

## QUALIFICAÇÃO DE CAVERNAS PARA GEOCONSERVAÇÃO: DA PROPOSTA METODOLÓGICA À DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

### QUALIFICATION OF CAVES FOR GEOCONSERVATION: FROM THE METHODOLOGICAL PROPOSAL TO SCIENTIFIC DISSEMINATION

**Daniel De Stefano Menin**

Universidade de São Paulo

Instituto de Geociências - Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

E-mail: danielmenin@usp.br

**Denise de La Corte Bacci**

Universidade de São Paulo

Instituto de Geociências - Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

E-mail: bacci@usp.br

**RESUMO:** Diante das constantes ameaças que o patrimônio espeleológico brasileiro vem sofrendo nos últimos anos e da urgência de implementação de estratégias para sua proteção, este artigo apresenta um método de qualificação de cavernas, buscando contribuir com uma melhor caracterização, compreensão e divulgação científica e espeleológica. O presente texto traz análises inéditas sobre os resultados da aplicação do método no Vale do Ribeira, no Estado de São Paulo, além de sua validação em outras regiões cársticas do Brasil. Além dos resultados comparativos entre as diferentes regiões em que o método foi aplicado, o presente artigo demonstra exemplos de aplicações em materiais didáticos e de divulgação originários das informações obtidas através da pesquisa. Os resultados indicam que o método se aplica a usos estendidos além do campo educacional, mas também para análises e estratégias de pesquisa e geoconservação envolvendo o patrimônio espeleológico como um todo.

**Palavras-chave:** Educação, espeleologia, interdisciplinaridade.

**ABSTRACT:** In view of the constant threats that the Brazilian speleological heritage has suffered in recent years and the urgency of implementing strategies for its protection, this article presents a method for the qualification of caves, seeking to contribute to a better characterization, understanding and scientific and speleological dissemination. The present text presents unpublished analyses on the results of the application of the method in the Vale do Ribeira, in the State of São Paulo, besides its validation in other karstic regions of Brazil. In addition to the comparative results between the different regions in which the method was applied, this article demonstrates examples of applications in didactic and publicity materials originating from the information obtained through the research. The results indicate that the method is applicable to uses extended beyond the educational field, but also for analyses and research, and geoconservation strategies involving the speleological heritage.

**Keywords:** Education, speleology, interdisciplinarity.

## INTRODUÇÃO

Embora exista hoje uma maior consciência sobre os limites de uso dos recursos naturais do que décadas atrás, o modelo econômico e social em que vivemos ainda é baseado em uma visão utilitarista e insustentável do meio natural (McDonough e Braungart, 2010; Monteiro e Mariani, 2012). Não à toa, alguns pesquisadores fazem referência aos tempos

atuais como a era do exterminismo, chamando a atenção que, pela primeira vez na história do planeta, o ser humano tem a capacidade de destruir sua permanência na Terra sem o uso de armas nucleares, mas pelo descontrole ambiental que vem sendo criado desde a revolução industrial (Gadotti, 2005; Frutoso e França, 2019).

É consenso que muitos problemas ambientais poderiam ser menores se os diferentes atores da sociedade tivessem o mínimo de conhecimento sobre as ciências naturais o do ambiente em que vivemos (Rankin et al., 2007; Stewart e Nield, 2013; Da Silva et al., 2018). Um exemplo desse desconhecimento pode ser apontado como a visão compartimentada da biodiversidade e geodiversidade (Da Silva et al., 2018; Fox et al., 2020). Enquanto o primeiro termo é mais conhecido em diferentes esferas da sociedade, pouco ainda se discorre sobre geodiversidade e menos ainda sobre a integração entre esses dois elementos (Gray, 2004; Igari et al., 2020, Menin et al., 2022). Se a vida existe e evoluiu ao longo de bilhões de anos no planeta Terra, é porque ela se estabeleceu em um espaço físico que lhe deu suporte e condições de sobrevivência (Stanley, 2000; Gray 2004, 2005; Brilha, 2018). O clima, os solos, a hidrologia, as fontes geotermiais, os minerais, as distribuições geográficas e seus habitats são exemplos dessa grande assembleia composta pela geodiversidade, imprescindível para o estabelecimento e restabelecimento da vida em diferentes épocas da história do planeta.

Como aponta a Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (SIGEP, 1991), esse meio físico, justamente por abranger ciclos e abordagens de tempo e espaço específicos como o tempo geológico, guarda registros dos diferentes períodos, modificações e eventos ocorridos na história do nosso planeta. A sua deterioração, portanto, pode ser entendida como uma perda permanente dentro da escala de tempo humano (Souza-Silva et al., 2015; Mammola et al., 2019; Chiarini e De Waele, 2022).

Desta maneira, qualquer que seja a estratégia contemporânea ou futura no sentido de gerar maior compreensão e preservação dos ecossistemas sem contemplar a geodiversidade, correrá sérios riscos de não dar conta de solucionar os problemas existentes, em particular a degradação e perda da bio e da geodiversidade.

## **Não basta conhecer para conservar, mas é um bom começo**

As cavernas, como meio físico subterrâneo acessível ao ser humano, podem ser consideradas como um elemento importante da geodiversidade, embora grande parte do seu patrimônio seja desconhecido mesmo pelas populações de seu entorno (Urban et al., 2022; Menin e Bacci, 2023).

Piaget (1973) afirma que o conhecimento se desenvolve a partir daquilo que já existe. Por isso mesmo, o conhecimento não é fixo e estável, mas sempre apresenta lacunas que são preenchidas ao longo dos tempos. O autor também enfatiza a importância da interdisciplinaridade, conectando os conhecimentos e comparando disciplinas. Cabe destacar que a interdisciplinaridade é um dos temas consensuais na construção de uma sociedade planetária, consciente de seu papel como ser integrante de uma casa única chamada Terra (Gadotti, 2005; Frutoso e França, 2019). Compreensões trazidas pela Ecopedagogia ou Pedagogia da Terra (Gadotti, 2005; Frutoso e França, 2019; Hung, 2021), pelo desenvolvimento do Pertencimento ou *Sense of Place* (Turner e Turner, 2006; Kudryavtsev et al., 2012; Qazimi, 2017) e pela Educação Baseada no Lugar (Smith, 2002; Semken et al., 2017) embasam propostas pedagógicas que superam os métodos tradicionais

na educação, buscando discutir o papel do ser humano e sua relação com o ambiente, procurando reconectá-lo ao planeta, da escala local à global. Tais propostas buscam, assim, uma melhor compreensão dos valores, propósitos e comportamento humano frente ao mundo em que vive. Podemos observar que estas correntes de pensamento têm como base o pensamento freiriano, no sentido de que as transformações necessárias para mudar o mundo advêm da necessidade de conhecê-lo e de refletir sobre ele de forma crítica, construindo a consciência necessária para intervir na realidade (Freire, 2000).

Aproximando essa discussão da geoconservação, o primeiro passo para a conservação da geodiversidade é conhecê-la. Neste sentido, a caracterização e o inventário do ambiente natural estudado são essenciais (Sharples, 1995; Pereira et al., 2013; Brilha, 2016; Garcia et al., 2018; Santos, 2019; Crisp et al., 2021). Observa-se que, para que a caracterização tenha um importante componente educativo, ela precisa também levar em consideração diferentes áreas do conhecimento, ou seja, promover a interdisciplinaridade.

Diante dessas discussões, podemos afirmar que uma sociedade conhecedora das ciências naturais tende a melhor conservar o patrimônio natural de seu entorno (Semken et al., 2017; Semken e Garcia, 2021). Os inventários são, então, o primeiro passo para caracterizar o meio natural e para melhor conservar o patrimônio espeleológico. Sendo assim, ressalta-se a importância de compreender os mecanismos disponíveis de inventário e de caracterização de cavernas, bem como analisá-los sob os pontos de vista da educação e da comunicação científica.

Menin e Bacci (2022) levantaram o estado da arte dos inventários e mecanismos de caracterização de cavernas. Foram analisados 24 projetos que desenvolveram métodos para qualificar e caracterizar cavernas, produzidos por pesquisadores e instituições de pesquisa, disponíveis em bases de dados nacionais e internacionais. As informações sobre estas iniciativas foram levantadas por meio de análise documental e, como parâmetros qualitativos, foram estabelecidas cinco categorias presentes nos estudos, sendo elas: (a) inventários, (b) metodologia de qualificação, (c) técnicas de caracterização e diagnóstico ambiental, (d) teses e publicações técnico-científicas, e (e) outras avaliações sobre o patrimônio espeleológico. Como principais conclusões deste levantamento, identificou-se que as iniciativas de qualificação de cavernas disponíveis atendem a demandas específicas para as quais foram criadas. Entretanto, devidos às informações dispersas, não foi encontrado nenhum mecanismo adequado com características que atendam à geoconservação, divulgação científica e educação.

Outros aspectos em comum encontrados em diferentes estudos foram: a pouca capilaridade (cobertura geográfica), a desatualização de dados, a complexidade e, portanto, a dependência de especialistas, tanto para a aplicação quanto para a leitura dos dados, além da alta subjetividade no processo avaliativo. Avaliadores com diferentes visões de mundo e conhecimentos tendem a realizar avaliações bastante diferentes sobre uma mesma cavidade. Este aspecto foi caracterizado como causa de inconsistências na avaliação de cavernas entre algumas das mais importantes ferramentas avaliadas (Pereira, 2010; Woo e Kim, 2018; Menin e Bacci, 2022).

## **O que se busca em um mecanismo de qualificação de caverna para uso em educação e divulgação científica?**

Para responder à esta questão, Menin e Bacci (2022) elegeram um conjunto de características consideradas necessárias na qualificação de cavernas no Brasil considerando os usos em educação e divulgação científica. Uma avaliação foi realizada sob a lente das demandas de um projeto educativo em curso em escolas públicas e privadas, tendo as cavernas como tema gerador interdisciplinar (Menin et al., 2022). Dentre as características levantadas por essas demandas, destacaram-se: (a) o método deve ser específico para a avaliação de cavernas, em contraponto às diversas metodologias para avaliação de geossítios; (b) o método deve ser simples o suficiente para ser operado e compreendido por diferentes atores, além do meio científico ou acadêmico; (c) o método deve ter baixo custo e ser de fácil replicação em variados contextos geográficos do país; e (e) o método deve abordar temas de diferentes áreas do conhecimento. Outra questão levada em consideração pelo referido estudo, a exemplo de outros mecanismos analisados no exterior (Woo e Kim, 2018), foi a possibilidade de mapear o potencial científico, além do conhecimento já associado à caverna, ou seja, além das informações já publicadas e disponíveis. Essa característica se torna importante uma vez que as cavernas são ambientes ainda pouco explorados, além do fato de um processo avaliativo que se baseie apenas no conhecimento adquirido pode levar a subavaliações de cavernas ainda pouco estudadas. Essa dificuldade foi observada em diferentes mecanismos tradicionais de avaliação de geossítios e identificada por mais de uma análise (Santos, 2019; Menin e Bacci, 2021). A presença de depósitos fossilíferos, terraços, paleopisos, condutos fósseis e espeleotemas ativos, por exemplo, são alguns itens que podem representar o potencial científico da caverna para estudos paleoclimáticos e geoquímicos, dentre outros (Woo e Kim, 2018).

Por fim, outra característica importante é que o mecanismo de qualificação considere os saberes locais durante o processo avaliativo, não estando as cavernas restritas a uma avaliação apenas sob os pontos de vista de pesquisa e especialidades de um avaliador.

Após as análises realizadas pelo citado levantamento, os estudos conduzidos por Menin e Bacci (2022) concluíram que não havia um método disponível com estas características e que, para os usos educativos e de divulgação científica, seria de grande utilidade o desenvolvimento de um novo método de qualificação das cavernas.

## **O que diferencia as cavernas entre si?**

Esta foi uma das principais questões que nortearam a criação de um novo método de qualificação de cavernas. É fato que nunca encontraremos duas cavernas iguais. Mesmo que o processo de sua gênese tenha sido parecido, as cavernas sempre apresentarão características diferentes entre si. Os métodos que buscam levantar informações que caracterizam uma caverna, posicionando-as em uma escala de valor, podem ser chamados de processos de qualificação espeleológica. Sendo assim, qualifica-se uma caverna quando suas características principais são mapeadas e, a partir de uma análise objetiva, torna-se possível posicionar a cavidade dentro de uma escala determinada. Deste modo, cavernas diferentes possuem diferentes valores que podem ser analisados e comparados em diferentes níveis de profundidade (Menin e Bacci, 2022).

Para entender melhor essas características, usamos uma comparação ilustrativa sobre o processo de aprendizagem de um turista quando impactado pela espeleologia. Ao ser apresentado pela primeira vez ao mundo das cavernas, principalmente aquelas formadas em rochas carbonáticas, é possível que o primeiro aspecto percebido pelo visitante seja a beleza natural que esses ambientes apresentam. Não à toa, o critério estético para diferentes sítios do patrimônio natural vem sendo discutido há algumas décadas. Zhang e Shu (2014) encontraram mais de 100 discussões (ou trabalhos) sobre como avaliar esse critério de maneira objetiva, já que beleza pode ser um atributo bastante subjetivo, variando de pessoa para pessoa.

O carste representa uma parcela importante dos aspectos considerados de paisagem cênica, como cânions, vales cegos, cachoeiras e torres de pedra (Karmann e Ferrari, 2000; Zhang et al., 2022). Em se tratando especificamente do meio subterrâneo, podemos assumir que a primeira característica, ou a mais simplificada possível, que diferencia as cavernas entre si é exatamente este aspecto cênico (Figura 1). A beleza pode ser entendida como um aspecto essencialmente subjetivo, mas consideramos que, a exemplo de critérios levantados por Zhang et al. (2022) em diferentes estudos, existem características físicas presentes nas cavernas que podem contribuir para que algumas cavidades sejam consideradas mais cênicas (ou mais bonitas) do que outras. Rios e cachoeiras, claraboias com entrada de luz natural, lagos, grandes volumes subterrâneos e espeleotemas, por exemplo, fazem parte desse conjunto de aspectos. Essa lógica, também seguida em outros critérios avaliados neste método, parte de um princípio de que não é preciso, portanto, perguntar às pessoas qual caverna é mais bonita entre A e B, mas é possível inferir a beleza cênica a partir da existência de características que direta ou indiretamente contribuem com ela (Figura 1).



*Figura 1. A beleza cênica pode ser uma das primeiras características percebidas que diferenciam não somente paisagens cársticas, mas também cavernas entre si. Foto: Daniel Menin.*

Outro aspecto evidente que diferencia as cavernas entre si é o seu tamanho. Desta maneira, essa ordem de grandeza essencialmente numérica, ou seja, o aspecto espeleométrico, não pode ser negligenciado em um processo de diferenciação entre cavernas. Mesmo cavidades ainda não topografadas podem ser avaliadas nesse quesito, levando-se em consideração o conhecimento local sobre seu potencial espeleométrico. Cabe ainda lembrar que a espeleometria é uma característica objetiva e que permite posicionar as cavernas em diferentes análises de ordem regional, nacional ou internacional, como a projeção horizontal ou desnível, por exemplo (Rubbioli et al., 2019).

Após perceber que as cavernas claramente se diferenciam por seu tamanho e beleza cênica, ao conhecer melhor o mundo subterrâneo, o turista também aprende que as cavernas apresentam inúmeros exemplos que nos ajudam a entender diferentes áreas das ciências naturais. Seguindo os caminhos e marcas deixadas pela água no interior das cavernas, é possível perceber diferentes relações entre os elementos rocha e água ao longo do tempo.

Alterações climáticas ficam registradas nas paredes e nos espeleotemas e podem ser percebidas além dos estudos clínicos de laboratório (Figuras 2 e 3). Também são visíveis nas cavernas as rochas e suas estruturas, que dão informações não somente sobre a gênese da caverna, mas também sobre o contexto geológico regional. Características arqueológicas podem dar informações sobre a ocupação humana numa determinada região (Figura 4). Depósitos fossilíferos guardam evidências dos animais que ali viviam em outras épocas. Terraços e condutos fósseis podem abrigar sedimentos que também apresentam mais dados sobre o passado e o processo de formação da cavidade (Lauritzen e Lundberg, 1999; Auler e Smart, 2001; Cruz et al., 2005; Auler et al., 2006; Stríkis et al., 2011; Araujo e Piló, 2017; Della Libera et al., 2022). A fauna, como peixes e morcegos, indica a biodiversidade local. Esses são alguns dos exemplos que permitem ao visitante perceber o quanto as cavernas contribuem para uma melhor compreensão da história da vida e dos ambientes pretéritos num determinado local. Aspectos que não contemplam apenas informações para estudos científicos e acadêmicos, mas também exemplos que podem ser observados *in situ* por visitas turísticas-educativas ou na elaboração de materiais didáticos para estudos à distância.

Por fim, as diferentes relações entre o ser humano e as cavernas no presente e ao longo do tempo também são aspectos de diferenciação entre as cavidades. Usos como o turismo, o esportivo, ou o de extração mineral, ou ainda de refúgio e religioso são exemplos de aspectos a serem considerados em uma qualificação de cavernas. Desta forma, o conhecimento pode ser histórico-cultural, arqueológico, geológico, biológico, ou ainda sobre o estado de conservação da cavidade, incluindo aspectos sobre sua fragilidade e vulnerabilidade.

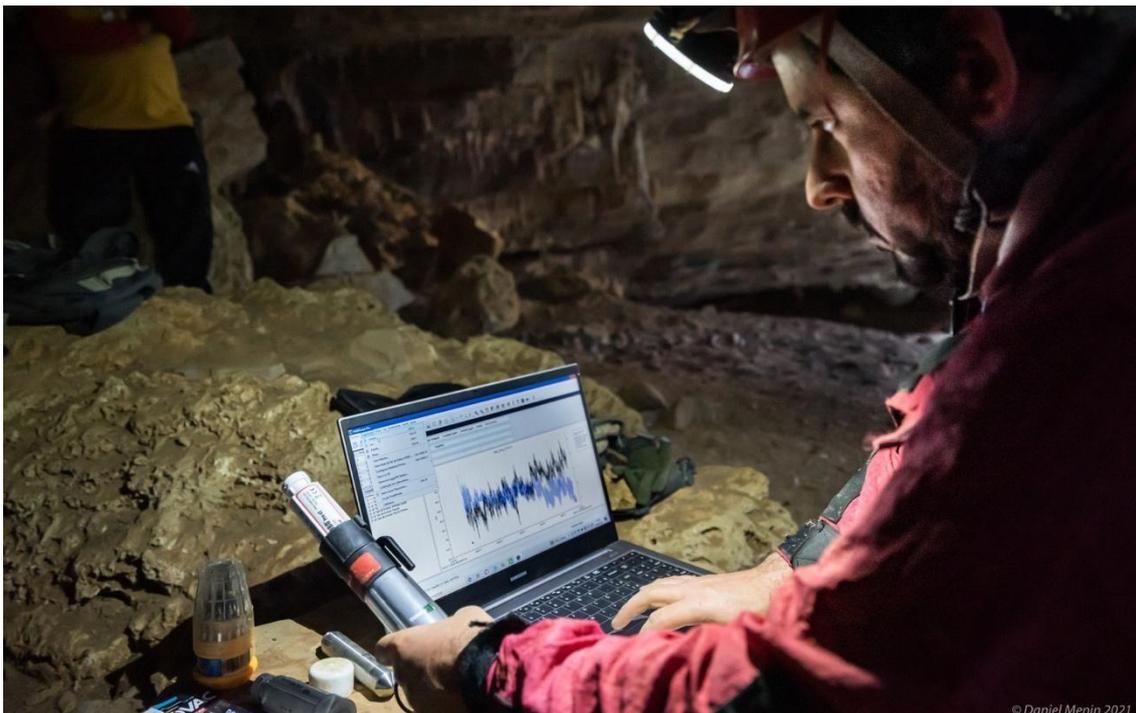


Figura 2. Exemplo de coleta de dados climáticos no interior das cavernas: uma grande contribuição do meio subterrâneo para o estudo do clima. Foto: Daniel Menin.



Figura 3. Exemplo de registros de inundações no interior de cavernas hoje em regiões semiáridas. Cavernas podem abrigar inúmeras informações científicas ainda não exploradas e publicadas. Foto: Daniel Menin.



*Figura 4. Exemplo de sítio arqueológico localizado em abrigo junto à entrada de cavernas no Vale do Peruaçu, MG. Por meio de registros arqueológicos as cavernas nos ajudam a contar a história da ocupação humana em determinadas regiões. Foto: Daniel Menin.*

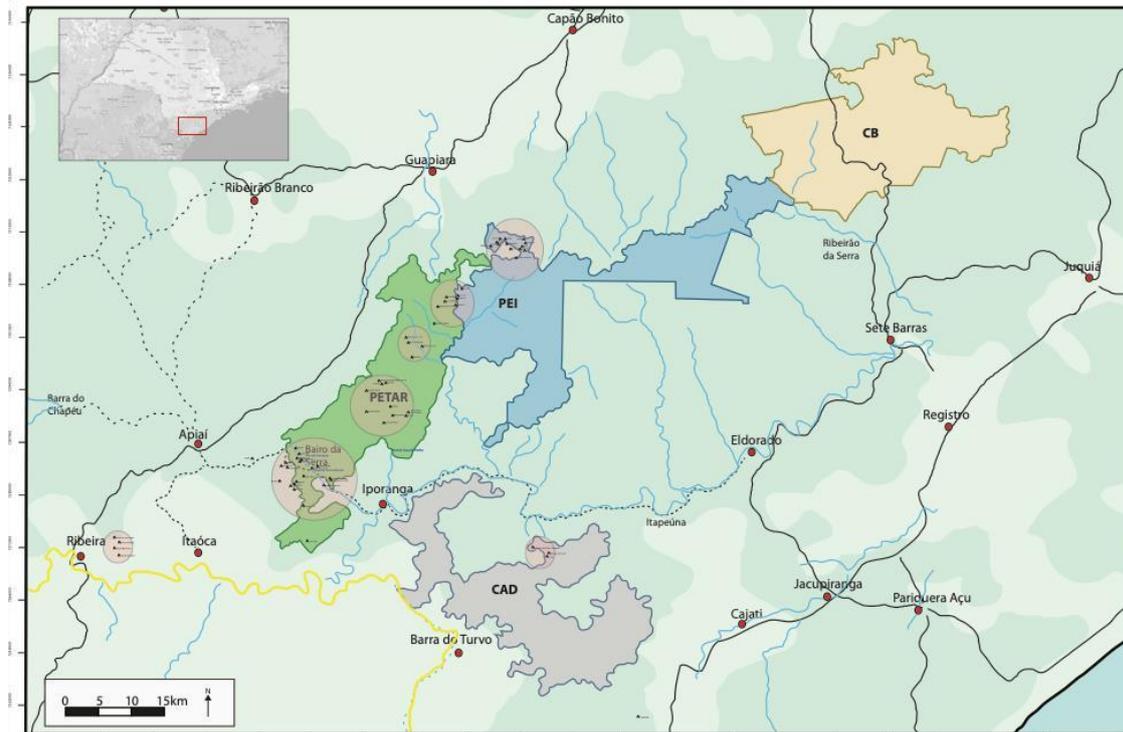
Outra pergunta que se segue após essa reflexão é: existe um método disponível para levantamento e mapeamento destes tipos de informações sobre as cavernas brasileiras? Menin e Bacci (2022), em seu levantamento, apontaram que não havia nenhuma ferramenta que contemplasse todas estas características e que, um mecanismo de qualificação contendo tais dados para aplicação e consulta em diferentes regiões do Brasil seria de grande relevância para o uso educativo e de divulgação científica, bem como para a geoconservação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Áreas de Estudo**

O método apresentado foi inicialmente testado na região do Vale do Ribeira, no Estado de São Paulo (Menin e Bacci, 2023). Aqui, aplicamos o método em outras regiões do Brasil, realizamos análises comparativas entre as cavernas e aprofundamos alguns resultados.

A região do Vale do Ribeira é uma das principais províncias espeleológicas do Brasil. Com 652 cavernas cadastradas, algumas delas figuram entre as maiores do país, com inúmeros exemplos científicos e pedagógicos, além de seus notáveis valores histórico-cultural, cênico e turístico. Não à toa, a região abriga um mosaico com quatro Unidades de Conservação, sendo três delas diretamente relacionadas com as cavernas. Hoje a região apresenta um dos mais baixos índices de desenvolvimento humano do Estado de São Paulo, uma situação antagônica frente às suas riquezas naturais. No mapa representado na Figura 5, é possível observar o posicionamento das Unidades de Conservação e a localização aproximada de todas as cavernas inventariadas, bem como algumas das principais cavernas da região que estão localizadas em áreas não protegidas.



*Figura 5. Mapa regional do Alto Vale do Ribeira, com as quatro Unidades de Conservação, os principais municípios e a localização aproximada das cavernas inventariadas e avaliadas. Os círculos representam no mapa as concentrações das cavernas mais importantes da região. CAD – Parque Estadual Caverna do Diabo; PETAR – Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira; PEI – Parque Estadual de Intervalos; CB- Parque Estadual Carlos Botelho.*

Como processo de validação, o método foi aplicado também em mais três outras regiões cársticas do Brasil: Paripiranga, Pedro Alexandre e Uauá, todas no Estado da Bahia. Paripiranga e Pedro Alexandre possuem cerca de 114 cavernas conhecidas, e o processo de avaliação envolveu um grupo de espeleologia local (GMSE – Grupo Mundo Subterrâneo de Espeleologia), além de outros pesquisadores conhecedores da região. Foram realizadas 34 avaliações envolvendo as 26 principais cavernas propostas pelo próprio grupo local.

Já na região de Uauá, a avaliação realizada foi de menor proporção. Com poucas cavernas ainda conhecidas, o processo avaliativo foi conduzido por um grupo de pesquisadores após trabalhos de campo em cavernas do município. As pesquisas bibliográficas realizadas apontaram para dados incompletos nos bancos de dados relacionados à cadastros cavernas (Cadastro Nacional de Cavernas-CNC e Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas - Canie) em ambas as regiões. Sendo assim, as informações aqui presentes foram obtidas em trabalhos de campos realizados entre 2019 e 2022 e a partir do conhecimento regional do grupo espeleologia atuante (GMSE).

### **Método de Qualificação**

A partir da pergunta sobre quais aspectos diferenciam as cavernas entre si, foi realizada revisão da literatura e identificadas 14 características principais, as quais foram consideradas como fatores de diferenciação entre cavernas.

Valendo-se das características levantadas, o processo de elaboração do método proposto é composto de duas principais fases de desenvolvimento e testes de diferentes modelos. Com base em exemplos nacionais e internacionais levantados por Menin e Bacci (2022), foram incorporados aspectos de medição e modelos de cálculo para a caracterização das cavernas avaliadas. Uma escala *Likert* (Likert, 1932) foi inicialmente testada com três níveis de escolha e depois ampliada para cinco níveis. Um formulário com 13 questões foi desenvolvido (uma para cada aspecto avaliado) e depois ampliado para 14 questões, de acordo com sugestões dadas pelos próprios respondentes.

Ao final, 14 critérios foram selecionados, os quais contribuem com diferentes pesos para o cálculo de quatro Valores Espeleológicos e um Alerta de Conservação. Os critérios avaliados são: (1) Espeleometria, (2) Fósseis, (3) Espeleotemas, (4) Arqueologia, (5) Conhecimento histórico, (6) Conhecimento científico, (7) Uso turístico, (8) Beleza cênica, (9) Exemplo pedagógico, (10) Utilidade de campo, (11) Fragilidade, (12) Vulnerabilidade, (13) Estado de conservação e (14) Vínculo regional.

A avaliação dos métodos existentes no referido estudo e a aplicação durante os testes já publicados nos fazem crer que este conjunto de informações permite, de maneira clara, apresentar uma boa caracterização da caverna avaliada e, também, possibilita um conjunto abrangente de informações para análises comparativas. Já o conjunto de informações de diferentes cavernas pode proporcionar uma visão preliminar sobre o patrimônio espeleológico de uma dada região pesquisada podendo, inclusive, serem aplicados filtros inventariados para a comparação entre características similares ou de diferenciação (como cavernas dentro de unidade de conservação, tipo de rocha ou região, por exemplo).

Cabe lembrar que aspectos relacionados à fauna subterrânea foram propositalmente deixados de fora deste método, devido à intrínseca necessidade de conhecimento científico e monitoramento no processo avaliativo.

Os quatro Valores Espeleológicos definidos contemplam uma visão mais ampla de diferenciação entre as cavernas. São eles: (a) Valor Científico, (b) Valor Pedagógico, (c) Valor Histórico-cultural e (d) Valor Turístico. Além desses quatro eixos, a avaliação quantitativa também possibilita identificar um Alerta de Conservação, que compreende a média ponderada de diferentes critérios com os resultados obtidos entre vulnerabilidade, fragilidade e estado de conservação. Este alerta deve funcionar como um termômetro, pois nos indica com certa rapidez as cavernas nas quais se faz necessária alguma intervenção conservacionista.

O resultado dos Valores Espeleológicos é calculado levando-se em conta a soma numérica das respostas de cada critério, mas com diferentes pesos de contribuição de acordo com a natureza do Valor. Critério como Beleza cênica, por exemplo, tem maior peso no cálculo dos Valores Pedagógico e Turístico do que nos Valores Científicos e Histórico-Cultural. Já para o Valor Pedagógico, praticamente todos os critérios contribuem na somatória, embora com pesos diferenciados.

Este mecanismo permite que os resultados sejam mais objetivos, não cabendo ao avaliador realizar julgamentos sobre os Valores Espeleológicos, mas sim realizar avaliações baseadas no seu conhecimento intrínseco sobre a caverna.

Durante os testes foi incorporado também o critério intitulado “Vínculo regional”, ao qual o avaliador atribui uma nota de 1 a 5 à caverna sobre a representatividade da cavidade na vida cotidiana das comunidades locais. Propositalmente subjetivo, este critério difere-se

dos demais aspectos avaliados, nos quais houve a preocupação com a objetividade. O intuito deste critério foi de obter dados para análises comparativas relacionadas a aspectos ainda não considerados.

Na Tabela 1 é possível observar a relação entre os 14 critérios e seus pesos para o cálculo de cada Valor Espeleológico e do Alerta de Conservação.

TABELA DE PESOS					
ESPELOMETRIA	0	1	1	0	0
FÓSSEIS	1	1	0	0	1
ESPELOTEMAS	1	1	0	2	1
ARQUEOLOGIA	1	1	1	1	1
CONH. HISTÓRICO	0	1	3	1	0
CONH. CIENTÍFICO	1	1	0	0	1
TURISMO	0	1	1	3	1
BELEZA CÊNICA	0	1	0	1	0
EXEMPLO PEDAGÓGICO	0	2	0	1	0
UTILIDADE DE CAMPO	0	1	0	1	0
FRAGILIDADE	0	1	0	-1	2
DEGRADAÇÃO	0	1	0	0	2
VULNERABILIDADE	0	1	0	0	2
VÍNCULO	0	1	1	1	0
	VALOR CIENTÍFICO	VALOR PEDAGÓGICO	HISTÓRICO CULTURAL	TURISMO	ALERTA CONSERVAÇÃO

Tabela 1. Na tabela acima é possível observar a relação entre os 14 critérios avaliados (eixo vertical) com os 4 Valores Espeleológicos e o Alerta de Conservação (eixo horizontal).

Após a validação do método de qualificação em diferentes cavernas, foi realizado um inventário das principais cavernas da região do Vale do Ribeira (SP), utilizando-se a revisão da literatura, bem como as consultas em cadastros de cavernas, como o CNC (Cadastro Nacional de Cavernas, organizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia) e o CANIE (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas, organizado pelo ICMBio/Cecav). Durante o processo de avaliação, também foram incluídos alguns campos no formulário para a recomendação de novas cavernas ainda não consideradas na lista original, obtida a partir de levantamento bibliográfico, cadastros e entrevista com espeleólogos e pesquisadores conhecedores da região.

O inventário contou, assim, com 79 cavernas do Vale do Ribeira e foi organizado com informações básicas sobre as cavidades (tipo de rocha, localização geográfica e outros dados disponíveis), que foram somadas aos resultados obtidos durante o processo avaliativo.

Foram convidados para avaliar as cavernas diferentes grupos de respondentes, separados entre (a) espeleólogos técnicos, (b) pesquisadores acadêmicos, (c) condutores ambientais e (d) gestores das Unidades de Conservação. Ao final do processo, o banco de dados contou com 90 avaliações na região do Alto Vale do Ribeira, além de uma curadoria de dados realizada antes das análises finais.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Principais resultados obtidos sobre o patrimônio espeleológico do Vale do Ribeira

Após cerca de dois meses de coleta de dados, 90 avaliações foram realizadas, o que nos permitiu ter um bom panorama do patrimônio espeleológico conhecido no Vale do

Ribeira. Na Tabela 2 observa-se a lista com as cavernas inventariadas e os dados obtidos pela média das avaliações realizadas. A lista é apresentada em ordem decrescente de importância, considerando uma média geral obtida pela soma dos Valores Espeleológicos.

14 critérios                      4 valores                      alerta



Índice	Caverna	14 critérios														4 valores				Alerta
		ESPELEOMETRIA	FÓSSEIS	ESPELEOTEMAS	AMBIENTE CENÓZICO	CONDIÇÕES CENÓZICAS	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	TURÍSTICO	REFEZ. GRUPO	EXEMPLO REPRESENTATIVO	UTILIDADE DE CAMPO	VALOR RECREATIVO	FRAGILIDADE (Estrutural)	DEGRADAÇÃO (Biotica)	VULNERABILIDADE	VALOR CIENTÍFICO	VALOR PEDAGÓGICO	HISTÓRICO CULTURAL	TURISMO	
1	209 CAVERNA DO DIABO - GRUTA DA TAPAGEM	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50	52	54	48	53
2	184 GRUTA SANTANA	5	3	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	47	46	45	42	48	
3	165 CAVERNA MORRO PRETO	2	3	4	4	4	4	5	5	3	4	4	3	2	1	47	39	38	38	48
4	165 CAVERNA ALAMANDI DT. SAZIC	2	3	4	4	5	4	5	5	5	4	4	1	2	2	47	41	33	41	45
5	163 CAVERNA LAJE BRANCA	5	3	3	3	4	5	4	5	5	3	4	2	2	1	43	42	40	34	42
6	159 CAVERNA ÁGUA SUJA	3	3	5	3	5	4	4	5	5	3	4	1	2	1	47	39	31	38	41
7	158 GRUTA LADAZUL: PIEDRA	5	3	4	3	4	5	5	4	2	4	1	1	1	1	43	37	36	37	38
8	154 GRUTA DOS PAIVA	4	3	5	3	5	3	5	4	2	3	1	1	1	1	50	37	31	33	38
9	141 GRUTA DO CHAPÉU	2	3	3	5	3	4	4	4	3	2	2	1	1	1	37	35	40	33	36
10	143 CAVERNA TEMMINA II	3	2	2	4	3	3	5	4	3	4	2	2	1	1	34	36	35	34	39
11	140 CAVERNA ARIAS DE CIMA (Arietas II)	5	3	4	2	4	5	2	3	4	3	3	1	2	2	43	36	35	24	42
12	140 CAVERNA ARIAS DE CIMA (Arietas I)	7	7	7	4	5	1	5	4	1	4	7	7	1	1	34	35	33	34	39
13	140 CAVERNA DE PEROLAS	4	5	5	3	5	4	2	2	2	3	3	1	1	1	59	32	30	23	44
14	139 GRUTA DO DOUTO	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	1	2	1	1	34	34	35	32	35
15	139 GRUTA DA CAPELINHA	2	2	2	4	5	4	3	2	4	2	2	1	3	1	37	32	40	28	38
16	138 GRUTA DA MOZINHA	2	2	2	4	3	4	4	3	5	4	3	2	2	1	37	37	31	30	42
17	138 CAVERNA TEMMINA III	2	2	2	4	3	3	3	4	4	3	4	2	2	1	34	34	33	33	39
18	137 CAVERNA DESINCORNADA	4	3	5	3	2	3	3	5	4	3	3	1	1	1	43	35	26	29	41
19	137 FÊNIX	2	2	4	2	3	4	4	4	5	3	2	2	2	2	37	37	28	33	42
20	136 CAVERNA LABORATÓRIO	2	2	3	2	5	5	3	3	3	2	3	2	3	2	37	33	36	27	44
21	131 GRUTA COLORIDA	2	3	3	2	3	4	3	3	5	4	3	2	2	2	37	36	26	29	41
22	130 CAVERNA UURU UURUSU	5	1	5	1	4	4	4	4	3	2	5	1	2	1	28	32	36	29	32
23	130 GRUTA DO JEREMIAS	2	3	5	2	3	4	2	4	4	1	2	3	2	2	43	34	25	26	45

Tabela 2. À esquerda parte do inventário com 79 principais cavernas inventariadas e avaliadas. À direita o detalhe com as 23 principais cavernas (segundo índice geral) e o resultado obtido em cada critério e Valor Espeleológico. Também é possível observar o índice de Alerta de Conservação obtido por cada caverna.

Os dados são representados na forma de planilhas, com as médias em relação aos 14 critérios avaliados e médias ponderadas em relação aos Valores Espeleológicos e o Alerta de Conservação, obtidas em cada caverna, e na forma de gráficos no modelo de rede (Figura 6). O primeiro deles (Figura 6a), mostra as médias obtidas para cada caverna considerando os 14 critérios e a Figura 6b, os resultados dos quatro Valores Espeleológicos e o Alerta de Conservação. A partir dos gráficos, é possível compreender o posicionamento de cada caverna na lista geral em relação aos aspectos avaliados. Com o uso de filtros, pode-se comparar cavernas ou mesmo utilizar somas e médias de acordo com o interesse do pesquisador.

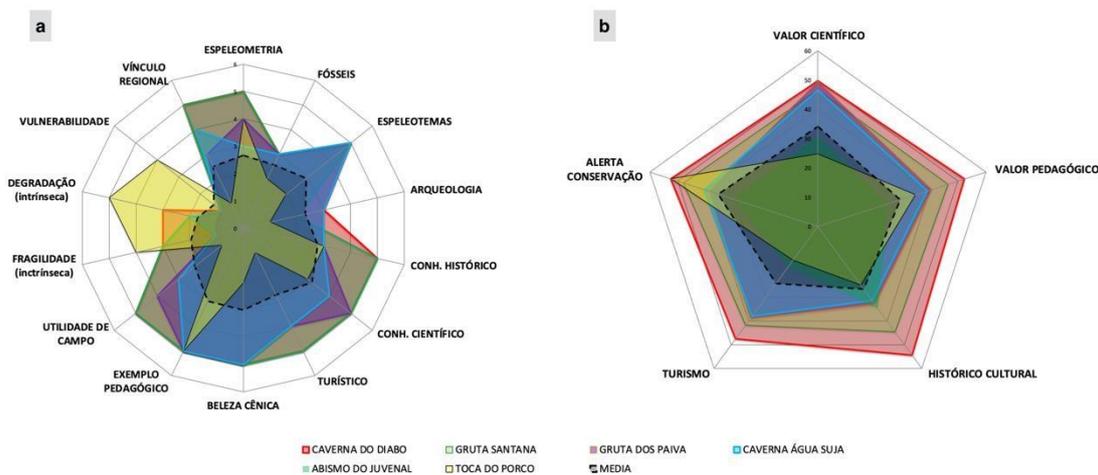


Figura 6. Médias obtidas por cada caverna em relação aos 14 critérios avaliados (a) e médias ponderadas sobre cada caverna em relação aos Valores Espeleológicos e o Alerta de Conservação (b). Para que o gráfico ficasse mais legível foram utilizadas apenas seis cavernas das 79 avaliadas.

Os dados numéricos também permitem cruzamentos e rankings para diferentes usos.

Um ranking geral (*Total Índice*) pode ser utilizado a partir da soma dos Valores Espeleológicos. Esses dados podem ser úteis, por exemplo, para campanhas de divulgação científica ou espeleológica respondendo a perguntas como “quais são as principais cavernas da região?” ou “o que devemos considerar como mais importante quando abordarmos as características destas cavernas?”.

Ao utilizar este cálculo (*Total Índice*) para listar as dez principais cavernas do Vale do Ribeira, foi possível obter uma lista das cavernas mais bem avaliadas considerando a soma das médias obtidas por cada Valor Espeleológico (Tabela 3).

	VALOR CIENTÍFICO	VALOR PEDAGÓGICO	HISTÓRICO CULTURAL	TURISMO	ALERTA CONSERVAÇÃO	TOTAL INDEX
CAVERNA DO DIABO	50	52	54	48	53	209
GRUTA SANTANA	47	46	45	42	48	184
CAVERNA MORRO PRETO	47	39	38	38	48	165
GRUTA DOS PAIVA	50	41	33	39	39	165
CAVERNA ALAMBARI DE BAIXO	47	41	33	41	45	165
CAVERNA LAJE BRANCA	43	42	40	34	42	163
CAVERNA ÁGUA SUJA	47	39	31	38	41	159
GRUTA CASA DE PEDRA	43	37	36	37	38	158
GRUTA DO CHAPÉU	37	35	40	33	36	147
FENDÃO	37	38	30	34	42	143

Tabela 3. As dez mais importantes cavernas do Vale do Ribeira, segundo somatória dos Valores Espeleológicos. A ordem decrescente segue o valor calculado pelo Total Index.

Ao destacar as cinco cavernas mais importantes segundo o índice geral (*Total Índice*), a partir dos gráficos, é clara a caracterização das cavernas quando comparadas à média da região (Figura 7).

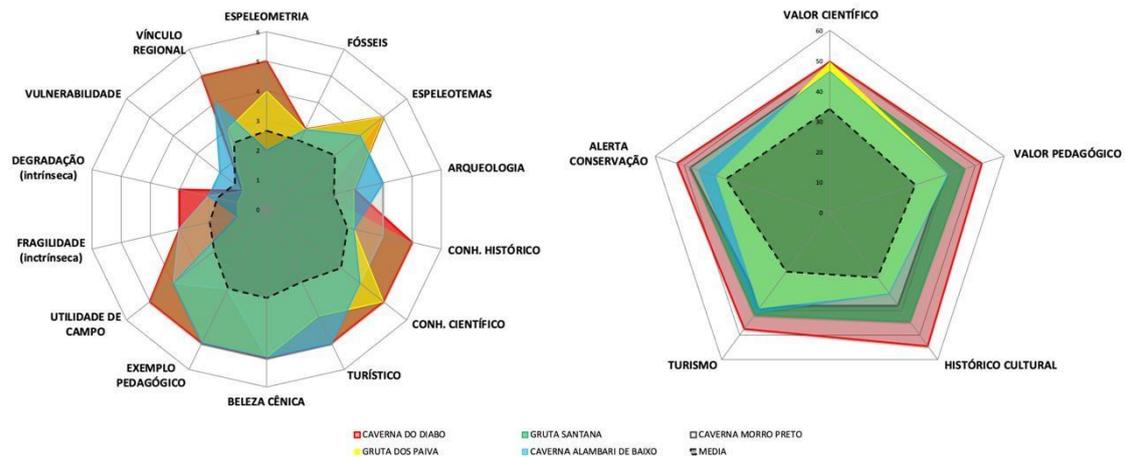


Figura 7. Saída em gráfico com as 5 principais cavernas do Alto Vale do Ribeira e em tracejado a média de todas as cavernas avaliadas.

Outra análise que pode ser realizada a partir dos resultados é a comparação de cavernas localizadas dentro e fora das Unidades de Conservação (UC), ou mesmo as alternâncias das médias entre as diferentes Unidades de Conservação. São análises que podem auxiliar na identificação rápida de pontos de atenção relacionados às estratégias necessárias das áreas protegidas ou ajudar a caracterizar as diferenças do patrimônio espeleológico entre as UCs.

Na figura 8a é possível observar que algumas cavernas localizadas fora das UCs podem ter elevado as médias dos critérios “Fósseis”, “Espeleotemas” e “Conhecimento Histórico-Cultural” acima dos valores obtidos entre cavernas localizadas dentro das áreas protegidas. Como consequência, também observamos que estas cavernas têm altos índices de “Vulnerabilidade” e “Estado de Conservação”. Em contrapartida, as maiores cavernas, bem como as mais importantes em “Beleza cênica”, “Uso turístico”, “Utilidade de campo” e “Vínculo regional” estão localizadas dentro das UC e, portanto, mais bem protegidas.

Ao comparar as médias obtidas para cada Unidade de Conservação, observamos que existem algumas diferenças importantes, com destaque para o Parque Estadual da Caverna do Diabo, em quesitos relacionados à “Beleza cênica”, “Exemplo pedagógico”, “Utilidade de campo” e “Espeleotema” (Figura 8b).



Figura 8. Resultados expressos na forma de gráficos com diferentes agrupamentos. Figura 8a comparativo entre cavernas fora de Unidades de Conservação com a média geral. Figura 8b comparativo entre as diferentes Unidades de Conservação e a média geral de todas as cavernas avaliadas. CAD=Parque Estadual da Caverna do Diabo, PETAR=Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira e PEI = Parque Estadual de Intervalos.

### Dos dados às estratégias de geoconservação

Os cruzamentos de dados podem ser importantes para pesquisadores ou educadores desenvolverem estratégias de trabalho. A relação entre os critérios “Exemplo pedagógico” e “Utilidade de campo” pode fornecer uma lista das principais cavernas para campanhas de atividades *in situ*, como visitas educativas ou turismo. Esse cruzamento mostra que, para esses tipos de uso, as melhores cavernas da região do Vale do Ribeira, em ordem de importância, são a Caverna do Diabo, A Caverna Santana, a Gruta Alambari de Baixo, a Caverna Morro Preto e a Gruta dos Paiva (Figura 9).

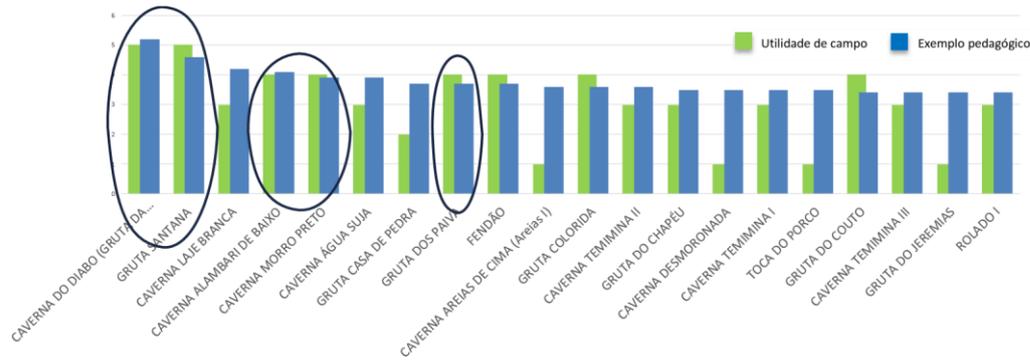


Figura 9. Cruzamento de dados entre os critérios “Utilidade de campo” e “Exemplo pedagógico”. A lista das cavernas está em ordem decrescente de acordo com o Total Index (da esquerda para a direita) e os círculos representam as cinco cavernas mais bem posicionadas de acordo com o objetivo da análise.

Outros cruzamentos dos dados podem ser realizados para diferentes objetivos de pesquisa. Por exemplo, quais são as principais relações entre o Vínculo regional e o Uso turístico de uma cavidade? Podemos dizer que condutores e pesquisadores têm vínculos diferentes com as cavernas da região em decorrência de sua atividade profissional? Existem atividades turísticas em cavernas fora das Unidades de Conservação? Quais relações podem existir entre o estado de conservação da caverna como o uso turístico e as unidades de conservação? Essas são apenas algumas das perguntas que o método de qualificação pode ajudar a responder. Neste artigo, nos limitamos a apresentar algumas destas análises mais relacionadas à educação e à divulgação científica, mas muitas outras são possíveis.

As análises relacionadas à subjetividade mostram que os resultados foram bastante satisfatórios, obtendo-se um padrão de respostas independente da especialidade do avaliador, bem como seu conhecimento técnico, científico ou acadêmico (Figura 10). As análises dos dados ainda podem ser realizadas para avaliar os desvios de resposta de acordo com interesses específicos, atribuindo a grupos específicos visões mais utilitaristas ou conservacionistas.

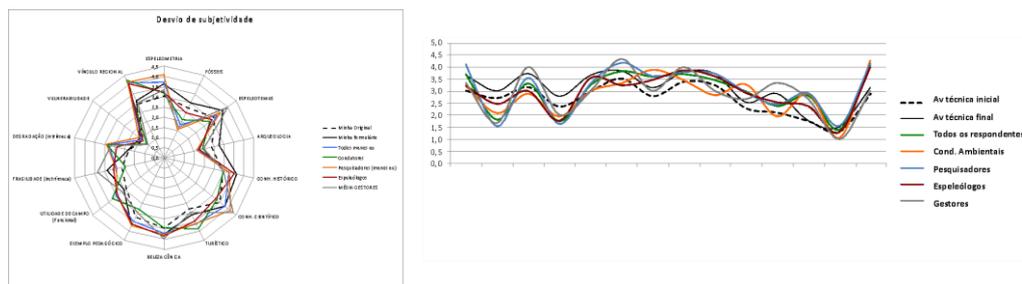


Figura 10. Diferenças obtidas agrupando-se as respostas de acordo com grupos de respondentes. Os gráficos da esquerda (em forma de rede) e à direita (em forma de linha) mostram as avaliações inicial e final feitas pelo pesquisador curador e as médias dos seguintes grupos: (a) Todos os respondentes, (b) Condutores ambientais, (c) Pesquisadores, (d) Espeleólogos técnicos e (e) Gestores(as) das unidades de conservação.

## Dos dados aos materiais de divulgação científica, geoconservação e educação

Com base na análise dos resultados da aplicação do método de qualificação de cavernas no Vale do Ribeira, foi elaborada uma estratégia para trabalhos de campo nas 30 principais cavernas da região, com validação *in situ* da caracterização levantada pelas

avaliações à distância e a geração de materiais fotográficos que evidenciem os principais critérios e Valores Espeleológicos de cada caverna. O material gerado em campo foi organizado em escritório tendo como produto uma coleção de publicações educativas e de divulgação científica e espeleológica sobre as cavernas da região. Volumes digitais com seus devidos exemplos pedagógicos sobre cada caverna foram complementados com informações disponíveis na literatura, como topografia. Mapas temáticos interdisciplinares também estão em desenvolvimento em decorrência de informações coletadas através das avaliações, expondo de maneira organizada as principais características das cavernas mais importantes da região. Este material está em fase de finalização e distribuição a professores, condutores e escolas públicas da região (Figura 11).

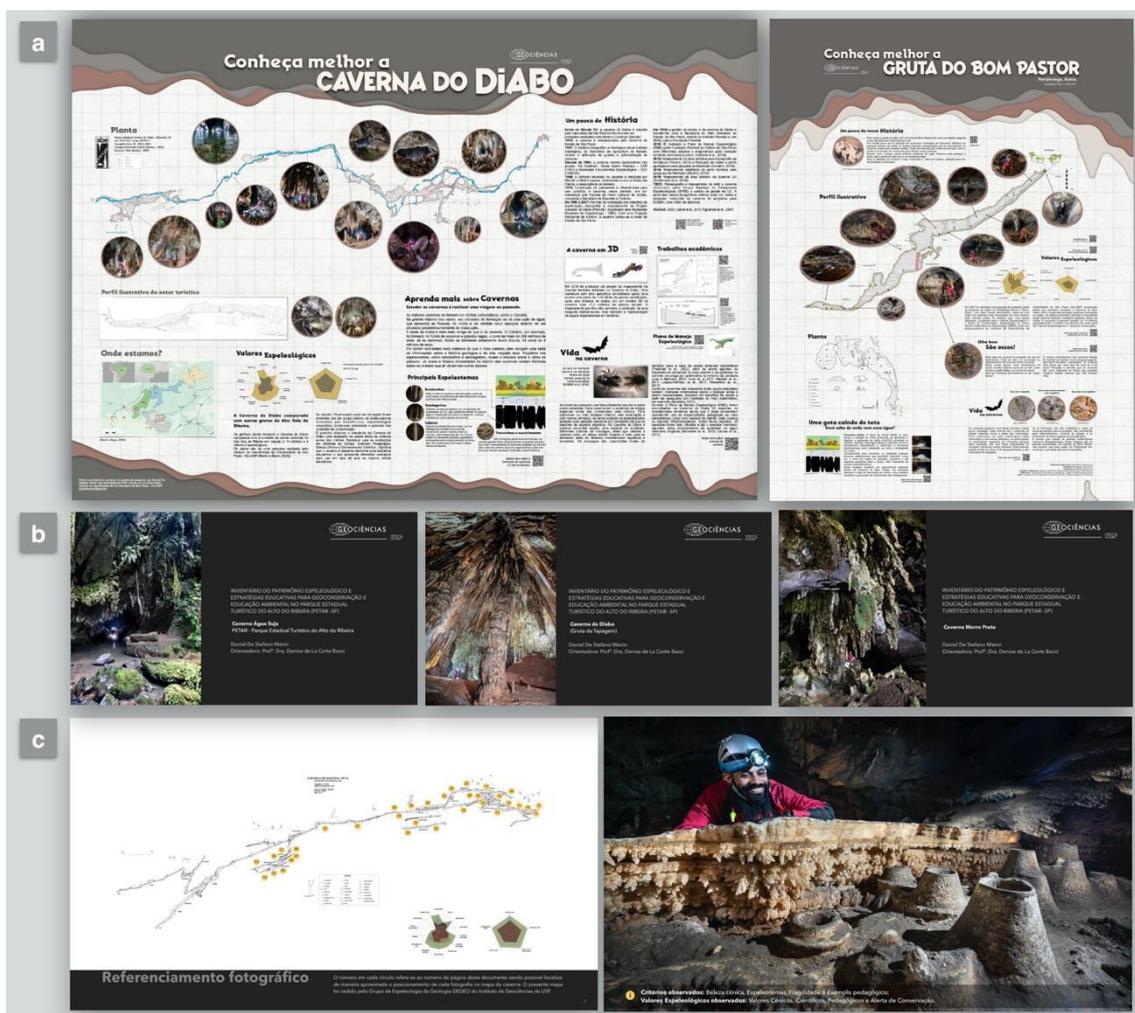


Figura 11. Materiais desenvolvidos com base nas análises do resultado da validação do método de qualificação de cavernas. A Figura 11a mostra os painéis interdisciplinares produzidos para a Caverna do Diabo, no Vale do Ribeira e Bom Pastor, em Paripiranga. A Figura 11b alguns dos volumes produzidos sobre as principais cavernas do Vale do Ribeira. A Figura 11c mostra o mapa da Caverna Santana com indicação das áreas de interesse e uma das páginas com foto de uma área de interesse educativo relacionado a um processo geológico.

Na região de Paripiranga, no Estado da Bahia, os dados mostram claramente algumas cavernas com evidente Alerta de Conservação, além de cavernas em destaque nos critérios “Fósseis”, “Conhecimento Histórico-Cultural” e “Conhecimento científico” (Figura 12).

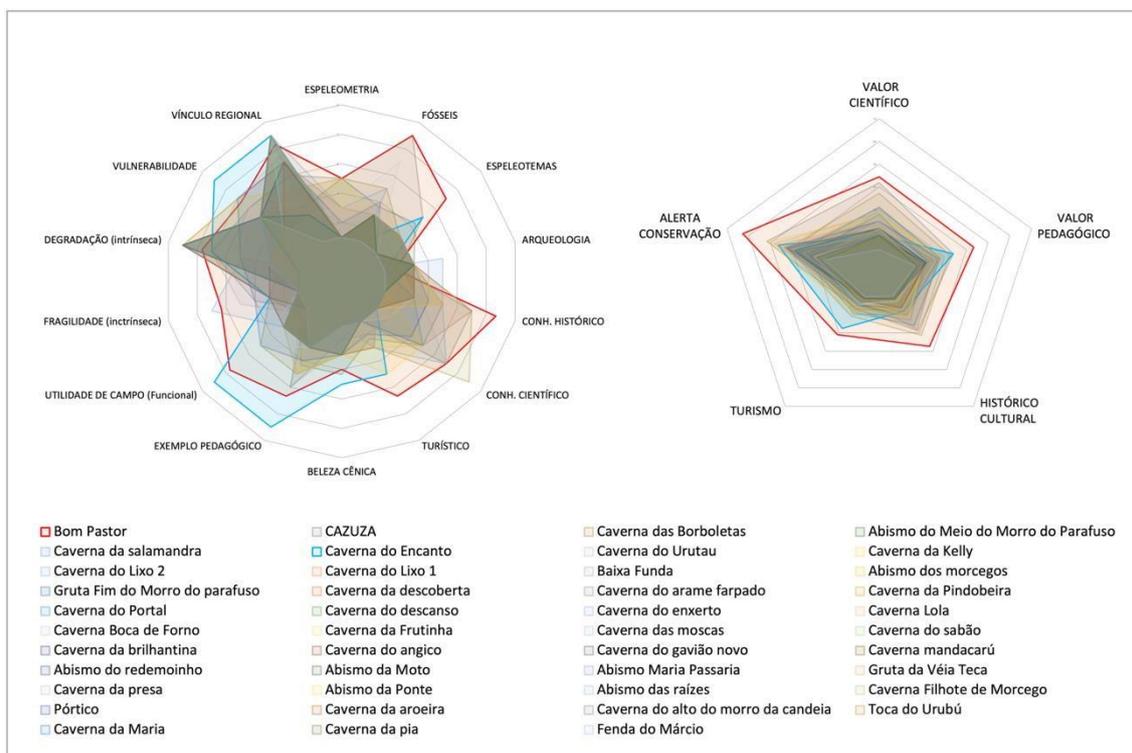


Figura 12. Resultado em gráfico das cavernas da região de Paripiranga, Bahia.

De fato, grutas como a do Bom Pastor tiveram intensas atividades religiosas, causando intervenção e impacto na caverna. Outras, como a Caverna do Cazuza, tiveram uma notável presença de fósseis de megafauna identificados.

Quando avaliadas pelo ponto de vista educativo ou para a realização de estratégias para visitação turística, os dados apontam para três cavernas principais: Gruta do Bom Pastor, Caverna do Encanto e Gruta Fim do Morro do Parafuso (Figura 13). Este resultado decorreu do cruzamento dos critérios (a) “Utilidade de campo”, (b) “Beleza cênica” e (c) “Valor pedagógico”. A partir dessa escolha, a análise buscou nos gráficos em rede quais aspectos podem ser evidenciados em cada caverna para a preparação de trabalhos de visita em campo. Esses dados claramente ajudam na elaboração de estratégias educativas, tanto para atividades em campo quanto para geração de conteúdo didático.

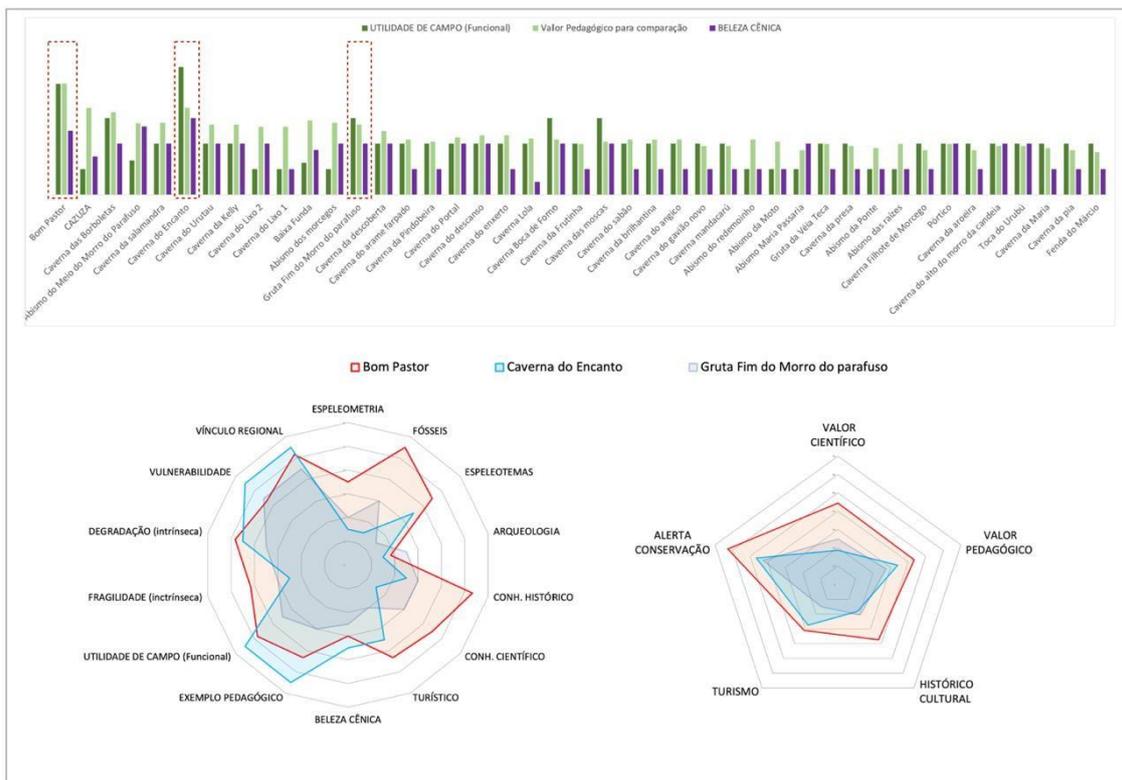


Figura 13. Acima um ranking com todas as cavernas por grau de importância (Total Índice decrescente da esquerda à direita e barras verticais comparando os critérios de Utilidade de campo, Valor pedagógico e Beleza cênica. Uma vez escolhidas, as três principais cavernas (destacadas com pontilhado), foram utilizados filtros para projetá-las nos mesmos gráficos de rede.

Como recurso comparativo sobre a caracterização do patrimônio espeleológico entre duas ou mais regiões, os gráficos na Figura 14 mostram diferenças significativas entre as regiões de Paripiranga, Uauá e Pedro Alexandre. Esses dados são um exemplo de análises possíveis para o estabelecimento de inúmeras estratégias relacionadas ao estudo e conservação do patrimônio espeleológico.

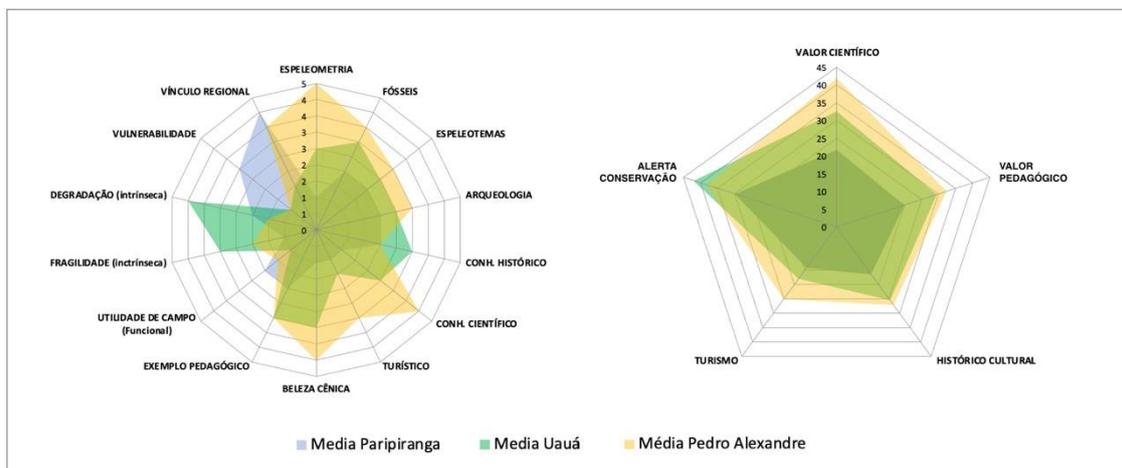


Figura 14. Gráficos comparativos entre regiões cársticas diferentes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a validação do método de qualificação de cavernas e os resultados obtidos em mais de uma região do país nos permite concluir que a referida iniciativa responde às demandas de educação e divulgação científica, além de fornecer um importante panorama do Patrimônio Espeleológico da região na qual foi aplicada. Os dados levantados pelo método também permitem a realização de inúmeras análises que extrapolam o uso educativo ou de divulgação, sendo também úteis para a formulação de estratégias de geoconservação, orientação de novas pesquisas e tomadas de decisão em relação às cavernas avaliadas.

Informações sobre ranking de cavernas e de caracterização como os quatorze critérios e quatro Valores Espeleológicos podem representar um importante insumo para auxiliar na elaboração de materiais didáticos e conteúdo sobre as cavernas da região, bem como estratégias de visitas turísticas, educativas ou novos levantamentos de campo.

No contexto escolar, alguns projetos interdisciplinares tendo como fundamentação e orientação o presente método, já vêm sendo desenvolvidos. Futuras publicações tratarão desses resultados, ampliando os exemplos de práticas educativas e suas conexões com diretrizes curriculares nacionais e estaduais da educação básica.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. G. D. M., & PILÓ, L. B. (2017). *Towards the development of a tropical geoarchaeology: Lagoa Santa as an emblematic case study. Archaeological and paleontological research in Lagoa Santa: The quest for the First Americans*, 373-391.
- AULER, A. S., & SMART, P. L. (2001). *Late Quaternary paleoclimate in semiarid northeastern Brazil from U-series dating of travertine and water-table speleothems*. *Quaternary Research*, 55(2), 159-167.
- AULER, A. S., PILÓ, L. B., SMART, P. L., WANG, X., HOFFMANN, D., RICHARDS, D. A., ... & CHENG, H. (2006). *U-series dating and taphonomy of Quaternary vertebrates from Brazilian caves*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 240(3-4), 508-522.
- AULER A. S., (2016). *Cave protection as a karst conservation tool in the environmentally sensitive Lagoa Santa karst, southeastern Brazil*. *Acta Carsol* 45:131– 145.
- BRILHA, J., GRAY, M., PEREIRA, D. I., & PEREIRA, P. (2018). *Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature*. *Environmental Science & Policy*, 86, 19-28.
- CHIARINI, V., DUCKECK, J., & DE WAELE, J. (2022). *A Global Perspective on Sustainable Show Cave Tourism*. *Geoheritage*, 14(3), 1-27.
- CRISP, J. R., ELLISON, J. C., & FISCHER, A. (2021). *Current trends and future directions in quantitative geodiversity assessment*. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 45(4), 514-540.
- CRUZ JR, F. W., KARMANN, I., VIANA JR, O., BURNS, S. J., FERRARI, J. A., VUILLE, M., ... & MOREIRA, M. Z. (2005). *Stable isotope study of cave percolation waters in subtropical Brazil: Implications for paleoclimate inferences from speleothems*. *Chemical Geology*, 220(3-4), 245-262.
- DA SILVA, M. L. N.; MANSUR, K. L.; DO NASCIMENTO, M. A. L. (2018). *Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos da geodiversidade: uma revisão*. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, n. 2, p. 699-709.

- DELLA LIBERA, M. E., NOVELLO, V. F., CRUZ, F. W., ORRISON, R., VUILLE, M., MAEZUMI, S. Y., ... & CHENG, H. (2022). *Paleoclimatic and paleoenvironmental changes in Amazonian lowlands over the last three millennia*. *Quaternary Science Reviews*, 279, 107383.
- FOX, N., GRAHAM, L. J., EIGENBROD, F., BULLOCK, J. M., & PARKS, K. E. (2020). *Incorporating geodiversity in ecosystem service decisions*. *Ecosystems and People*, 16(1), 151-159.
- FREIRE, P. (2000). *Segunda carta do direito e do dever de mudar o mundo*. UNESP.
- FRUTUOSO, G. M., & DE CAMPOS FRANÇA, C. (2019). *A Ecopedagogia e sua episteme como contribuição para a formação crítica na escola*. *Revista Moinhos*, (6), 16-32.
- GADOTTI, M. (2005). *Pedagogia da terra e cultura de sustentabilidade*. *Revista Lusófona de Educação*, (6), 15-29.
- GRAY, M. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley e Sons Ltd., Chichester, England, p. 434. 2004.
- GRAY, M., 2005. *Geodiversity and geoconservation: what, why, how?* *Geodivers. Geoconserv.* 22 (3), 4–12.
- HUNG, R. (2021). *Ecopedagogy and education*. In Oxford Research Encyclopedia of Education.
- IGARI, A. T., PAVANELLI, J. M. M., DE OLIVEIRA, C. E., & de ALMEIDA SINISGALLI, P. A. (2020). *Mudanças institucionais e governança de serviços ecossistêmicos*. *Diálogos Socioambientais*, 3(07), 9-11.
- KUDRYAVTSEV, A., STEDMAN, R. C., & KRASNY, M. E. (2012). *Sense of place in environmental education*. *Environmental education research*, 18(2), 229-250.
- KARMANN, I., FERRARI, J. A. (2000). *Carste e cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), sul do Estado de São Paulo*. In: C. Schobbenhaus, D. A. Campos, E. T. Queiroz, M. Winge, M. Berbert-Born (Eds.). *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio043/sitio043.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.
- LIKERT, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. *Archives of Psychology*. v. 22, n. 140, p. 44-53. Disponível em: [https://legacy.voteview.com/pdf/Likert\\_1932.pdf](https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf). Acesso em 10 mar. 2023.
- LAURITZEN, S. E., & LUNDBERG, J. (1999). *Speleothems and climate: a special issue of The Holocene*. *The Holocene*, 9(6), 643-647.
- MAMMOLA, S.; PIANO, E.; CARDOSO, P.; VERNON, P.; DOMÍNGUEZ-VILLAR, D.; CULVER, DC.; PIPAN, T.; ISAIA, M. (2019) *Climate change going deep: The effects of global climatic alterations on cave ecosystems*. *Anthropocene Rev* 6(1–2):98–116.
- MCDONOUGH, W., & BRAUNGART, M. (2010). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North point press. McDonough, K., Hutchinson, S., Moore, T., & Hutchinson, J. S. (2017). *Analysis of publication trends in ecosystem services research*. *Ecosystem Services*, 25, 82-88.
- MENIN, D. (2022). *Mecanismos de Qualificação de Cavernas para uso educativo e de comunicação científica*. SBE – Sociedade Brasileira de Espeleologia. ANAIS do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia.
- MENIN, D., TOGNETTA, L. R. P., & BACCI, D. de L. C. (2022). *As cavernas como tema interdisciplinar no ensino fundamental*. *Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)*, 17(3), 72–91. <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13432>.
- MENIN, D., & BACCI, D. D. L. C. (2022). *Avaliação de inventários e mecanismos de qualificação de cavernas pela perspectiva do uso educativo e da divulgação científica*. *Geologia USP. Série Científica*, 22(3), 3-17.

- MONTEIRO, C.C.F.; MARIANI, B.F. (2012) - *Uma análise sobre a relação entre sustentabilidade e história. Convergências: Revista de Investigação e Ensino das Artes*. ISSN 1646-9054. N.º 10.
- PEREIRA, D.I.; PEREIRA, P. BRILHA, J.; SANTOS, L. (2013). *Geodiversity assesment of Parana State (Brazil): an innovative approach. Environmental Management*, v.28, p.1-10.
- PEREIRA, R. F. G. A. (2010). *Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)*. Tese (Doutorado). Braga: Escola de Ciências, Universidade do Minho, 318 p. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10879>.
- PIAGET, J., & BRAGA, I. (1973). *Para onde vai a educação?* (p. 79). J. Olympio.
- QAZIMI, S. (2014). *Sense of place and place identity*. *European Journal of Social Science Education and Research*, 1(1), 306-310.
- RANKIN, D. J., BARGUM, K., & KOKKO, H. (2007). *The tragedy of the commons in evolutionary biology*. *Trends in ecology & evolution*, 22(12), 643-651.
- RUBBIOLI, E., AULER, A., MENIN, D., & BRANDI, R. (2019). *Cavernas-Atlas do Brasil Subterrâneo*. Brasília, ICMBio/CECAV. 370p.
- SANTOS, P. L. A. (2019). *Patrimônio geológico na área do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Vale do Ribeira, SP – Brasil: a capacidade de carga na definição de estratégias de gestão para o uso público de sítios geológicos*. Tese (Doutorado). Braga: Escola de Ciências, Universidade do Minho, 268 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337680732\\_Patrimonio\\_Geologico\\_na\\_area\\_do\\_Parque\\_Estadual\\_Turistico\\_do\\_Alto\\_Ribeira\\_PETAR\\_Vale\\_do\\_Ribeira\\_SP\\_-\\_Brasil\\_a\\_capacidade\\_de\\_carga\\_na\\_definicao\\_de\\_estrategias\\_de\\_gestao\\_para\\_o\\_uso\\_publico\\_de\\_sitios\\_geo](https://www.researchgate.net/publication/337680732_Patrimonio_Geologico_na_area_do_Parque_Estadual_Turistico_do_Alto_Ribeira_PETAR_Vale_do_Ribeira_SP_-_Brasil_a_capacidade_de_carga_na_definicao_de_estrategias_de_gestao_para_o_uso_publico_de_sitios_geo). Acesso em: 2 set. 2021.
- SEMKEN, S., WARD, E. G., MOOSAVI, S., & CHINN, P. W. (2017). *Place-based education in geoscience: Theory, research, practice, and assessment*. *Journal of Geoscience Education*, 65(4), 542-562.
- SIGEP. Serviço Geológico Brasileiro. Simpósio internacional sobre a proteção do patrimônio geológico, 1., 1991, Digne-Les-Bains, França. *Declaração Internacional dos Direitos a Memória da Terra*. Disponível em: [http://sigep.cprm.gov.br/destaques/Declaracao\\_Internacional\\_Direitos\\_a\\_Memoria\\_da\\_Terra.pdf](http://sigep.cprm.gov.br/destaques/Declaracao_Internacional_Direitos_a_Memoria_da_Terra.pdf). Acesso em: 03 de março de 2022.
- SMITH, G. A. (2002). *Place-based education: Learning to be where we are*. *Phi delta kappan*, 83(8), 584-594.
- SOUZA-SILVA, M.; MARTINS, R.P.; FERREIRA, R. L. (2015) *Cave conservation priority index to adopt a rapid protection strategy: a case study in Brazilian Atlantic rain forest*. *Environ Manag* 55:279–295.
- STANLEY, M. (2000). Geodiversity. *Earth heritage*, 14, 15-18.
- STEWART, I. S., NIELD, T. (2013). *Earth stories: context and narrative in the communication of popular geoscience. Proceedings of the Geologists' Association*, 124(4), 699-712. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.08.008>
- STRÍKIS, N. M., CRUZ, F. W., CHENG, H., KARMANN, I., EDWARDS, R. L., VUILLE, M., ... & AULER, A. S. (2011). *Abrupt variations in South American monsoon rainfall during the Holocene based on a speleothem record from central-eastern Brazil*. *Geology*, 39(11), 1075-1078.
- TURNER, P., & TURNER, S. (2006). *Place, sense of place, and presence*. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 15(2), 204-217.

URBAN, J., RADWANEK-BAK, B., & MARGIELEWSKI, W. (2022). *Geoheritage Concept in a Context of Abiotic Ecosystem Services (Geosystem Services)—How to Argue the Geoconservation Better?*. *Geoheritage*, 14(2), 1-15.

WOO, KS, & KIM, L (2018). *Geoheritage evaluation of caves in Korea: a case study of limestone caves*. In *Geoheritage* (373–386). Elsevier.

ZHANG, X., & SHU, D. (2014). *Causes and consequences of the Cambrian explosion*. *Science China Earth Sciences*, 57(5), 930-942.