

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Gruta dos Brejões, BA

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2025

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Gruta dos Brejões, BA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bitencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

EQUIPE TÉCNICA

Coordenação

Tiago Antonelli

Execução

Patrícia Mara Lage Simões

Rafael Silva Ribeiro

Rubens Pereira Dias

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS

Gruta dos Brejões, BA

AUTORES

Patrícia Mara Lage Simões

Rafael Silva Ribeiro

Rubens Pereira Dias



Salvador
2025

**AVALIAÇÃO GEOTÉCNICA NOS ATRATIVOS
GEOTURÍSTICOS - GRUTA DOS BREJÕES, SA**

REALIZAÇÃO

**Departamento de Gestão Territorial – DEGET
Divisão de Geologia Aplicada – DIGEAP**

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Tiago Antonelli

AUTORES

Patrícia Mara Lage Simões
Rafael Silva Ribeiro
Rubens Pereira Dias

APOIO TÉCNICO

Revisão do texto

Irinéa Barbosa da Silva

Normalização Bibliográfica

Divisão de Documentação Técnica – DIDOTE

Jéssica dos Santos Gonçalves

Projeto Gráfico / Editoração

Divisão de Editoração Geral – DIEDIG

Andréia Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (SUREG-SP)

Marina das Graças Perin

AGRADECIMENTOS

Os profissionais do Serviço Geológico do Brasil agradecem à equipe do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) e aos moradores da Comunidade Quilombola da Gruta dos Brejões pelo apoio fornecido durante o desenvolvimento deste estudo.

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.cprm.gov.br
seus@sgb.gov.br

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ao ordenamento territorial e à prevenção de desastres. Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) desempenha papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo principal objetivo é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, no aprimoramento e na execução de políticas voltadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações voltadas à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação destinadas a agentes públicos e à sociedade em geral. Assim, com o espírito de inovação e o compromisso de promover a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações apresentadas neste relatório possam ser utilizadas em benefício do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

A Gruta dos Brejões está inserida na Área de Proteção Ambiental Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho. O local recebe visitantes de diferentes estados brasileiros e também do exterior. A gruta é constituída por um maciço rochoso formado por rochas carbonáticas, estando sujeita à ocorrência de processos como quedas de blocos e tombamentos. Diante desse cenário, torna-se imperativa a realização de uma avaliação do perigo geológico das trilhas percorridas pelos turistas. Com esse intuito, o Serviço Geológico do Brasil foi acionado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia para avaliar os perigos geológicos existentes na região, os quais foram identificados e categorizados no âmbito da presente pesquisa. Este relatório tem como finalidade orientar e auxiliar os gestores da Gruta dos Brejões na proposição e implementação de medidas voltadas à segurança dos visitantes. Os trajetos analisados correspondem, segundo o guia local, aos caminhos de maior fluxo turístico na área de estudo.

Palavra chave: geologia de engenharia; geoturismo; prevenção de desastres; Bahia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
3. METODOLOGIA	13
3.1. INTRODUÇÃO	13
3.2. PROCESSOS ANALISADOS	14
3.3. CLASSIFICAÇÃO DO PERIGO GEOLÓGICO	16
4. ÁREA DE ESTUDO	17
4.1. LOCALIZAÇÃO E VIA DE ACESSO	17
4.2. GEOLOGIA	18
4.3. FORMAÇÃO E EVOLUÇÃO DOS AMBIENTES CÁRSTICOS.....	21
4.4. GEOMORFOLOGIA.....	22
5. RESULTADOS	24
5.1. TRILHA DA COMUNIDADE.....	25
5.2. TRILHAS DO SALÃO DO ALTAR.....	27
5.3. TRILHA DO PRIMEIRO SALÃO DE ESTALAGMITES.....	30
5.4. TRILHAS DO SALÃO DO BOLO E DO SALÃO DE AREIA	31
5.5. TRILHA DO SALÃO DA CORTINA.....	34
5.6. TRILHA DO SEGUNDO SALÃO DE ESTALAGMITES	36
5.7. TRILHA DO TERCEIRO SALÃO DE ESTALAGMITES	38
5.8. TRILHA DA PRIMEIRA CLARABOIA	40
5.9. TRILHA DA SEGUNDA CLARABOIA	43
5.10. TRILHA DO CÂNION	46
5.11. TRILHA DA RESSURGÊNCIA	48
5.12. CAMINHO DAS ÁGUAS	51
5.13. TRILHA DO SALÃO QUENTE	53
5.14. TRILHA DO SALÃO DE BANHO	54
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	55
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2022, dez pessoas faleceram em função de tombamento de bloco rochoso sobre uma embarcação turística no Lago de Furnas, localizado no município de Capitólio - MG. Além da comoção nacional, esse evento serviu de paradigma, ao demonstrar que os desastres provocados por perigos naturais não se restringem aos centros urbanos, onde historicamente registram-se os impactos econômicos mais significativos e o maior número de perdas de vidas humanas (Banco Mundial; FAPEU; CEPED UFSC, 2020). O acidente evidenciou a necessidade da realização de estudos geológico-geotécnicos em locais com atrativos geoturísticos, para salvaguardar tanto a vida dos turistas quanto dos profissionais que frequentam tais locais.

Desde então, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) tem sido acionado por diversos órgãos para elaborar avaliações geológico-geotécnicas em áreas onde são desenvolvidas atividades de ecoturismo, com vistas a contribuir para o aprimoramento das práticas de gestão ambiental e das condições de segurança dos transeuntes. Essa ação do SGB-CPRM tem amparo legal no artigo 6º da lei 12.608/2012 (Brasil, 2012), que afirma ser competência da União:

[...] III - promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência;
IV - apoiar os estados, o Distrito Federal e os municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação; [...]

Para além disso, de acordo com o inciso X do artigo 20 da Constituição da República Federativa do Brasil, as cavidades naturais subterrâneas são bens da União (Brasil, 1988). O Decreto nº 10.935/2022 (Brasil, 2022), estabelece que:

Art. 1º As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir a realização de estudos e de pesquisas de ordem técnico-científica e atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Parágrafo único. Considera-se cavidade natural subterrânea o espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluídos o seu ambiente, o conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora presentes e o corpo rochoso onde se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante. [...]

Art. 9º [...]

§1º Os órgãos ambientais poderão efetivar, na forma prevista em lei, acordos, convênios, ajustes e contratos com entidades públicas ou privadas, nacionais, internacionais ou estrangeiras, para auxiliá-los nas ações de preservação e conservação e de fomento aos levantamentos, estudos e pesquisas que possibilitem ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. [...]

Portanto, a legislação federal informa que os órgãos ambientais podem entrar em contato com outras instituições para auxiliá-los em estudos e pesquisas relacionados às cavidades naturais.

Considerando tal conjuntura, o Serviço Geológico do Brasil foi demandado pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), órgão gestor das Unidades de Conservação Estaduais da Bahia, por meio de mensagem eletrônica, a realizar uma avaliação geotécnica do atrativo turístico da Gruta dos Brejões, inserida na Unidade de Conservação APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho, com o intuito de avaliar as condições de perigo geológico aos frequentadores do local.

Os levantamentos de campo foram realizados de 7 a 17 de abril de 2025 pelos profissionais listados no Quadro 1. As atividades contaram com o acompanhamento de membros do Inema e do guia local da comunidade Brejões.

Na área, foi possível percorrer algumas trilhas, sendo uma delas o foco principal do pedido de avaliação, devido à intensa visitação de turistas, principalmente no período da festividade religiosa de Nossa Senhora dos Milagres que ocorre no mês de agosto.

Quadro 1 -Profissionais que participaram do levantamento de campo.

Nome completo	Profissão e/ou cargo	Instituição
Rafael Silva Ribeiro	Geólogo/Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Patrícia Mara Lage Simões	Geógrafa/Analista em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Rubens Pereira Dias	Geólogo/Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil
Bárbara Valois Coutinho Dias dos Santos	Gestora da Unidade de Conservação APA Gruta dos Brejões/ Vereda do Romão Gramacho	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Mateus de Oliveira Conceição Almeida	Gestor do Parque Estadual Morro do Chapéu	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Eloízio Pereira dos Santos	Guia da Comunidade dos Brejões	-

Assim como em outras ciências, a Geologia é composta por diferentes campos de estudos. A especialização que enfoca as relações bidirecionais entre o homem e o meio físico geológico é denominada Geologia de Engenharia (Oliveira; Monticeli, 2018). De acordo com a Associação Internacional de Geologia de Engenharia e Ambiental (IAEG, c2012-2023), a Geologia de Engenharia é *“a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de engenharia e meio ambiente, decorrentes da interação entre a Geologia e os trabalhos e atividades do homem, bem como à previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou reparadoras de acidentes geológicos”*.

Com base nessa definição, o presente estudo se insere no escopo da Geologia de Engenharia.

2. OBJETIVOS

A avaliação geológico-geotécnica realizada neste trabalho contempla o conceito de perigo geológico, definido como a condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência adversa dentro de um determinado período de tempo (Pimentel; Santos, 2018).

Nesse contexto, a atuação da equipe técnica consistiu na realização de observações dos locais mais frequentados por turistas na Gruta dos Brejões.

Os objetivos desta pesquisa são:

- Realizar o estudo geológico-geotécnico básico da Gruta dos Brejões e seu entorno;

- Reconhecer, identificar e classificar os graus de perigo geológico ao longo das trilhas comumente percorridas por visitantes na Gruta dos Brejões;
- Fornecer subsídios técnicos aos gestores da APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho com informações que possam dar suporte à tomada de decisões voltadas para a prevenção e mitigação de desastres provocados por movimentos gravitacionais de massa;
- Contribuir para o desenvolvimento do turismo mais seguro e consciente na área de estudo.

Os resultados expostos neste relatório refletem as condições observadas durante a visita de campo, as quais estão sujeitas a alterações ao longo do tempo. Considerando a evolução dos processos cársticos que ocorrem na área de estudo e, conseqüentemente, das possíveis alterações dos graus de perigo nas áreas mapeadas, é fundamental que o trabalho seja periodicamente revisado e atualizado.

Este estudo está em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável¹ (Figura 1) e com o marco pós-2015 para redução de riscos de desastres, também conhecido como Marco de Sendai².



Figura 1 - Objetivos de desenvolvimento sustentável.

¹ Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Saiba mais em: <https://odsbrasil.gov.br/>

² Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14 a 18 de março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão. Saiba mais em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

3. METODOLOGIA

3.1. Introdução

Este levantamento de áreas de potencial perigo aos visitantes da gruta considera, essencialmente, elementos naturais presentes no local que podem se deslocar e, eventualmente, atingir as pessoas. Poucos estudos se dedicam a levantar e classificar características nas áreas cársticas que representem potenciais perigos aos visitantes.

Os trabalhos que discutem esse tema (Lima, 2013; Santos; Santana, 2024; Santos; Santos; Santos, 2024) analisam o perigo em ambiente cárstico com base em uma avaliação qualitativa nos locais, identificando e classificando de acordo com seu potencial de causar acidentes. Contudo, esses trabalhos consideram diversos tipos de perigos, incluindo riscos relacionados a animais peçonhentos e patógenos.

A metodologia empregada neste trabalho engloba apenas os perigos inerentes à condição geotécnica e processos geológicos da área, não abrangendo outros tipos de perigos, à semelhança do estudo elaborado por Pereira (2006). Neste trabalho, o levantamento dos pontos de menor estabilidade geológica utilizou como critérios: a configuração do maciço rochoso, a estrutura geológica e a condição hídrica do ambiente cárstico. A análise desses elementos, voltada à definição da possibilidade de ocorrência de um acidente, gerou o chamado mapa de estabilidade física.

Outro ponto destacado por Pereira (2006) é que muitas das instabilidades que provocam condições de perigo geológico em áreas cársticas estão diretamente ligadas ao processo de formação e evolução desses ambientes. Tais processos, responsáveis pela formação de cavidade e condutos, são dinâmicos e variam de acordo com as características das rochas encaixantes, a estrutura geológica e a dinâmica do fluxo da água. Dessa forma, nesse trabalho são descritos brevemente os principais processos envolvidos nessa formação.

Os métodos empregados para a elaboração deste trabalho consideram toda a dinâmica do ambiente das cavernas/grutas, especialmente o estado da rocha, a presença de estruturas geológicas e blocos, bem como a situação, a distância e o estado desses elementos em relação aos locais de trilha e permanência dos visitantes.

Sendo assim, as ações de mapeamento de perigo geológico na Gruta dos Brejões foram realizadas por meio da coleta de dados e informações sobre as características estruturais (Figuras 2A e 2B), geológico-geomorfológicas, tectônicas e ambientais, com o objetivo de identificar e catalogar os pontos de instabilidade no terreno e definir quais os possíveis movimentos gravitacionais de massa que possam representar perigo aos turistas. Os locais percorridos e avaliados foram indicados pelo guia local como os de maior interesse de visitação.

A execução deste estudo englobou as seguintes etapas:

- Levantamento bibliográfico e cartográfico da área de estudo;
- Execução da vistoria em campo;
- Elaboração dos mapas e relatório final.

Para a coleta de dados *in loco*, foram utilizados: veículo aéreo não tripulado (drone), *Mavic 3 Pro* para levantamento litológico, medição de parâmetros estruturais com uso de bússola e avaliação da altura e inclinação dos paredões com hipsômetro. Todas as informações, complementadas por um levantamento bibliográfico, foram analisadas para identificação e caracterização de pontos com eventuais fragilidades que possam configurar potenciais perigos.

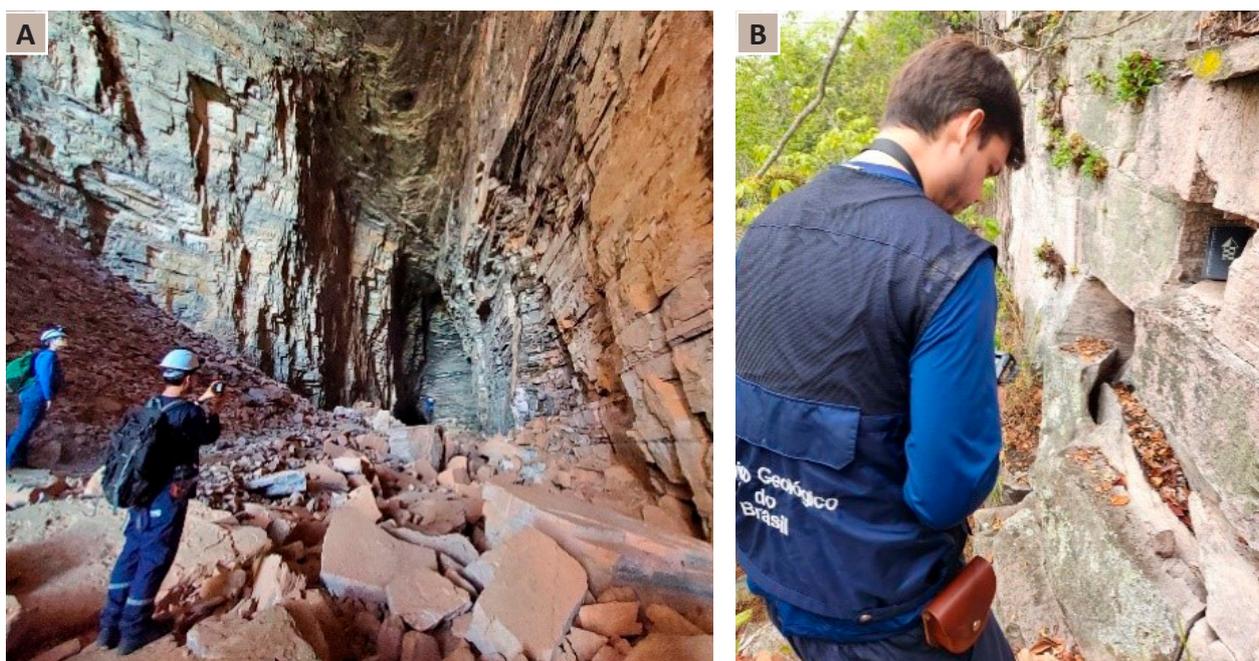


Figura 2 - Coleta de dados em campo. A) Registro fotográfico da condição da rocha; B) Fotografia de detalhe de fratura em paredão rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Processos analisados

Os processos com potencial para causar acidentes na área de estudo são os relacionados aos movimentos gravitacionais de massa. Este tópico fará uma breve apresentação dos conceitos e principais características dos movimentos de massa que podem afetar a Gruta dos Brejões.

Segundo Fornasari Filho e Faria (2018), os movimentos gravitacionais de massa são processos integrantes da evolução das vertentes ou encostas. A dinâmica responsável pela alteração do relevo envolve uma série de processos que ocorrem na superfície terrestre, como o intemperismo, a erosão e os movimentos de massa. Tais processos modificam o formato das vertentes promovendo ao longo do tempo a evolução da paisagem geomorfológica.

Os movimentos gravitacionais de massa se configuram-se como transporte superficiais de materiais, como solos, rochas e sedimentos, desencadeados pela força da gravidade. Na área de estudo observou-se potencial para a ocorrência de dois tipos de movimentos gravitacionais de massa: queda de blocos e tombamento (Figura 3).

Brunsdén e Prior (1984) definem queda de blocos rochosos como todo movimento de material que ocorre em encostas íngremes e precipícios, no qual o material é despreendido sob a forma de blocos. Trata-se

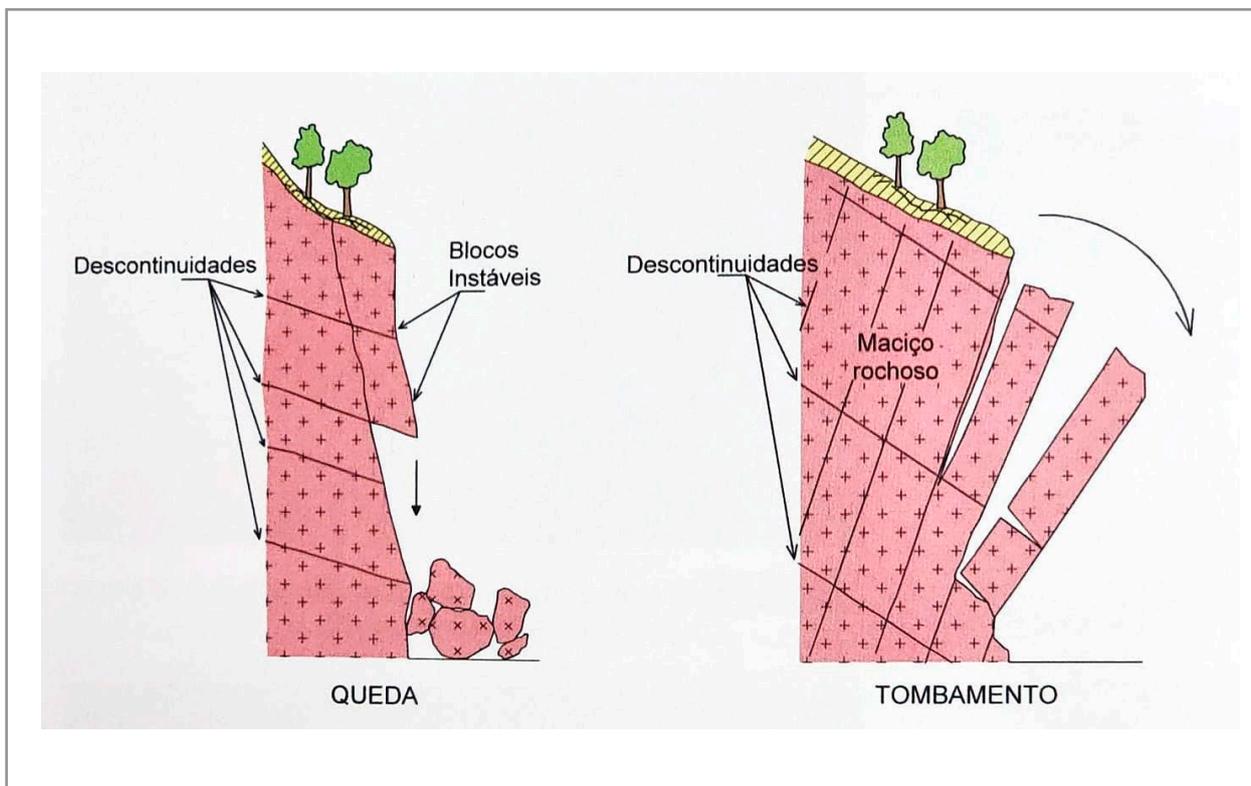


Figura 3 - Queda de blocos e tombamento. Fonte: Fornasari Filho e Faria (2018).

de um dos movimentos gravitacionais de massa menos estudados e o de mais difícil previsão, tanto no que se refere ao início do processo quanto à trajetória e ao alcance dos blocos (Dias; Barroso, 2006).

Conforme o estudo de Ribeiro (2013), na queda de blocos podem ocorrer as seguintes formas de movimentação dos fragmentos: saltação, rolamento, deslizamento e queda livre. A previsão do instante exato em que o evento ocorrerá representa um grande desafio (Yilmaz; Yildirim; Keskin, 2008), uma vez que raramente há sinais premonitórios (Carnevale, 1991). É um dos movimentos gravitacionais de massa mais rápidos da natureza (Varnes, 1984 apud Abellán; Vilaplana; Martínez, 2006), no qual fragmentos de variados tamanhos geralmente se partem ao longo do percurso.

De acordo com Ribeiro (2013), quedas de blocos podem ser originadas por causas que envolvem diferentes escalas de tempo — de curto, médio e longo prazo. Para Gunzburger, Merrien-Soukatchoff e Guglielmi (2005), os fatores que levam ao fenômeno estão associados às características do maciço rochoso (fatores de predisposição), às causas de curto prazo (fatores desencadeantes) ou às causas de médio e longo prazo, denominadas fatores de preparação.

Os principais fatores associados à queda de blocos estão agrupados em razão da sua natureza, no Quadro 2.

Menos comum que queda de blocos, o tombamento é um movimento gravitacional de massa caracterizado por rotação do material do maciço rochoso para frente, a partir de um ponto ou eixo (Highland; Bobrowsky, 2008). É condicionado por estruturas geológicas com grande ângulo de mergulho (Fornasari Filho; Faria, 2018). Pode ser desencadeado pelos mesmos fatores que provocam quedas de blocos e, geralmente, manifesta-se na forma de colunas.

Quadro 2 - Fatores geradores de queda de blocos rochosos.

	Fatores de predisposição	Fatores de preparação	Fatores desencadeantes
Mecânico	Vales com lados íngremes	Aumento da declividade	Terremotos de grande magnitude
	Rede de fraturas bem desenvolvida	Atividade sísmica	Ciclos de congelamento-descongelamento da água presente nas fraturas
	Tensões provenientes de neotectonismo	Processo de danos provocados por ações antrópicas	
Hidrológico e meteorológico	Climas com altos índices de precipitação	Regime de chuvas regulares	Forte chuva
			Rápido derretimento do gelo
Térmico	Climas com grandes contrastes de temperatura	Oscilações de temperatura em um dia e nas estações do ano	?
Geoquímica	Mineralogia das rochas (resistência dos minerais frente ao intemperismo)	Progressiva alteração das paredes das discontinuidades	?

Fonte: Gunzburger, Merrien-Soukatchoff e Guglielmi (2005).

3.3. Classificação do perigo geológico

Considerando o caráter inédito do mapeamento de perigo geológico para turistas na área mapeada, foram definidos quatro graus no estudo. Portanto, é importante ressaltar que a classificação de perigo definida no Quadro 3 é compatível com a região mapeada na Gruta dos Brejões.

Quadro 3 - Classes de perigo definidas para o mapeamento na Gruta dos Brejões.

Perigo	Descrição
P1 Baixo	<ul style="list-style-type: none"> Mantidas as condições existentes, é baixa a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área não apresenta ou são raras as feições de instabilidades e/ou regiões suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P2 Médio	<ul style="list-style-type: none"> Mantidas as condições existentes, é moderada a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área apresenta poucas feições de instabilidades e/ou áreas suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P3 Alto	<ul style="list-style-type: none"> Mantidas as condições existentes, é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. A área apresenta instabilidades e/ou áreas suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.
P4 Muito alto	<ul style="list-style-type: none"> Mantidas as condições existentes, é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no terreno. Há marcantes áreas instáveis e/ou suscetíveis à geração e atingimento por movimentos gravitacionais de massa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. ÁREA DE ESTUDO

A APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho foi criada em 1985, com a publicação do Decreto Estadual nº 32.487. Sua área é de cerca de 119 km², e abrange porções de três municípios que integram a Região Intermediária de Irecê (Figura 4).

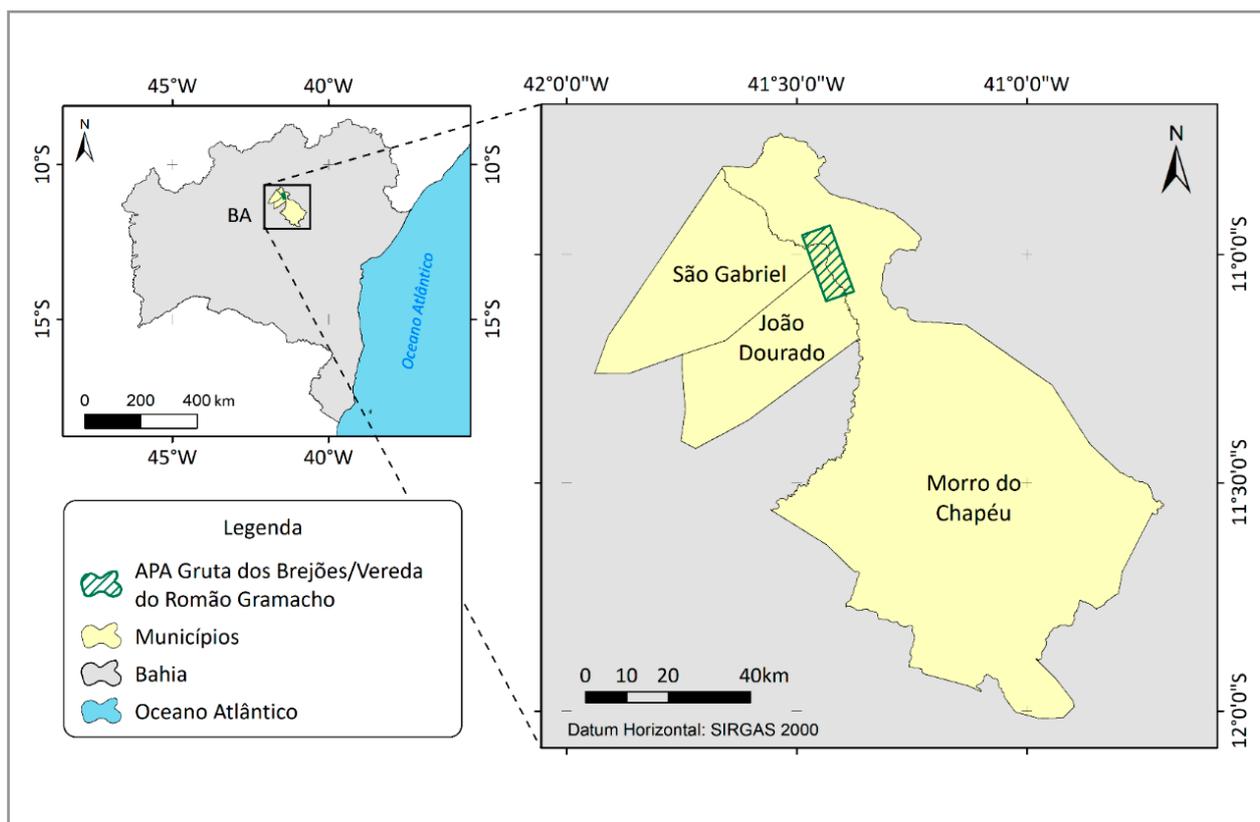


Figura 4 - Localização da APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho no estado da Bahia.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, São Gabriel possui área de aproximadamente 1.146 km², João Dourado ocupa cerca de 913 km² e Morro do Chapéu, com a maior extensão, abrange cerca de 5.744 km² (IBGE, c2023).

Neste capítulo são apresentadas as características do meio físico do meio físico da área de estudo, a qual se restringe a uma porção do território da APA.

4.1. Localização e via de acesso

A área de estudo deste trabalho possui 0,77 km² e se restringe apenas à Gruta dos Brejões e arredores. A maior parte pertence ao município de São Gabriel e está localizada na porção centro-norte da APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho (Figura 5).

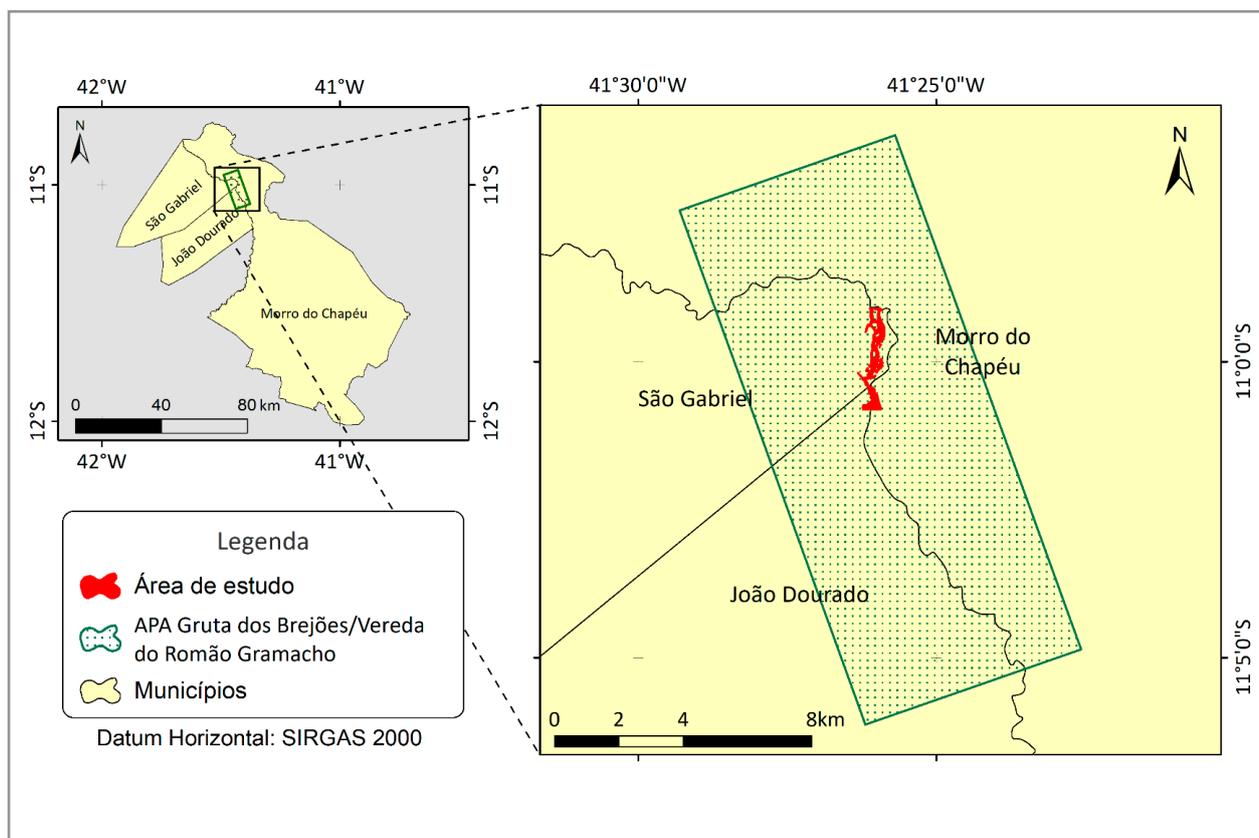


Figura 5 - Localização da área de estudo na APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para acessar a Gruta dos Brejões, é necessário dirigir-se à Comunidade Quilombola da Gruta dos Brejões. Partindo de Morro do Chapéu, percorre-se um trecho da rodovia BA-052 até a entrada para Soares, onde se deve virar à direita. O trajeto passa pelas localidades de Soares, Mata do Milho e Riacho (Figura 6).

A distância entre Morro do Chapéu e a Comunidade Quilombola de Gruta dos Brejões é aproximadamente 104 km, sendo o tempo estimado de deslocamento em veículo de cerca de 2 horas e 10 minutos.

4.2. Geologia

A Bacia de Irecê está localizada na porção centro-norte do estado da Bahia (Figura 7). A APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho está situada na Bacia de Irecê, que, por sua vez, encontra-se no interior do Cráton do São Francisco.

De acordo com Silva (2019), a bacia é formada por rochas do Supergrupo São Francisco, representadas pelo Grupo Una, que se encontram sobrepostas às unidades do Supergrupo Espinhaço.

O Grupo Una é constituído por rochas sedimentares neoproterozoicas depositadas entre 950 e 570 milhões de anos atrás (Rocha; Costa, 1995). Segundo Leão (2018), por estarem no interior do cráton, essas unidades geológicas quase não sofreram metamorfismo e foram pouco afetadas por deformações.

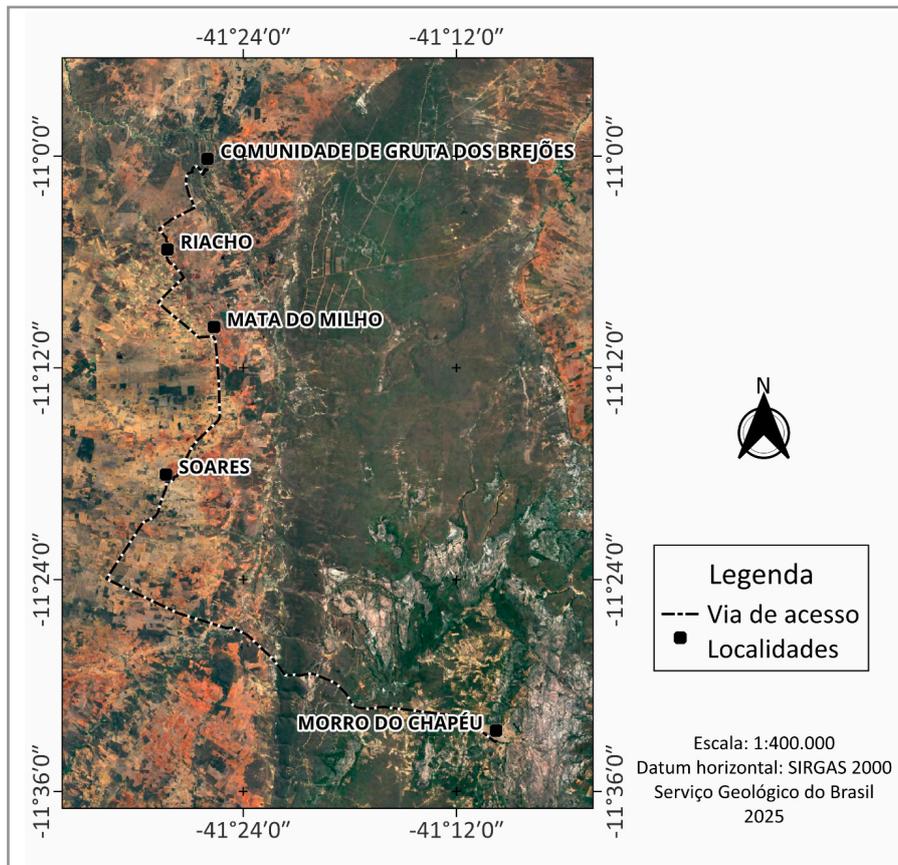


Figura 6 - Via de acesso do Morro do Chapéu até a Comunidade da Gruta dos Brejões.
Fonte: Elaborado pelos autores.

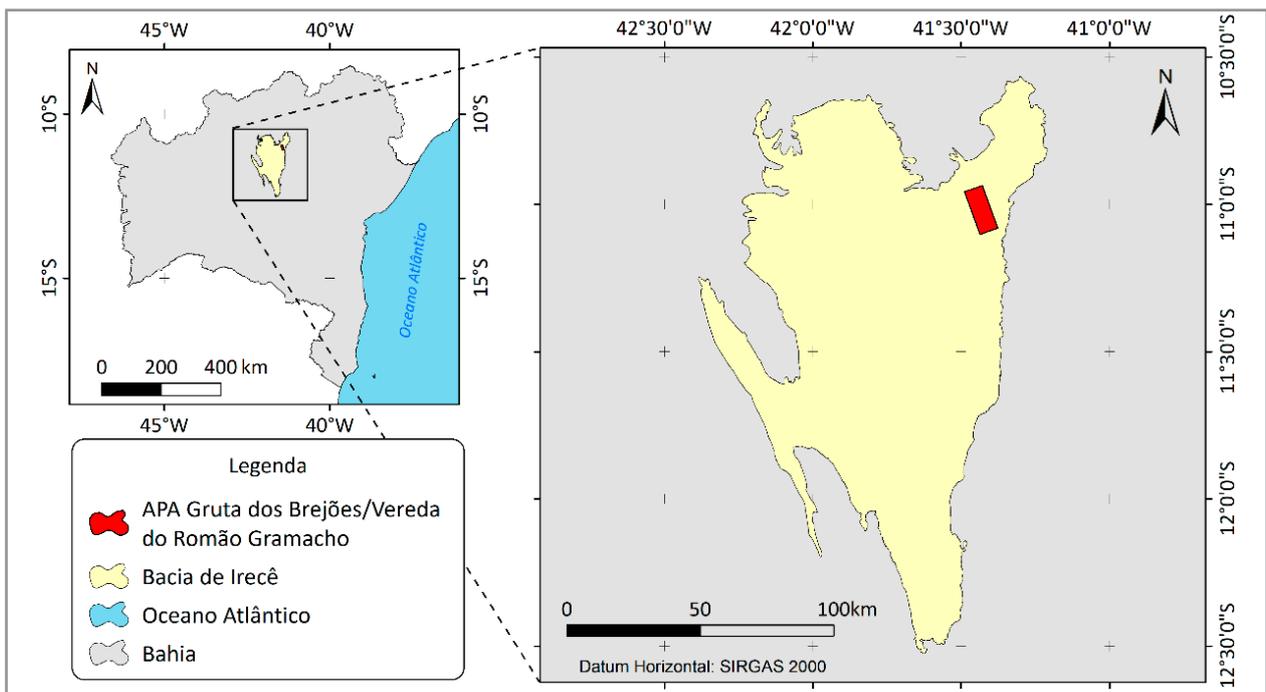


Figura 7 - Localização da APA Gruta dos Brejões/Vereda do Romão Gramacho na Baía de Irecê.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM (Barbosa, 2012) afirma que o Grupo Una é formado por duas seqüências sedimentares separadas entre si por discordância erosiva (Figura 8). A primeira, denominada Formação Bebedouro, é constituída por diamictitos, pelitos e arenitos originadas em ambiente glacial; a superior, denominada Formação Salitre, é constituída por rochas carbonáticas depositadas em ambiente marinho raso (Souza; Brito; Silva, 1993).

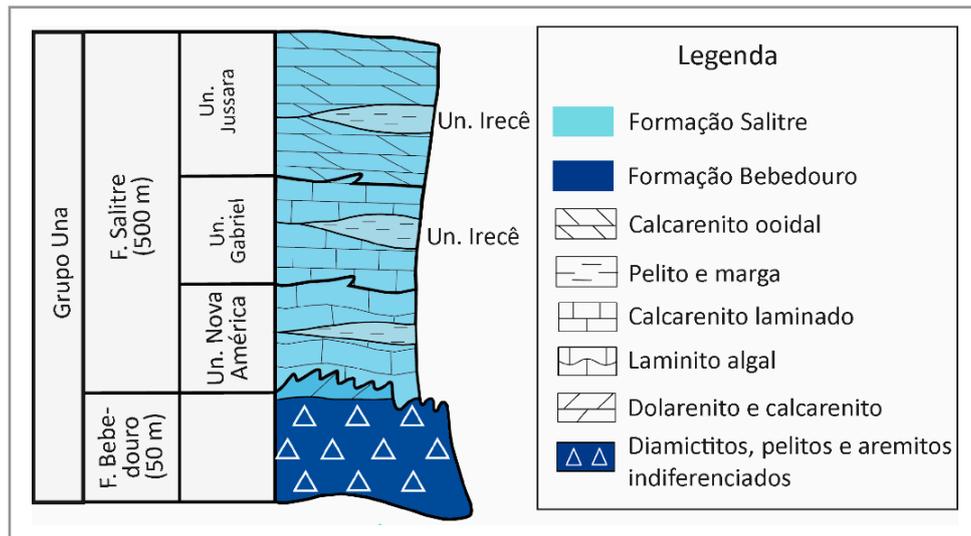


Figura 8 - Coluna estratigráfica do Grupo Una. Fonte: Modificado de Barbosa (2012).

Por constituírem a área de estudo, os carbonatos da Formação Salitre são o foco desta pesquisa. Essas litologias foram depositadas após subida do nível do mar ocorrida com o fim do período glacial, em uma rampa carbonática de ambiente marinho raso, periodicamente sujeita à ocorrência de tempestades (Rocha; Costa, 1995).

Portanto, como mostrado nas Figuras 9 e 10, afloram na Gruta dos Brejões rochas carbonáticas da Formação Salitre, que se apresentam laminadas ou estratificadas, com granulação fina a média e coloração acinzentada (Jesus *et al.*, 2023).



Figura 9 - Visão do maciço rochoso na lateral da entrada da gruta. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 10 - Descontinuidades no maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

As discontinuidades observadas no maciço rochoso foram classificadas em quatro famílias. Destas, três apresentam orientação vertical ou subvertical (Famílias 1, 2 e 3), enquanto uma possui orientação praticamente horizontal (Família 4), conforme detalhado no Quadro 4.

Quadro 4 - Orientações e direções das famílias de discontinuidades na Gruta dos Brejões.

Família	Orientação	Direção
1	Vertical/Subvertical	NNE-SSW
2		WSW-ENE
3		NW-SE
4	Horizontal/Sub-horizontal	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os planos das quatro famílias de discontinuidades estão representados na Figura 11, com destaque para a quarta família, caracterizada por sua orientação praticamente horizontal.

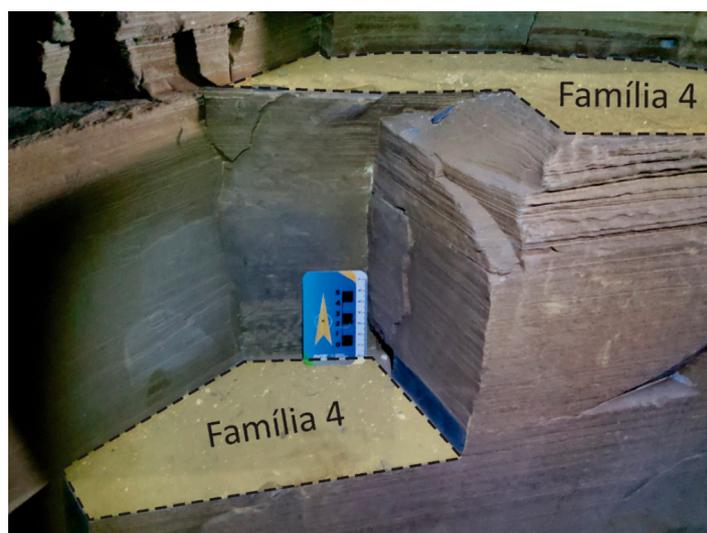


Figura 11 - Planos de famílias de discontinuidades no maciço rochoso.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3. Formação e evolução dos ambientes cársticos

O ambiente cárstico se caracteriza pela presença de cavidades, cavernas, rios subterrâneos, com toda uma paisagem formada predominantemente por processos de dissolução (Piló, 2000). Segundo Piló e Auler (2019), o carste é uma paisagem composta por um ambiente subterrâneo em que as cavernas e cavidades são interligadas por condutos, os quais ocorrem em terrenos de rochas solúveis, como o calcário.

Os processos de formação desse ambiente subterrâneo estão vinculados a tipos específicos de rochas, nas quais o processo de dissolução é predominante, como ocorre com as rochas carbonáticas na

Gruta dos Brejões. Contudo a solubilidade da rocha não é, por si só, responsável pela formação e evolução desses ambientes. O papel da estrutura deve ser considerado nessa evolução, especialmente no que diz respeito ao arranjo das geometrias planares e lineares, que direcionam o processo de dissolução, promovendo a formação das cavidades e condutos, assim como a evolução dos mesmos (Piló, 2000; Furtado *et al.*, 2022).

Desse modo, a interação entre as rochas solúveis e a água — que aproveita a presença de fraturas na rocha — resulta na dissolução do maciço e na formação, ao longo do tempo, dessas cavidades, cavernas e condutos (Ford; Williams, 2007). A Figura 12 demonstra como ocorre essa formação por meio da percolação da água nas fraturas da rocha.

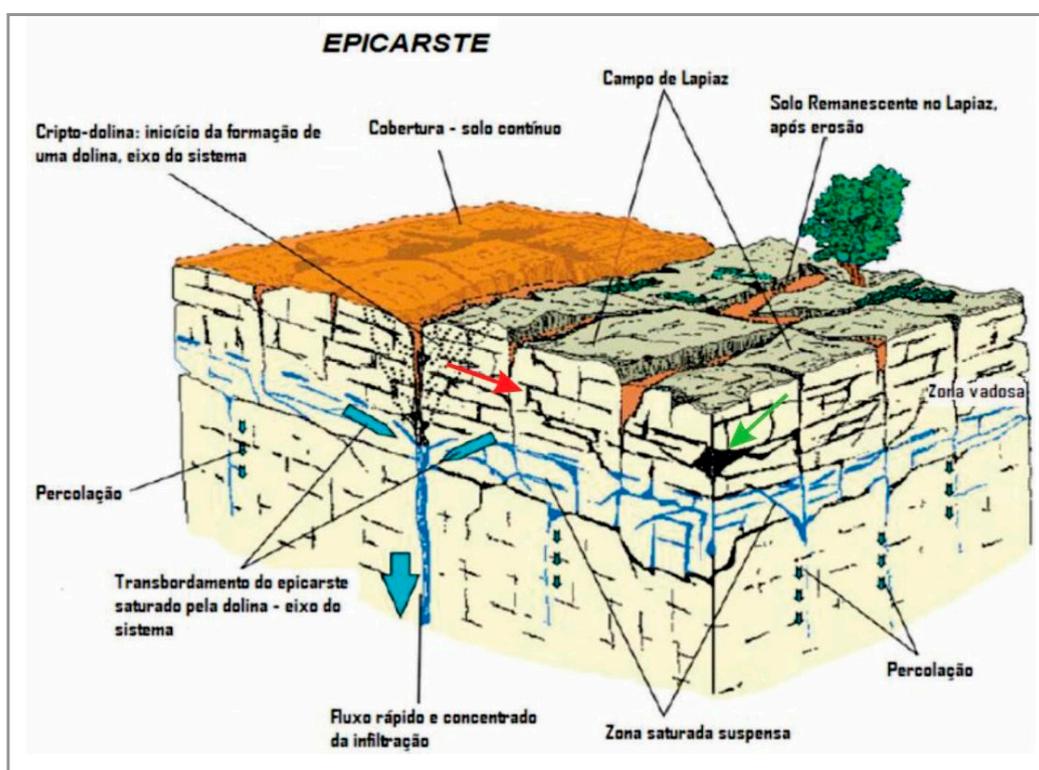


Figura 12 - Desenho esquemático da formação das cavidades em ambiente cárstico, a seta vermelha mostra as fraturas na rocha; a seta verde mostra a cavidade. Fonte: Modificado de Vasconcelos *et al.* (2022).

Esse processo é o responsável pela formação da Gruta dos Brejões, e a presença marcante de fraturas possibilitou a geração dos diversos salões visitados. Contudo, essa mesma presença de fraturas contribui para a formação de áreas com potencial para acidentes, áreas de perigo relacionadas à queda e rolamento de blocos, deslocamento de blocos, desabamento de teto, recalque do piso, solapamento do piso e formação de cavidade.

4.4. Geomorfologia

As características das formas de relevo estão intimamente relacionadas aos tipos de rochas que compõem a área, pois as características litológicas, associadas ao tipo de clima, conduzem o processo de formação do relevo. No contexto de rochas carbonáticas, como o desta área de estudo, o

desenvolvimento da paisagem geomorfológica está diretamente associado ao processo de dissolução dessas rochas (Stokes; Griffiths; Ramsey, 2010; Rodet, 2014).

Regionalmente, a área de estudo é classificada pelo IBGE (c2023) como Chapada de Irecê, pertencente à Depressão Sertaneja Meridional, descrito como uma forma de topo convexo, caracterizado por uma dissecação homogênea.

No mapeamento geomorfológico do município de Morro do Chapéu elaborado por Ramos (2017), a área de estudo é denominada de vales em superfícies cársticas com fundo plano e encostas com declividade entre 10 e 25%. Segundo essa mesma autora, esses vales, como o do Rio Jacaré, são bordejados por uma superfície plana, pouco dissecada, em rampas com declives entre 0 a 4%, e ainda se destaca a presença de formações superficiais características da alteração das rochas calcárias.

Em escala local, a Gruta dos Brejões (Figura 13A) está situada no Vale do Rio do Jacaré, o qual apresenta trechos mais abertos e outros encaixados, formando um cânion estreito. O vale está bordejado por platôs cársticos, com bordas escarpadas (Figura 13B). O Rio Jacaré, mesmo nos trechos mais abertos, está cercado pelos paredões subverticais de rochas carbonáticas, com amplos depósitos de tálus em seus sopés (Figura 13C e D).



Figura 13 - Fotos de drone da área de estudo. A: surgência do Rio Jacaré, Bocaina; B: entrada principal da gruta, vista do platô cárstico com bordas escarpadas; C: trecho do Rio Jacaré com vale aberto, vista do depósito de tálus no sopé de paredão rochoso; D: trecho do Rio Jacaré de vale fechado, cânion. Fonte: Elaborado pelos autores.

O relevo nessas regiões apresenta-se de forma mais complexa, uma vez que o modelado da superfície é também resultado de um longo processo de formação de condutos hídricos subsuperficiais, gerando formas de relevo como dolinas, uvalas e lápies.

A formação da morfologia em ambientes cársticos é marcada por um forte controle litológico e estrutural, uma vez que o desenvolvimento das formas típicas, como dolinas, é comumente favorecido pela porosidade secundária da rocha, como falhas, juntas, planos de acamamento (Ford; Williams, 2007; Piló, 2000), através da qual ocorre o processo gradativo de dissolução da rocha e formação do relevo.

5. RESULTADOS

A Figura 14 mostra o resultado da cartografia geológico-geotécnica realizada na área de estudo. É importante ressaltar que a área ocupada e a localização da Gruta dos Brejões no mapa são aproximadas.

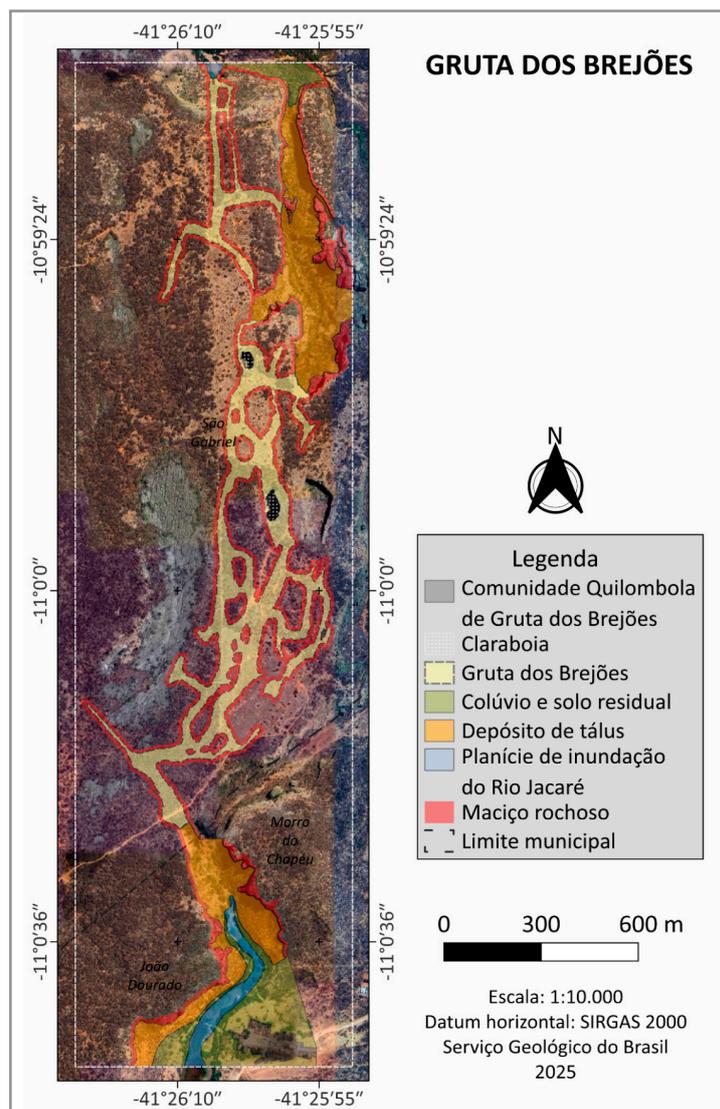


Figura 14 - Mapa da Gruta dos Brejões. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como pode ser verificado na Figura 14, a Gruta dos Brejões faz parte do município de São Gabriel, enquanto as trilhas iniciais são compartilhadas pelos municípios de Morro do Chapéu e João Dourado.

Os caminhos percorridos pelos turistas foram visitados e divididos em 16 segmentos (Figura 15). Para cada um desses trechos, foram realizadas análise e classificação de perigo.

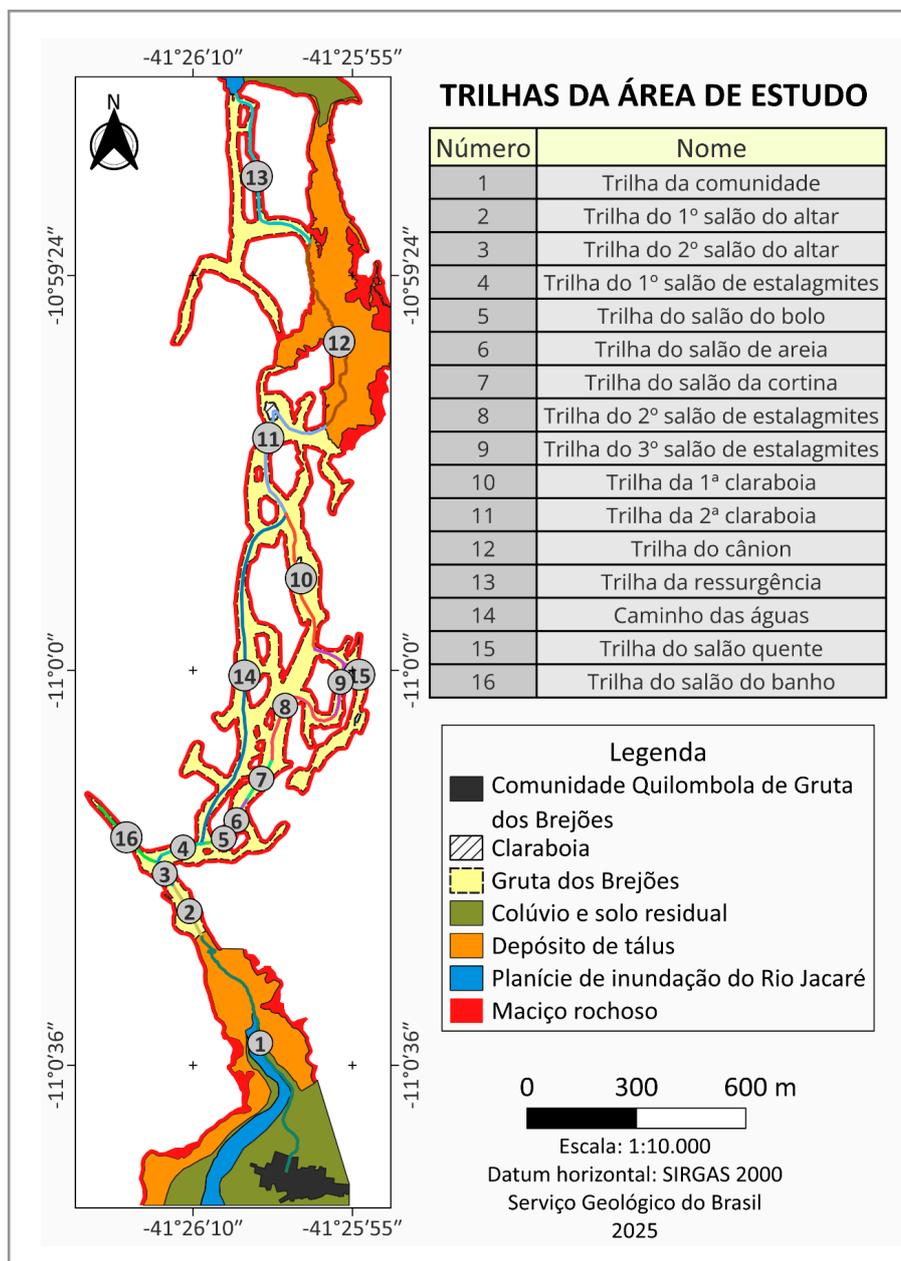


Figura 15 - Localização das trilhas visitadas pelos turistas na Gruta dos Brejões.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.1. Trilha da Comunidade

A Trilha da Comunidade, localizada na porção sul da área de estudo, tem início na Comunidade Quilombola de Gruta dos Brejões (Figura 16) e segue até a entrada da Gruta dos Brejões (Figura 17).



Figura 16 - Visão da Comunidade Quilombola de Gruta dos Brejões. Fonte: Elaborado pelos autores.

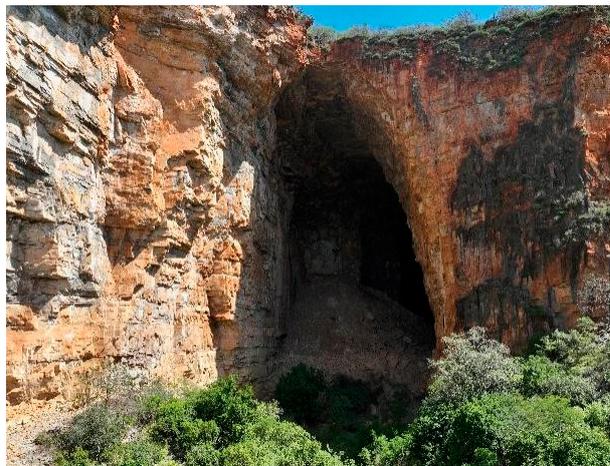


Figura 17 - Entrada da Gruta dos Brejões. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para acessar a entrada da gruta, o visitante precisa percorrer a trilha, localizada na lateral da planície de inundação do Rio Jacaré (Figura 18). Diante disso, torna-se necessário o estudo dos perigos associados à trilha e ao seu entorno.

Na primeira metade da trilha, não há perigo para o visitante. Contudo, na segunda metade de sua extensão, observa-se a exposição do maciço rochoso e presença de depósito de tálus (Figura 19). A partir desse ponto, o grau de perigo varia de médio a alto, uma vez que eventualmente blocos rochosos podem eventualmente se desprender e se deslocar encosta abaixo, com potencial de atingir os turistas. Essa situação é agravada pela presença de raízes de árvores nas fissuras do maciço rochoso e pela significativa abertura entre os planos das descontinuidades (Figura 20).

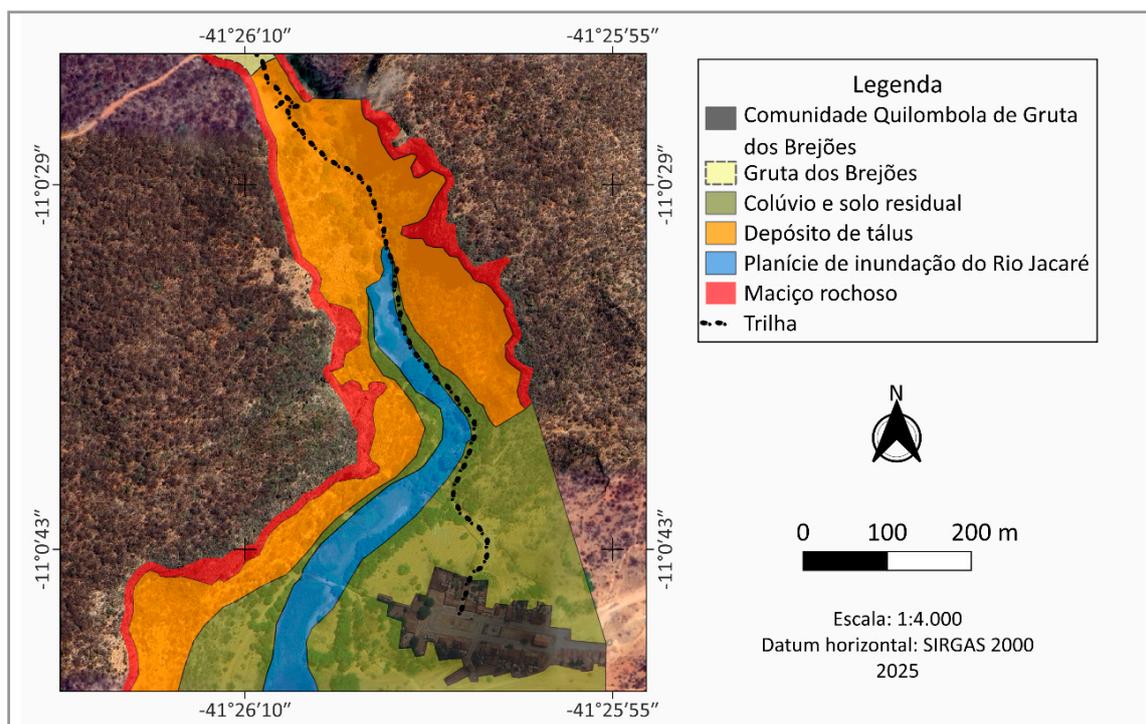


Figura 18 - Trilha da comunidade. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 19 - Maciço rochoso na lateral direita da trilha da comunidade. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 20 - Gameleira no topo de maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

Mais adiante, observa-se que não apenas as laterais, mas também o piso da trilha é constituído por blocos de variadas dimensões, os quais compõem o depósito de tálus presente na área (Figuras 21 e 22). Nessa região, o perigo também é classificado como alto, tanto por se tratar de uma zona passível de alcance dos blocos, quanto pelo risco imposto aos turistas decorrentes das fendas existentes entre os fragmentos rochosos.



Figura 21 - Depósito de tálus na trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 22 - Blocos com variadas dimensões na lateral da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.2. Trilhas do Salão do Altar

As trilhas do Salão do Altar são formadas por dois segmentos: o que leva ao Primeiro Salão e o que leva ao Segundo Salão (Figura 23).

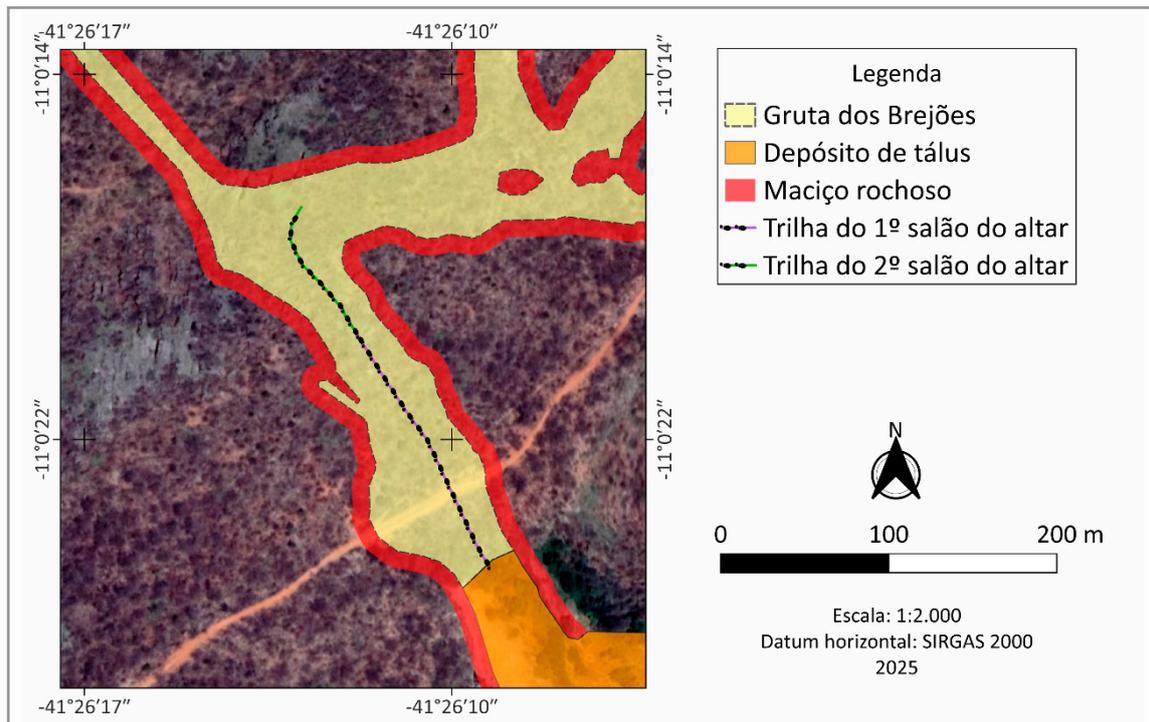


Figura 23 - Trilhas do Primeiro e Segundo Salões do Altar. Fonte: Elaborado pelos autores.

A Trilha do Primeiro Salão do Altar se inicia na entrada da gruta, onde há enormes depósitos de tálus formados por blocos angulares com diferentes tamanhos, oriundos de quedas de blocos pretéritos (Figura 24). Todo o percurso do Primeiro Salão é dominado pelos fragmentos rochosos (Figura 25).

Portanto, a área é sujeita a processos de quedas de blocos e, em grande parte do percurso, o perigo varia de médio a alto.



Figura 24 - Depósito de tálus na lateral da entrada da gruta. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 25 - Visão geral do Primeiro Salão do Altar. Fonte: Elaborado pelos autores.

Entretanto, no lado direito de ponto específico do percurso, há uma porção do maciço rochoso sujeita ao tombamento de uma coluna de rocha com cerca de 24 metros de altura (Figura 26). Nesse ponto, o perigo torna-se muito alto, pois a descontinuidade subvertical está aberta e há alta possibilidade de ocorrência do fenômeno (Figura 27).

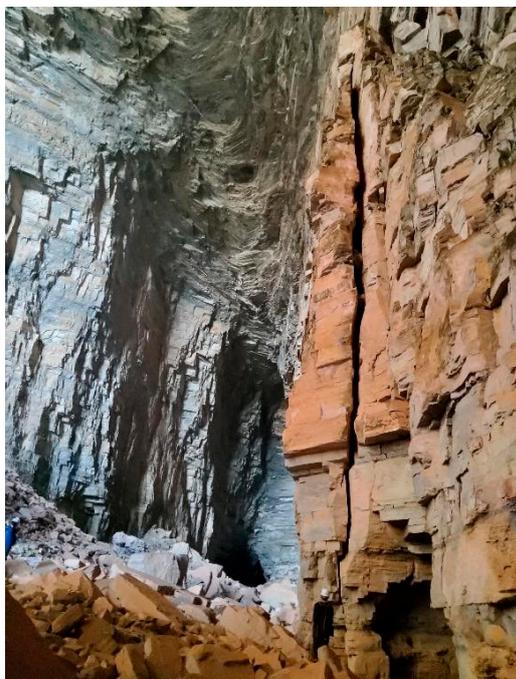


Figura 26 - Coluna sujeita a tombamento na lateral da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 25 - Visão da descontinuidade aberta no maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Segundo Salão do Altar é onde está localizado o altar onde ocorrem celebrações religiosas (Figuras 28 e 29). Uma delas é a festa de Nossa Senhora de Milagres, realizada anualmente no período de 13 a 15 de agosto, quando muitos romeiros chegam de outros municípios.

No local onde está o altar, o perigo é classificado como médio, entretanto, nas áreas próximas dos maciços laterais, o perigo é alto.



Figura 28 - Altar religioso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 29 - Visão do Segundo Salão do Altar. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3. Trilha do Primeiro Salão de Estalagmites

A partir da Trilha do Primeiro Salão de Estalagmites, cuja localização está indicada na Figura 30, é necessária a utilização de lanternas, pois não existe iluminação natural na caverna (Figura 31). No salão, há uma enorme estalagmite que está situada na lateral da trilha (Figura 32).

O salão possui perigo que varia de alto a muito alto. A trilha passa pela lateral do maciço esquerdo, onde há blocos no piso e que eventualmente podem se desprender e atingir os visitantes (Figura 33). No maciço rochoso oposto, há blocos praticamente desconexos por discontinuidades abertas, com possibilidade de se desprenderem a qualquer momento (Figura 34).

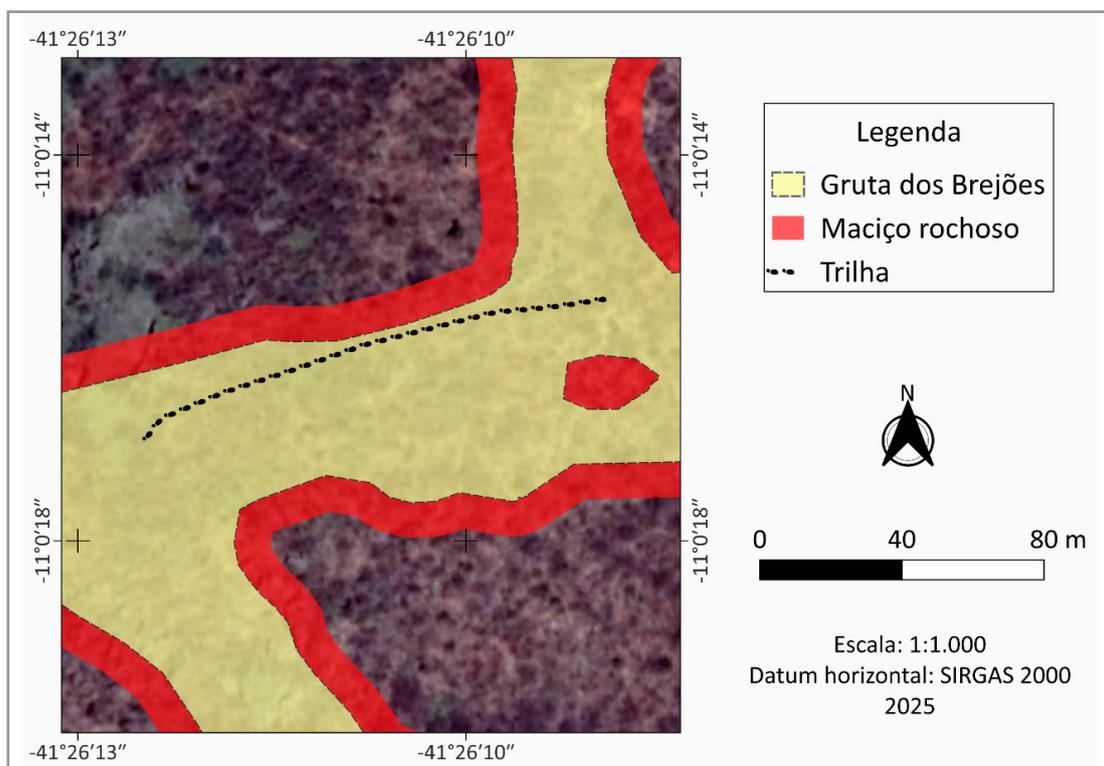


Figura 30 - Trilha do Primeiro Salão de Estalagmites. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 31 - Estalagmite na lateral da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.

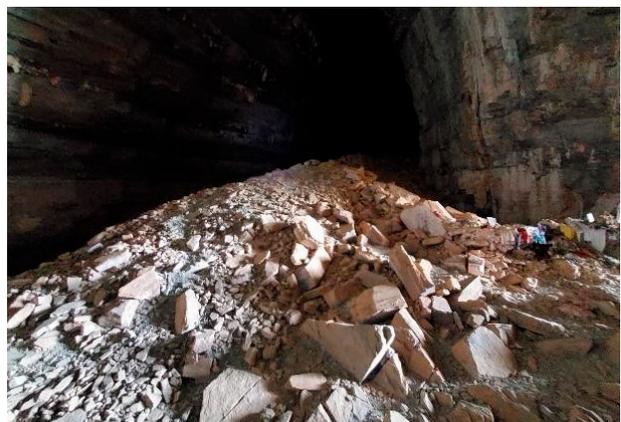


Figura 32 - Visão do início da Trilha do Primeiro Salão de Estalagmites. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 33 - Maciço rochoso na lateral da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 34 - Abertura de descontinuidade em maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.4. Trilhas do Salão do Bolo e do Salão de Areia

A localização da Trilha do Salão do Bolo é mostrada na Figura 35. Ela se inicia com uma subida sobre um piso formado por depósito de tálus (Figura 36). Trata-se de um terreno que exige cuidado por parte dos visitantes, visto que há blocos instáveis e espaços vazios entre eles.

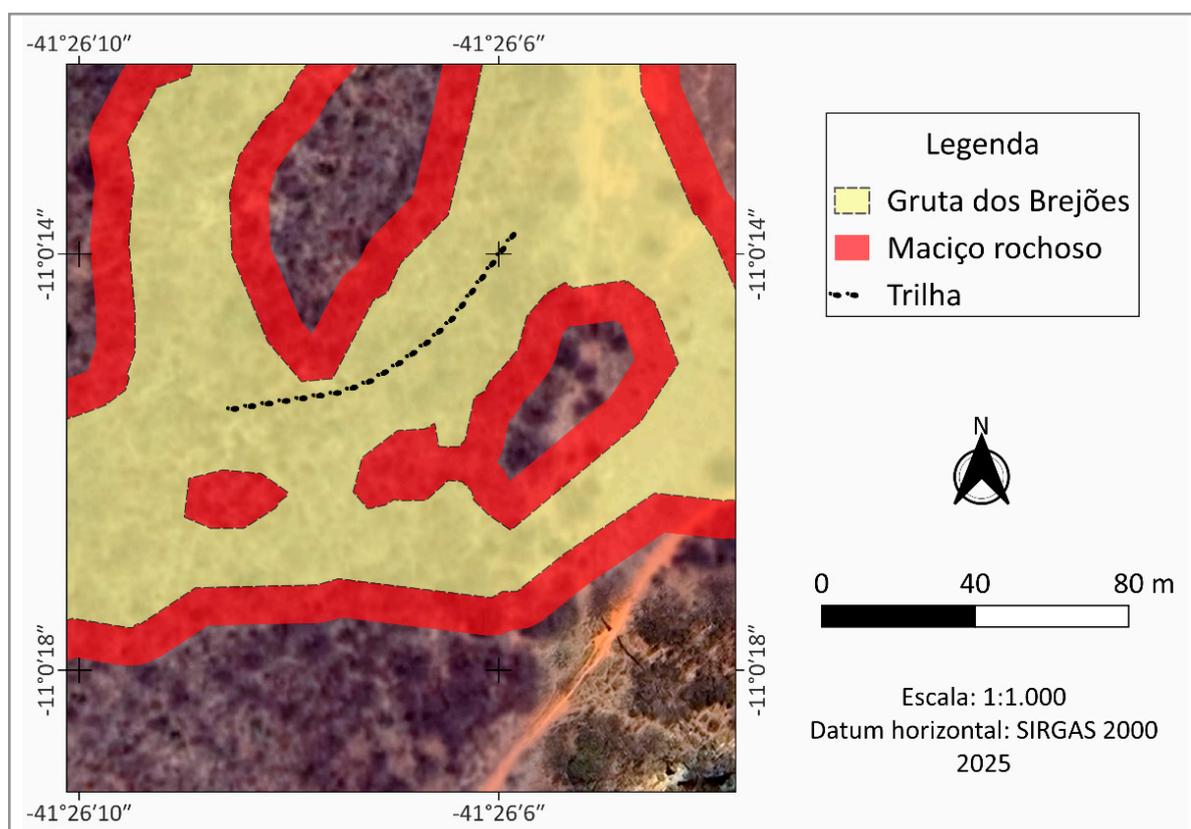


Figura 35 - Trilha do Salão do Bolo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Há maciços rochosos nas laterais da subida, onde existe possibilidade de quedas de blocos (Figura 37). Portanto, o risco nesse trecho varia de alto a muito alto.

Ao chegar na feição espeleológica conhecida como Bolo (Figura 38), o perigo é classificado como baixo, pois a região central do salão em que está localizada não apresenta feições significativas de instabilidade.



Figura 36 - Subida preenchida com blocos na Trilha do Salão do Bolo
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 37 - Maciço rochoso. Fonte:
Elaborado pelos autores.

Entretanto, nas laterais, onde aflora o maciço rochoso, o perigo é alto, sendo possível observar indício de queda de blocos na área (Figura 39).

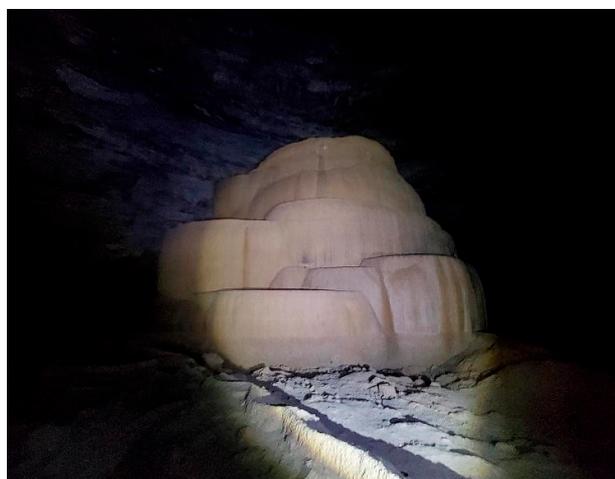


Figura 38 - Visão da feição espeleológica conhecida como Bolo. Fonte: Elaborado pelos autores.

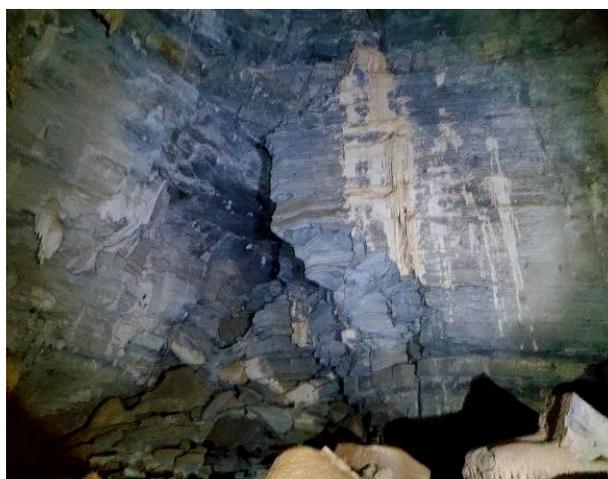


Figura 39 - Queda de blocos em maciço rochoso. Fonte:
Elaborado pelos autores.

A Trilha do Salão de Areia possui pequena extensão e sua localização é mostrada na Figura 40.

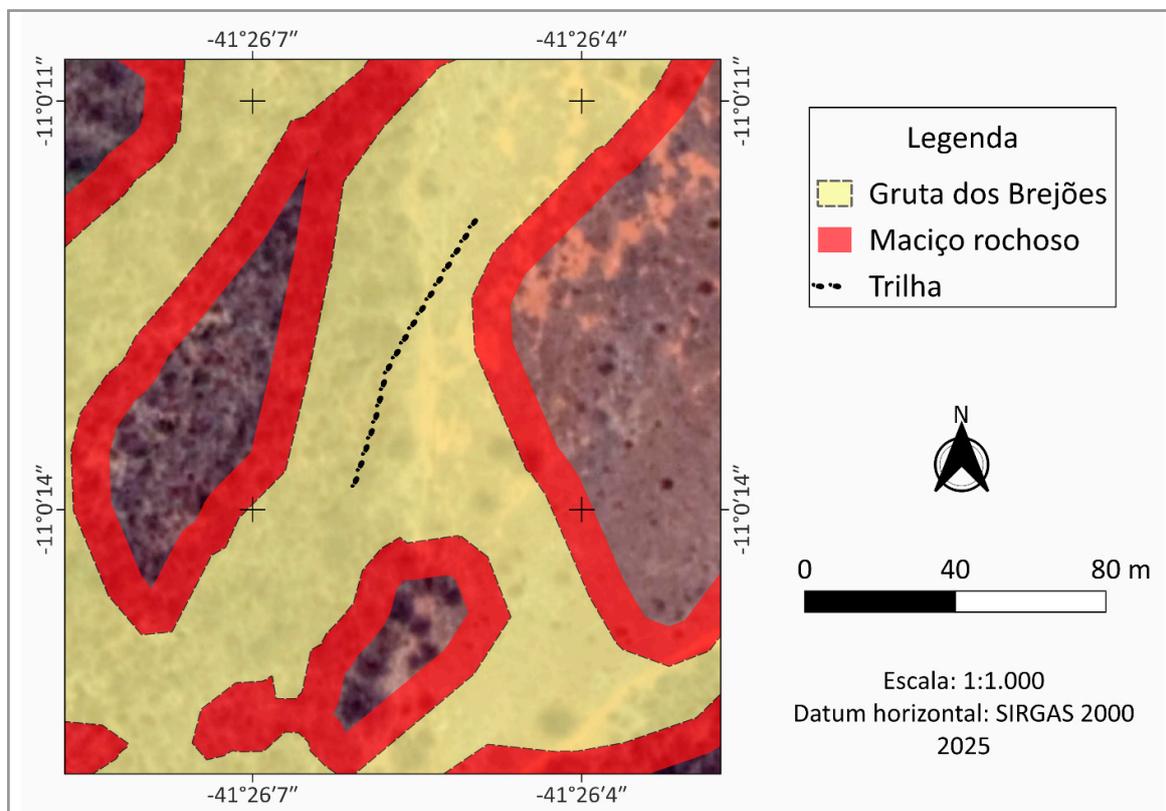


Figura 40 - Trilha do Salão de Areia. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo da trilha há evidências de quedas de blocos (Figuras 41 e 42), o que classifica o trecho como de perigo muito alto. Além disso, é comum encontrar, nas discontinuidades do maciço rochoso, dissolução carbonática, o que agrava a situação (Figuras 43 e 44).



Figura 41 - Queda de blocos em maciço rochoso.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 42 - Maciço rochoso na lateral de trilha.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 43 - Dissolução carbonática em descontinuidades.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 44 - Visão aproximada de dissolução carbonática.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.5. Trilha do Salão da Cortina

A trilha inicia em uma sequência de travertinos com bordas desgastadas pelo pisoteio dos visitantes (Figuras 45 e 46). A trilha não possui delimitação lateral, e os visitantes podem pisar nos travertinos menores, causando a destruição de suas bordas.

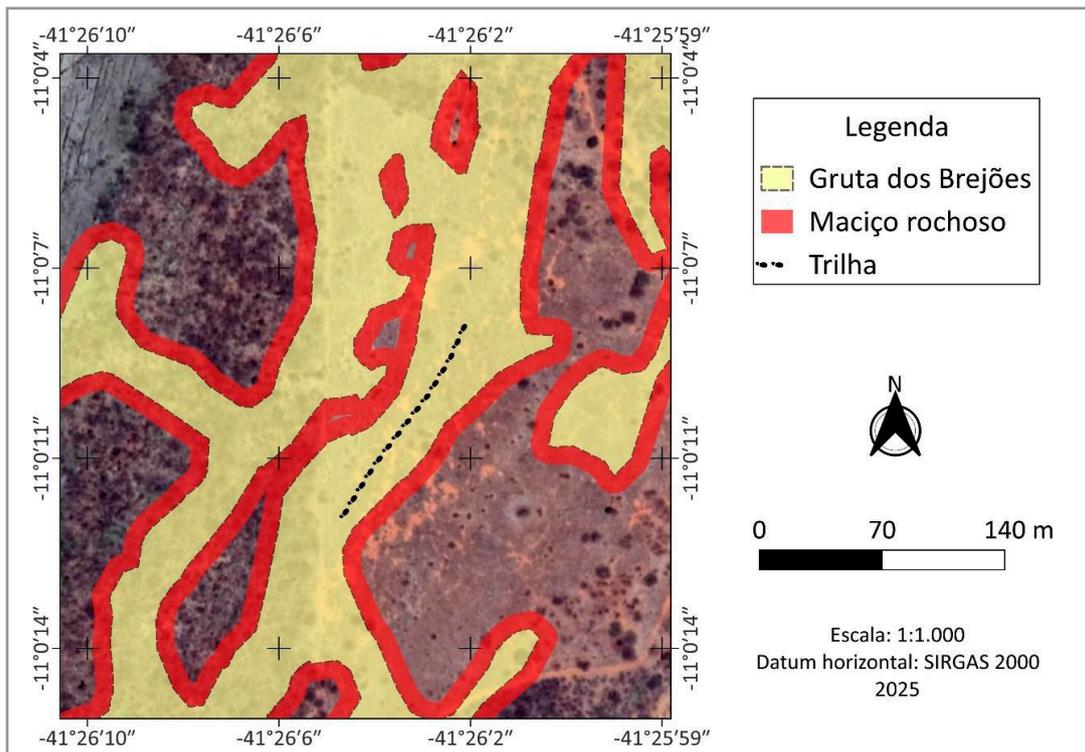


Figura 45 - Trilha do Salão da Cortina. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 46 - Sequência de travertinos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo da trilha, observa-se que o maciço rochoso apresenta descontinuidades no teto (Figura 47), assim como nas paredes, os quais podem gerar a queda de blocos (Figura 48), o que classifica o trecho como perigo alto. Na trilha a presença de blocos de dimensão média a grande (Figura 49) reforça a classificação de perigo alto para queda de blocos.

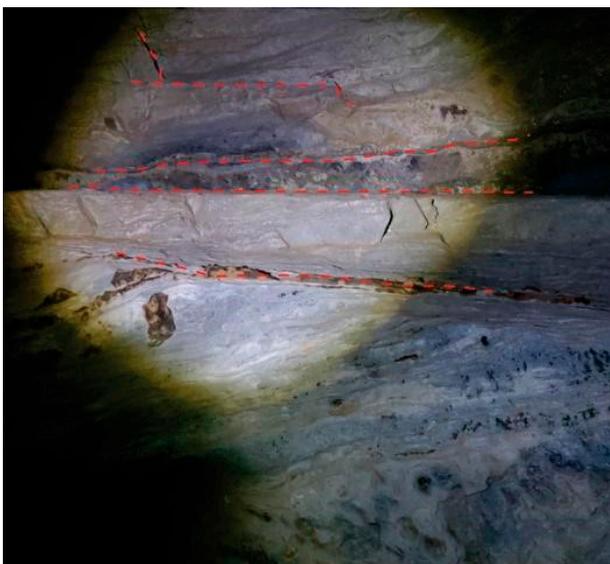


Figura 47 - Maciço rochoso com descontinuidades no teto (indicadas por linha tracejada vermelha).
Fonte: Elaborado pelos autores.

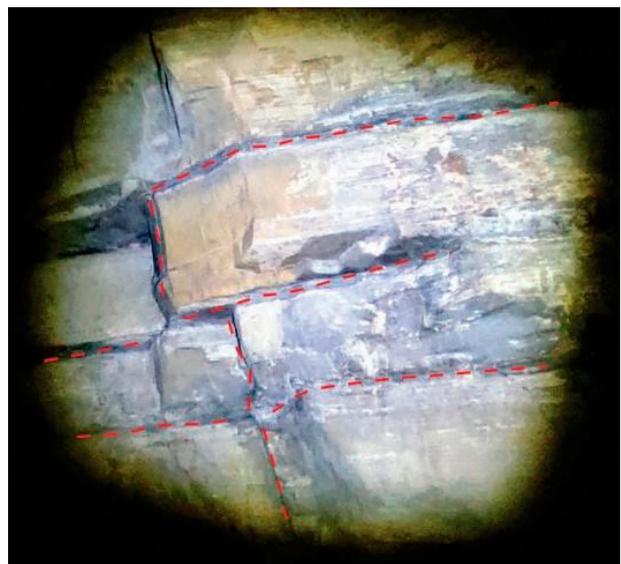


Figura 48 - Maciço rochoso com descontinuidades na parede (indicadas por linha tracejada vermelha).
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 49 - Queda de blocos em maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.6. Trilha do Segundo Salão de Estalagmites

A localização da Trilha do Segundo Salão de Estalagmites pode ser observada na Figura 50.

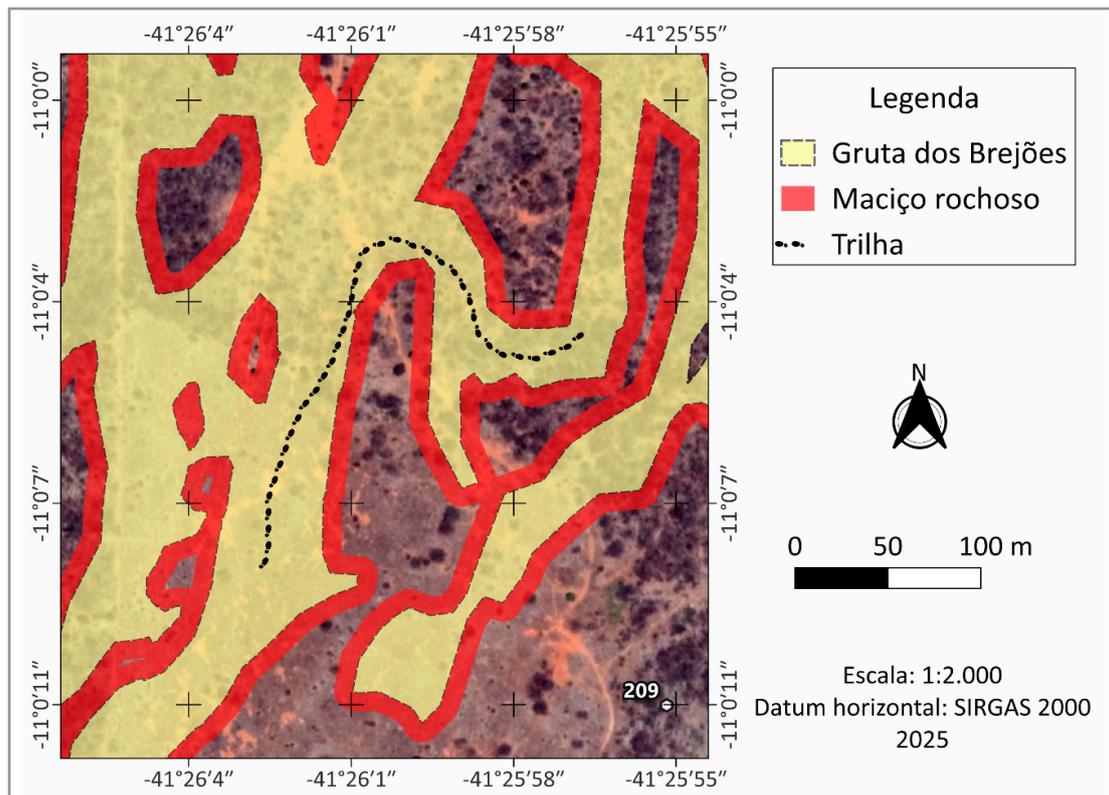


Figura 50 - Trilha do Segundo Salão de Estalagmites. Fonte: Elaborado pelos autores.

A trilha começa em um terreno que exige cuidados, pois é formado por blocos soltos com diferentes tamanhos (Figura 51). Do lado direito, há maciço rochoso propício à geração de quedas de blocos (Figura 52).

Além disso, em dois pontos específicos — mostrados nas Figuras 53, 54 e 55 — a trilha está sujeita ao atingimento por tombamentos. A situação é agravada pela configuração da descontinuidade mostrada na Figura 56, que possui cerca de 2,5 cm de abertura. Portanto, conforme as características observadas em campo, a trilha apresenta perigo que varia de alto a muito alto.



Figura 51 - Piso da trilha.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 52 - Maciço rochoso.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 53 - Coluna de rocha que pode se desprender do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 54 - Trecho da trilha na lateral do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

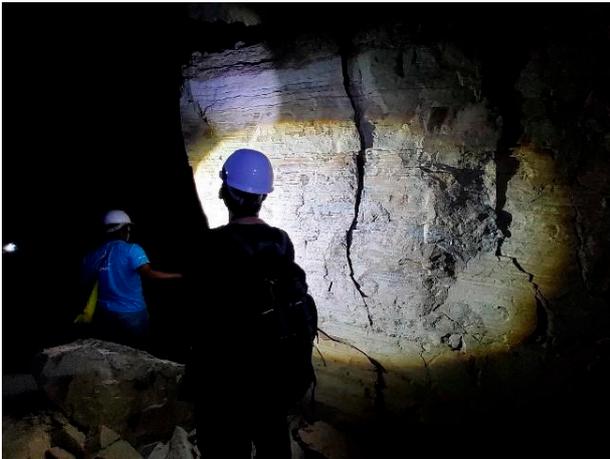


Figura 55 - Coluna de rocha que pode se desprender do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 56 - Detalhe da abertura da descontinuidade no maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.7. Trilha do Terceiro Salão de Estalagmites

A Trilha do Terceiro Salão de Estalagmites (Figura 57) é caracterizada por um conjunto de imensas colunas e estalagmites (Figura 58).

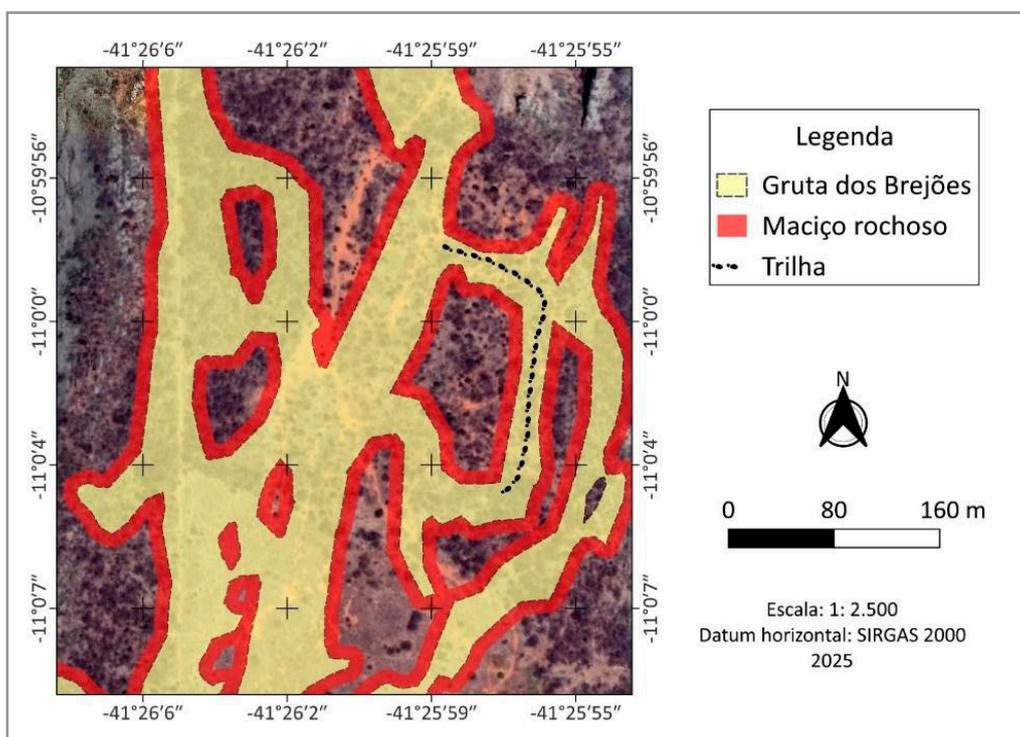


Figura 57 - Trilha do Terceiro Salão de Estalagmites. Fonte: Elaborado pelos autores.

O teto dessa trilha exhibe descontinuidades com aberturas significativas. Em alguns trechos, tais descontinuidades apresentam dissolução carbonática (Figura 59), caracterizando perigo muito alto de desabamento do teto e queda de blocos.

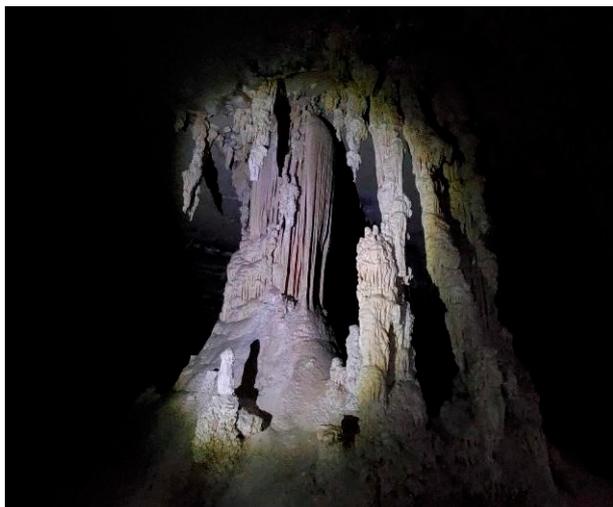


Figura 58 - Feições cársticas de colunas e estalagmites.
Fonte: Elaborado pelos autores.

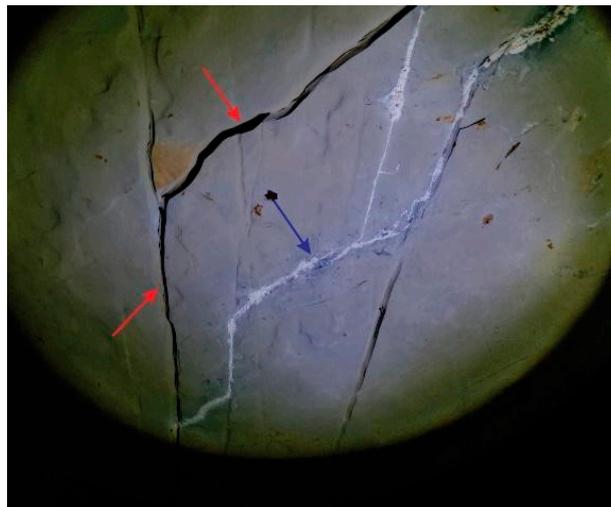


Figura 59 - Teto da trilha com descontinuidades indicadas por setas vermelhas. As descontinuidades com dissolução carbonática estão indicadas com seta azul.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo da trilha, observou-se que parte do piso está trincado e aparentemente existe uma cavidade abaixo desse local (Figuras 60 e 61), o que indica um risco muito alto de desabamento do piso.



Figura 60 - Piso do salão com trincas, indicada com seta vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 61 - Piso trincado, formando placas rochosas soltas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo o guia da Comunidade dos Brejões, em 2007, ocorreu um tremor de terra na região que atingiu a gruta, provocando uma trinca de quase 1 cm em um espeleotema (Figuras 62 e 63). A ocorrência de abalos de terra pode agravar o perigo de queda de blocos.

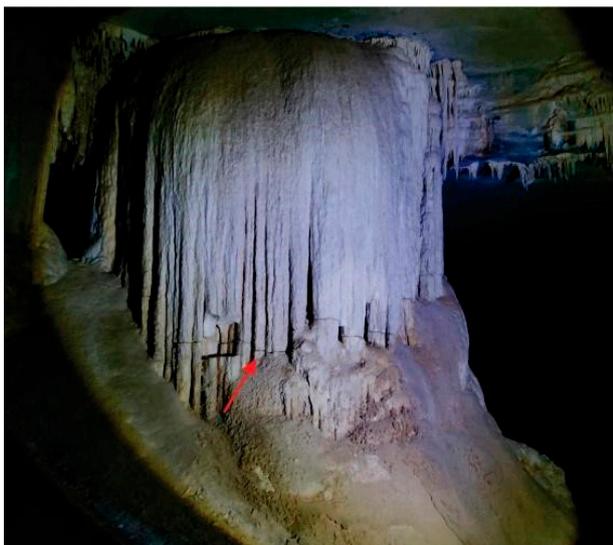


Figura 62 - Feição cárstica com trinca, indicada com seta vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 63 - Detalhe da espessura, de quase 1 cm, na trinca em espeleotema. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.8. Trilha da Primeira Claraboia

A trilha da Primeira Claraboia inclui o trecho de penumbra anterior à abertura. A Figura 64 mostra a extensão dessa trilha. A claraboia (Figura 65) possui grandes dimensões, com aproximadamente 90 metros de altura.

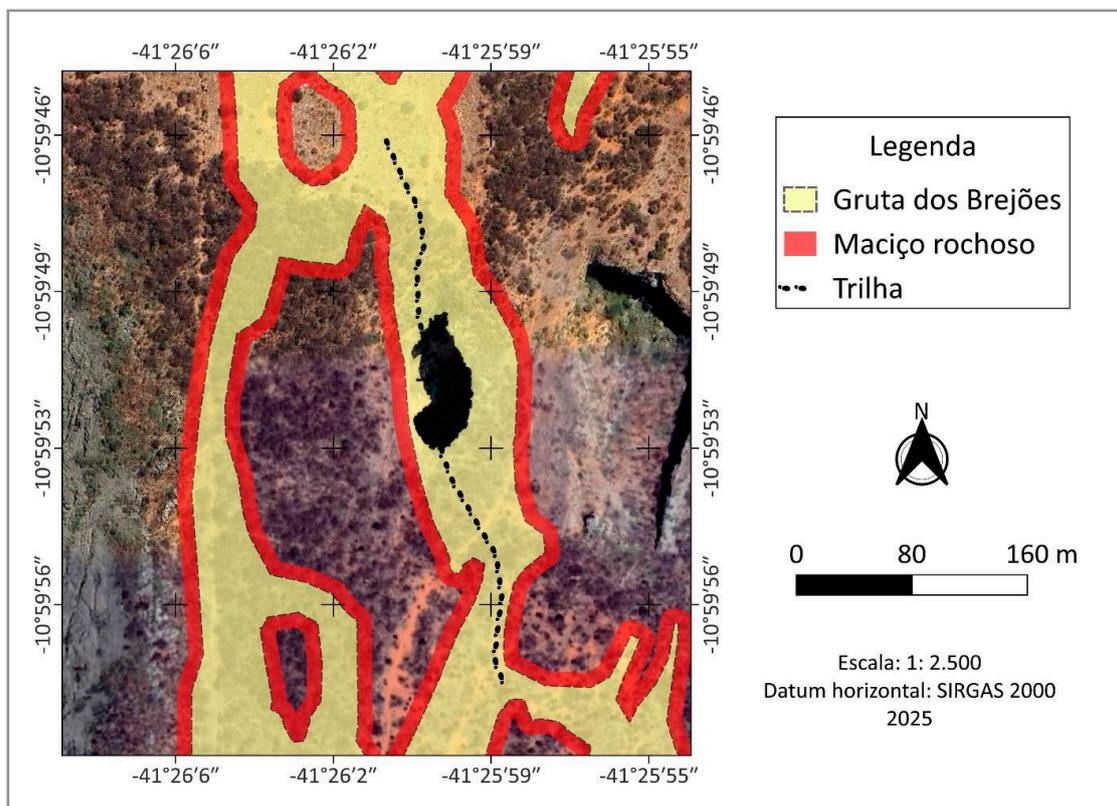


Figura 64 - Trilha da Primeira Claraboia. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 65 - Primeira Claraboia. Fonte: Elaborado pelos autores.

O trecho anterior à claraboia, ainda na penumbra, apresenta diversas discontinuidades nas paredes e no teto do maciço rochoso (Figuras 66 e 67), o que indica perigo que varia de alto a muito alto para queda de blocos.

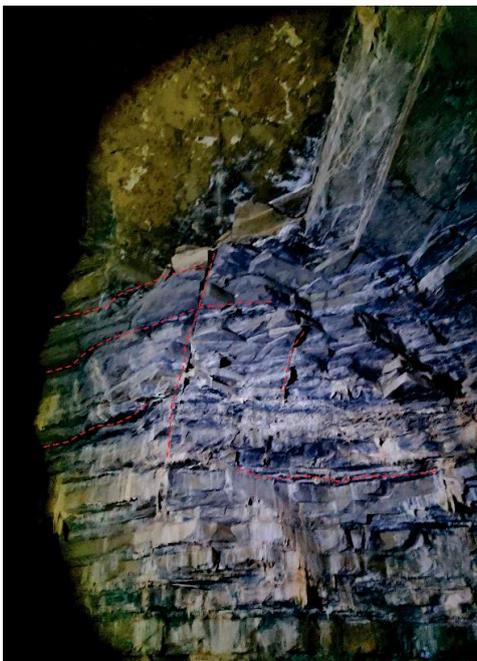


Figura 66 - Presença de descontinuidade na parede do maciço rochoso, indicada por linha tracejada vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 67 - Presença de descontinuidade no teto do maciço rochoso, indicada por linha tracejada vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo da trilha, observou-se trechos com perigo muito alto de tombamento de blocos. Um desses pontos localiza-se no trajeto de acesso à claraboia, onde um bloco de grande dimensão está se desprendendo do maciço rochoso por meio de uma descontinuidade com abertura significativa (Figura 68).

Próximo ao mirante da claraboia, verificou-se outro bloco rochoso instável (Figura 69), com aproximadamente 4 metros de altura, já separado do maciço rochoso, o que agrava o perigo muito alto de tombamento.

Além desses pontos, no trecho posterior à claraboia, há um bloco de grandes dimensões recoberto por escorrimentos calcícticos, situado na passagem dos visitantes, o qual configura-se como de perigo muito alto de tombamento (Figuras 70 e 71).



Figura 68 - Bloco rochoso já apresentando distância entre o maciço ao longo de descontinuidade, indicada por seta vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.

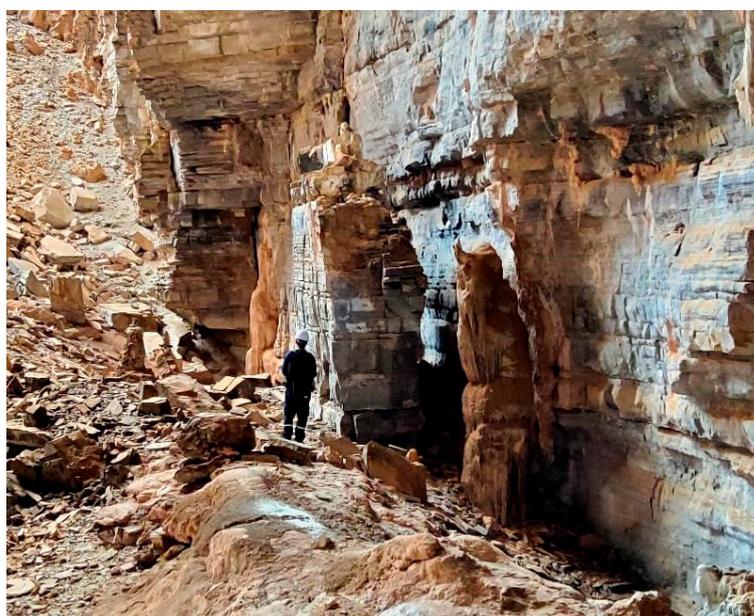


Figura 69 - Bloco rochoso afastado do maciço com perigo muito alto de tombamento. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 70 - Bloco rochoso com perigo muito alto a tombamento/queda. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 71 - Detalhe de local de passagem de visitantes sob bloco rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

Em toda Trilha da Primeira Claraboia, o trajeto passa por muitos blocos rochosos de várias dimensões empilhados, os quais expõem o visitante a um perigo muito alto de queda de bloco (Figuras 72 e 73).

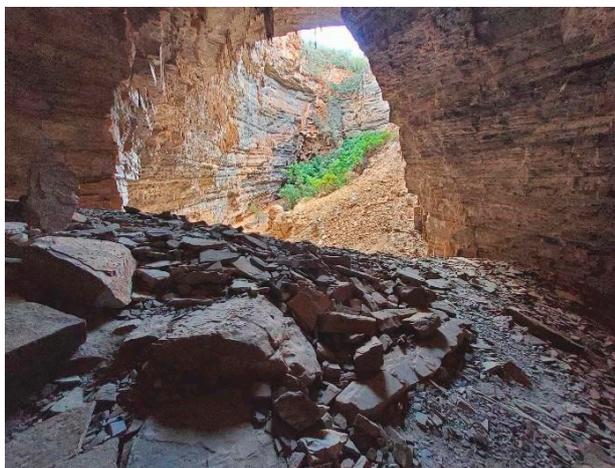


Figura 72 - Bloco rochoso de várias dimensões ao longo de toda trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 73 - Blocos rochosos empilhados na passagem de visitantes na claraboia. Fonte: Elaborado pelos autores.

Em um ponto da claraboia, já na saída para continuidade da trilha, durante episódios de chuva, escorre um grande volume de água, o que pode provocar o deslocamento de blocos rochosos, atingindo o local de passagem de visitantes e agravando o perigo muito alto para queda de blocos (Figuras 74 e 75). Além disso, a situação configura um perigo médio para enxurrada.



Figura 74 - Local em que escorre muita água de chuva, com muitos blocos e troncos de árvores. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 75 - Passagem de visitantes entre maciço rochoso e blocos empilhados. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.9. Trilha da Segunda Claraboia

A Trilha da Segunda Claraboia se estende entre a Primeira Claraboia até a saída secundária da Gruta dos Brejões, que acessa o cânion (Figura 76).

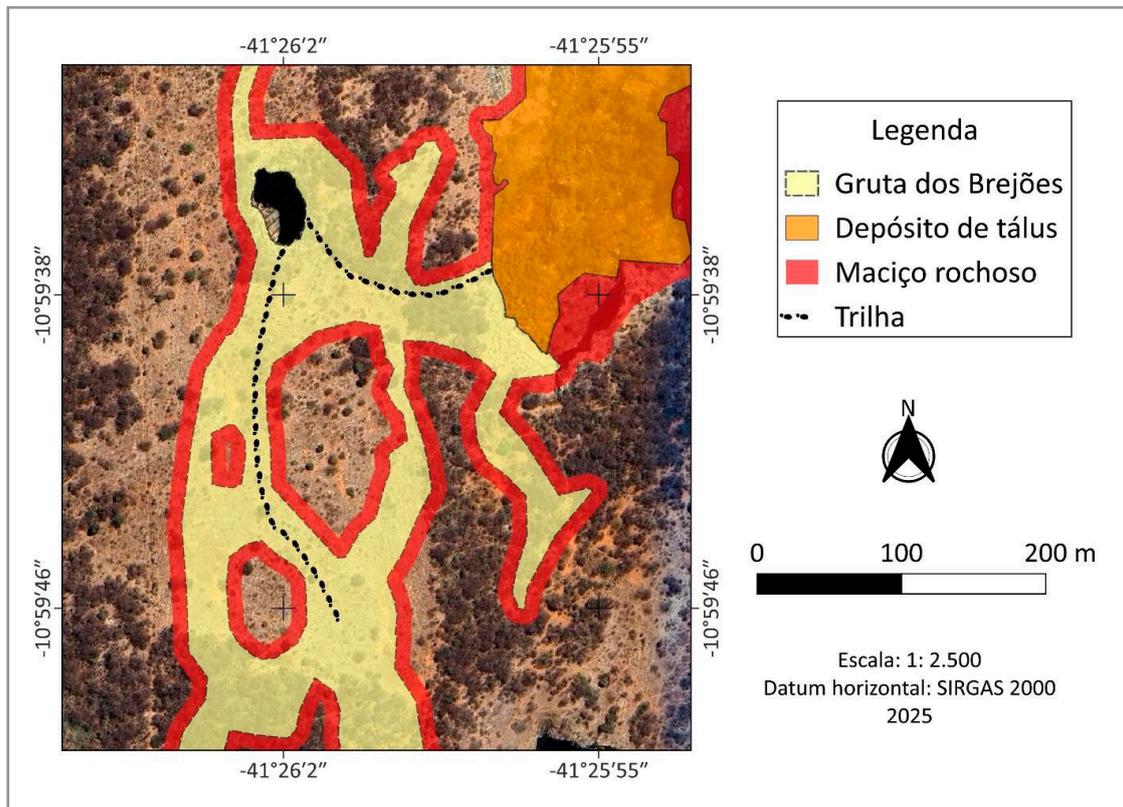


Figura 76 - Trilha da Segunda Claraboia. Fonte: Elaborado pelos autores.

Essa trilha apresenta muitos blocos rochosos, assim como diversas discontinuidades no teto e nas paredes da gruta (Figuras 77 e 78). O desgaste e a abertura dessas discontinuidades, ao longo do tempo, provocam a formação de blocos soltos propensos à queda, como pode ser observado na Figura 79.

A Figura 80 mostra as linhas de discontinuidades na parede do maciço rochoso e a marca do local de origem do bloco que se deslocou. Esses vestígios, ao longo do trajeto nessa trilha da gruta, indicam perigo muito alto de queda de blocos.



Figura 77 - Descontinuidades no teto do maciço, indicadas por linha tracejada vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.

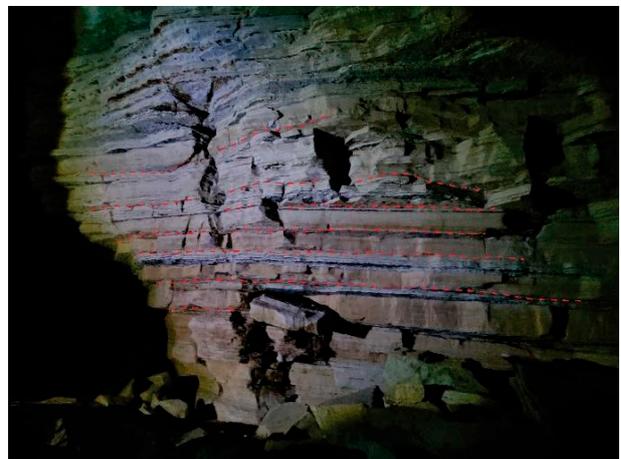


Figura 78 - Descontinuidades na parede do maciço, indicadas por linha tracejada vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 79 - Descontinuidades com maciço já desgastado e com aberturas, indicadas por linha tracejada vermelha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 80 - Descontinuidades com maciço, indicadas por linha tracejada vermelha; local de origem do bloco, indicado por seta vermelha; e bloco rochoso caído, indicado por seta amarela. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Segunda Claraboia, observou-se um bloco rochoso de grandes dimensões, com aproximadamente 60 metros de altura, apoiado na parede da claraboia (Figura 81). No lado oposto, há outro bloco, menor que o anterior, mas ainda assim de grandes dimensões, encostado no bloco rochoso (Figura 82). Esses locais são classificados como de perigo muito alto a tombamento de blocos.

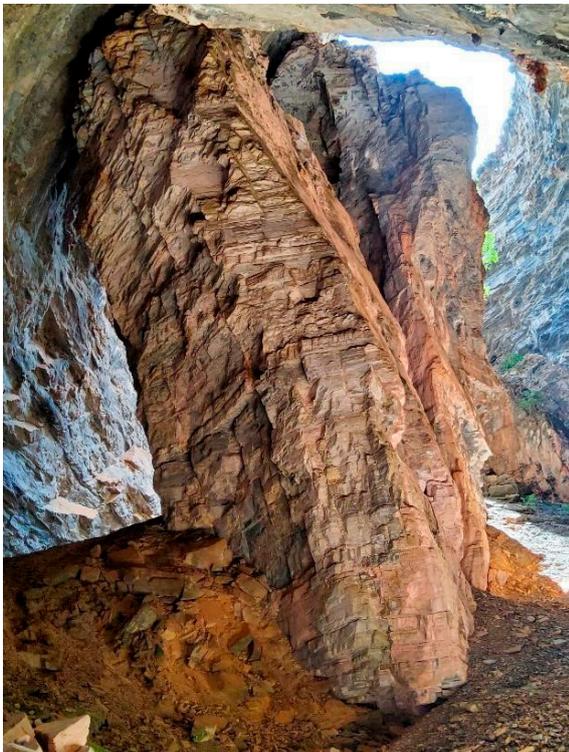


Figura 81 - Bloco rochoso de grandes dimensões, apoiado na parede do maciço. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 82 - Bloco rochoso com perigo muito alto de tombamento. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo de toda a Trilha da Segunda Claraboia, verificou-se a presença de numerosos blocos rochosos de várias dimensões empilhados, o que agrava o perigo de queda de blocos (Figuras 83 e 84).



Figura 83 - Presença de muitos blocos empilhados ao longo da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 84 - Blocos rochosos grandes no trajeto dos visitantes. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.10. Trilha do Cânion

A Trilha do Cânion localiza-se entre a saída da Segunda Claraboia e a terceira entrada da gruta, já próxima à ressurgência do Rio Jacaré (Figura 85).

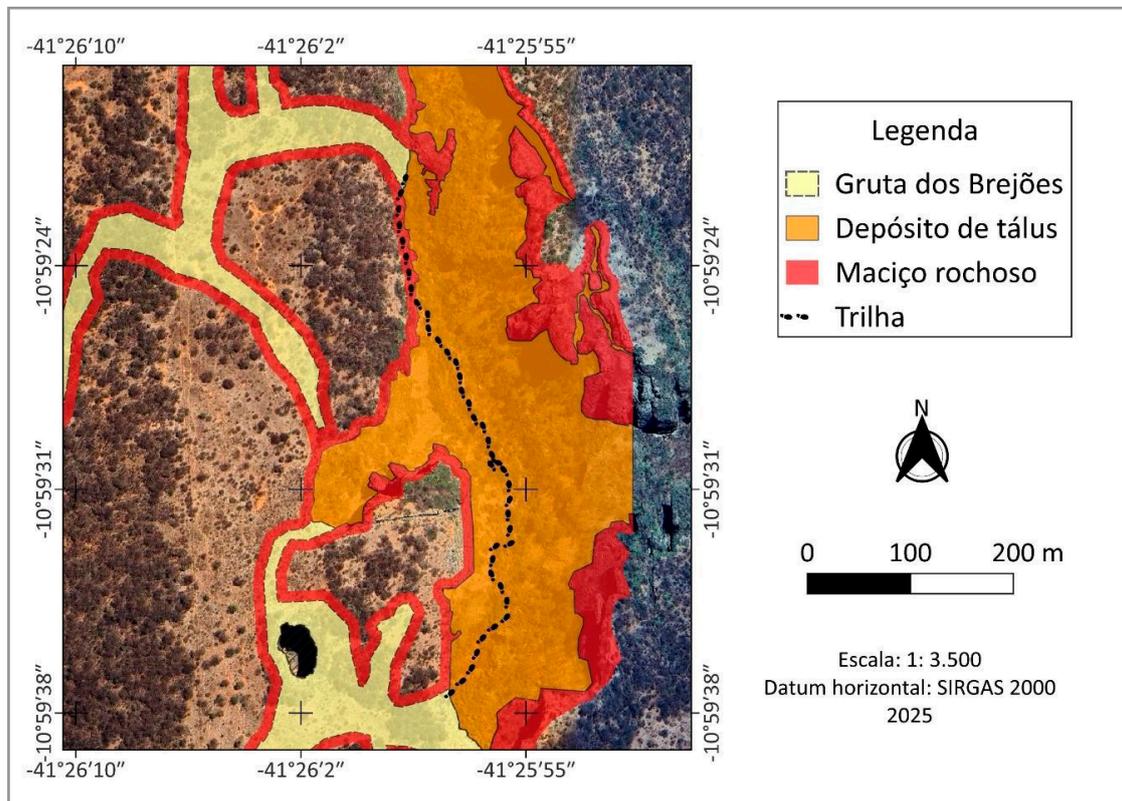


Figura 76 - Trilha do Cânion. Fonte: Elaborado pelos autores.

Essa trilha percorre um trecho ao longo do cânion, na parte externa da gruta, junto à borda do paredão rochoso. Já na saída da gruta, observaram-se diversas discontinuidades no maciço rochoso, o que indica perigo alto e muito alto de queda de blocos (Figura 86). A presença de numerosos blocos empilhados reforça essa classificação de perigo (Figura 87).



Figura 86 - Presença de discontinuidades no teto e parede do maciço rochoso, indicadas por setas vermelhas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

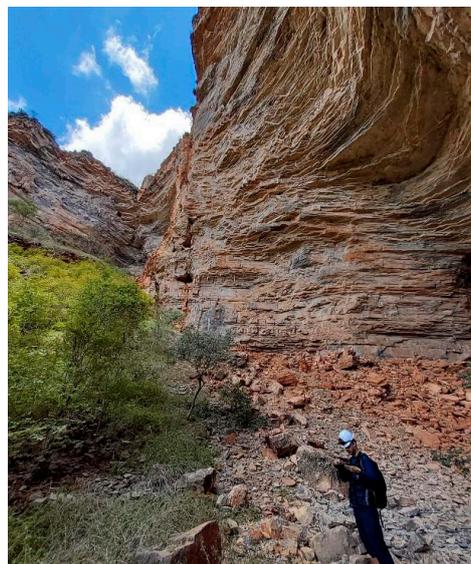


Figura 87 - Presença de muitos blocos rochosos na saída da gruta, início da trilha do Cânion. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quase todo o trajeto nessa trilha ocorre muito próximo ao paredão rochoso, que apresenta muitas discontinuidades (Figuras 88 e 89), algumas já com abertura e blocos rochosos soltos (Figuras 90 e 91).

Essa constatação reforça a situação de perigo muito alto à queda de blocos ao longo da trilha.



Figura 88 - Presença de discontinuidades na parede do maciço rochoso, indicadas por setas vermelhas. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 89 - Presença de discontinuidades com aberturas na parede do maciço rochoso, indicadas por setas vermelhas. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 90 - Descontinuidades na parede do maciço rochoso com abertura significativa.
Fonte: Elaborado pelos autores.

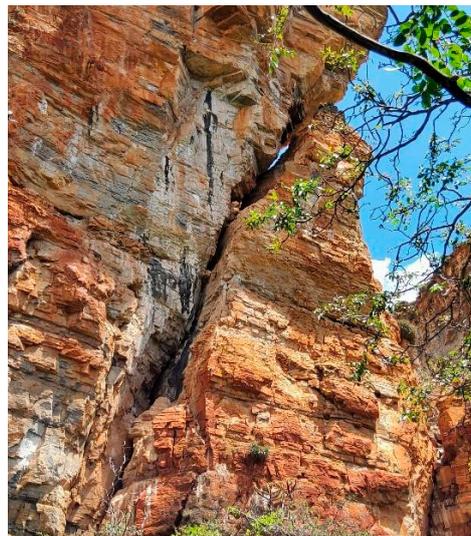


Figura 91 - Descontinuidades na parede do maciço rochoso, ao longo da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.

A Trilha do Cânion, também é marcada pela presença de depósitos de tálus na base do paredão rochoso, ao longo de quase todo trajeto. Esses blocos rochosos estão soltos e instáveis, sendo propensos à queda e ao rolamento, o que agrava a situação de perigo muito alto para queda de blocos (Figuras 92 e 93).



Figura 92 - Presença de depósito de tálus ao longo da trilha.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 93 - Presença de muitos blocos rochosos no sopé do paredão. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.11. Trilha da Ressurgência

A Trilha da ressurgência se inicia na entrada da gruta e termina no ponto em que o Rio Jacaré ressurge na superfície (Figura 94). Essa trilha pode ser dividida em três trechos: o primeiro, já na terceira entrada da Gruta dos Brejões; o segundo, na passagem por uma fenda no maciço; e a terceira, na parte correspondente à ressurgência do rio.

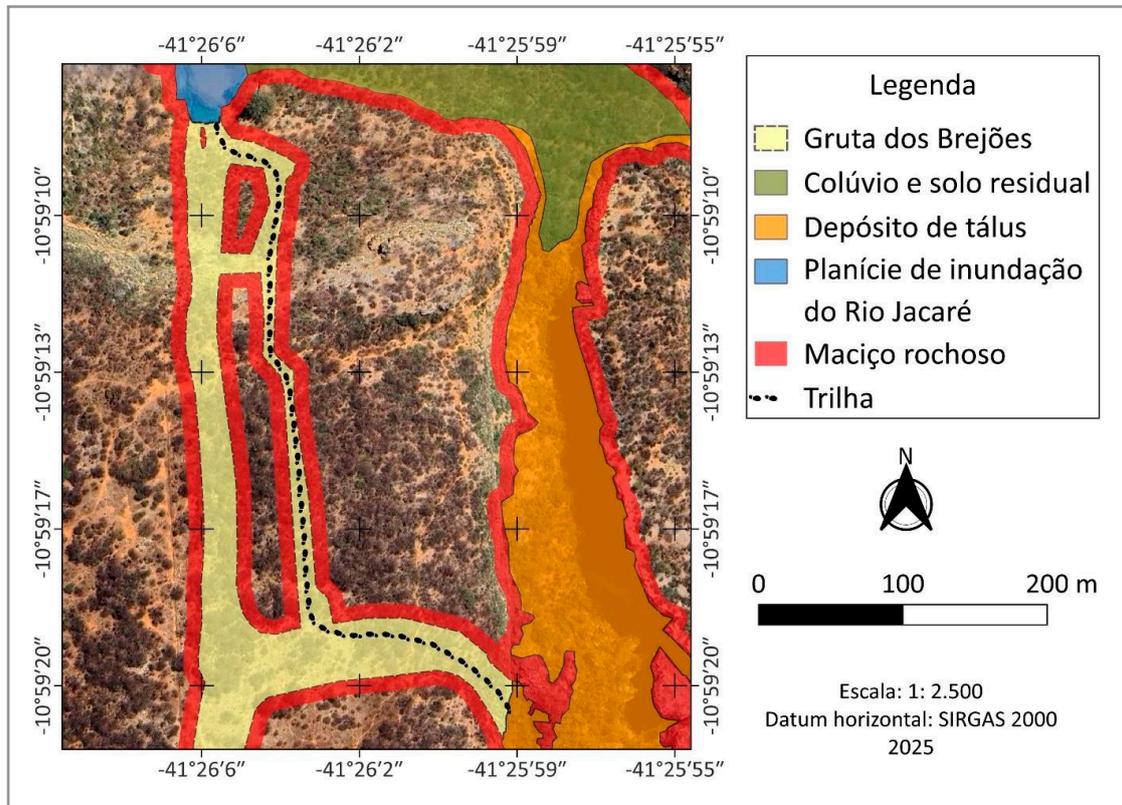


Figura 94 - Trilha da Ressurgência. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esse primeiro trecho da trilha da entrada da gruta é marcado pela presença de muitos blocos empilhados, o que configura perigo muito alto de queda/rolamento de blocos (Figuras 95 e 96).

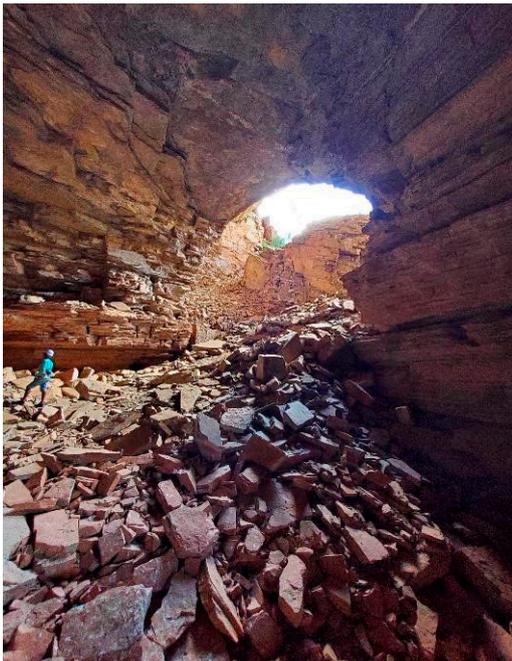


Figura 95 - Presença de muitos blocos ao longo da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 96 - Presença de muitos blocos com muito alto perigo de queda. Fonte: Elaborado pelos autores.

No segundo trecho da trilha, o visitante acessa uma passagem muito estreita ao longo de uma fenda no maciço rochoso. No primeiro trecho para o acesso, a passagem apresenta um salão com o teto baixo (Figura 97). Ao longo desse trajeto, o piso é bastante irregular com muitos blocos rochosos (Figuras 98). Nesse trecho da trilha são observadas descontinuidades no teto do maciço rochoso, o que indica um perigo muito alto à queda de blocos (Figuras 99 e 100).



Figura 97 - Teto baixo em acesso à fenda no maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

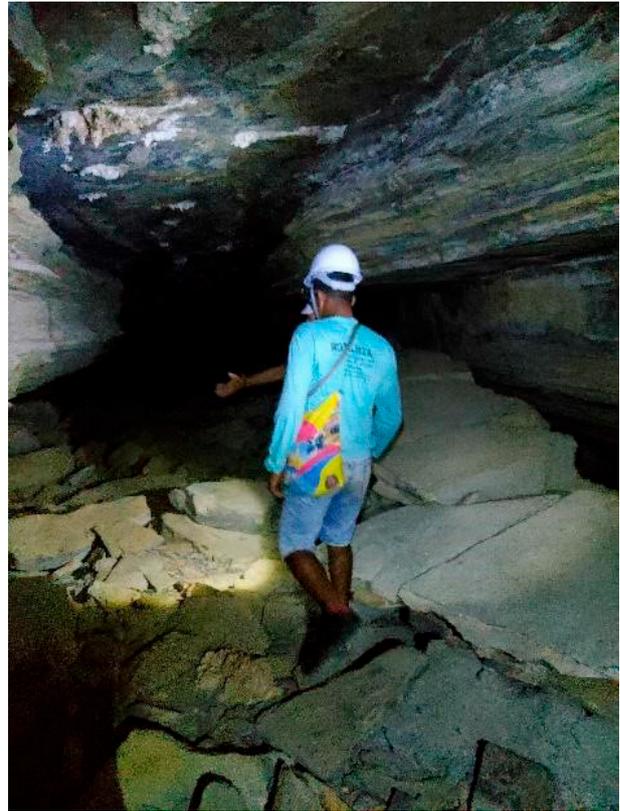


Figura 98 - Piso irregular ao longo da trilha no trecho ao longo da fenda no maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 99 - Presença de muitas descontinuidades no teto do trajeto. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 100 - Algumas descontinuidades já apresentam dissolução carbonática. Fonte: Elaborado pelos autores.

O último trecho dessa trilha é a ressurgência do Rio Jacaré (Figura 101). Esse trajeto final é marcado pela presença de muitos blocos de grande porte ao longo do percurso (Figura 102). Além disso, como em toda a trilha, observam-se muitas descontinuidades na parede do maciço (Figuras 103 e 104), o que indica perigo muito alto para queda de blocos.



Figura 101 - Local da ressurgência do Rio Jacaré.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 102 - Muitos blocos de grande porte ao longo do trajeto final da trilha. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 103 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 104 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso, na ressurgência do Rio Jacaré.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.12. Caminho das águas

Esta trilha (Figura 105) é um caminho alternativo às trilhas do Segundo e Terceiro Salões da Estalagmite, e à Trilha da Primeira Claraboia, uma vez que o Caminho das Águas é paralelo a essas trilhas. Em alguns trechos, o percurso apresenta acúmulo de água, mas, segundo o guia local, há alguns anos a trilha, não fica completamente inundada.

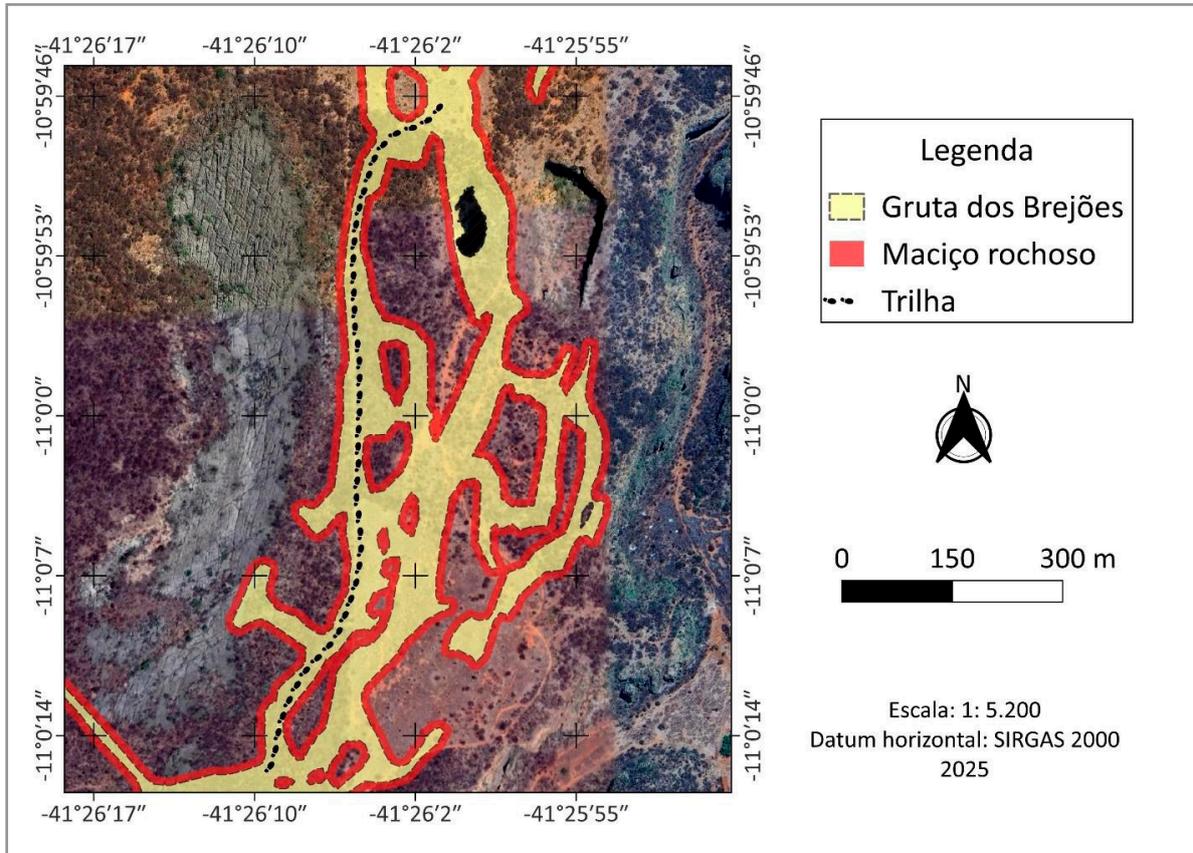


Figura 105 - Caminho das Águas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao longo do trajeto observam-se muitas descontinuidades no teto e nas paredes do maciço rochoso, o que indica perigo muito alto de queda de blocos (Figuras 106 e 107). Em um trecho da trilha, o piso é muito irregular, com blocos rochosos soltos, tornando o percurso difícil para o visitante (Figura 108). Além disso, observou-se que, nesse trecho, há locais com espaços vazios sob o piso, o que pode provocar seu desabamento, configurando perigo alto para esse processo (Figura 109).



Figura 106 - Descontinuidade no teto do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 107 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 108 - Piso irregular em um trecho da trilha.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 109 - Piso irregular com blocos rochosos soltos.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5.13. Trilha do Salão Quente

A Trilha do Salão Quente (Figura 110) dá acesso a uma área que apresenta uma temperatura mais elevada do que a dos outros locais. No entanto, não percorremos todo o salão, pois, segundo o guia, trata-se de um local menos visitado por turistas.

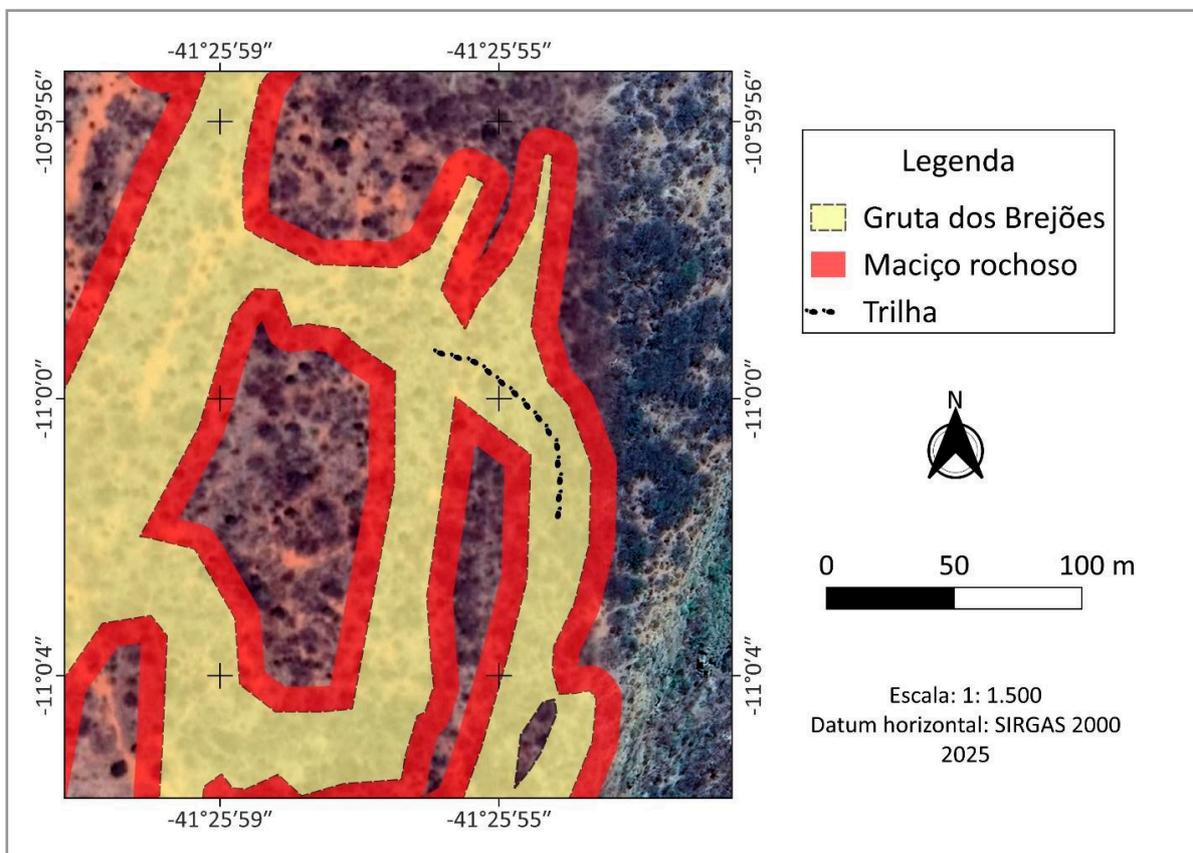


Figura 110 - Trilha do Salão Quente.

No trecho inicial que compõe o Salão Quente, já foram observadas muitas discontinuidades nas paredes e no teto do paredão rochoso (Figuras 111 e 112), o que indica alto perigo de queda de blocos nesse local.



Figura 111 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 107 - Descontinuidade no teto do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

5.14. Trilha do Salão de Banho

Essa trilha (Figura 113) inicia no Segundo Salão do Altar e é um local de grande visitação por parte dos turistas, pois, ao final do percurso, há um ponto de acúmulo de água usado para banho dos visitantes.

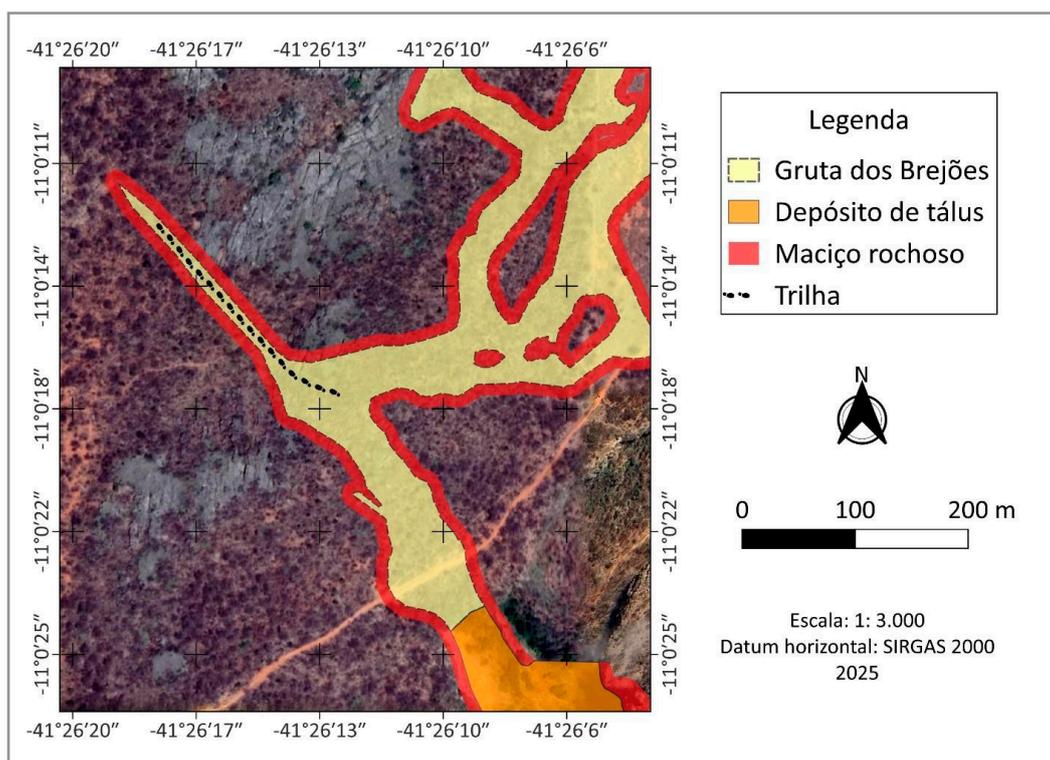


Figura 110 - Trilha do Salão Quente.

Ao longo dessa trilha, nota-se a presença muitos blocos de diversos tamanhos, o que dificulta o trajeto do visitante. Além disso, observam-se muitas descontinuidades na parede do maciço rochoso, o que caracteriza uma área de perigo muito alto de queda de blocos (Figuras 114 e 115).

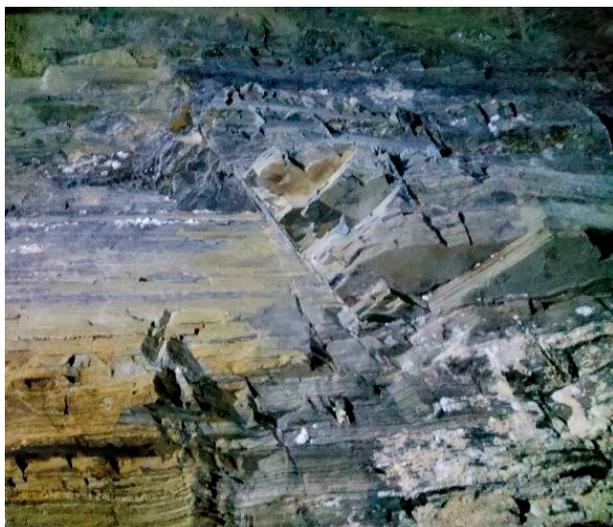


Figura 114 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 107 - Descontinuidade na parede do maciço rochoso. Fonte: Elaborado pelos autores.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O mapeamento de perigos na Gruta dos Brejões abrangeu alguns processos geológicos específicos, cuja ocorrência é inerente ao tipo de rocha, estrutura e processos naturais que ocorrem no ambiente da área de estudo, neste caso, um ambiente cárstico em rochas carbonáticas. Sendo assim, as características das rochas favorecem a presença marcante e recorrente de descontinuidades. Tais descontinuidades são um condicionante importante que favorece o processo de abertura ao longo do tempo, com a atuação de outros agentes, como a água, raízes de plantas e outros. Esse processo, aos poucos, disponibiliza blocos rochosos soltos para a ocorrência de queda e tombamentos. Esses dois tipos de processos apresentam maior possibilidade de ocorrência na gruta, sendo observado vestígios de perigos alto e muito alto em todos os salões visitados, assim como em trilhas na parte externa da gruta.

Além desses processos, verificou-se, em alguns locais, perigos de ocorrência de desabamento do piso, inundação e enxurrada, em graus de médio a alto. Esses eventos são considerados secundários, pois se restringem a poucos locais, ao contrário do que foi observado com a queda e tombamento de blocos rochosos. O Quadro 5 apresenta um resumo dos tipos de perigo em cada trilha e seus respectivos graus.

O acesso em todas as trilhas na Gruta dos Brejões apresenta grande dificuldade, uma vez que, em quase todo o trajeto, há blocos empilhados de várias dimensões. Cabe ressaltar, contudo, que a prática de turismo nesses locais é caracterizada por uma alta complexidade e imprevisibilidade, pois trata-se de fenômenos naturais — principalmente em relação ao momento em que tais perigos naturais irão ocorrer. Ainda assim, tais processos e potenciais perigos, descritos neste relatório não devem inviabilizar totalmente a atividade de ecoturismo nesses locais, desde que alguns cuidados e recomendações sejam adotados, e que o visitante receba esclarecimentos sobre os perigos a que está sujeito.

Quadro 4 - Trilhas da Gruta dos Brejões com a tipologia e classificação, em graus, de seus perigos geológicos e hidrológicos.

Trilha	Perigo geológico e hidrológico/grau de perigo				
	Queda de bloco	Tombamento de bloco	Desabamento do piso	Inundação	Enxurrada
Comunidade	Médio/alto				
Salão do Altar	Médio/alto	Muito alto			
Segundo Salão do Altar	Médio/alto				
Primeiro Salão de Estalagmites	Alto/muito alto				
Salão do Bolo	Alto/muito alto				
Salão de Areia	Muito alto				
Salão da Cortina	Alto				
Segundo Salão de Estalagmites	Muito alto	Muito alto			
Terceiro Salão de Estalagmites	Muito alto	Muito alto	Muito alto		
Primeira Claraboia	Alto/muito alto	Muito alto			Médio
Segunda Claraboia	Muito alto	Muito alto			
Cânion	Muito alto				
Ressurgência	Muito alto				
Caminho das Água	Muito alto		Alto	Médio	
Salão Quente	Alto				
Banho	Muito alto				

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para isso, faz-se necessária a promoção de ações educativas, a fim de que os visitantes, moradores locais e guias conheçam esses perigos e saibam como mitigar a possibilidade de ocorrência de desastres naturais. Dessa maneira, seguem a seguir algumas **recomendações** para mitigar os perigos observados nas trilhas da Gruta dos Brejões:

- Instalar placas de advertência para os perigos geológicos existentes em diversos pontos do atrativo turístico;
- Capacitar os monitores, guias e condutores turísticos para a identificação dos perigos geológicos;
- Considerar os perigos geológico-geotécnicos identificados neste estudo na gestão de segurança e qualidade do atrativo turístico;
- Implementar um termo de ciência e responsabilidade, visando dar pleno conhecimento aos turistas e guias sobre os perigos aos quais estão expostos durante a visita;
- Sinalizar os locais indicados como de alto e muito alto perigo para queda e/ou tombamento de blocos rochosos;

- Evitar caminhar muito próximo à parede da gruta (trilhas internas) e aos paredões rochosos (trilhas externas), reduzindo a exposição dos visitantes às zonas de maior perigo de queda de blocos;
- Implementar um sistema de gestão de perigos que contemple riscos de origem geológica-geotécnica, incluindo a elaboração de um plano de contingência;
- Orientar e conscientizar guias turísticos, turistas e demais visitantes sobre os perigos da permanência nas proximidades de paredões, formações rochosas e interior da gruta;
- Orientar os visitantes a evitar permanecer por longos períodos em áreas com depósitos de tálus e blocos empilhados ao longo das trilhas no interior da gruta;
- Realizar vistorias preventivas nos paredões e no maciço rochoso (paredes e teto) do interior da gruta e acessos, com o intuito de identificar eventuais blocos de rochas com potencial de movimentação;
- Buscar orientação técnica especializada para a estabilização das porções mais instáveis dos maciços rochosos, incluindo eventuais blocos rochosos soltos, localizados no teto ou nas paredes da gruta e em áreas externas;
- Implementar rotina de monitoramento para identificar sinais de instabilidade do maciço rochoso, como surgimento ou evolução de trincas, aberturas, degraus de abatimento, especialmente nos locais indicados neste estudo como de alto e muito alto perigo;
- Delimitar as áreas de banhos e descanso, a fim de impedir a aproximação permanência de turistas sob paredões rochosos e próximas a paredes e tetos instáveis na gruta;
- Utilizar os equipamentos de segurança recomendados para visita em cavidades, cavernas e grutas;
- Alertar e conscientizar visitantes, turistas, guias e a comunidade local de que, em ambientes cársticos como o da Gruta dos Brejões, a queda de blocos rochosos, desabamento de teto e piso da gruta são fenômenos relativamente comuns e de difícil previsibilidade, por se tratarem de processos naturais.

Este relatório tem como intuito fomentar a atividade turística nesses locais, alertando para os processos naturais atuantes e seus perigos ao visitante, de modo que a atividade ocorra de forma mais segura possível.

É importante salientar que os perigos geológicos estão diretamente relacionados à prática de atividades de turismo ecológico em ambientes naturais, sendo, na maioria das vezes, impossível erradicá-los completamente, devido à alta complexidade e imprevisibilidade dos fenômenos naturais envolvidos.

REFERÊNCIAS

ABELLÁN, A.; VILAPLANA, J. M.; MARTÍNEZ, J. Application of a long-range Terrestrial Laser Scanner to a detailed rockfall study at Vall de Núria (Eastern Pyrenees, Spain). *Engineering Geology*, Amsterdam, v. 88, n. 3-4, p. 136-148, dec. 2006.

BANCO MUNDIAL; FAPEU; CEPED UFSC. *Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil (1995-2019)*. 2. ed. Florianópolis: FAPEU, 2020. 156 p. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/proteca-o-e-defesa-civil-sedec/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf. Acesso em: 15 mai. 2025.

BARBOSA, J. S. F. (coord.). *Geologia da Bahia: pesquisa e atualização*. Salvador: CBPM; UFBA, 2012. v. 2, 643 p. (Série publicações especiais; 13). Disponível em: <https://www.cbpm.ba.gov.br/book/geologia-da-bahia-pesquisa-e-atualizacao/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 2 abr. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 17 mar. 2025.

BRASIL. *Decreto nº 10.935, de 12 de janeiro de 2022*. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10935.htm. Acesso em: 10 abr. 2025.

BRUNSDEN, D.; PRIOR, C. B. (ed.). *Slope instability*. Wiltshire: John Wiley & Sons, 1984. 619 p.

CARNEVALE, G. Simulações teóricas de casos de desmoronamento de taludes rochosos. *Solos e Rochas: revista brasileira de geotecnia*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 21-40, 1991.

DIAS, G. P.; BARROSO, E. V. Determinação experimental do coeficiente de restituição normal de rochas: aplicação na previsão do alcance de blocos em encostas. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 149-167, 2006. DOI: 10.11137/2006_2_149-167. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6622>. Acesso em: 4 ago. 2025.

FORD, D.; WILLIAMS, P. (ed.). *Karst hydrogeology and geomorphology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons, 2007. 578 p. DOI: 10.1002/9781118684986.

FORNASARI FILHO, N.; FARIA, M. S. C. Capítulo 11 - relevo e dinâmica superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELLI, J. J. (ed.). *Geologia de engenharia e ambiental: volume 2 – métodos e técnicas*. São Paulo: ABGE, 2018. p. 203-228.

FURTADO, C. P. Q.; BORGES, S. V. F.; BEZERRA, F. H. R.; CASTRO, D. L.; MAIA, R. P.; TEIXEIRA, W. L. E.; SOUZA, A. M.; AULER, A. S.; LIMA-FILHO, F. P. The fracture-controlled carbonate Brejões Karst System mapped with UAV, LiDAR, and electroresistivity in the Irecê Basin - Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 119, 103986, nov. 2022. DOI: 10.1016/j.jsames.2022.103986.

GUNZBURGER, Y.; MERRIEN-SOUKATCHOFF, V.; GUGLIELMI, Y. Influence of daily surface temperature fluctuations on rock slope stability: case study of the *Rochers de Valabres* slope (France). *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 331-349, apr. 2005. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2004.11.003.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. *The landslide handbook – a guide to understanding landslides*. Reston, VA: USGS, 2008. 129 p. (U.S. Geological Survey Circular; 1325). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/circ/1325/>. Acesso em: 4 ago. 2025

IAEG. *Mission*. [S. l.]: IAEG, c2012-2023. Disponível em: <https://iaeg.info/mission/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

IBGE. *Banco de dados e informações ambientais: um instrumento para organização e preservação*. Geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, c2023. Versão 3.0.0. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 22 maio 2025.

- JESUS, T. C.; PEREIRA, R. G. F. A.; PURIFICAÇÃO, C. G. C.; FERREIRA, L. L. *Cavernas e carste em rochas carbonáticas na Bahia*. Brasília, DF: Editora IABS; ICMBio, 2023. 110 p. Disponível em: <https://editora.iabs.org.br/site/index.php/portfolio-items/cavernas-carste-rochas-carbonaticas-na-bahia/>. Acesso em: 2 abr. 2025.
- LEÃO, M. R. C. *Análise quimioestratigráfica da Formação Salitre e a contribuição da organomineralização nos depósitos microbianos na Chapa Diamantina (BA)*. 2018. 248 f. Tese (Doutorado em Análise de Bacias e Faixas Móveis) - Centro de Tecnologia e Ciências, UERJ, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/6993>. Acesso em: 4 ago. 2025.
- LIMA, D. A. Avaliação de risco na atividade de espeleoturismo. In: RASTEIRO, M. A.; MORATO, L. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32., 11-14 de julho de 2013, Barreiras, BA. Anais [...]. Campinas: SBE, 2013. p. 1-5. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_001-005.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.
- OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELI, J. J. Introdução. In: OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELI, J. J. (ed.). *Geologia de engenharia e ambiental: volume 2 – métodos e técnicas*. São Paulo: ABGE, 2018. p. 10-20.
- PEREIRA, G. V. *Relatório de análise de riscos de acidentes aos visitantes em grutas do DF/GO*. Brasília, DF: IBAMA, 2006. Disponível em: <https://repositorio.icmbio.gov.br/items/ebf00f1e-b6ac-4a68-b9c5-c77ce8bd118b>. Acesso: 16 maio 2025.
- PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 88-102, jan./dez. 2000. DOI: 10.20502/rbg.v1i1.73. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/73>. Acesso em: 4 ago. 2025.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. S. Introdução à espeleologia. In: CRUZ, J. B.; PILÓ, L. B. (org.). *Espeleologia e licenciamento ambiental*. Brasília, DF: ICMBio, 2019. p. 7-33.
- PIMENTEL, J.; SANTOS, T. D. (coord.). *Manual de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa*. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2018. 200 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20452>. Acesso: 15 maio 2025.
- RAMOS, V. L. S. *Projeto mapas municipais, município de Morro do Chapéu (BA): mapa geomorfológico, anexo VIII*. [Salvador]: CPRM, 2017. 1 mapa, color. Escala 1:200.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/4870>. Acesso em: 22 maio 2025.
- RIBEIRO, R. S. *Simulação do processo de queda de blocos em encostas com aplicação da mecânica do contato e do método dos elementos discretos*. 2013. xxii, 265 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/1168>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. (org.). *Projeto mapas municipais, município de Morro do Chapéu (BA)*. Salvador: CPRM, 1995. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/4870>. Acesso em: 22 maio 2025.
- RODET, J. The primokarst, former stages of karstification, or how solution caves can born. *Geologica Belgica*, Liège, v. 17, n. 1, p. 58-65, 2014. Disponível em: <https://popups.uliege.be/1374-8505/index.php?id=4390>. Acesso em: 5 ago. 2025.
- SANTOS, E. B.; SANTANA, C. C. S. Potencial turístico e riscos de acidentes na caverna Toca do Angico, Campo Formoso, BA. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 25, n. 102, p. 137-154, dez. 2024. DOI: 10.14393/RCG2510273154. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/73154>. Acesso em: 15 maio 2025.
- SANTOS, E. B.; SANTOS, L. M.; SANTOS, E. S. Gestão de riscos na prática de espeleoturismo. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, Fortaleza, v. 5, n. 2, 2024. DOI: 10.51189/conasust2024/33391. Disponível em: <https://ime.events/conasust2024/pdf/33391>. Acesso em: 16 maio 2025.

SILVA, D. C. C. *Caracterização petrográfica e geoquímica de brechas hidrotermais da Formação Salitre - borda leste da Bacia de Irecê (BA)*. 2019. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Departamento de Geologia, UFRN, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/34380>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SOUZA, S. L.; BRITO, P. C. R.; SILVA, R. W. S. *Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia*. Salvador: CBPM, 1993. (Série arquivos abertos; 2). Disponível em: <https://www.cbpm.ba.gov.br/book/estratigrafia-sedimentologia-e-recursos-minerais-da-formacao-salitre-na-bacia-de-irece-bahia/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

STOKES, T.; GRIFFITHS, P.; RAMSEY, C. Karst geomorphology, hydrology and management. In: PIKE, R. G.; REDDING, T. E.; MOORE, R. D.; WINKLER, R. D.; BLANDON, K. D. (ed.). *Compendium of forest hydrology and geomorphology in British Columbia: volume 1 of 2*. Victoria, BC: Ministry of Forests and Range; FORREX, 2010. p. 373-400. Disponível em: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh66.htm>. Acesso em 5 ago. 2025.

VASCONCELOS, A. M. C.; OLIVEIRA, C. V.; RODET, J. G. M. A.; SANCHEZ, E. A. M.; BATTILANI, G. A.; CAIXETA, A. C. M. Ambientes cársticos: criptocarste ou epicarste? In: SALES, F. O. (org.). *Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão 2*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2022. p. 29-41. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/701464>. Acesso em: 5 ago. 2025.

YILMAZ, I.; YILDIRIM, M.; KESKIN, I. A method for mapping the spatial distribution of RockFall computer program analyses results using ArcGIS software. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Berlin, v. 67, n. 4, p. 547-554, 2008. DOI: 10.1007/s10064-008-0174-x.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO
SERVIÇOS COMPARTILHADOS

ÁREA DE ATUAÇÃO
GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GIODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO
PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA





MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

