

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

**INVESTIGAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM CAVERNA DE ARENITO NO ESTADO
DE SÃO PAULO: CARACTERIZAÇÃO, INFLUÊNCIAS E IMPLICAÇÕES
AMBIENTAIS**

Felipe Janeiro Bonfá

Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos

Rio Claro (SP)

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

FELIPE JANEIRO BONFÁ

INVESTIGAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM CAVERNA DE ARENITO NO
ESTADO DE SÃO PAULO: CARACTERIZAÇÃO, INFLUÊNCIAS E
IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP

2025

B713i Bonfá, Felipe Janeiro
Investegação climatológica em caverna de arenito no estado de São Paulo: caracterização, influências e implicações ambientais / Felipe Janeiro Bonfá. -- Rio Claro, 2025
37 f. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Rodrigo Silva Lemos

1. Espeleologia. I. Título.

FELIPE JANEIRO BONFÁ

INVESTIGAÇÃO CLIMATOLÓGICA EM CAVERNA DE ARENITO
NO ESTADO DE SÃO PAULO: CARACTERIZAÇÃO, INFLUÊNCIAS
E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos (orientador)

Profa. Dra. Karime Pechutti Fante

Me. Saul Hartmann Riffel

Rio Claro, 15 de dezembro de 2025.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

Agradecimentos

Aos meus pais Rogerio e Claudia Eliane, ao meu irmão João Pedro e a toda a minha família, por todo o apoio que me deram até os dias de hoje, sem eles eu não teria chegado aonde cheguei. Obrigado por todos os incentivos e questionamentos, pela confiança em mim e por minhas decisões.

Ao Espeleo Grupo Rio Claro (EGRIC), por me apresentar o mundo fascinante da espeleologia, um mundo em que não consigo mais me ver fora dele. Por todos os trabalhos feitos juntos, todas as amizades feitas em todos esses anos e experiência, não só na espeleologia, mas também na parte de gestão que estive envolvidos durante os 4 anos que fui da diretoria do grupo, como diretor de patrimônio, vice-presidente e presidente.

Ao meu orientador, Professor Dr. Rodrigo Silva Lemos, que aceitou participar deste trabalho ao me orientar e ter que aturar meus sumiços constantes, mente confusa e desesperos. Minhas conversas com você, mesmos aquelas mais rápidas e por mensagens de celular, sempre conseguiam me acalmar e colocar minha mente no lugar.

Aos meus amigos, que fiz durante meus anos nesta faculdade, em especial a Ian Meireles da Cunha, Pedro Henrique Vieira Silva (Guano), Matheus França Duarte da Silva (França) e Yolanda Onhiamuçare Portella de Luna Marques Ferreira que me ajudaram a realizar este trabalho, seja em me acompanhar em minhas coletas, a compreender dados dos sensores e elaboração de mapa. Também ao Saul Hartmann Riffel que foi um grande companheiro durante minha jornada como espeleólogo e por ter me apresentado esta caverna tão especial.

Ao proprietário da terra, onde se encontra a Caverna Campo Minado, o Sr. Nelson, que sempre é muito solícito ao apoiar os estudos na área, ao autorizar a entrada na sua propriedade.

A todos os moradores das repúblicas em que morei durante meus anos de graduação (República Mansão e República Refúgio), Em especial a Antonio Moreira (Queixo), Caue Ferreira (Pivete), Felipe Alvarez (Marco Polo), Guilherme Batista (Totoro), Mateus Porto (Mineiro), Matheus Takeshi, Vinicius Silva de Campos (Bin Laden), Vinicius Souza (Períneo), durante meus anos de graduação, vocês me ajudaram muito na formação da pessoa que eu sou hoje, vocês são mais que meus amigos, são meus irmãos que retendo levar pro resto da minha vida.

E por último, mas tão importante quanto, a todos os funcionários da Unesp de Rio Claro, que contribuem diariamente para um ambiente agradável e uma educação pública de qualidade.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o espeleoclima da Caverna Campo Minado, uma cavidade de 197 metros em arenito localizada na Serra de Itaqueri-SP, essencial para a conservação ambiental. Considerada a descoberta mais importante da última década na Serra de Itaqueri, a caverna abriga importantes espécies faunísticas (*Desmodus Rotundus* e *Loxosceles sp.*). Para a análise, a metodologia utilizou três sensores AK168 para registrar medições de temperatura durante quatro meses, tanto na zona de entrada quanto na zona interna, garantindo um volume de dados robusto. A investigação demonstrou que o ambiente cavernícola em arenito confere ao local uma alta estabilidade térmica, contudo essa característica é balanceada pela vulnerabilidade à instabilidade física da rocha e o risco de colapso. Dessa forma, os dados de temperatura interna obtidos são cruciais para a compreensão da dinâmica ecológica e ações que assegurem a preservação do ecossistema subterrâneo.

Palavras-chave: Climatologia, Cavernas, Subterrâneo, Microclima, Arenito.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the speleoclimate of Campo Minado Cave, a 197-meter sandstone cavity located in Serra de Itaqueri-SP essential for environmental conservation. Considered the most important discovery of the last decade in the Serra de Itaqueri, the cave harbors important faunal species (*Desmodus rotundus* and *Loxosceles sp.*). For the analysis, the methodology used three AK168 sensors to record temperature measurements over four months, in both the entrance zone and the internal zone, ensuring a robust volume of data. The investigation demonstrated that the sandstone cave environment gives the site high thermal stability; however, this characteristic is balanced by the vulnerability to the physical instability of the rock and the risk of collapse. Thus, the internal temperature data obtained are crucial for understanding the ecological dynamics and for actions that ensure the preservation of the subterranean ecosystem.

Keywords: Climatology, Caves, Underground, Microclimate, Sandstone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Uso de EPIs na instalação de equipamentos.....	13
Figura 2: Sensor e Instalação dos sensores	14
Figura 3: Localização da Serra de Itaqueri - SP	21
Figura 4: Caverna Campo Minado	22
Figura 5: Fauna encontrada na cavidade	23
Figura 6: Formações na cavidade	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias de temperatura	28
Gráfico 2: máximas e mínimas de temperatura	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO GERAL	11
3. JUSTIFICATIVA	12
4. METODOLOGIA	13
5. PROTEÇÃO DE CAVERNAS NO BRASIL	16
6. A CAVERNA DO CAMPO MINADO	21
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

O Decreto nº 10.935, de 12 de janeiro de 2022, estabelece diretrizes sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas no Brasil, definindo critérios para sua preservação e uso sustentável. O decreto classifica as cavidades em quatro níveis de relevância: máxima, alta, média e baixa. As cavidades de relevância máxima possuem proteção e diferentes formas de restrição, sendo vedadas quaisquer atividades que possam causar impactos negativos a essas formações e ao seu entorno. O estado de São Paulo abriga uma variedade de cavernas em calcário, granito e de arenito, que desempenham papéis importantes na regulação microclimática e na preservação de ecossistemas subterrâneos.

As cavernas¹ representam ambientes únicos com processos climáticos especiais devido à interação entre fatores geológicos, topográficos e atmosféricos. Esta pesquisa visa explorar a climatologia de uma dessas cavernas, compreendendo suas características distintas, influências climáticas e implicações ambientais. As cavernas são sistemas únicos que oferecem um vasto campo de estudo para a climatologia, geologia e gestão ambiental.

A investigação climática em uma caverna de arenito no estado de São Paulo é importante para a compreensão das dinâmicas ambientais e suas implicações ecológicas. Este estudo tem como objetivo caracterizar e levantar informações sobre o microclima dessa caverna, analisar as influências geológicas e ambientais, e discutir as implicações para a conservação e manejo sustentável desses ambientes subterrâneos.

A caracterização do clima em cavernas, conhecida como espeleoclima, envolve a análise de variáveis como temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e

¹ A definição legal de caverna no Brasil encontra-se na Instrução Normativa nº 2/2017 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). De acordo com o art. 2º, inciso I, considera-se caverna: “Cavidade natural subterrânea com dimensão que permita o acesso de seres humanos, formada pela ação de processos geológicos em rochas ou em outros materiais consolidados.”

circulação de ar. Estudos como o do Professor Dr. Heros Augusto Santos Lobo, em "*Caracterização do Espeleoclima da Gruta do Mateus (Bonito-MS) e Aplicações no Manejo Espeleológico e na Gestão do Espeleoturismo*", demonstram a importância de monitorar essas variáveis para entender a dinâmica interna das cavernas e suas interações com o ambiente externo. Lobo (2014) enfatiza que um espeleoclima bem caracterizado é fundamental para a gestão do espeleoturismo, uma vez que permite a elaboração de estratégias que minimizem os impactos ambientais e preservem as características naturais das cavernas.

No contexto específico de cavernas areníticas apresentam um conjunto diferente de características e desafios. Riffel et al (2022), explora como as influências estruturais e estratigráficas afetam a evolução das cavernas de arenito, destacando que a morfologia e a estabilidade dessas cavernas são fortemente condicionadas pelos padrões de fraturas e pela composição estratigráfica das rochas sedimentares.

Além disso, a classificação e mapeamento das áreas com ocorrência de cavernas são essenciais para a gestão ambiental e a conservação desses ecossistemas. Por meio desse processo, torna-se possível identificar a localização e as características específicas das cavernas, o que permite estabelecer medidas de proteção adequadas e prevenir impactos decorrentes de atividades potencialmente degradadoras, como mineração, expansão urbana, desmatamento, agricultura... O mapeamento também favorece a integração das cavernas nos planos de uso do território e nas políticas públicas de conservação, assegurando que esses ambientes frágeis sejam contemplados em estratégias de uso sustentável do espaço geográfico. A classificação, por sua vez, possibilita distinguir as cavernas quanto à sua relevância ecológica, científica e cultural, orientando ações de manejo e priorização de áreas mais sensíveis. O mapeamento e a classificação não representam apenas um procedimento técnico, mas configuram-se como uma estratégia indispensável para a preservação do patrimônio natural e cultural associado ao ambiente cavernícola.

Este estudo, portanto, se propõe a integrar e expandir os conhecimentos apresentados sobre a dimensão climática de uma caverna de arenito no estado de São Paulo.

2. OBJETIVO GERAL

Este projeto de pesquisa pretende analisar as condições climáticas de uma caverna em arenito na Serra de Itaqueri – SP (Caverna Campo Minado) e suas implicações ambientais locais.

São objetivos específicos:

- 1) Realizar revisão bibliográfica, normativa e legal sobre a proteção, relevância e características de proteção para cavidades naturais subterrâneas;
- 2) Analisar, a partir de dados de temperatura, o microclima da Caverna Campo Minado localizada no Estado de São Paulo.

3. JUSTIFICATIVA

As cavernas da Serra do Itaqueri, assim como várias outras cavernas em outros locais do país, são muito pouco estudadas, principalmente o seu meio climático e a vulnerabilidade que esses ambientes podem ter para diferentes impactos ambientais.

Por serem pouco estudadas não há uma compreensão completa dos potenciais usos ecológicos e humanos que essas cavidades podem desempenhar, suas limitações e importâncias. Diferentes atividades humanas podem gerar impactos nesses ambientes vulneráveis, mas podem ser também importantes para a conscientização de sua importância e vulnerabilidades, como é o caso de usos turísticos e para educação ambiental.

Considera-se que a pesquisa tem o potencial de mostrar uma nova dimensão de possíveis impactos para as cavernas, uma vez que a temperatura interna é um fator de alta relevância para as dinâmicas ecológicas. A investigação climática e geológica dessa caverna não apenas contribuirá para a compreensão científica desse ambiente, mas também fornecerá subsídios para a elaboração de políticas de conservação e práticas de manejo sustentável, essenciais para a preservação dos ecossistemas cavernícolas

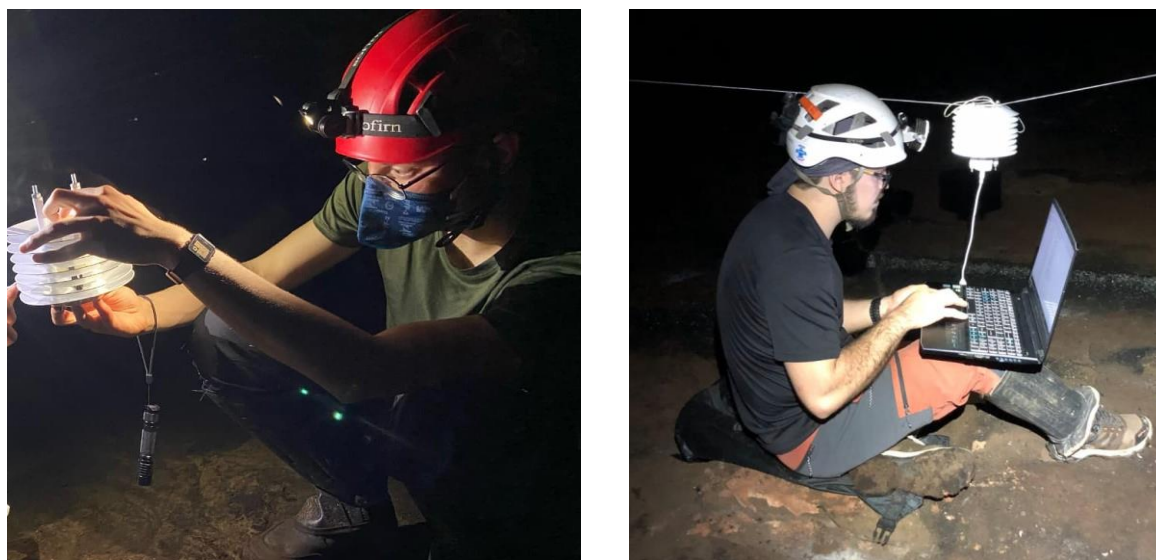
Além disso, é importante refletir sobre o estado da arte das leis ambientais para mitigar e compensar adequadamente os impactos causados por diferentes atividades humanas, como a mineração, monoculturas de cana e pecuária. Essas atividades estão presentes na região da Serra de Itaqueri, e considera-se que o estudo pode ajudar na dimensão de importância e preservação desses sistemas vulneráveis e essenciais para o desenvolvimento sustentável.

4. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida na Caverna Campo Minado, situada na Serra do Itaqueri, no estado de São Paulo. A escolha dessa caverna se justifica por sua importância geológica e pela necessidade de compreender as particularidades de seu microclima. Foram instalados termômetros em pontos estratégicos da cavidade para medir a temperatura ao longo de seis meses. Esses dados permitiram uma análise da dinâmica do microclima no interior da caverna, contribuindo para o entendimento das suas variações de temperatura.

Para a instalação e coleta dos dados de temperatura, foram realizadas saídas de campo para a caverna em questão, nestas idas a campo todos os membros das equipes estavam equipados de forma adequada, ou seja, estavam todos de botas, calças longas, perneiras, capacetes, lanternas e máscaras, como indicado na Figura 1.

Figura 1: Uso de EPIs na instalação de equipamentos



Fonte: do autor

Os sensores de temperatura, modelo AK168 (Figura 2), o primeiro sensor foi instalado na entrada da caverna, suspenso em uma árvore, a fim de evitar interferências na medição causadas pelo solo ou pela passagem de animais, além de garantir sua proteção. No interior da cavidade, os sensores também foram fixados por meio de cordeletes, mantendo-os a pelo menos 1 metro de distância do solo e de

paredes e blocos, buscando maior precisão nas medições e evitando qualquer dano irreversível à caverna (Figura 2). Todos os sensores foram posicionados junto a uma colmeia metálica, uma estrutura que assegura a proteção do equipamento.

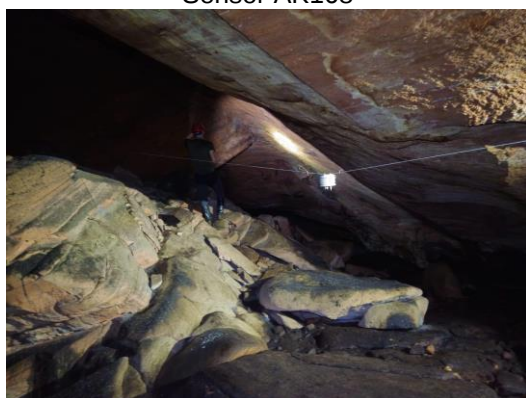
Figura 2: Sensor e Instalação dos sensores



Sensor AK168



Sensor instalado em árvore na entrada



Sensor instalado na Sala 1



Sensor instalado na Sala 2

Fonte: do autor

Para acessar a Caverna Campo Minado, há a necessidade de realizar uma trilha, que estava com a mata bem densa, assim foi preciso abrir o caminho com o uso de facões até o ponto de acesso à caverna. Sua trilha não é de alta dificuldade, possui apenas 600 metros, de onde se estaciona o carro até a entrada da caverna, mas a

inclinação de mais de 150 metros é o seu maior desafio, junto da vegetação espinhenta típica da Serra de Itaqueri.

Os sensores utilizados foram previamente verificados, confirmando que sua precisão estava na casa dos decimais, assim não havendo possibilidade para questionar sua integridade em relação aos dados obtidos. Os sensores foram configurados para realizar as medições em intervalos de 30 minutos, obtendo-se 48 registros por sensor a cada dia. Considerando a autonomia das baterias e a possibilidade de descarregamento, optou-se por realizar a coleta dos dados a cada 2 semanas, tempo que fora analisado anteriormente sobre a vida útil das baterias, obtendo 672 por sensor, ou seja 2.016 medidas por semana.

Os locais de instalação dos termômetros foram escolhidos com base nas diferenças de características do salão 1 e do salão 2. O primeiro salão possui um teto alto, a presença de vários blocos abatidos, alguns sendo de grandes proporções, e uma menor concentração da fauna e de espeleotemas. Já o salão 2, que é mais comprido, exibe características divergentes ao salão anterior, com menos blocos e uma maior concentração de fauna e espeleotemas. Essas variações estruturais e biológicas justificaram a escolha destes salões para a coleta dos dados. Já o sensor que se encontrou na parte externa da caverna foi instalado próximo da entrada, mas possuía a intenção de servir como um comparativo com o meio externo, mas precisava estar próximo a entrada da caverna.

O tempo de medição dos sensores foi definido, devido ao curto espaço de tempo para as coletas dos dados, cerca de 4 meses, assim tendo uma maior precisão nos dados. Portando, mantendo os 3 sensores coletando dados a cada 30 minutos por 4 meses, obteve-se um total de 15,373 medidas, uma quantidade considerada satisfatória de dados para o espaço de tempo do estudo.

5. PROTEÇÃO DE CAVERNAS NO BRASIL

As cavernas são ambientes subterrâneos que abrigam ecossistemas singulares, patrimônio paleontológico, arqueológico, espeleológico e hídrico. As cavernas brasileiras constituem um patrimônio ambiental, científico e cultural de grande relevância (BRASIL, 1990, Art. 5º). Por suas características únicas, são objeto de atenção do ordenamento jurídico e por um complexo arcabouço normativo, que envolve diferentes documentos legais e normativos. A legislação voltada à sua proteção, no entanto, tem passado por transformações que suscitam debates quanto à eficácia da proteção jurídica oferecida a esses ambientes vulneráveis.

As cavernas brasileiras constituem um patrimônio natural de grande relevância, não apenas pela sua beleza cênica, mas também pela riqueza ecológica, histórica e cultural que abrigam. Espalhadas por diversos biomas do país, essas formações geológicas desempenham papéis fundamentais na conservação ambiental, no abastecimento hídrico, na pesquisa científica e no turismo sustentável. De acordo com o ICMBio/CECAV (2025), o Brasil possui aproximadamente 25.522 cavernas catalogadas, distribuídas por diferentes estados e litologias, com destaque para Minas Gerais, Bahia e Rio Grande do Norte, além de áreas na Amazônia que apresentam grande potencial para novas descobertas (MASCARENHAS, 2025).

Do ponto de vista ecológico, as cavernas brasileiras abrigam ecossistemas únicos, com fauna adaptada a ambientes subterrâneos. Espécies troglóbias, que vivem exclusivamente em ambientes escuros e isolados, são comuns em diversas cavernas do país. Exemplos significativos incluem o Sistema de Areias e a Gruta Alambari de Cima, localizados na Mata Atlântica do sudeste brasileiro, que apresentam elevada diversidade de espécies troglóbias (GALLÃO, 2025; SBE, 2023). Além do que, as cavernas desempenham papel crucial na recarga de aquíferos subterrâneos, sendo essenciais para o abastecimento de água potável em muitas regiões do Brasil (SEMIL, 2021).

No aspecto arqueológico e paleontológico, várias cavernas brasileiras possuem grande importância científica. A Gruta do Lapão, situada na Chapada Diamantina, Bahia, contém vestígios de ocupação humana pré-histórica e fósseis de fauna extinta,

forneendo informações valiosas sobre a evolução da biodiversidade e das sociedades humana na América do Sul (BRANCO, 2025). Tais cavernas permitem reconstruir processos históricos, culturais, ambientais, consolidando sua relevância como objeto de pesquisa científica e patrimônio cultural.

As cavidades subterrâneas naturais são reconhecidas pela legislação nacional, como patrimônio natural ambiental, científico e cultural de grande relevância, sendo protegidas por um conjunto de normas que inclui a Constituição Federal de 1988, leis federais, decretos como, Resolução CONAMA nº 347/2004, Lei nº 9.985/2000, artigo 225 da Constituição Federal de 1988, Decreto nº 99.556/1990 e Decreto nº 6.640/2008, para citar algumas. Considera-se que as cavernas e sua proteção é uma necessidade para um desenvolvimento sustentável e ecologicamente equilibrado, demandando do Poder Público e da sociedade ações com a finalidade de proteção e preservação desses ambientes vulneráveis e ambientalmente relevantes. Nesse contexto, as cavernas se enquadram como componentes especialmente protegidos, cuja utilização não pode comprometer os atributos que justificam sua proteção (BRASIL, 1988).

A Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC), garante a proteção de cavernas inseridas em áreas de proteção integral, como parques nacionais e reservas biológicas (BRASIL, 2000). Além disso, a Resolução CONAMA nº 347/2004 determina que empreendimentos que afetem o patrimônio espeleológico só podem ser licenciados mediante estudos ambientais específicos e manifestação de órgãos especializados em espeleologia (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2004).

A legislação brasileira estabelece que é permitido o uso de cavernas para fins científicos, educação ambiental, turismo controlado e atividades de conservação, desde que obedecidas as normas de licenciamento ambiental e respeitada a classificação de relevância. Não é permitido, por outro lado, provocar impactos irreversíveis ou comprometer a integridade de cavernas de alta ou máxima relevância.

O conhecimento sobre as cavidades brasileiras ainda é incompleto devido a vasta extensão territorial e da diversidade da litologia do país. O Brasil possui um

vasto potencial espeleológico, estimado em centenas de milhares de cavidades. De acordo com o Cadastro Nacional de Informações Espeológicas (CANIE) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) do Instituto Chico Mendes de Biologia (ICMBio), cerca de quase trinta mil cavernas foram identificadas e quase cinco mil delas foram topografadas.

De acordo com o CECAV, o CANIE é o principal instrumento público de registros das cavernas brasileiras, a Sociedade Brasileira de Espeologia (SBE) possui um cadastro próprio, o Cadastro de Cavernas Nacional (CNC) que conta com quase nove mil e quinhentas cavidades registradas, mas não é de acesso público. No entanto o próprio CECAV reconhece que o número de cavernas registradas representa apenas uma pequena parcela da realidade, devido à dificuldade de acesso a determinadas regiões, à escassez de recursos para expedições (CECAV, 2023).

Estudos indicam que a distribuição das cavernas conhecidas reflete muito mais a intensidade das pesquisas do que a real ocorrência geográfica. Assim, áreas mais acessíveis ou próximas de centros urbanos tendem a apresentar maior número de registros, enquanto vastas regiões, especialmente na Amazônia e no Cerrado, permanecem subexploradas e carentes de levantamento sistemático (AULER; PILÓ, 2015).

Assim é possível afirmar que não dispomos de informações suficientes nem de um mapeamento completo das cavernas do país. O avanço nessa área depende da integração entre órgãos ambientais, instituições de pesquisa e espeleogrupos, além do investimento contínuo em mapeamento, pesquisa e divulgação científica.

As cavernas são vulneráveis tanto pela delicadeza intrínseca de seus ecossistemas subterrâneos quanto pela fragilidade das garantias legais que deveriam resguardar sua integridade. A conjugação entre pressões ambientais (como mineração, poluição, turismo descontrolado e ocupação irregular) e institucionais (como a flexibilização de normas protetivas) torna evidente que sua preservação exige políticas públicas eficazes, fiscalização constante e a conscientização social sobre seu valor ecológico, cultural e científico (MASCARENHAS, 2025; ICMBIO, 2025).

A vulnerabilidade das cavernas é um aspecto central para a compreensão da fragilidade desses ambientes subterrâneos. No Brasil, existem diferentes litologias que dão origem a cavernas, mas há diferenças significativas entre aquelas formadas em rochas carbonáticas (cársticas) e as desenvolvidas em arenito ou em outros tipos de rocha. Essa vulnerabilidade está diretamente relacionada a fatores como permeabilidade, litologia, estrutura geológica e dinâmica hidrológica (ASSUNÇÃO et al., 2024).

A diferença fundamental entre a vulnerabilidade das cavernas cársticas e das cavernas em arenito está na natureza da rocha e nos processos de formação. As cavernas cársticas são mais vulneráveis do ponto de vista estrutural e ecológico devido à sua elevada solubilidade, complexidade de condutos e presença de ecossistemas altamente especializados. Já as cavernas em arenito apresentam vulnerabilidades ligadas principalmente à instabilidade física da rocha e ao risco de colapso estrutural, embora sejam menos suscetíveis a mudanças rápidas nas condições ambientais.

A incorporação das cavernas nos licenciamentos ambientais e no processo de tomada de decisão se baseia em um conjunto de normas e procedimentos técnicos que visam a proteção e o manejo adequado dos impactos decorrentes das atividades humanas. A proteção das cavidades naturais subterrâneas é amparada pelo artigo 225 da Constituição Federal de 1988, que estabelece o dever do poder público e da coletividade em defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações. Deste modo, a Lei nº 9.985/2000, que institui o SNUC, também reconhece a importância de preservar ecossistemas frágeis, dentro dos quais se inserem as cavidades subterrâneas (BRASIL, 2000).

A regulamentação específica sobre cavernas teve início com o Decreto nº 99.556/1990, complementado pelo Decreto nº 6.640/2008, que definiu critérios de relevância e estabeleceu que cavidades classificadas como de relevância máxima não poderiam sofrer impactos negativos irreversíveis (Brasil, 2008). Esta classificação é essencial, pois orienta as decisões no processo de licenciamento ambiental, assim determinando se uma cavidade pode ser suprimida, modificada ou integralmente protegida.

No licenciamento ambiental, a identificação e a avaliação das cavernas constituem etapas obrigatórias quando o empreendimento apresenta potencial de afetar indireta ou diretamente o patrimônio espeleológico nacional. O órgão licenciador, que a competência é definida pela Lei Complementar nº 140/2011, exige a realização de estudos espeleológicos detalhados, sendo muitas vezes integrados aos estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA). Esses estudos analisam aspectos físicos, biológicos, hidrológicos e culturais das cavidades e de sua área de influência (IBAMA; ICMBio, [s.d.]).

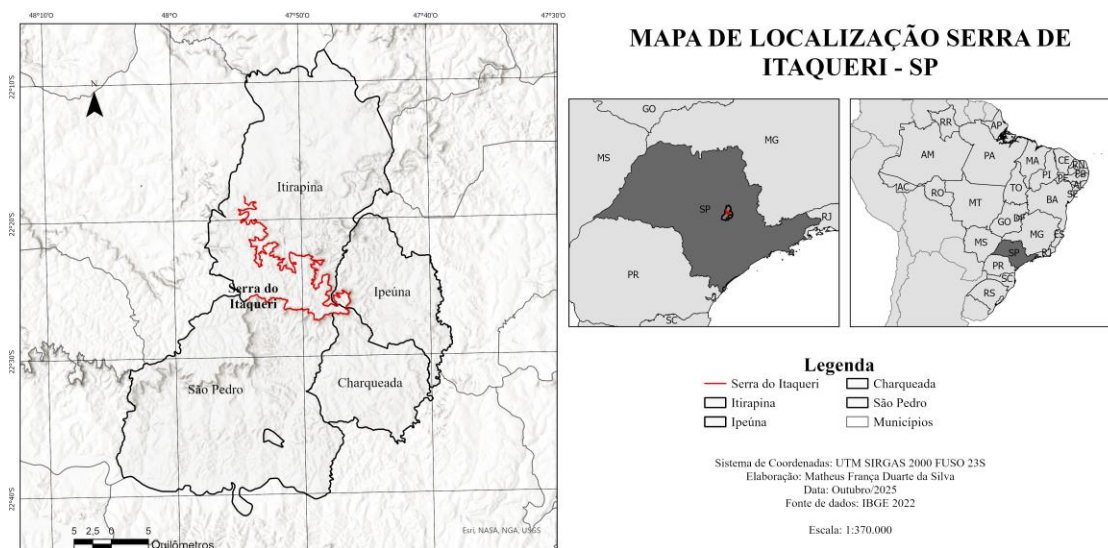
Um ponto importante é que a análise dos impactos não está limitada à caverna em si, mas também à sua área de influência, que inclui os sistemas hídricos e o seu entorno. A alteração das drenagens, contaminação da água, turismo irregular e a mineração são fatores que comprometem significativamente a integridade das cavernas, mesmo quando a certa distância do empreendimento licenciado (BRASIL, 2008).

A proteção das cavernas tem sido alvo de conflitos e disputas jurídicas, ainda mais após a publicação do Decreto nº 10.935/2022, que flexibilizou a proteção de cavernas ao permitir que haja impactos irreversíveis em cavernas de relevância máxima em situações de “interesse público” (BRASIL, 2022). Tal mudança gerou inúmeras críticas de entidades científicas, ambientais e da comunidade espeleológica brasileira, sendo posteriormente questionada no Supremo Tribunal Federal, que acabou por suspender partes mais permissivas do decreto por considerar que representavam um retrocesso ambiental (PODER360,2023).

6. A CAVERNA DO CAMPO MINADO

A Serra de Itaqueri, localizada entre os municípios de Charqueada, Ipeúna, Itirapina e São Pedro (Figura 3), constitui uma importante área de ocorrência de cavernas em rochas siliciclásticas no estado de São Paulo. Essas cavidades se desenvolvem predominantemente nos arenitos eólicos da Formação Botucatu, que compõem, juntamente com as formações Pirambóia e Serra Geral, o Grupo São Bento. As feições geomorfológicas dessa serra correspondem às chamadas ²arenito-basáltica³ apresentam altitudes médias entre 820 e 850 metros (PARRA et al., 2022).

Figura 3: Localização da Serra de Itaqueri - SP



Elaboração: Matheus França Duarte da Silva

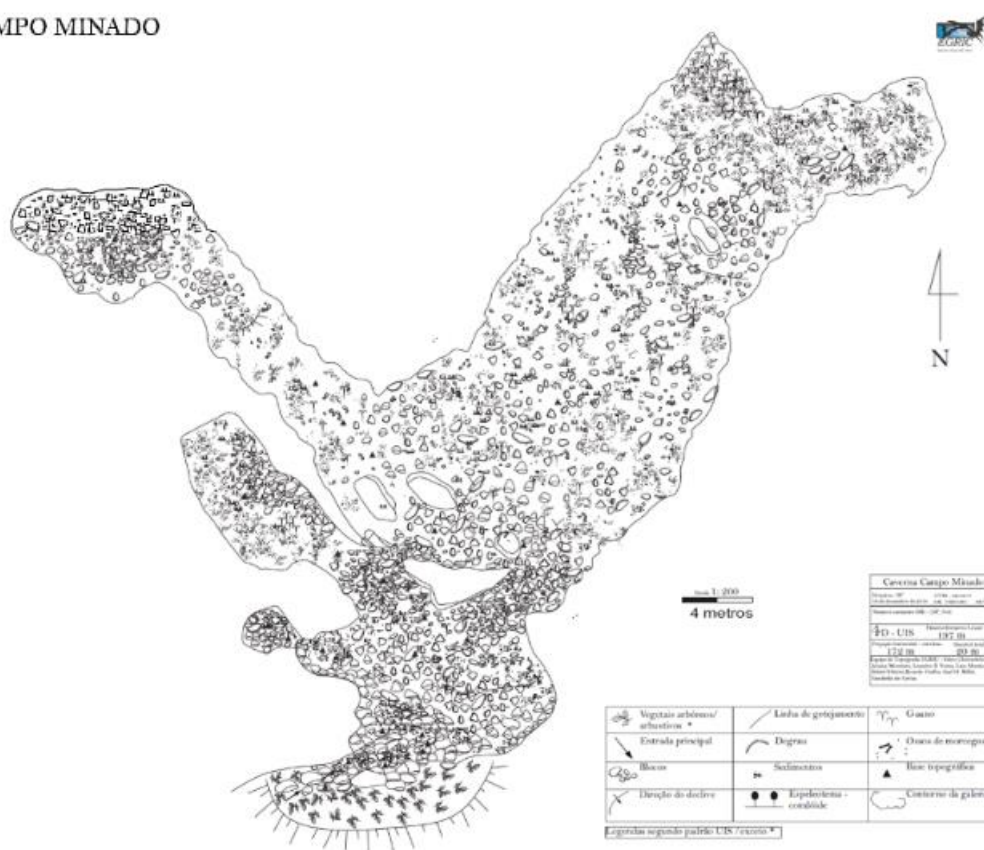
² Forma de relevo assimétrica caracterizada por apresentar um lado com declive suave e outro lado com declive abrupto.

³ Uma escarpa é uma forma de relevo caracterizada por uma superfície inclinada ou abrupta, geralmente resultante de processos geológicos como falhamentos, erosão diferencial ou soerguimento de blocos rochosos.

Segundo Parra et al. (2022, p.263), “nas escarpas da Serra, onde afloram os arenitos eólicos da Formação Botucatu, entre as cotas de 820 e 850m, se desenvolve uma série de cavernas”. A maior parte dessas cavidades apresentam dimensões reduzidas, geralmente inferiores a 50 metros de desenvolvimento linear. No entanto, algumas exceções se destacam, como a Gruta do Fazendão, com 285 metros, e a Caverna Campo Minado (Figura 4), descoberta em 2014, com 197 metros de desenvolvimento linear.

Figura 4: Caverna Campo Minado

CAVERNA CAMPO MINADO



Fonte: Acervo do Espeleio Grupo Rio Claro (EGRIC)

A descoberta da Caverna Campo Minado representou um marco para os estudos espeleológicos da região. Até então, as prospecções realizadas ao longo da década de 2000 resultaram em pequenas cavidades (FARIAS et al., 2015). Durante o segundo semestre do ano de 2014, o Espeleio Grupo Rio Claro (EGRIC), realizava atividades de prospecção na região e identificou a cavidade, considerando-a “a mais importante descoberta da última década na Serra de Itaqueri” (FARIAS et al., 2015, p. 299).

Do ponto de vista geomorfológico, a Campo Minado apresenta 197 metros de desenvolvimento linear, 172 metros de projeção horizontal e 20 metros de desnível, o maior registrado na região. Trata-se de uma caverna de caráter predominantemente horizontal, com salões amplos e teto abobadado, cujo acesso é marcado por blocos abatidos que obstruem parcialmente a entrada (FARIAS et al., 2015). A gênese da cavidade, conforme discute Hardt (2003; 2009; 2011), relaciona-se à dissolução da sílica presente nos arenitos, associada às variações do nível freático, o que explicaria feições como cúpulas de dissolução e tetos arredondados.

A bioespeleologia da caverna também merece destaque. No interior da Campo Minado há uma numerosa população de morcegos hematófagos da espécie *Desmodus rotundus* (Figura 5), além de ossadas associadas (Figura 5), possivelmente decorrentes do uso de vampiricidas em propriedades rurais próximas (FARIAS et al., 2015), além de recentemente ter sido encontrado alguns indivíduos da espécie *Chrotopterus auritus* (Figura 5), comuns na região, mas nunca encontrados antes nessa cavidade. Entretanto, a principal singularidade da cavidade está na presença abundante de aranhas-marrom (*Loxosceles* sp.) (Figura 5), que se distribuem no solo sobre teias individuais circulares brancas lembrando visualmente um campo minado, característica que originou o nome da caverna (Figura 5).

Figura 5: Fauna encontrada na cavidade



Desmodus rotundus

Fonte: Acervo do Espeleo Grupo Rio Claro (EGRIC)



Ossada de morcego *Desmodus rotundus*

Fonte: Ian Meireles da Cunha



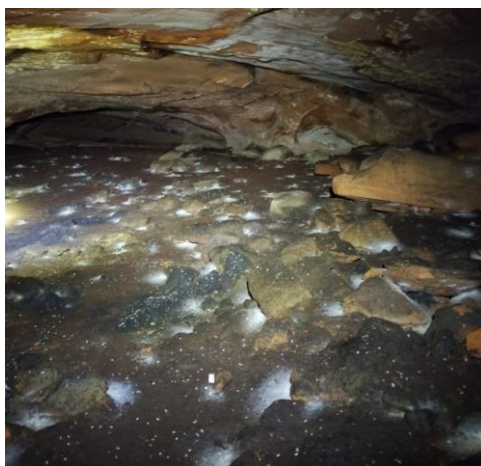
Chiropterus auritus

Fonte: do autor



Loxosceles sp.

Fonte: Ian Meireles da Cunha



Ninhos de *Loxosceles* sp. Que dá nome a caverna.

Fonte: Ian Meireles da Cunha

Do ponto de vista mineralógico, a Caverna Campo Minado abriga espeleotemas⁴ de sílica conhecidos como coraloides, além de crostas botrioidais, pipocas e estruturas em forma de couve-flor (Figura 6). Em associação ao guano acumulado em grandes volumes, foram observados cristais pontiagudos de coloração branca, de provável natureza sulfática ou fosfatada (Figura 6) (FARIAS et al., 2015).

Figura 6: Formações na cavidade



Boca de entrada da Caverna Campo Minado



Coraloides

⁴ formação mineral secundária encontrada no interior de cavernas, formada principalmente pela deposição de minerais transportados pela água que circula através das rochas.



Guano com cristais pontiagudos de coloração branca



Coraloides no teto da caverna

Fonte: Acervo do Espeleo Grupo Rio Claro (EGRIC)

A relevância da Caverna Campo Minado ultrapassa seu porte físico. Sua descoberta reforçou a necessidade de reconhecer a Serra de Itaqueri como um núcleo espeleológico arenítico, categoria proposta por Pontes (2019) e aplicado por Parra et al. (2022) para caracterizar áreas com maior concentração de cavernas dentro de um distrito espeleológico. A Caverna Campo Minado não deve ser entendida apenas como uma das maiores cavidades da região, mas como um marco científico e patrimonial. Além de ampliar o inventário espeleológico local, sua descoberta contribuiu para a consolidação da Serra de Itaqueri como núcleo de grande relevância no contexto da espeleologia em rochas areníticas no Brasil.

O salão 1 é um espaço amplo com teto alto, caracterizado pela presença de vários blocos abatidos. Neste salão, destaca-se um grande bloco, identificado como “Pedra do Simba”, que funciona como um divisor natural entre este salão e o restante da caverna. No salão em questão há uma pequena concentração de espeleotemas do tipo coraloides no teto. Além disso, há uma pequena reentrância nele que abriga uma colônia de morcegos da espécie *Desmodus rotundus*.

O salão 2, denominado “Salão Campo Minado” e que deu o nome à caverna, apresenta características distintas do salão 1. Nele, o número e blocos é menor e quase não há blocos de grandes proporções. No entanto, o teto, que é mais baixo,

possuí uma maior concentração de espeleotemas (coraloides). Este é o maior salão da caverna, e em seu solo são encontrados diversos ninhos de aranhas-marrons (*Loxosceles sp.*), além de poças de guano (fezes de morcegos) e uma outra comunidade de morcegos da espécie *Desmodus rotundus* e alguns indivíduos de morcegos da espécie *Chrotopterus auritus* na parte mais profunda. Essas diferenças em suas características estruturais e biológicas foram cruciais para a escolha de ambos os salões como foco do estudo.

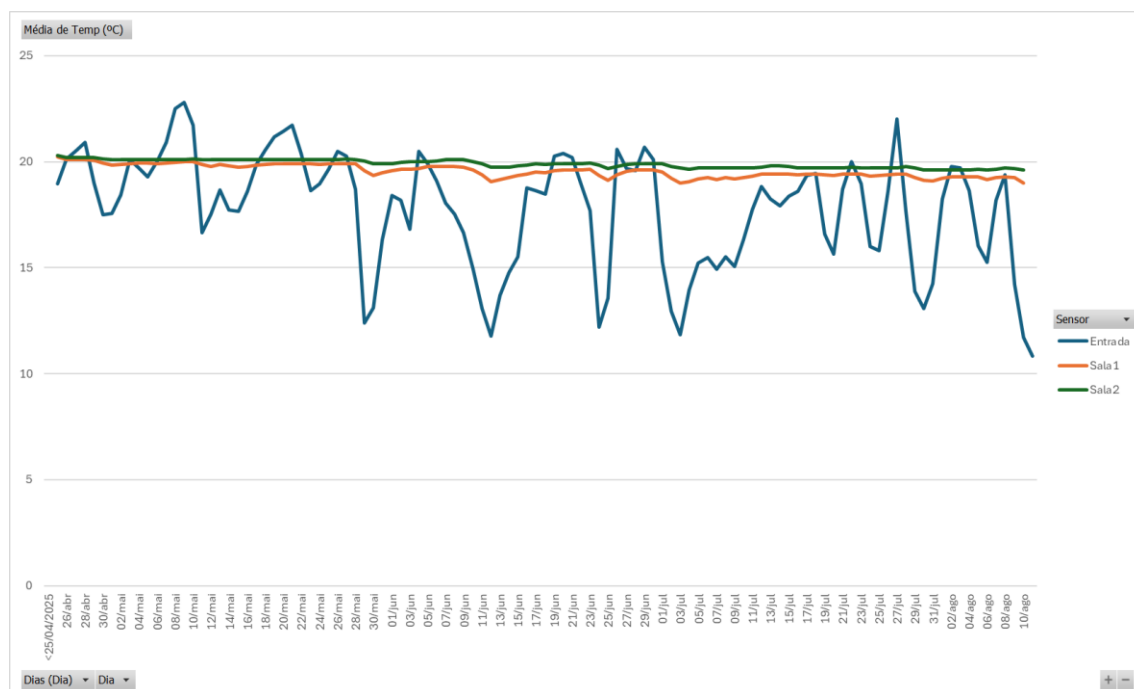
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura aferidos na área externa, no salão 1 e no salão 2, permitem diferentes reflexões sobre as dinâmicas térmicas e microclimáticas da Caverna Campo Minado.

Foi constatado uma grande variação de temperatura, havendo uma oscilação de quase 15°C, durante todo o período de coleta. Tal variação era esperada tendo em vista que área está localizada em uma região de clima tropical que de acordo com a classificação de Koppen é do tipo Cwb, que é caracterizado por um tipo subtropical de terras altas com invernos secos (ALVARES, et al. 2013).

Em contraste, os sensores nos salões internos da cavidade (salão 1 e salão 2) apresentaram uma baixa oscilação da temperatura. Os dados da temperatura externa apresentados nos Gráficos 1 e 2 permitem observar o comportamento térmico da Caverna Campo Minado ao longo do período de abril a agosto de 2025.

Gráfico 1: Médias de temperatura



Fonte: do autor

O primeiro destaque é referente à forte estabilidade térmica apresentada nos salões 1 e 2. No Salão 1, a temperatura apresentou baixa oscilação ao longo do

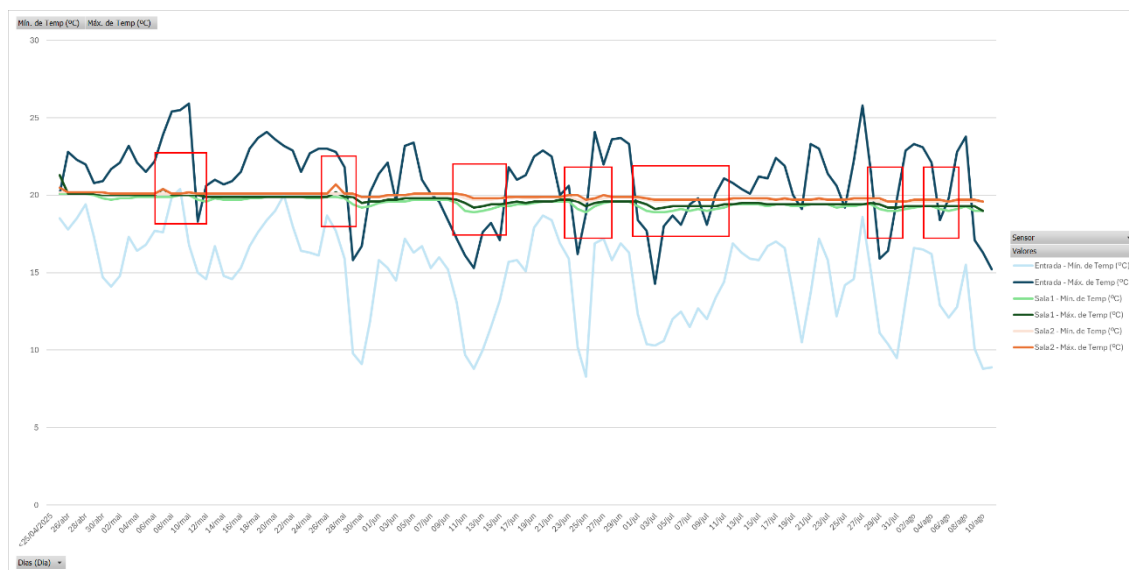
período observado, mantendo-se praticamente constante. As pequenas variações registradas ocorreram apenas em momentos de mudanças abruptas na temperatura externa, refletindo-se no ambiente interno de forma atenuada. Essa relativa estabilidade térmica está relacionada às características geomorfológicas da Caverna Campo Minado, cuja entrada situa-se cerca de 20 metros abaixo da superfície, em meio a blocos abatidos e de acesso dificultado. Essa configuração limita a troca de ar com o meio externo, reduzindo significativamente a influência das variações térmicas superficiais. Lobo et al. (2015) e Rocha et al. (2011), destacam que a interferência da temperatura externa tende a diminuir à medida que se avança para o interior das cavidades, onde as condições tornam-se progressivamente mais estáveis.

No Salão 2, observou-se uma estabilidade térmica ainda mais constante que quando comparada ao Salão 1. As variações de temperatura foram mínimas, cerca de 1°C em cada sensor, e só ocorreram quando a temperatura externa apresentou alterações muito bruscas de aproximadamente 5°C, evidenciando um efeito de amortecimento térmico típico dos ambientes cavernícolas mais internos (LOBO; LOURENÇÃO, 2014, p. 8).

Esta manutenção da temperatura na área interna da caverna, em oposição a entrada da cavidade, demonstra uma restrição à circulação de ar na dinâmica do microclima da Caverna Campo Minado. Estudos com de LOBO, “*Caracterização do Espeleoclima da Gruta do Mateus (Bonito-MS) e Aplicações no Manejo Espeleológico e na Gestão do Espeleoturismo*” de 2014, demonstra a importância do monitoramento dessas variáveis para a compreensão da dinâmica interna de cavernas e suas interações com o meio externo.

Apesar da expressiva estabilidade térmica, alterações mais expressivas percebidas no ambiente externo puderam ser também percebidas em leves flutuações na temperatura interna das cavernas. Esse dado demonstra que apesar de uma alta estabilidade, é possível reconhecer correlações e mudanças, principalmente em momentos que foram percebidas maiores amplitudes térmicas na área externa. Isso é apresentado pelo gráfico 2.

Gráfico 2: máximas e mínimas de temperatura



Fonte: do autor

A constatação de que, em momentos de maior diminuição de temperatura externa, os salões internos demonstraram uma pequena redução da temperatura, sugere uma interação constante entre o microclima cavernícola e o clima externo, mesmo em cavernas areníticas, que possuem características distintas a cavernas de outras litologias, como calcário. Assim sendo, a investigação microclimática de cavernas de arenito é importante para a maior compreensão destas cavidades e suas implicações ecológicas.

Lobo (2014) destaca que um espeleoclima bem caracterizado é fundamental para a gestão de uma caverna, permitindo a elaboração de estratégias que minimizem impactos ambientais e preservação das cavernas. Desta forma, este estudo, não apenas contribui para a compreensão científica deste ambiente, mas também como uma base para futuras elaborações de práticas e políticas de conservação para ambientes cavernícolas em litologia siliciclástica.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo alcançou o objetivo de analisar e caracterizar as condições de climáticas da Caverna Campo Minado, uma cavidade desenvolvida em arenito na Serra de Itaqueri-SP. A metodologia de coleta de dados de temperatura, realizada por meio de sensores AK168 instalados em pontos estratégicos, gerou um volume significativo de medições ao longo de quatro meses, fornecendo informações para a análise microclimática da caverna.

A análise da estabilidade térmica da Caverna Campo Minado apresenta uma interação entre vulnerabilidade e resistência. Essa característica confere uma relativa estabilidade térmica, essencial para a manutenção da dinâmica ecológica da caverna, visto que a temperatura é um fator de alta relevância para esses ecossistemas. Contudo, essa estabilidade contrasta com a principal vulnerabilidade desse tipo de cavidade: a instabilidade física das rochas e o risco de colapso natural. Compreender essas dinâmicas microclimáticas e geológicas é, portanto, crucial para o monitoramento e proteção da caverna frente aos potenciais impactos ambientais, como a mineração e as monoculturas, presentes na Serra de Itaqueri.

A investigação apoiou-se em uma base bibliográfica, que abordou desde a climatologia de cavernas até o contexto legal brasileiro. O trabalho de Lobo (2014) foi fundamental para estabelecer a importância da caracterização do espeleoclima como ferramenta de minimização de impactos. A literatura sobre espeleogênese em arenito foi central, com Riffel et al. (2022) destacando a estabilidade da morfologia dessas cavernas. O estudo da Caverna Campo Minado foi contextualizado geograficamente e geologicamente por Parra et al. (2022) e pela discussão da gênese da cavidade por Hardt (2003; 2009; 2011). Sua descoberta e importância bioespeleológica, presença de morcegos da espécie *Desmodus rotundus* e aranhas-marrons (*Loxosceles sp.*), foram detalhadas por Farias et al. (2015). Quanto ao aspecto da proteção jurídica, a pesquisa se apoiou na vasta estrutura de normas, citando marcos como a Constituição Federal de 1988 e decretos como os de 1990, 2000, 2008, além de abordar criticamente o Decreto nº 10.935 de 2022, que gerou debates e críticas por flexibilizar a proteção de cavernas de máxima relevância.

Em suma, esta pesquisa avança no conhecimento científico de um ambiente pouco estudado na Serra de Itaqueri (e até mesmo no Brasil), oferecendo dados concretos para o auxílio na construção de políticas de conservação e práticas de manejo sustentável essenciais para a preservação desses ecossistemas vulneráveis.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.: Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 711-728. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ASSUNÇÃO, Pedro Henrique da Silva; GALVÃO, Paulo Henrique Ferreira; LUCON, Thiago Nogueira; FLEMING, Peter Marshall; DOI, Bruno; MARQUES, Tássia. Vulnerabilidade intrínseca e hidrodinâmica do sistema cárstico da Gruta Éden, Pains - MG: *hydrodynamics and intrinsic vulnerability of the Éden cave karst system, Pains - MG*. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, n. 13, p. 187-224, 2024.

AULER, A. S.; PILÓ, L. B. *As cavernas do Brasil: distribuição, características e relevância ambiental*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2015.

BRANCO, P. M. *Espeleologia: o estudo das cavernas*. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/espeleologia-o-estudo-das-cavernas>. Acesso em: 1 set. 2025.

BRASIL. *Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. *Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990*. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 3 out. 1990.

BRASIL. *Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008*. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 10 nov. 2008.

BRASIL. *Decreto nº 10.935, de 19 de janeiro de 2022*. Dispõe sobre as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 20 jan. 2022.

BRASIL. *Decreto nº 11.423, de 2 de março de 2023*. Altera normas sobre cavidades naturais subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 3 mar. 2023.

BRASIL. *Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 19 jul. 2000.

CEAPLA/IGCE/UNESP. *Serra de Itaqueri – Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí*. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2025. Disponível em: https://rc.unesp.br/igce/ceapla/atlasv4/serra_itaqueri.php. Acesso em: 15 set. 2025.

CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. *Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE)*. Brasília: ICMBio, 2023. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/>. Acesso em: 6 out. 2025.

CIRCUITO SERRA DO ITAQUERI. *O Circuito*. 2025. Disponível em: <https://circuitoserradoitaqueri.com.br/o-circuito/>. Acesso em: 10 set. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004*. Dispõe sobre critérios de relevância de cavidades naturais subterrâneas. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 13 set. 2004.

FARIAS, V.; RIFFEL, S. H.; NEVES, P. A. B. A.; PELISAM, L. G. T.; STUMPF, C. F. *Caverna Campo Minado: a mais importante descoberta da última década na Serra de Itaqueri (SP)*. In: RASTEIRO, M. A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.). *Congresso Brasileiro de Espeleologia*, 33., 2015, Eldorado. *Anais [...]* Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2015. p. 299-304. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_299-304.pdf. Acesso em: 6 set. 2025.

FREIRE, Luciana Martins; LIMA, Joselito Santiago de; VERÍSSIMO, César Ulisses Vieira; SILVA, Edson Vicente da. *Carste em rochas não carbonáticas: contribuição ao estudo geomorfológico em cavernas de arenito da Amazônia Paraense*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 6, p. 1829-1845, 2017.

GALLÃO, J. E. *Estado de conservação e dados de distribuição da fauna troglóbia brasileira com propostas de áreas prioritárias para proteção*. Disponível em: https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2021/07/35cbe_784-789.pdf. Acesso em: 3 set. 2025.

GEOPARK CORUMBATAÍ. *Conheça o território – Geossítios: Itaqueri da Serra*. 2025. Disponível em: <https://geoparkcorumbatai.com.br/conheca-o-territorio/geossitios/itaqueri-da-serra/>. Acesso em: 15 set. 2025.

GOMES, Mauro; JANSEN, Débora Campos; SANTOS, Darcy José; CAVALCANTI, Lindalva Ferreira. *Análise preliminar dos mapas de vulnerabilidade do patrimônio espeleológico para as áreas cársticas prioritárias da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco*. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, n. 4, p. 85-100, 2014.

HARDT, R. *Introdução ao estudo da espeleogênese em rochas areníticas: análise das cavernas da Serra de Itaqueri (SP)*. 2003. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

HARDT, R. *Gênese das cavernas em arenitos: estudos geomorfológicos na Serra de Itaqueri (SP)*. 2009. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

HARDT, R. *Espeleogênese em arenitos: novos dados da Serra de Itaqueri (SP)*. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, n. 2, p. 15-32, 2011.

HILÁRIO, Dênis dos Santos; LOPES, Davi do Vale. *Geomorfologia cárstica no Monumento Natural Cavernas de Martins, semiárido brasileiro*. Brasília: ICMBio, 2024.

IBAMA; ICMBIO. *Compensação por Supressão de Cavidades no Licenciamento Ambiental em Minas Gerais: problemas e soluções para a normatização e administração*. Brasília: ICMBio/CECAV, [s.d.]. Disponível em: <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1573>. Acesso em: 4 out. 2025.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). *Instrução Normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017*. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de empreendimentos e atividades que afetem o patrimônio espeleológico. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 31 ago. 2017.

LOBO, Heros Augusto. *Microclima em cavernas brasileiras: variações temporais e implicações ambientais*. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, n. 2, p. 15-28, 2012.

LOBO, Heros Augusto Santos. *Tourist carrying capacity of Santana cave (PETAR-SP, Brazil): a new method based on a critical atmospheric parameter*. 2015.

LOBO, Heros Augusto Santos; LOURENÇÃO, Marcos Luís Faleiros. *Caracterização do espeleoclima da Gruta do Mateus (Bonito-MS) e aplicações no manejo espeleológico e na gestão do espeleoturismo*. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 154-172, 2014.

MARTINS, S. B. *Mapeamento espeleológico no Brasil: classificação de províncias espeleológicas*. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 1, p. 45-57, 1985.

MASCARENHAS, A. L. *Cavernas e grutas da Amazônia abrigam diversidade*. Disponível em: <https://www.liberalamazon.com/meio-ambiente/news/cavernas-e-grutas-da-amazonia-abrigam-diversidade>. Acesso em: 3 set. 2025.

PARRA, R.; GROppo, B. B.; STUMPF, C. F.; REZENDE, F. C.; RIFFEL, S. H. *Classificação de áreas com ocorrência de cavernas: Núcleo Espeleológico Arenítico da Serra do Itaqueri, SP*. In: MOMOLI, R. S.; STUMPF, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.). *Congresso Brasileiro de Espeleologia*, 36., 2022, Brasília. *Anais [...]* Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2022. p. 260-268. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_260-268.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.

PODER360. *STF mantém impedimento a empreendimentos em grutas e cavernas*. 2023. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/justica/stf-mantem-impedimento-a-empreendimentos-em-grutas-e-cavernas/>. Acesso em: 5 out. 2025.

RIFFEL, Saul H.; PARRA, Raphael; GOMIG, Elizandra G.; HARDT, Rubens; RODET, Joël. *Structural and stratigraphic influence over a sandstone cave evolution: Campo Minado Cave, Itirapina, São Paulo State, Brazil*. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 18., 2022, Savoie Mont Blanc. *Proceedings...* Savoie Mont Blanc: Union International de Spéléologie, 2022. v. 3, p. 1–8. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/364198377_Structural_and_stratigraphic_influence_over_a_sandstone_cave_evolution_Campo_Minado_Cave_Itirapina_Sao_Paulo_State_Brazil. Acesso em: 20 jun 2025.

ROCHA, B. N.; GALVANI, E. *Microclima de ambientes cavernícolas: estudo de caso da Gruta da Santa (Intervales, SP)*. 2011.

SBE – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. *Análise de relevância de cavernas: uma revisão da IN 02/2017 sob a perspectiva dos morcegos*. BARROS, J.; CUNHA TAVARES, V.; HENRIQUE DIAS-SILVA, L.; MILAGRES, A. Brasília:

ICMBio/CECAV, 2020. Disponível em: <https://repositorio.icmbio.gov.br/handle/cecav/1298>. Acesso em: 4 out. 2025.

SBE – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. *Patrimônio geológico cárstico em rochas areníticas e políticas públicas de geoconservação, com base em estudo de caso do município de Ponta Grossa (PR)*. [S.l.]: SBE, [s.d.].

SBE – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. *A fascinante biodiversidade das cavernas brasileiras*. Disponível em: <https://blog.ecavesbrasil.com.br/2023/05/26/a-fascinante-biodiversidade-das-cavernas-brasileiras/>. Acesso em: 3 set. 2025.

SEMIL. *Qual a importância das cavernas para o meio ambiente?* Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2021/11/qual-a-importancia-das-cavernas-para-o-meio-ambiente/>. Acesso em: 4 set. 2025.

TURISMO PIRACICABA. *Serra do Itaqueri*. 2025. Disponível em: <https://turismopiracicaba.com.br/roteiros-regionais/serra-do-itaqueri/>. Acesso em: 11 set. 2025.