, com granulação fina a média, intercalados por siltitos, argilitos e fragmentos clásticos mais grosseiros, conferindo-lhe uma permeabilidade moderada. Seu potencial hidrogeológico oscila entre fraco e médio, sendo sua recarga proveniente da infiltração direta das precipitações pluviométricas na zona de recarga, além da contribuição da rede de drenagem superficial, especialmente durante os períodos de cheia.

A sede do município encontra-se a uma altitude de 112 metros acima do nível do mar. A variação térmica ao longo do ano é relativamente baixa, com temperaturas que oscilam entre 21,3°C e 32°C. O clima da região, de acordo com Nóbrega, (2010) e baseado na classificação de Köppen, e do tipo tropical (AW') semiúmido seco, caracterizado por duas estações bem definidas: a chuvosa, que ocorre de janeiro a junho, apresentando médias mensais superiores a 159 mm, e a seca, que se estende de julho a dezembro.

Segundo o website Climatempo (2025), no período seco, a precipitação varia entre 3,7 e 165,7 mm, enquanto no chuvoso, varia de 230mm a 276 mm, resultando em uma média anual de aproximadamente 1.256 mm.

4.3 Relevo da área de estudo

O Maranhão, por situar-se em uma área de transição climática entre o semiárido nordestino e o clima equatorial amazônico, apresenta significativa diversidade nos padrões de temperatura e precipitação. Essa variabilidade é acentuada pela sua extensão territorial no eixo norte-sul.

No extremo oeste, predomina o clima tropical úmido (As), característico da Amazônia, enquanto no restante do estado prevalece o clima tropical semiúmido (Aw), com chuvas concentradas entre dezembro e maio, especialmente em março, e estiagem entre junho e novembro, com agosto como o mês mais seco. As médias pluviométricas

anuais oscilam entre mais de 2.000 mm na região amazônica e cerca de 1.000 mm nas áreas mais áridas do Sudeste (SGB, 2011).

Topograficamente, o território maranhense configura-se como uma vasta plataforma inclinada de sul para norte, com declínio suave em direção ao Oceano Atlântico. Essa superfície sedimentar, submetida a longos períodos de erosão, apresenta relevos tabulares e subtabulares, moldados conforme a estrutura das rochas predominantes. As cotas altimétricas mais elevadas encontram-se na Chapada das Mangabeiras, ao sul, enquanto as mais baixas se localizam ao norte, próximas ao litoral (SGB, 2011).

Segundo a classificação de Feitosa (1983), o relevo estadual se divide em duas grandes unidades: planícies (costeira, flúvio-marinha e sublitorânea), que abrangem cerca de 60% da área, e planaltos, que ocupam os 40% restantes. As planícies apresentam altitudes inferiores a 200 metros, e os planaltos, acima desse valor, localizando-se principalmente no centro-sul do estado.

Na porção central, especialmente na região do Centro Maranhense, destacam-se áreas de planaltos com elevações entre 200 e 300 metros, e planícies com altitudes inferiores. No domínio central do estado, encontram-se dois planaltos dissecados marcados por forte variabilidade climática: no Norte, predomina o clima úmido, e no Sul, o subúmido e o semiárido. Essa oscilação resulta em diferentes fisionomias vegetais, como a Floresta Ombrófila, onde a umidade é mais constante, e a Floresta Estacional, na qual parte da vegetação perde as folhas durante a seca (SGB, 2011).

De acordo com a (SGB, 2011) em áreas como a Chapada de Barra do Corda, há transição entre a savana e a Floresta Semidecidual, com precipitação anual entre 1.000 e 1.300 mm. No Patamar das Cabeceiras do Mearim, predominam formações de Savana Parque e Savana Arbórea Aberta, adaptadas às condições mais secas do ambiente.

O relevo da região de Presidente Dutra de acordo com Feitosa, (2006) é composto pelo planalto oriental, caracterizado por morfoesculturas que se estendem para o nordeste do Maranhão. Apresenta feições tabulares, com altitudes máximas de 460 metros, que descem gradualmente para vales amplos e colinas de inclinação moderada a acentuada.

Segundo o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos- (IMESC, 2008) os cursos d'água do município integram a bacia hidrográfica do rio Mearim. A vegetação predominante na região é a floresta estacional decidual, com árvores

espaçadas, além de enclaves de cerrado, cujas árvores possuem troncos e galhos retorcidos.

As cavernas Angélica I e II localizam-se em um morro residual na bacia do Rio das Flores, afluente do Rio Mearim (Figura 5). O relevo no entorno é colinoso, onde o arenito resistente, possivelmente pertencente ao Grupo Urucuia (neocretáceo), o que favoreceu a presença do morro que abriga essas cavernas.

Figura 5 – Morro residual das cavernas Angélica I e Angélica II



Fonte: Acervo dos autores, (2025)

A literatura registra a ocorrência de arenitos das Formações Barreiras e Pirabas-Nova Iorque, do Terciário, e das Formações Alcântara e Itapecuru-Urucuia, do Cretáceo, sobrepostas às Formações Codó/Grajaú/Sardinha, também do Cretáceo, dispostas de forma subjacente de acordo com os mapeamentos realizados em 1970 (MME, 1973).

Estas são compostas, respectivamente, por rochas amareladas formadas por arenitos e argilas, com lentes de calcarenitos maciços e finíssimas plaquetas de micas biotíticas e inclusões escuras carbonosas (Codó); por arenitos esbranquiçados, cremes e róseos, de granulometria fina a média, com estratificações paralelas e cruzadas (Grajaú); e por rochas de coloração esverdeada a preta, com textura porfírica a afanítica, ocorrendo sob a forma de soleiras e diques de diabásio e derrames basálticos (CPRM, 1994).

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa teve como base uma abordagem epistemológico positivista, uma vez que buscou compreender as características geomorfológicas e espeleológicas das cavernas em Presidente Dutra-MA. A metodologia utilizada foi mista, pois combinou as análises dos dados geomofogênicos e geomorfológicos com a interpretação das formações e processos espeleológicos observados.

Tal metodologia foi essencial, pois contribuiu para descrever as características das cavernas e analisar as formações antes pouco documentadas.

A elaboração da cartografia temática e o processamento das informações foram conduzidos por meio do software QGIS, versão 3.38.1. A base cartográfica de referência adotada corresponde ao mapeamento de Uso e Cobertura da Terra realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2018 a 2022, na escala de 1:250.000, conforme diretrizes estabelecidas no Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra, (2013). Os dados estão originalmente referenciados no DATUM WGS 84, foi realizada também a projeção para o sistema planimétrico de coordenadas SIRGAS 2000 – zona 23 S.

5.1 Etapas Metodológicas; Revisão Bibliográfica

A caracterização das áreas está baseada nos trabalhos desenvolvidos por diversos autores. Foram consultados documentos como as publicações de autores renomados, como Lobo e Boggiani, (2013), Auler e Smart, (2002) e Lino, (1989) além principalmente dos relatórios do Serviços Geológico do Brasil (SGB) antiga (CPRM), estudos do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), juntamente com o (IBGE), a (SBE), o IBAMA, e a (ZEE-MA), também foi considerado o Decreto nº 10.935/2022 e vários outros órgãos ambientais relacionados.

5.2 Trabalho de Campo e coleta de dados

A etapa de campo foi realizada nas cavernas Angélica 1 e 2, situadas no Distrito Buriti, a 20 km da sede. O objetivo foi identificar, topografar e documentar essas cavernas. As atividades desenvolvidas incluíram:

- ✓ Registro fotográfico das cavernas e formações geológicas associadas;
- ✓ Georreferenciamento das cavernas com uso de GPS;
- ✓ Descrição morfológica das formações espeleológicas;
- ✓ Desenhos na ficha de cadastro da topografia em formato croqui;

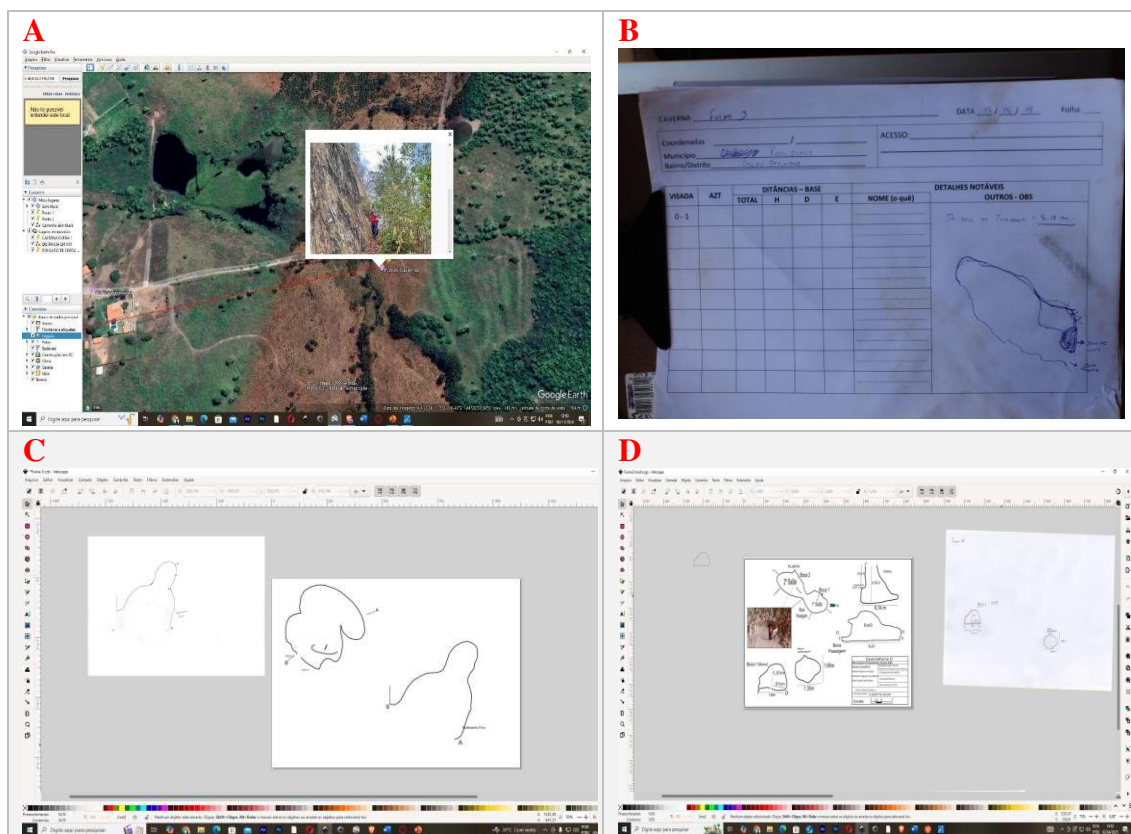
- ✓ Coleta de dados estruturais, incluindo dimensões, tipos de espeleotemas e características da rocha encaixante.
- ✓ Correlação geológica e geomorfológica; foram verificadas as condições de preservação das cavernas, a influência dos processos de intemperismo e os possíveis impactos ambientais na região.

5.3 Etapas para as topografias

Para a elaboração dos mapas topográficos das cavernas, seguiram-se as seguintes etapas:

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 6-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 6-B).
3. **Digitalização, vetorização e edição:** Os esboços foram escaneados e importados para o software Inkscape, onde foram refinados e detalhados. No Inkscape, os mapas serão ajustados com base em medidas precisas e padronização cartográfica conforme mostra a (Figura 6-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 6-D).

Figura 6 – Etapas metodológicas



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

5.4 Programas e aplicativos utilizados na pesquisa

Na elaboração da pesquisa foram utilizados alguns programas para a realização das análises e criação dos materiais gráficos. Os programas empregados foram:

- ✓ **Google Earth Pro (2022):** Utilizado para visualização mais detalhada das áreas de estudo e análise das características geográficas dos municípios.
- ✓ **Google Maps (2025):** Utilizado para obter imagens de satélite atualizadas, auxiliando na localização dos sítios espeleológicos.
- ✓ **Inkscape:** Utilizado para a criação dos mapas topográficos e ilustrações vetoriais; “o Inkscape é um software de desenho vetorial de código aberto amplamente utilizado para criação de ilustrações, diagramas e mapas” Inkscape.org, (2024). Sua compatibilidade com padrões abertos, como SVG (*Scalable Vector Graphics*), permitiu a produção das topografias das cavernas estudadas.
- ✓ **QGIS Desktop (versão 3.38.1):** Software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado para a análise espacial e elaboração dos mapas temáticos.

6 RESULTADOS

Este estudo teve como ponto de partida a finalização dos mapas topográficos das cavernas Furnas 1, 2 e 4 no povoado Creoli do Joviniano e da realização das topografias cavernas Angélica I e II no Distrito Buriti, ambas na área de estudo do município de Presidente Dutra-MA. Essas cavernas podem ser localizadas por meio de imagens de satélite e coordenadas via Google Maps, no entanto, estão situadas em áreas afastadas da zona urbana, o que reforça seu caráter isolado e reduzido nível de interferência antrópica.

Devido ao seu isolamento, as cavernas Furnas apresentam menor influência antrópica, embora ainda despertem interesse para visitação. Contudo, o acesso difícil contribui para a preservação das suas características naturais e reduz a frequência de visitantes.

Em relação à estrutura física dessas cavernas, destaca-se que ambas se situam em áreas de morros compostos por maciços resistentes. A base rochosa apresenta coesão estrutural do topo até a base, não havendo indícios de risco iminente de colapso. Tal configuração garante estabilidade à cavidade, favorecendo seu desenvolvimento morfológico.

As cavernas Angélicas, por outro lado, encontram-se inseridas em uma geologia mais frágil, marcada por processos de desgaste expressivos. Registros apontam que o local já foi explorado comercialmente através de minerações de quartzo, embora hoje não haja viabilidade econômica devido à intensa degradação estrutural observada, como fraturas acentuadas e perda de coesão nas paredes das cavidades, onde o arenito sofreu mudanças químicas parecidas com um cozimento, mas se mostram preservadas.

Observou-se durante as visitas de campo que há certo vínculo da comunidade local com essas cavernas, seja pelo conhecimento oral transmitido entre moradores, seja pelo uso ocasional dos espaços, o que reforça a importância de ações de educação ambiental para preservar essas formações.

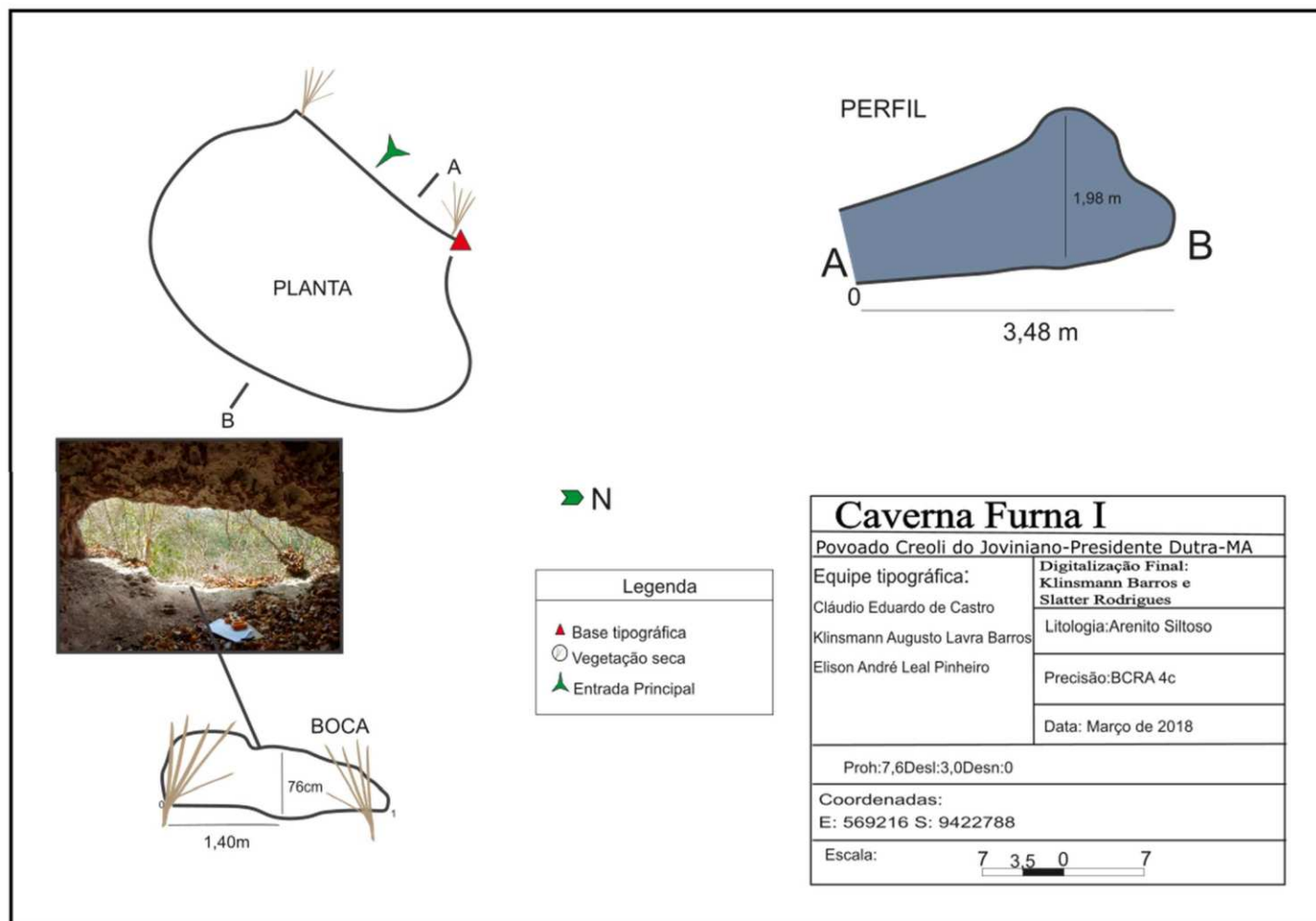
Inicialmente, foram feitos croquis manuais com base nos dados coletados em campo. Em seguida, esses croquis foram digitalizados, vetorizados e finalizados com auxílio do software Inkscape.

Foram utilizadas técnicas básicas de topografia aprendidas durante o desenvolvimento do projeto, o que possibilitou a criação de mapas detalhados das cavernas. Ao todo, foram estudadas cinco cavernas, cujos resultados são apresentados a seguir:

6.1 Cavernas Furnas

As cavernas Furnas I, II e IV conforme apresentadas nas (Figuras 7, 9 e 11), apresentam uma morfologia arenítica típica, conforme denominada por Lisboa, (1935) onde é constituída principalmente por arenitos de tonalidade clara a creme. A planta da caverna Furna I (Figura 7) apresenta uma galeria principal, orientada no sentido sudoeste-nordeste, como indicado pela planta topográfica, possui a entrada da cavidade com 1,40 metros de largura e 76 cm de altura (Figura 8), sendo classificada como uma entrada horizontal e ampla.

Figura 7 – Topografia da caverna Furna I Presidente Dutra-MA



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025)

Figura 8 – Entrada da caverna Furna I

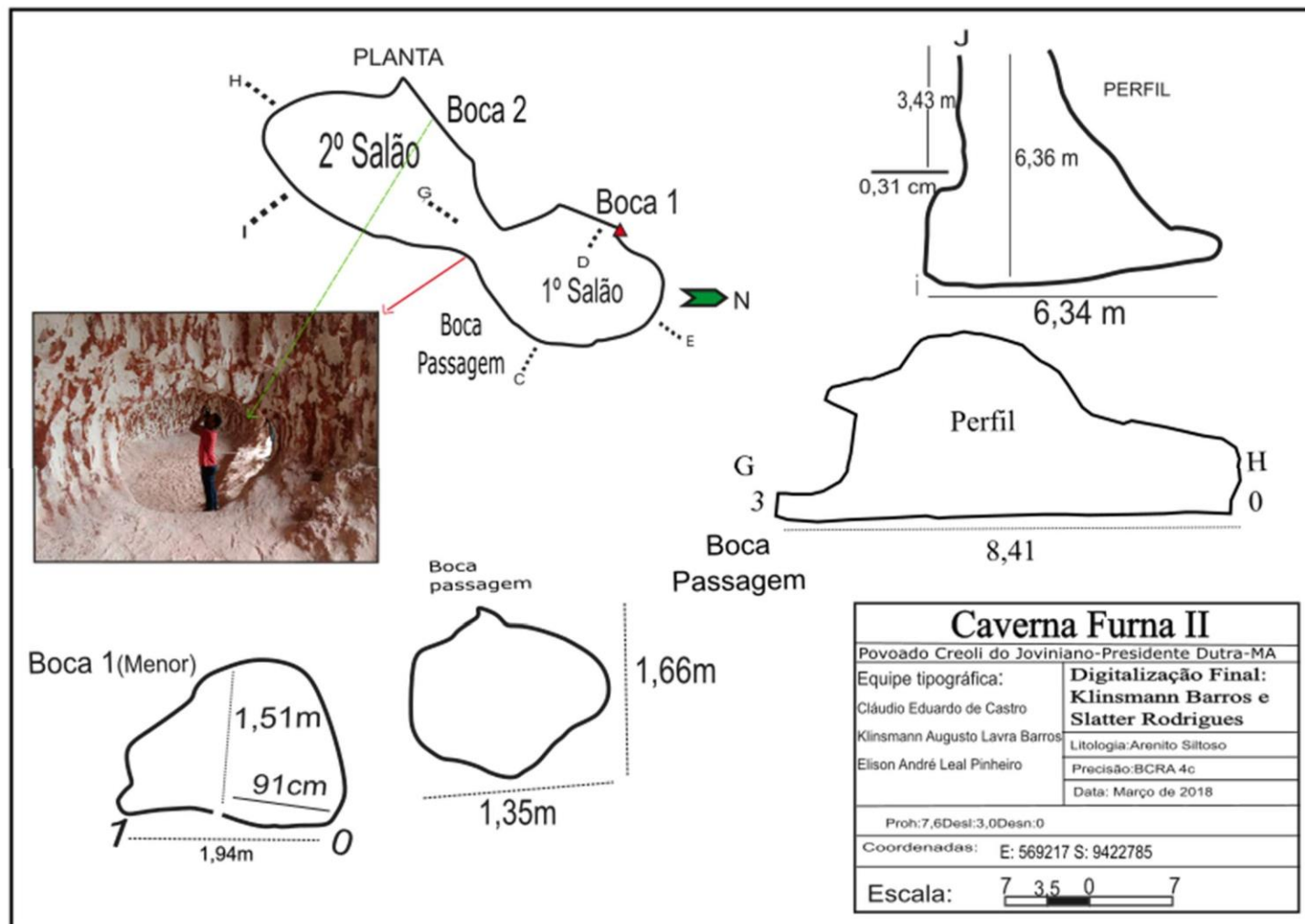


Fonte: Acervo dos autores, (2025)

Pode-se observar que o desenvolvimento horizontal total da caverna é de 3,48 metros, com altura máxima de 1,98 metros no ponto mais elevado, segundo o perfil longitudinal da seção A–B. A vegetação no entorno da boca é seca e esparsa, o que sugere um ambiente externo típico de áreas de transição entre cerrado e caatinga. Os dados topográficos foram obtidos pela equipe FAPEMA em março de 2018 composta pelo professor Dr. Cláudio Eduardo de Castro, e os alunos Klismann Augusto Lemos Barros e Élson André Leal Pinheiro, com a realização da digitalização e arte final.

A planta da caverna Furna II como apresentada na (Figura 9) revela duas principais divisões internas, nomeadas como 1º Salão e 2º Salão, que estão conectadas por uma galeria estreita. Estão indicadas também duas entradas: Boca 1 (menor) e Boca 2, sendo que a Boca 1 dá acesso direto ao 1º Salão. Observa-se também a orientação norte que está assinalada na planta com seta vetorial em verde.

Figura 9 – Topografia da caverna Furna II Presidente Dutra-MA



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025)

A seção da Boca 1 (Menor) apresenta dimensões de 1,51 metros de altura e 1,94 metros de largura, sendo uma entrada relativamente estreita e ovalada. Uma segunda seção transversal mostra a (Boca Passagem) com altura de 1,66 metros e largura de 1,35 metros, permitindo a passagem humana com algum grau de limitação espacial.

O corte longitudinal (Perfil) evidencia uma extensão total de 6,34 metros, com variações de altura interna que atingem até 3,43 metros no ponto mais alto e 0,31 metros no ponto mais baixo do perfil (Figura 10). Esse perfil ilustra as diferenças altimétricas ao longo da progressão interna da caverna.

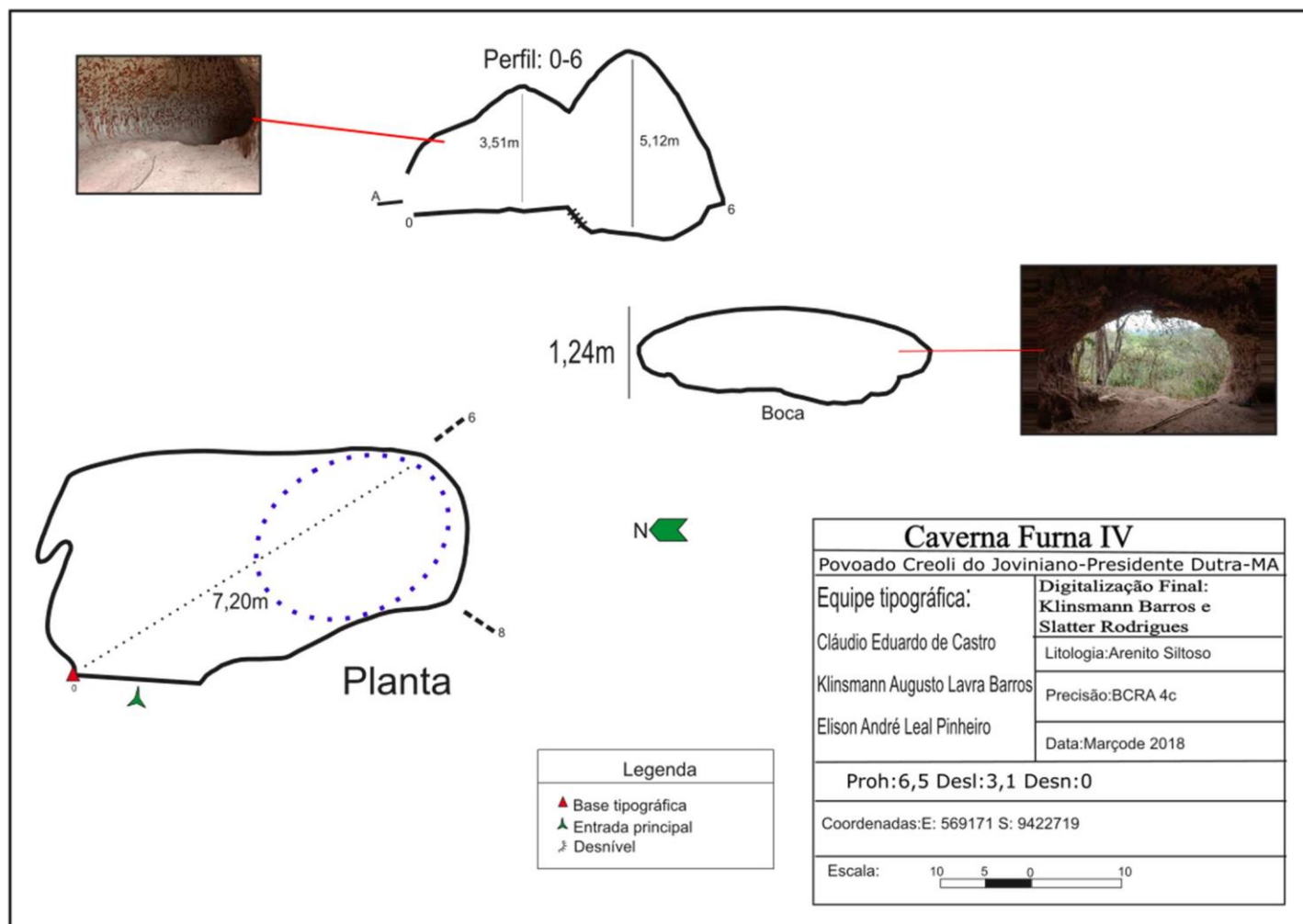
Figura 10 – Boca passagem caverna Furna II



Fonte: Acervo dos autores, (2025)

A Caverna Furna IV (Figura 11) apresenta uma morfologia mais complexa do que as outras cavidades, com uma extensão horizontal de 7,20 metros, conforme indica a planta topográfica. A entrada principal está localizada a sudoeste da cavidade, com 1,24 metros de altura, permitindo fácil acesso ao interior conforme ilustrado na (Figura 12).

Figura 11 – Topografia da caverna Furna IV Presidente Dutra-MA



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025)

Figura 12 – Entrada principal caverna Furna IV



Fonte: Acervo dos autores, (2025)

A planta revela um compartimento interno elíptico com destaque para um desnível acentuado (indicado em azul), que provavelmente interfere na dinâmica interna da circulação de ar, acúmulo de sedimentos ou presença de formações secundárias. O perfil longitudinal da seção A-0-6 revela duas elevações significativas, com a maior delas alcançando 5,12 metros de altura no local do desnível elíptico, enquanto a menor apresenta 3,51 metros.

Observa-se ainda que a Caverna Furna IV possui espaço interno relativamente acessível, permitindo a locomoção com certa tranquilidade. A porção sul é marcada por sedimentos mais arenosos e soltos, o que facilita o deslocamento e contribui para sua conservação estrutural. Esses fatores indicam uma interferência humana limitada.

Esses fatores indicam uma cavidade de porte médio, com espaço suficiente para abrigar uma variedade de animais de pequeno e médio porte, incluindo morcegos e cobras. A parte mais rebaixada, com 5,12 metros, pode ser caracterizada por vários fatores, com destaque para a erosão da própria caverna, que provavelmente contribuiu para o rebaixamento do solo.

Além disso, também podem ocorrer interferências antrópicas, como escavações, ou até mesmo cavidades criadas por animais maiores, que podem ter contribuído para a formação e evolução da cavidade ao longo do tempo. Além disso, a cavidade oferece um abrigo potencial para seres humanos e apresenta um grande potencial para futuros estudos espeleológicos e ambientais, incluindo análises da biodiversidade, geologia e impactos antrópicos, conforme ilustrado na (Figura 13).

Figura 13 – Parte interna da caverna Furna IV, possível abrigo de animais



Fonte: Acervo dos autores, (2025)

Durante os estudos realizados na região do Distrito Buriti, foram identificadas duas cavernas situadas em morros sendo elas denominados Angélica I e Angélica II, cujas localizações estão apresentadas de acordo com as coordenadas obtidas pelo Google Earth, (2025), a Caverna Angical I está situada em $5^{\circ}27'15.90''\text{S}$ / $44^{\circ}28'1.07''\text{O}$, enquanto a Caverna Angical II encontra-se em $5^{\circ}27'15.98''\text{S}$ / $44^{\circ}28'1.19''\text{O}$.

6.2 Cavernas Angélica I e II

Na observação da rocha encaixante das cavernas Angélica I e II, não foram identificadas as características descritas anteriormente, mas sim a presença de rochas areníticas com intercalações de silexitos e fácies carbonáticas, apresentando estruturas plano-paralelas, cruzadas e maciças, indicando sua provável associação à Formação Urucuia (Cretáceo) (IMESC, 2023).

Esta identificação pode ser reforçada pela observação das estratificações cruzadas em camadas acima e abaixo das esculturas formativa das cavernas, bem como pela presença de óxidos de cálcio e depósitos calcíticos laminares esbranquiçados nas superfícies expostas (Figura 14).

Figura 14 – Exposição das estruturas sedimentares plano-paralelas e cruzadas, e sinais de oxidação na superfície rochosa da área das cavernas Angélica I



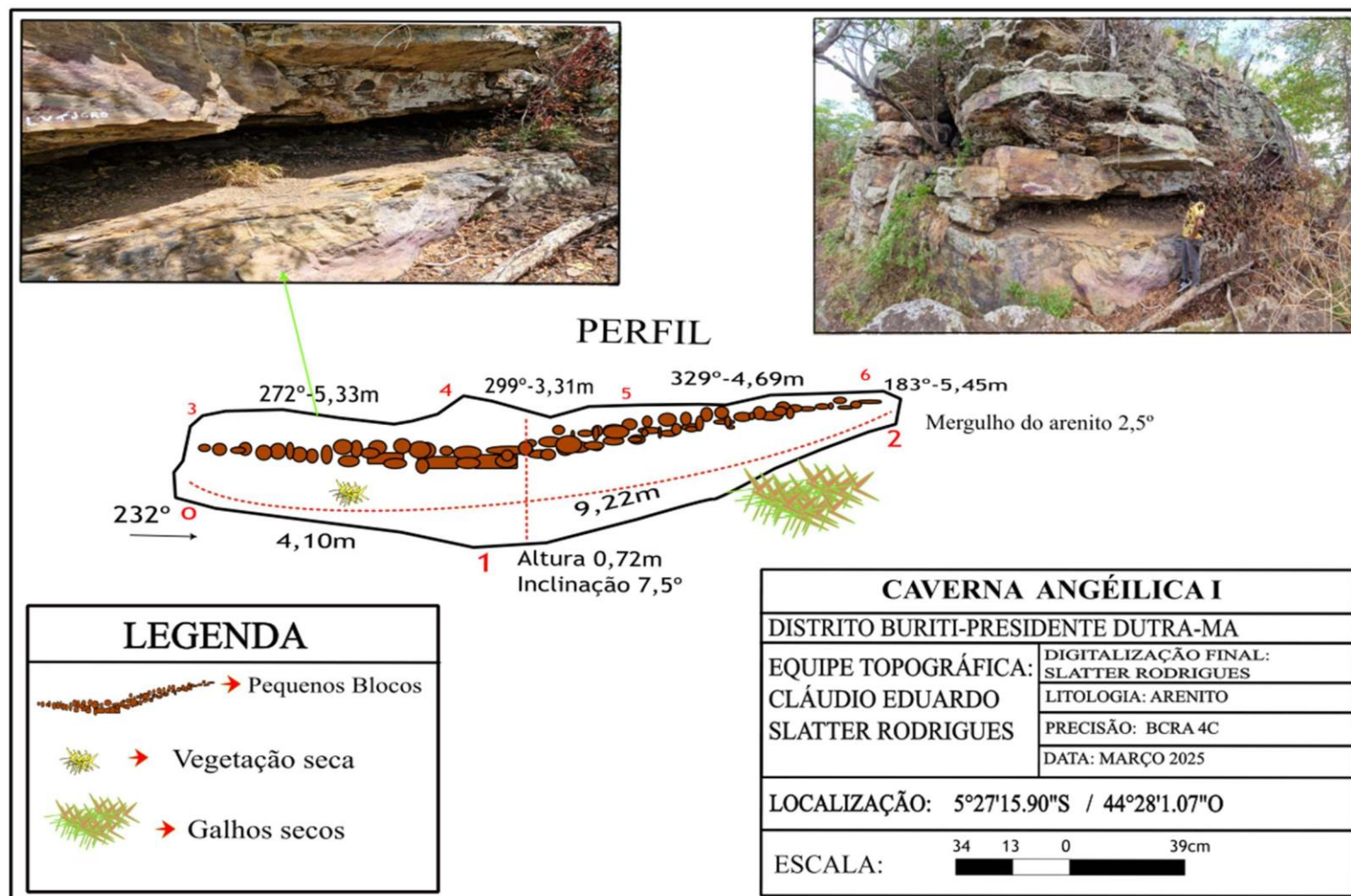
Fonte: Acervo dos autores, (2025)

As setas indicam os principais pontos de interesse descritos no texto, as formações mais argilosas, que se sobrepunham a essas unidades, foram removidas por processos denudacionais, o que permitiu ao Grupo Urucuia, intrinsecamente associado à Formação Itapecuru, resistir na constituição do morro, onde a ação da oxidação e da erosão resultou na formação das cavernas.

Convém destacar a existência, nesse mesmo morro, de uma terceira cavidade, não relatada anteriormente, que foi sensivelmente alterada pela extração de arenito, apresentando características antrópicas mais evidentes do que suas feições naturais de gênese.

A seguir, apresenta-se a topografia detalhada da Caverna Angélica I, incluindo seu perfil longitudinal e registros fotográficos representativos. O levantamento permitiu identificar as principais características morfológicas internas e externas da cavidade, conforme ilustrado na (Figura 15).

Figura 15 – Topografia da caverna Angélica I



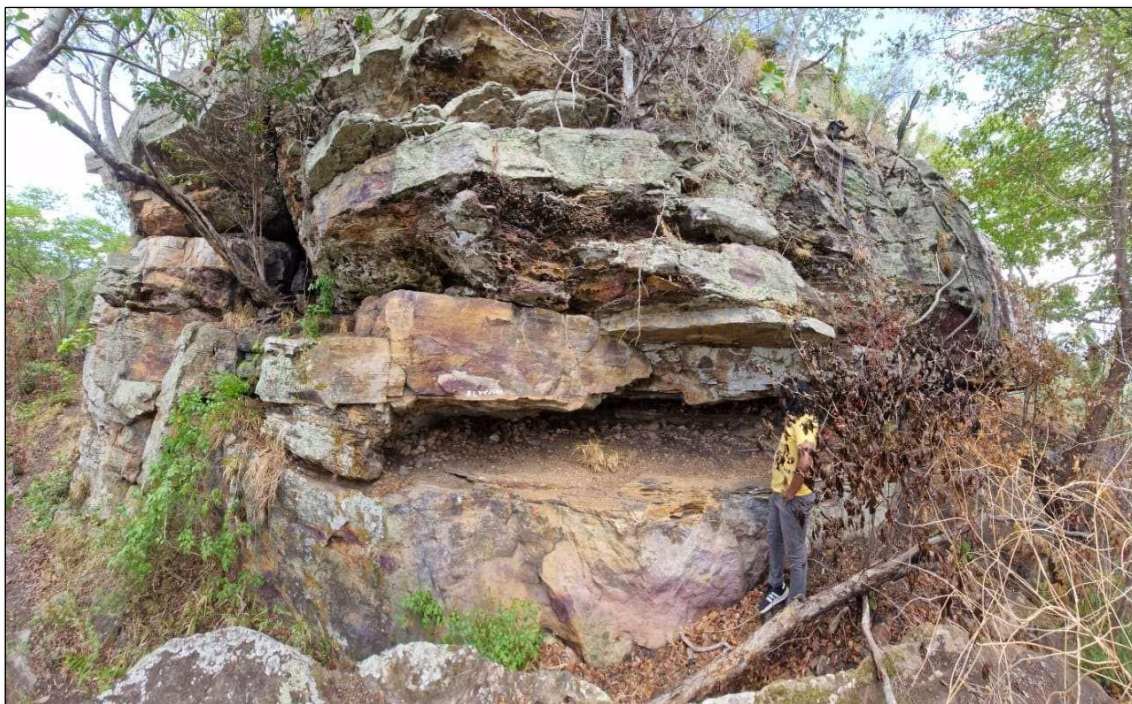
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A cavidade se desenvolve predominantemente em arenitos da Formação Itapecuru, com mergulho suave de $2,5^\circ$ no sentido geral 232° – 329° . A extensão mapeada é de aproximadamente 9,22 metros, com altura máxima interna de 0,72 metros, indicando um espaço restrito de circulação.

O interior da caverna é caracterizado pela presença de pequenos blocos de arenito, materializado no perfil por uma faixa de blocos soltos que ocupa quase toda a extensão do piso. Essa feição resulta de processos de fragmentação e colapso local das camadas menos resistentes. A vegetação seca e galhos caídos também são visíveis tanto no interior quanto na entrada da cavidade, apontando para a influência direta da dinâmica superficial e da sazonalidade climática da região.

As imagens fotográficas associadas ilustram a morfologia externa e interna da caverna (Figura 16). Observam-se estratificações cruzadas de arenito, zonas de intensa oxidação e desagregação superficial, além da cobertura vegetal rala típica dos ambientes de cerrado.

Figura 16 – Fotografia externa das cavernas Angélica I e II

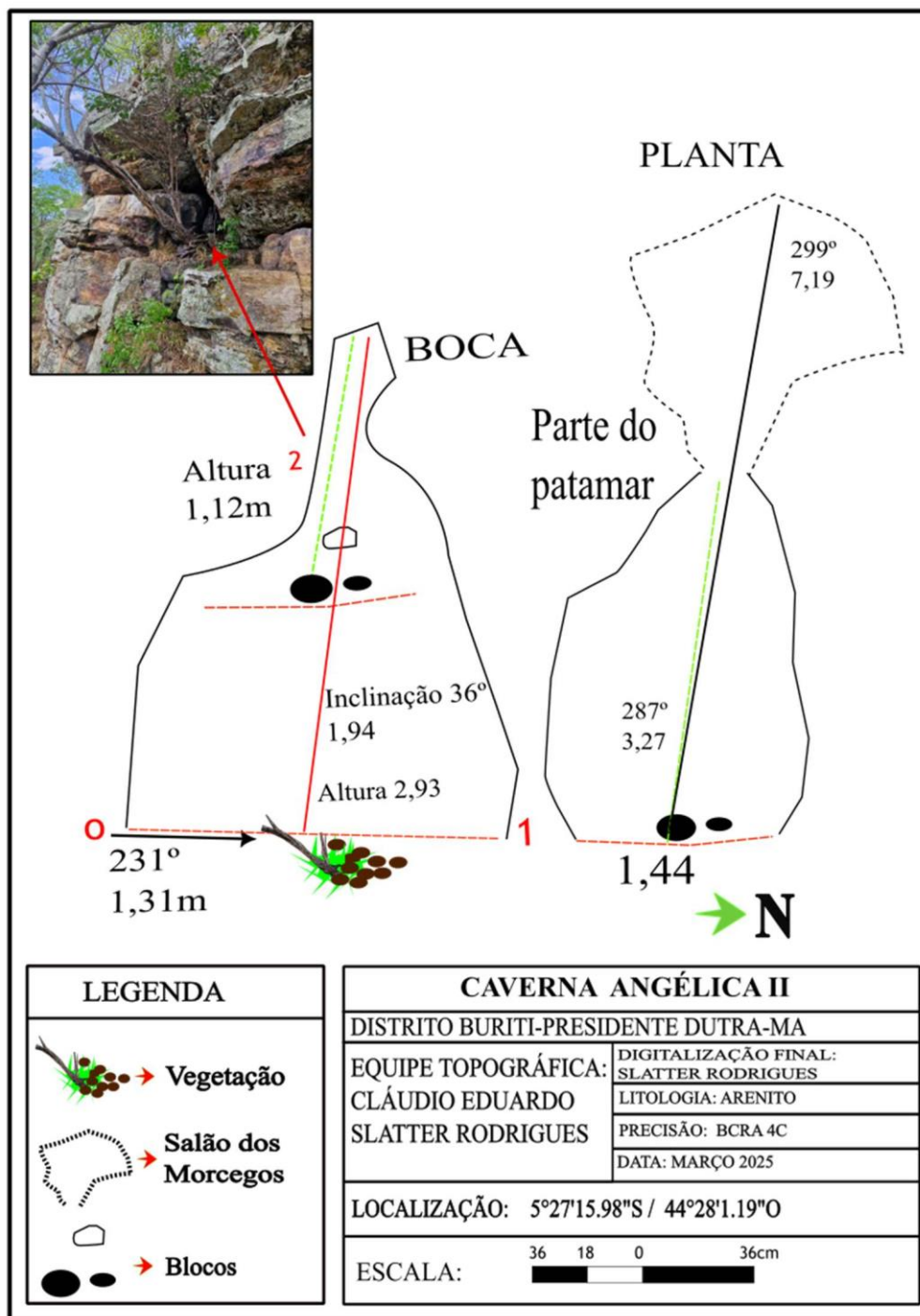


Fonte: Acervo dos autores, (2025)

A evidência da estratificação plano-paralela e cruzada reforça a origem fluvial do depósito, enquanto a abertura e evolução da caverna se relacionam ao intemperismo físico e químico progressivo, favorecido pela variação de umidade e temperatura.

A seguir, apresenta-se a topografia da Caverna Angélica II, situada no mesmo afloramento rochoso (Figura 17). Esta cavidade apresenta características distintas da primeira, como a presença de um patamar interno e uma entrada de difícil acesso conforme ilustrada na (Figura 18).

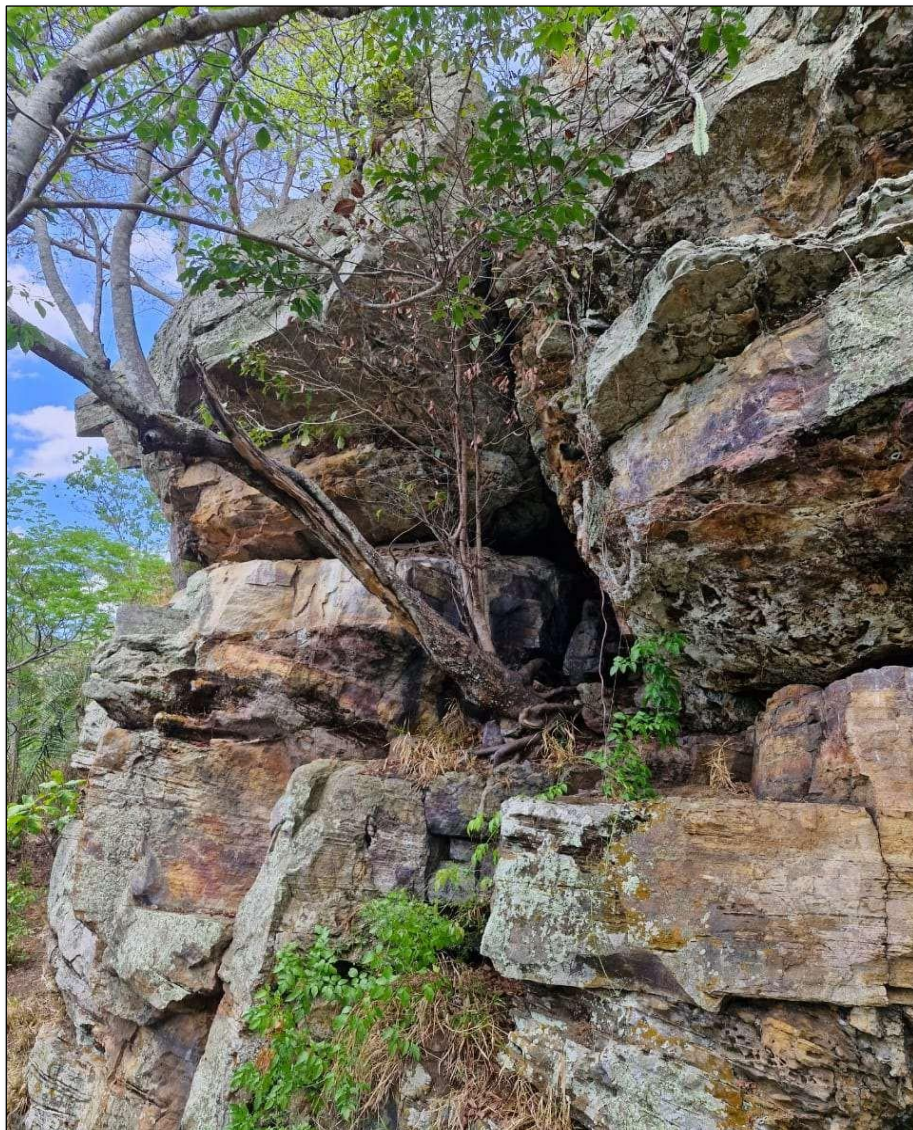
Figura 17 – Topografia da caverna Angélica II



Fonte: Elaborado pelo autor, (2025)

A primeira parte da topografia apresentada possui uma entrada simples, com altura aproximada de 2,93 metros, e largura de 1,31 metros com 231° de inclinação, acessada através de uma falha na rocha arenítica.

Figura 18 – Entrada da caverna Angélica II



Fonte: Acervo dos autores, (2025)

O perfil longitudinal apresenta uma galeria curta, com inclinação de 36° , e altura interna variando entre 1,12 metros e 1,94 metros. O desenvolvimento da caverna é restrito, e o espaço interno é marcado pela presença de blocos caídos e vegetação nas proximidades da boca.

A segunda parte difere da anterior por apresentar uma estrutura mais complexa, com destaque para a presença de um patamar logo após a entrada. A planta da caverna revela

duas galerias principais, com extensões de 3,27 metros e 7,19 metros no total, seguindo as direções de 299° e 287°, respectivamente. A entrada possui uma pequena elevação e inclinação similar à da primeira caverna, mas a variação interna de relevo e a distribuição dos blocos são mais evidentes.

Há também um espaço conhecido como Salão dos Morcegos, que indica abrigo de fauna cavernícola, como morcegos de diferentes tamanhos, e possivelmente outras espécies adaptadas às condições únicas das cavernas.

Novaes, (2012) destaca que as cavernas são abrigos muito importantes para a conservação de morcegos, sendo importantes, também, para a ecologia e evolução dessas áreas. Vários fatores podem influenciar a distribuição e o crescimento das comunidades e espécies de morcegos, entretanto deve-se também pela disponibilidade de alimento e de abrigos que são considerados os fatores mais importantes. (Trajano, 1985)

6.3 Processos espeleogenéticos identificados

As características morfológicas e estruturais identificadas nas cavernas estudadas evidenciam a atuação de múltiplos processos na sua formação e evolução. A presença de estratificações cruzadas nos arenitos do Grupo Urucuia, especialmente nas cavernas Angélica, indica que a evolução dessas cavidades foi influenciada pela heterogeneidade litológica, conforme observado na (Figura 14).

O processo de formação destas cavernas pode ser explicado pelo modelo de erosão diferencial proposto por Auler e Smart, (2002) onde camadas menos resistentes são preferencialmente erodidas, criando vazios que evoluem para cavernas. Este processo é evidenciado pelas variações na altura das galerias e na distribuição dos blocos desmoronados no interior das cavidades.

A oxidação observada na superfície rochosa (Figura 14) sugere a atuação de processos químicos complementares, onde a água acidulada promove a dissolução do cimento que une os grãos de quartzo, liberando-os gradualmente em um processo semelhante ao descrito por Eletrobrás, (2009) como "arenização da rocha". A presença de depósitos calcíticos laminares esbranquiçados reforça a hipótese de que, apesar de não serem cavernas em rochas predominantemente carbonáticas, os processos de dissolução química tiveram papel significativo em sua evolução.

6.4 Processos geomorfogênicos na formação das cavernas estudadas

As topografias e análises realizadas nas cavernas de Presidente Dutra-MA revelam a atuação de múltiplos processos geomorfológicos na formação dessas cavidades. Conforme estabelecido nos objetivos deste estudo, a identificação desses processos é fundamental para compreender a evolução dessas formas subterrâneas.

Nas cavernas Furnas, observou-se que o mergulho suave das camadas de arenito, associado às fraturas naturais da rocha, conduziu ao desenvolvimento de galerias predominantemente horizontais. O perfil da caverna Furna IV (Figura 11), com seu desnível acentuado e duas elevações significativas, sugere a influência de processos erosivos diferenciais atuando em camadas de resistência variável. Esta observação alinha-se com os modelos de erosão seletiva descritos por Auler e Smart, (2002), onde a água explora preferencialmente as zonas de fraqueza da rocha.

Em termos geológicos, as cavernas Furnas inserem-se num contexto de deformações estruturais variadas, resultando em formas mais arredondadas e simples. É frequente a ocorrência de infiltrações e depósitos de óxidos de ferro nas paredes internas, que apresentam coloração esbranquiçada decorrente da lavagem superficial. Tais feições remetem visualmente a cortes de estrada recém-expostos, com homogeneidade marcante.

Apesar de sua relativa distância dos centros urbanos, algumas dessas cavidades, como as Furnas, vêm sendo utilizadas esporadicamente como pontos de encontro por casais, o que demonstra um nível moderado de ocupação humana, embora a área ainda se mantenha com características preservadas em grande parte.

Já nas cavernas Angélicas, a análise da (Figura 14) evidencia a presença marcante de estruturas sedimentares plano-paralelas e cruzadas, além de sinais de oxidação. Estas características indicam que o processo de formação dessas cavidades está intrinsecamente relacionado às propriedades deposicionais originais do arenito, onde a água percola preferencialmente ao longo dos planos de estratificação, promovendo erosão diferencial e dissolução do cimento entre os grãos. Este processo se assemelha ao descrito pela Eletrobrás, (2009) como "arenização da rocha", onde a remoção gradual do material cimentante promove a desagregação dos grãos de quartzo.

6.5 Características geológicas das rochas encaixantes e sua influência na morfologia das cavernas

A caracterização geológica das rochas encaixantes, segundo objetivo específico deste estudo, revela a predominância de arenitos das Formações Grajaú e possivelmente

Urucuia, conforme identificado nas análises de campo. Estas formações apresentam características sedimentares distintas que influenciam diretamente a morfologia das cavernas.

Nas cavernas do Distrito Buriti, a presença de "intercalações de silexitos e fácies carbonáticas" identificadas sugere uma composição mais heterogênea, que favorece a dissolução química como processo complementar à erosão mecânica. A ocorrência de "depósitos calcíticos laminares esbranquiçados nas superfícies expostas" corrobora esta interpretação e indica que, mesmo em ambientes predominantemente areníticos, processos típicos de carste tradicional podem ocorrer em menor escala, conforme apontado por Suguio, (2010) ao discutir o conceito de "pseudo-carste".

A resistência diferencial das camadas identificadas explica as variações morfométricas entre as cavernas estudadas. Enquanto as cavernas Furnas apresentam desenvolvimento horizontal modesto (3,48 a 7,20 metros) e altura variável, as Angélica mostram maior complexidade estrutural, com desenvolvimento de até 9,22 metros e presença de compartimentos distintos, como o "Salão dos Morcegos". Esta diversidade morfológica reflete a influência determinante da litologia na configuração final das cavidades subterrâneas.

6.6 Contribuição dos mapas espeleológicos para documentação e estudos futuros

O terceiro objetivo específico deste estudo foi plenamente atendido com a elaboração de topografias detalhadas das cinco cavernas investigadas. Os mapas produzidos (Figuras 7, 9, 11, 15 e 17) representam uma contribuição significativa para o conhecimento espeleológico da região, preenchendo as lacunas documentais mencionadas na introdução deste trabalho.

As topografias elaboradas não apenas registram as dimensões e formas das cavidades, mas também documentam elementos importantes como a inclinação das camadas (por exemplo, o "mergulho suave de 2,5° no sentido geral 232°–329°" na Caverna Angélica I), a distribuição de blocos desmoronados e características específicas como o "Salão dos Morcegos" na Angélica II. Estas informações constituem uma base de referência essencial para monitoramento futuro dessas cavidades e para estudos comparativos com outras formações espeleológicas da região.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram alcançar todos os objetivos através da documentação detalhada das cinco cavernas na região, bem como da análise dos processos formativos atuantes. Foi possível identificar a predominância de processos erosivos diferenciais atuando sobre as camadas heterogêneas de arenito.

As observações de campo, particularmente nas cavernas Angélica, evidenciaram também a contribuição de processos de dissolução química, demonstrados pela presença de óxidos de cálcio e depósitos calcíticos nas superfícies rochosas. A combinação desses processos, associada às características estruturais das rochas sedimentares locais, explica a diversidade morfológica entre as cavernas estudadas.

Verificou-se também que as cavidades se desenvolveram principalmente em arenitos das Formações Grajaú e possivelmente Urucuia. As análises de campo permitiram identificar estruturas sedimentares características, como estratificações cruzadas e plano-paralelas, que influenciaram significativamente os padrões de desenvolvimento das cavernas. A presença de intercalações de diferentes fácies sedimentares mostrou-se determinante para a configuração final das cavidades, confirmando a estreita relação entre a litologia e a morfologia espeleológica.

Os mapas elaborados registram não apenas as dimensões físicas, mas também características morfo-estruturais relevantes, constituindo uma importante contribuição documental para o patrimônio espeleológico maranhense. As cavernas de Presidente Dutra-MA representam importantes registros da evolução geomorfológica regional e merecem atenção especial quanto à sua preservação. A identificação do "Salão dos Morcegos" na caverna Angélica II destaca, ainda, sua relevância como habitat para fauna cavernícola, reforçando seu valor ecológico além do geológico.

Como limitação do estudo, aponta-se a necessidade de análises geoquímicas detalhadas das rochas encaixantes, que poderiam fornecer dados adicionais sobre os processos específicos de dissolução. Para pesquisas futuras, sugere-se o monitoramento das condições microclimáticas destas cavernas, o aprofundamento dos estudos bioespeleológicos e a ampliação do levantamento para outras cavidades potencialmente existentes na região.

Conclui-se, portanto, que as cavernas de Presidente Dutra-MA se formaram predominantemente através de processos erosivos diferenciais e dissolução química em rochas areníticas, corroborando a hipótese inicial deste trabalho. O estudo contribui

significativamente para o conhecimento espeleológico da região e estabelece bases para futuras investigações científicas e iniciativas de conservação.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, G. A. de. **Revisão geológica da bacia paleozoica do Maranhão.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo. Anais... São Paulo, 1971: SBG, 1971. v.3, p. 113-122.
- ALVES, Souza, C; DUARTE, Silva, Q. (2022). Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão: **Características Geológicas, Geomorfológicas, Pedológicas e densidade de drenagem.** *Revista Ciência Geográfica*, 26(01), 51–71. Disponível em: <https://doi.org/10.18817/26755122.26.01.2022.2873>. Acesso em: 29 maio, 2025
- AULER, A. S. **Karts Evolution and Palaeoclimate of Eastern Brazil.** University of Bristol: England, 1999. (tese)
- AULER, A. S.; SMART, P.L. 2002. Toca da Boa Vista (Campo Formoso), BA. **A maior caverna do Hemisfério Sul.** In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Winge, M.; BerbertBorn, M. (Org.). Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM, p. 443-451.
- AURELI, A. **The UNESCO IHP's Shared Aquifer Resources Management Global Project.** AQUAmundi, 1, 1-6, 2010.
- BOGGIANI, Paulo César *et al.* **Definição de capacidade de carga turística das cavernas do monumento natural Gruta do Lago Azul (Bonito, MS).** *Geociências*, v. 26, n. 4, p. 333-348, 2007. Tradução. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9649/9009>. Acesso em: 28 maio, 2025.
- BRASIL. **Decreto Nº 10.935**, de 12 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.935-de-12-de-janeiro-de-2022373591582>. Acesso em: 11 Mar; 2025.
- BRITO NEVES, B.B. **The Cambro-ordovician of the Borborema Province.** Boletim IG - Série Científica, São Paulo, v. 29, p. 175-193, 1998.
- CASTRO, CE de; Silva, FM **Espeleotemas em Arenito: o Maranhão como Cenário Geoespeleológico.** *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18 (2 e06881), 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-156>. Acesso em: 22 maio, 2025
- CESAD/UFS. **Geomorfologia Estrutural: Morfologia Cárstica.** Universidade Federal de Sergipe, 2012. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15502516022012Geomorfologia_Estrutural_Aula_9.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS-CECAV. Cadastro Nacional de Informação e Espeleológicas-CANIE, 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 27 maio, 2025

CLIMATEMPO. Previsão do tempo: **Presidente Dutra-MA**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-dotempo/15dias/cidade/1056/presidentedutra-ma>. Acesso em: 15 fev, 2025.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Programa levantamento básico do Brasil**, folha 23-SB-X-C, 1:250.000-Presidente Dutra. Brasília: CPRM, 1994.

COSTA, J. L. Programa Grande Carajás: Castanhal, Folha SA.23-V-C- Estado do Pará. Belém: CPRM, 2000. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. CD-ROM.

ELETROBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras. **Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental**. Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), S.A, Brasília, 2009.

FEITOSA, A. C. **O Maranhão primitivo: uma tentativa de constituição**. São Luís: Ed. Augusta, 1983.

FEITOSA, A.C. **Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 4 Goiânia, Anais... Goiânia: UGB, 2006. P. 1-11

FERREIRA, R. L. Biologia Subterrânea: **Conceitos Gerais e Aplicação na Interpretação e Análise de Estudos de Impacto Ambiental**. In: CARVALHO, S. C. (org.). III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas, 89- 113p. 2011

FERREIRA, C. F., Uagoda, R. E. S., 2019. **Tipologias do carste e classificações de dolinas: uma revisão**. Revista Caminhos de Geografia, 20 (70), 519-537.

FORD, D. C.; WILLIAMS, P. **Karst hydrogeology and geomorphology**. London: Unwin Hyman, 2007.

GÓES, A. M. de O.; TRAVASSOS, W. A. S.; NUNES, K. C. **Projeto Parnaíba: reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias**. Belém: PETROBRAS, 1993. 3 v.

GÓES, A.M.O., Feijó F.J. 1994. **Bacia do Parnaíba**. Rio de Janeiro, Boletim de Geociências da Petrobrás, 8(1):57-68.

GOOGLE. Google Earth website. Disponível em: <https://earth.google.com/web/search/presidente+dutra/@-5.29749716,-44.48960347,116.3806628a,9259.99463081d,35y,0h,0t,0r/data=CiwiJgokCS3AVMG6ABfAEUo4tz0s5hfAGdGbrnxZCkbAIYGHsZxmLEbAQgIIAUICCABKDQj8BEAA>. Acesso em: 20 fev, 2025.

GOOGLE. Google Maps website. Disponível em: https://maps.app.goo.gl/2ffxt3W53yMDisuUA?g_st=aw. Acesso em: 10 fev. 2024.

HILL, C.A. and Forti, P. (1997) **Cave Minerals of the World**. 2nd Edition, National Speleological Society, Huntsville.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Cidades e Estados-Maranhão**, (2024)

_____ **censo 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html?utm.com>. Acesso em: 12 maio, 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Mapa geológico** de Presidente Dutra. São Luís-MA, 2023. Escala 1:250.000

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Mapa geomorfológico** de Presidente Dutra. São Luís-MA, 2023. Escala 1:250.000

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Uso e Cobertura da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 12 maio, 2025.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-ICMBio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/Area%20de%20Ocorrencia%20de%20Cavernas>. Acesso em: 06 abr. 2025

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Perfil do Maranhão 2006/2007**. São Luís: IMESC, 2008. v.1.

KARMANN, I.; Sánchez, L.E. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil**. Espeleo-Tema, n. 13, ano IX. SBE. 1979.

KARMANN, Ivo e SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Speleological provinces in Brazil**. 1986, Anais. Barcelona: Union International D'espeleologie, 1986. p. 151-153. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/02ebc07d-5c2f-420a-8d0e39041194223b/0754149>. Pdf. Acesso em: 29 maio 2025.

KOHLER, H. C. **Geomorfologia Cárstica**. (1998). In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. Geomorfologia: **Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 472 p

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.

LISBOA, M.A.R. 1935. **A Bacia do Gurupy e as suas minas de ouro**. Rio de Janeiro, DNPM. B.Serv.Fom.Prod.Min. n. 7.

LOBO; BOGGIANI/**Boletim Paranaense de Geociências** 70 (2013) 190-199

MANOEL FILHO, J. **Ocorrências das águas subterrâneas**. In: FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM, 2000. p. 13-33.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto Radam**. Parte das folhas SC.23 Rio São Francisco e SC.24 Aracaju. MME, 1973.

MOURA, P. E. F. *et al.* **Espeleometria e descrição do endocarste da Casa de Pedra de Martins-RN**. In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. Anais... Campinas: SBE, 2019. P. 217-222. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais35cbe/35cbe_217-222.pdf. Acesso em: 25 jun. 2025.

NÓBREGA, Ranyére Silva. **Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010.

NOVAES, R.L.M. Morcegos e Cavernas: **histórias escondidas de evolução, conservação e preconceito**. Ciência Hoje, v.49, p.294, 2012.

OXALIS, ADVENTURE; 2025. Disponível em: <https://oxalisadventure.com/cave/son-doong-cave/>. Acesso em: 20, Jun 2025.

PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA, ESTADO DO MARANHÃO: **relatório diagnóstico do município de Presidente Dutra** / Francisco Lages Correia Filho, Érico Rodrigues Gomes, Ossian Otávio Nunes, José Barbosa Lopes Filho. - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.

RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO ESTADO DO MARANHÃO (ZEE-MA) – **Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro** (Relatório Técnico) / Helen Nébias Barreto (Coord.). – São Luís: IMESC, 2022.

RELATÓRIO TÉCNICO DE GEOLOGIA, HIDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DO ZONEAMENTO (ZEE) Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – **Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro** / Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos São Luís: IMESC, 2023.

RENAULT, P. 1953. **Caractères généraux des grottes gréseuses du Sahara méridional**. Anais I Congrès International de Spéléologie. p. 275- 289: 1953.

RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física, (2017). **Carste em Rochas Não Carbonáticas: contribuição ao estudo geomorfológico em cavernas de arenito da Amazônia Paraense**. v.10, n.06, p 03.

SANCHEZ, L.E. **O Sistema, Unidade Lógica de Referência dos Estudos Espeleológicos**. Revista Espeleo-Tema. v.16, p.3-14. 1986.

SANTOS, E. J. dos. *et al.* **A região de dobramentos nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Cráton de São Luís e as bacias marginais**. In: SCHOBENHAUS, C. (Coord.) *et al.* Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais - escala: 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984. p. 131- 189.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL-SGE, 2014. *apund* Grupo Bambuí de pesquisas espeológicas, **COMPTON'S Interactive Encyclopedia**. [s.l.], **Compton's NewMedia**, 1992. WIKIPÉDIA em português. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/espeologia-oestudo-das-cavernas>. Acesso em: 10 Mar, 2025

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA-SBE, CADASTRO NACIONAL DE CAVIDADES-CNC, 2024. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/cnc/Administracao/EstatisticaDetail?intTipoRel=2>. Acesso em: 27 maio, 2025.

SPINELLI; ARAUJO, Luciana *et al.* Documentos 108: **conservação da biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário atual em dados geoespaciais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 28 p.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: 2010, oficina de textos.

TRAJANO, E. **Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia, São Paulo, v.2, n.5, p.255-320, 1985.

TRAJANO, E; BERBERT-BORN, M.; LOBO, H, A, S. **Memorial importância do patrimônio espeológico brasileiro** [livro eletrônico]. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Espeologia, 2024.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Brasília: ICMBio, 2019. 242 p.

WHITE, W. B.; JEFFERSON, G. L.; HAMAN, J. F. 1967. **Quartzite Karst in Southeastern Venezuela**. *International Journal of Speleology*. Vol. 2 (4), UIS.

ZONIFICAÇÃO DO TERRITÓRIO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO MARANHÃO-ZEE-MA. **Etapas Bioma Cerrado e Sistema Costeiro** / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias; Paulo Henrique de Aragão Catunda (Orgs). São Luís: IMESC, 2021. 283 p.