

EXPLORANDO O SUBSTRATO SUBTERRÂNEO: GRANULOMETRIA E DENSIDADE DE PARTÍCULAS NA LAPA DO BOQUEIRÃO EM VILA PROPÍCIO - GO

Lorena Souza Miranda ¹
Pedro Felix de Oliveira ²
Cristina Maria de Souza-Motta ³
Jadson Diogo Pereira Bezerra ⁴
Vlãdia Correchel ⁵
Renata Santos Momoli ⁶

1 INTRODUÇÃO

O relevo cárstico está associado às rochas solúveis, principalmente carbonáticas, podendo também ocorrer em rochas siliciclásticas e ferruginosas. O carste apresenta morfologia única, com feições específicas como dolinas, vales cegos, paredões, lapíás, entre outras e também uma drenagem predominantemente subterrânea (Piló, 2000).

O solo desse ambiente muitas vezes corresponde ao epicarste, onde os materiais minerais e orgânicos se misturam, interagem e se fundem em limites difusos com depósitos de sedimentos. Esse segmento do carste possui menor quantidade de estudos aprofundados e informações sobre sua estrutura, textura, permeabilidade e fertilidade química que juntos podem auxiliar na compreensão das relações ecológicas e hidrológicas no carste.

Os sedimentos, por outro lado, são definidos como “material originado pela destruição de rochas preexistentes, susceptível de ser transportado e depositado” (Guerra, 1993), no ambiente cavernícola, os sedimentos possuem uma característica similar. Em cavernas o “solo” é formado, em certos casos, pela decomposição da rocha matriz “*in situ*”, mas na sua maioria por sedimentos (minerais e orgânicos) (Sirtoli; Lima, 2002). Dessa forma, é importante destacar que os sedimentos, juntamente com a

¹Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Goiás - UFG, lorenasouza@discente.ufg.br;

²Mestrando pelo Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal de Goiás - UFG, felix.pedro@discente.ufg.br;

³Professora Dr^a. no Departamento de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, cristina.motta@ufpe.br;

⁴Professor Dr. no Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal - UFG, jadsonbezerra@ufg.br;

⁵Professora orientadora: Dr^a. Vlãdia Correchel, Escola de Agronomia - UFG, vladiaea@ufg.br;

⁶Professora orientadora: Dr^a. Renata Santos Momoli, Instituto de Estudos Socioambientais - UFG, rsmomoli@ufg.br.

ação dos organismos encontrados, podem proporcionar a formação do solo no interior cavernícola.

As cavernas inseridas nesse tipo de paisagem são cavidades naturais que permitem o acesso de seres humanos. Esse tipo de ambiente possui algumas peculiaridades, como alta estabilidade ambiental, ausência permanente de luz natural, umidade elevada que tende à saturação e, em geral, temperatura que, principalmente em áreas afastadas de sua entrada, é constante e menor que as médias anuais do ambiente externo circundante (Pulson; White; 1969 *apud* Costa, 2015, p.15).

É importante considerar que as cavernas são ambientes sensíveis e possuem seus próprios ecossistemas. Além disso, historicamente são abordadas como o primeiro lar dos seres humanos, como indicam as pinturas rupestres encontradas nas paredes de cavernas. Ao longo dessa história, houve forte interação entre grupos humanos e relevos de natureza cárstica (Soares; Barros, 2009, p. 57), tal informação revela a importância cultural e cênica desses ambientes cavernícolas.

No Brasil, segundo o Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2022), há cerca de 23.378 cavernas registradas, sendo 1.094 localizadas no estado de Goiás, especialmente na região nordeste. Essa região de Goiás está inserida na Província do Bambuí (grupo de rochas de formação calcária), o que explica sua alta concentração de cavernas (Karmam; Sánchez 1979). Na região central do estado de Goiás, a oeste da Província do Bambuí, está a unidade espeleológica do Grupo Araxá, composta por rochas metassedimentares e lentes de rochas carbonáticas, que afloram no município de Vila Propício.

A preservação dessas formações geológicas é vital não apenas para a manutenção da biodiversidade local, mas também para a pesquisa científica e o turismo sustentável. A geoconservação em Vila Propício - GO, garante a proteção desse patrimônio natural, promovendo o desenvolvimento econômico e social, ao mesmo tempo em que conserva a integridade dos ecossistemas subterrâneos e a história geológica desta importante região.

Portanto, dado ao grande número de cavernas existentes neste município e a escassez de pesquisas sobre as condições de seus atributos físicos, essencialmente sobre seus solos e sedimentos. Este estudo pretende contribuir com dados e informações primordiais sobre esses atributos que podem servir como subsídio para planos de manejo espeleológico das cavernas dessa localidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área

O município de Vila Propício está localizado na mesorregião Leste de Goiás entre as coordenadas geográficas 15° 27' 25" Sul e 48° 53' 20" Oeste, a cerca de 205 km de Goiânia e 194 km de Brasília (Figura 1). De acordo com dados do IBGE (2022), a área do município é de 2.181,593 km² e sua população está estimada em 5.815 habitantes. A caverna Lapa do Boqueirão, investigada neste estudo, está situada a cerca de 40 km do perímetro urbano da cidade, localizando-se na microbacia do Córrego Pai José.

O clima do município é caracterizado como tropical semiúmido e possui temperatura média anual entre 22°C e 26°C. A precipitação anual pode atingir 1.500 mm, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024). Nas áreas de maiores declividades, encontra-se a caverna Lapa do Boqueirão que fica em uma altitude que varia de 760 a 840 metros.

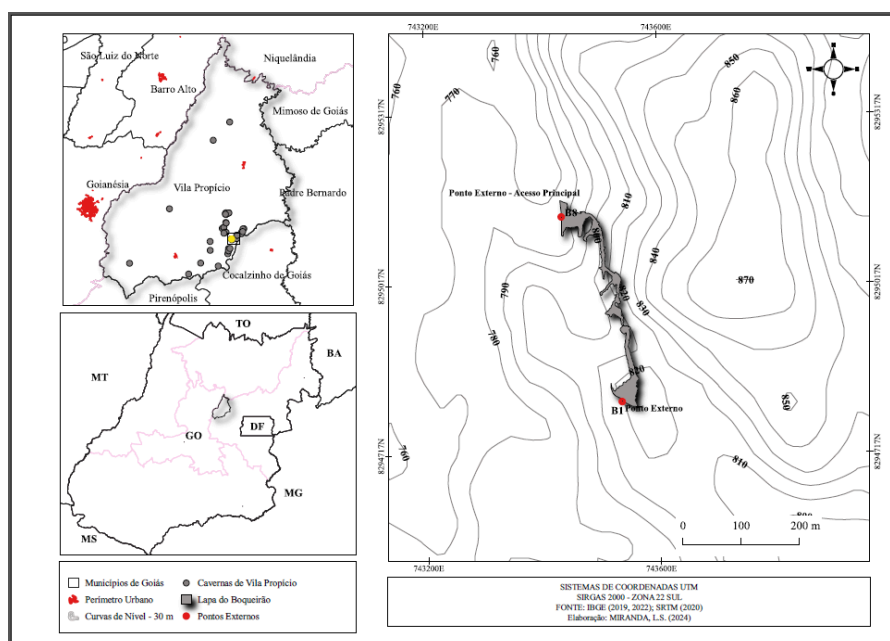


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Miranda, 2024.

A litologia de Vila Propício está inserida no Grupo Araxá, composto por rochas metassedimentares como xistos, quartzitos, mármore, filitos e rochas carbonáticas (Navarro; Zanardo; Conceição, 2013). Os minerais com mais ocorrência nesses tipos de rochas incluem calcita, dolomita, muscovita, quartzo e entre outros.

Quadro 1. Valores de densidade dos minerais mais comuns da litologia do Grupo Araxá

Minerais	Densidade (g cm ⁻³)
Calcita	2,71
Dolomita	2,86 - 3,36
Muscovita	2,77 - 2,88
Quartzo	2,65

Fonte: Museu Heinz Ebert, 2024.

De acordo com o mapa de solos da escala de 1.250.000 disponibilizado pelo Sistema Estadual de Geoinformação (2017), os solos na área onde está localizada a caverna são classificados como Cambissolo Háptico Tb distrófico, enquanto em seu entorno ocorrem Latossolos Vermelhos distróficos e Neossolos Litólicos distróficos.

As principais atividades econômicas do município incluem pecuária (gado leiteiro e de corte), agricultura (arroz, milho e soja) e mineração (extração de calcário). O município também apresenta potencial elevado para a implantação do espeleoturismo devido ao número de cavernas que seu território possui (Freitas; Dias; Momoli, 2019). Atualmente, a região cárstica de Vila Propício possui 55 cavernas cadastradas, tornando o município o oitavo maior complexo de cavidades do estado de Goiás (CANIE, 2022).

2.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram baseados em três etapas: i) levantamento bibliográfico; ii) trabalho de campo - foram coletadas amostras de solo (parte externa) e sedimentos (parte interna) na caverna levando em consideração suas zonas de luminosidade (Figura 2). No total foram coletadas oito amostras (B1 e B8 - parte externa, B2 a B7 - parte interna) (Figura 2); iii) análise laboratorial - foram realizadas as análises físicas (granulometria e densidade de partículas) das amostras de solo e sedimentos.

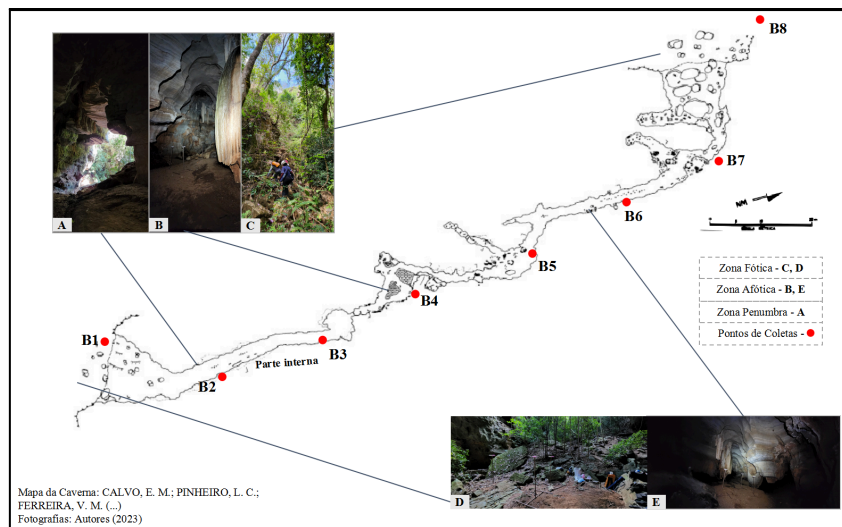


Figura 2. Localização dos pontos de coleta (B1 a B8) na caverna Lapa do Boqueirão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados das análises físicas foi possível elaborar o mapa detalhado da planta da caverna Lapa do Boqueirão, destacando as variações expressivas na granulometria entre cada ponto de amostragem (Figura 3).

Nas Figuras 3 e 4, observa-se que na caverna da Lapa do Boqueirão há predominância de partículas de tamanho areia na composição granulométrica dos sedimentos. A fração areia variou de 71 a 85% entre os pontos, com maior concentração na porção inicial-central do ambiente cavernícola nos pontos B6 e B7 (Figura 3 e 4).

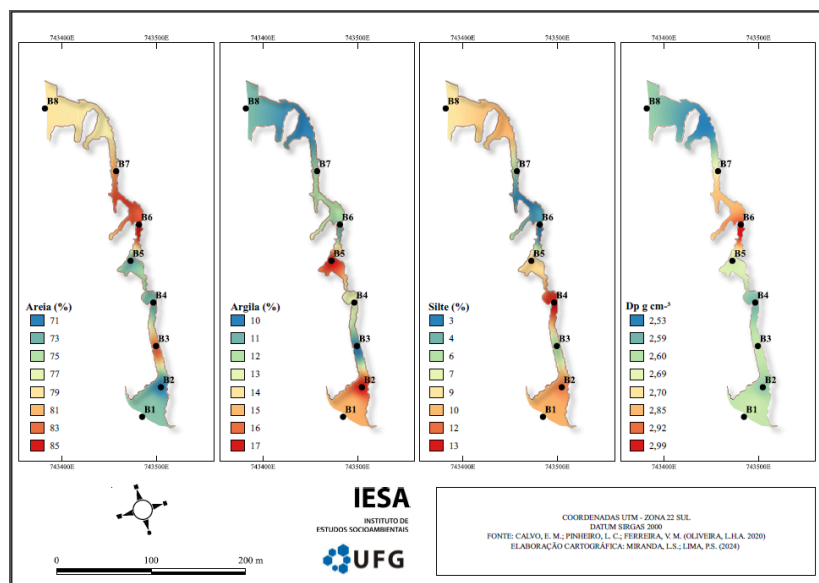


Figura 3. Distribuição espacial das frações granulométricas areia, silte e argila, expressas em porcentagem, e da densidade de partículas, expressa em g cm^{-3} de solos e sedimentos na caverna Lapa do Boqueirão. Fonte: Miranda, L. S.; Lima, P. S. 2024.

A fração argila ocorre em segundo lugar em termos de frequência, variando de 10 a 17%, com maior concentração na porção final da caverna, próximo aos pontos B1 e B2. A fração silte tem menor participação na composição granulométrica dos sedimentos, variando de 3 a 13%, com maior concentração na porção central, próximo ao ponto B4.

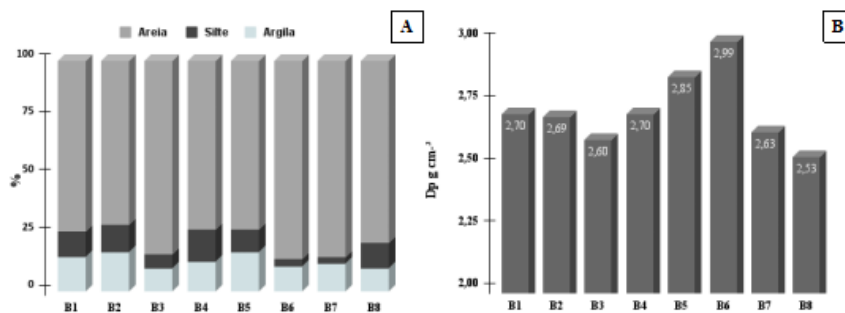


Figura 4. Composição granulométrica (A) e Densidade de partículas(B) encontrados nos pontos de coletas.

Trechos mais arenosos costumam ter poros maiores, melhor infiltração de água e por isso secam mais rapidamente após o molhamento, enquanto trechos mais argilosos tendem a ter poros menores, infiltração de água mais lenta e permanecem úmidos por mais tempo. Assim, a fauna e flora do ambiente cavernícola podem ser impactados de maneiras distintas em cada uma dessas áreas, pois a retenção de umidade pelas frações de solo realiza-se através das forças de adesão e coesão (Oliveira; Queiroz, 1975 p. 69).

Áreas com maior quantidade de areia tendem a ter uma infiltração de água mais elevada, o que pode influenciar significativamente a dinâmica hidrológica e a formação sedimentar dentro da caverna (Travassos; Varela, 2022, p. 19).

Os altos teores de areia encontrados nos pontos B3 e B6 da caverna, podem ser resultantes da presença de rochas como quartzito da Formação Araxá presentes a montante da caverna, segundo dados do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2024) previamente realizado na região. Além disso, a localização a jusante da caverna reforça que ela é influenciada pelo escoamento superficial das áreas circundantes mais elevadas, devido essencialmente às condições do solo e declividade na região mais alta do relevo. Os teores de argila e silte foram mais concentrados nos pontos B1 e B2, e podem ser justificados pela presença de rochas com tendência de fornecer materiais argilominerais, como a muscovita, mineral que é comum em solos da região. Essa localização no final da caverna estando sobre uma altitude de 820 m pode favorecer a deposição desses

materiais finos, uma vez que a dinâmica do fluxo de água e sedimentos dentro da caverna pode acumular em áreas mais estáveis, ou seja, planas e protegidas da erosão direta.

Valores de densidade de partículas (D_p) predominantes no interior da caverna variam entre 2,53 e 2,69 g cm⁻³, o que indica prevalência do mineral quartzo, compatível com o material de origem Quartzito transportado das encostas a montante. Excepcionalmente, no ponto B6 há presença de partículas com D_p de 2,99 g cm⁻³, o que indica a presença de mineral bem mais denso, compatível com dolomita, o que é perfeitamente compreensível por se tratar de mineral comum em rochas carbonáticas passíveis de dissolução e formação de cavernas. Essas variações afetam a compactação e retenção de água nos solos e sedimentos, influenciando as características geológicas e biológicas da área (Santos, 2011).

A maior D_p no ponto B6 da caverna, indica uma condição específica de concentração de minerais mais densos nessa posição onde a concentração da fração de areia também é alta. Os tipos de minerais encontrados na rocha matriz, devido à composição química e estrutura cristalina, determinam sua densidade de partículas (Brady, Weil, 2013 p. 17).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo identificou a variabilidade espacial das frações granulométricas e da densidade de partículas de pontos de amostragem em diferentes zonas de intensidade luminosa da caverna Lapa do Boqueirão. Os elevados valores de densidade de partículas refletem a influência da litologia circundante e da dinâmica hidrológica interna, sugerindo a necessidade de investigações aprofundadas sobre a composição mineralógica das rochas matrizes, a topografia interna da caverna e a capacidade de infiltração de água e de redistribuição de sedimentos em cada região da caverna.

Na caverna Lapa do Boqueirão predominam solos e sedimentos arenosos (acima de 70% de areia), seguidos de argilosos e siltosos. Os teores de areia, silte e argila variaram fortemente entre as diferentes posições internas da cavidade e em ambas aberturas. Tal variação pode ter influência direta do relevo externo e do transporte de partículas por escoamento superficial durante eventos chuvosos.

Essas informações são essenciais para o manejo e conservação das cavernas, especialmente em relação ao espeleoturismo e à preservação dos ecossistemas

subterrâneos. Esse estudo é um subsídio importante para planos de manejo espeleológico, promovendo práticas sustentáveis que garantem a integridade das formações naturais e valorizem o patrimônio científico e cultural de Vila Propício.

REFERÊNCIAS

BRADY, N. C.; WEIL, R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos** : Nyle C. Brady, Ray R. Weil; tradução de Igo Fernando Lepsch. 3.ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. 684 p.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS.
Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas. Disponível em:
<<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/canie> > Acesso em: 27 de mai. 2024.

COSTA, F. L. B. **Identificação de fungos isolados de cavidades naturais subterrâneas do Parque Estadual do Sumidouro**. 2015. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Microbiologia, Instituto de Ciências Biológicas Programa de Pós-Graduação em Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-B27NAS> . Acesso em: 27 mai. 2024.

GUERRA, A.T. **Dicionário geológico geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1993, p.388.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/vil> . Acesso: 24 de mar. 2024.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômico.
Sistema Estadual de Geoinformação. Disponível em:
<http://dados.sieg.go.gov.br/Sieg/produtosIMB.asp?cod=4715> Acesso em: 15 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Vila Propício, GO**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

FREITAS, S.T.O.; DIAS, P.A.; MOMOLI, R. S. Potencial do turismo espeleológico na região de Vila Propício (GO). In: ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 35, 2019. Bonito. **Anais...** Campinas: SBE, 2019. p.485-491. Disponível em:
https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2021/07/35cbe_485-491.pdf Acesso em: 13 mai. 2024.

KARMANN, I; SÁNCHEZ, L.E. **Distribuição de rochas carbonáticas e províncias espeleológicas**. Espeleo-Tema, São Paulo, ano IX, n. 13, p. 105-167, 1979.

MUSEU HEINZ EBERT. Unesp, Departamento de Petrologia e Metalogenia - Rio Claro/SP. Disponível em: <https://museuhe.com.br/mineral>. Acesso em: 10 Jun 2024.

NAVARRO, G. R.B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F.T. O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.

OLIVEIRA, L. B.; QUEIROZ, E. N. Curvas características de retenção de umidade de solos do Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Sér. Agron. Rio de Janeiro, v. 10, p. 69-75, 1975.

PILÓ, L.B. Geomorfologia Cárstica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.

SANTOS, P. D. M. **Estudo da densidade das partículas, densidade aparente e da porosidade total como base para verificar se o solo da área experimental do ICSEZ/UFAM/Parintins está ou não compactado**. Parintins: Universidade Federal do Amazonas, 2011. Relatório de Pesquisa. Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia - Itacoatiara. Programa PIBIC 2010. Acesso Aberto. Disponível em: <<http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/1966>> . Acesso em: 01 ago. 2024.

SIRTOLI, B.; LIMA, E. C. Caracterização preliminar de sedimentos de cavernas em sistemas cársticos do Primeiro Planalto Paranaense. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1-2, p. 87-90, 2002.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. CPRM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SOARES, C. J.; BARROS, L. **Grutas e Cavernas da Província Cárstica do Alto São Francisco: Minas Gerais**. Belo Horizonte. MG: Plusinfo, 2009.

TRAVASSOS, L. E. P.; VARELA, I. D. (org.). **Vivendo no Carste: Compreendendo os Processos Naturais desta Paisagem**. Brasília: ICMBio, 2022.