



Unidades de Conservação e Geodiversidade: Cartilhas como Recursos Didáticos para a Educação Ambiental

Protected Areas and Geodiversity: Booklets as Teaching Resources for Environmental Education

Darcy José dos Santos¹ 

Mauro Gomes² 

Úrsula de Azevedo Ruchkys³ 

Luiz Eduardo Panisset Travassos⁴ 

Palavras-chave

Geoeducação
Geoconservação
Interpretação ambiental
Material didático
Patrimônio abiótico

Resumo

O conhecimento sobre a geodiversidade desempenha um papel fundamental na conservação da natureza, mas ainda é pouco explorado no contexto educacional, especialmente no ensino fundamental e no ensino médio. Este artigo apresenta cartilhas didáticas elaboradas para apoiar o ensino de geodiversidade em cinco unidades de conservação brasileiras: o Parque Nacional da Serra do Cipó (Minas Gerais), o Parque Nacional da Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul), o Parque Nacional da Furna Feia (Rio Grande do Norte), o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e a Floresta Nacional de Carajás (ambos no Pará). As cartilhas abordam elementos e processos geológicos e geomorfológicos relevantes para a compreensão da geodiversidade em cada unidade de conservação, com destaque para o patrimônio espeleológico. Também são apresentados os serviços ecossistêmicos proporcionados pela geodiversidade nesses ambientes. O material foi elaborado em linguagem acessível a estudantes, sobretudo do ensino médio, e inclui subsídios para o desenvolvimento de atividades extraclasse. As cartilhas têm ainda o objetivo de apoiar professores, gestores de unidades de conservação e condutores de visitantes, promovendo a integração da geodiversidade às práticas de educação ambiental. O estudo evidencia o potencial da geodiversidade como recurso pedagógico, contribuindo para uma abordagem holística da natureza, que valoriza tanto a geoconservação quanto a bioconservação e reforça a importância do patrimônio abiótico no processo educativo.

Keywords

Geoeducation
Geoconservation
Environmental interpretation
Didactic material
Abiotic heritage

Abstract

Knowledge of geodiversity plays a fundamental role in nature conservation, yet it remains underexplored in educational contexts, especially in primary and secondary education. This article presents educational booklets developed to support the teaching of geodiversity in five Brazilian protected areas: Serra do Cipó National Park (Minas Gerais), Serra da Bodoquena National Park (Mato Grosso do Sul), Furna Feia National Park (Rio Grande do Norte), Campos Ferruginosos National Park, and Carajás National Forest (both in Pará). The booklets address geological and geomorphological elements and processes that are relevant to understanding the geodiversity of each protected area, with particular emphasis on speleological heritage. The ecosystem services provided by geodiversity in these environments are also presented. The material was written in accessible language for students, particularly those in secondary education, and includes guidance on developing extracurricular activities. The booklets are also intended to support teachers, protected-area managers, and visitor guides by promoting the integration of geodiversity into environmental education practices. The study highlights the potential of geodiversity as a pedagogical resource, contributing to a holistic approach to nature that values both geoconservation and bioconservation and reinforces the importance of abiotic heritage in the educational process.

¹Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Brasília, DF, Brasil. darcy.santos@icmbio.gov.br

²Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Brasília, DF, Brasil. mauro.gomes@icmbio.gov.br

³Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil. tularuchkys@yahoo.com.br

⁴Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas, Belo Horizonte, MG, Brasil. luizepanisset@gmail.com

INTRODUÇÃO

O conceito de geodiversidade engloba a variedade de elementos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e processos naturais que compõem a superfície terrestre (Serrano; Ruiz-Flaño, 2007; Díaz-Martínez, 2010). Este conjunto de características não apenas molda a paisagem, mas também influencia diretamente a biodiversidade, os recursos naturais e as atividades humanas (Bruschi, 2007; Andrasanu, 2006; Manosso; Ondicol, 2012). Embora amplamente reconhecida por seu papel na conservação da natureza, poucos estudos têm abordado o valor didático da geodiversidade e têm buscado formas de disseminá-la (Furtado; Valdati, 2023). Estudos recentes que abordam essa temática têm apontado o grande, e pouco explorado, potencial interpretativo da geodiversidade e proposto estratégias para sua abordagem e divulgação (Pinto *et al.*, 2023, Carneiro *et al.*, 2024, Furtado; Valdati, 2023, Georgousis *et al.*, 2022, Mosios *et al.*, 2023, Carrillo-Hernández *et al.*, 2024).

Nesta pesquisa, diferencia-se “potencial educativo” de “potencial pedagógico” para evitar uso indistinto das expressões. Considera-se “educativo” o amplo alcance formativo do material (informar, sensibilizar, ampliar repertórios e promover leituras de natureza em contextos formais e não formais), enquanto “pedagógico” remete ao uso intencionalmente planejado no ensino, com mediação docente/condutores, objetivos de aprendizagem e possibilidades de avaliação e de replanejamento didático. Assim, uma cartilha pode ter alto potencial educativo por apoiar a sensibilização e a interpretação ambiental, mas seu potencial pedagógico depende da integração a sequências didáticas, roteiros de visita guiada e atividades orientadas, articuladas a objetivos e critérios de acompanhamento do aprendizado.

Embora a geodiversidade inclua diferentes componentes abióticos, neste estudo o recorte operacional enfatiza, sobretudo, elementos e processos geológicos e geomorfológicos de centralidade para a interpretação ambiental nas trilhas e sítios visitados, com destaque para o patrimônio espeleológico. Esse recorte é adotado por coerência com os roteiros de visita, com as demandas identificadas junto aos atores locais e com os objetivos didáticos das cartilhas.

O potencial educativo da geodiversidade reside em sua capacidade de conectar fenômenos naturais às experiências cotidianas, promovendo uma compreensão integrada dos

sistemas naturais. A educação ambiental, ao incorporar o patrimônio abiótico, contribui para a formação de uma consciência ecológica mais abrangente, que transcende a visão tradicionalmente centrada na biodiversidade.

Atividades imersivas no meio natural promovem sensibilização ambiental, possibilitando interações afetivo-cognitivas capazes de desencadear a reelaboração de estruturas simbólicas construídas pelos sujeitos. Sua efetividade relaciona-se às estratégias interpretativas adotadas, de modo a facilitar a compreensão do imediatamente visível durante o contato com os elementos naturais (Neiman, 2007). Na mesma perspectiva, destaca-se que um projeto de educação sobre os aspectos abióticos da natureza deve promover a reconstrução das percepções dos alunos acerca dos conceitos de geodiversidade, geopatrimônio, geóetica e geoturismo (Georgousis *et al.*, 2022).

As Unidades de Conservação (UCs) oferecem cenários privilegiados para o desenvolvimento de atividades que exploram a relação entre geodiversidade, biodiversidade e cultura. Alguns estudos também apontam a importância de propor formas de abordagem da geodiversidade por meio de atividades de contato com a natureza, especialmente nessas áreas protegidas, haja vista os usos e a diversidade de elementos e processos protegidos nesses locais (Viana *et al.*, 2024; Gordon *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2021; Georgousis *et al.*, 2021; Mayorga, 2022). O Brasil conta atualmente com mais de 2.900 UCs, considerando as esferas federal, estadual e municipal (MMA, 2024), e muitas delas se destacam por abrigar amostra significativa do patrimônio espeleológico brasileiro, representado por mais de 25.000 cavernas atualmente conhecidas (CECAV, 2024).

O patrimônio espeleológico é composto por cavidades naturais subterrâneas e por elementos bióticos, abióticos, socioeconômicos e histórico-culturais a elas associados (Brasil, 2004). As cavernas estão distribuídas em diferentes litologias, com destaque para rochas carbonáticas, siliciclásticas e furruginosas. Cerca de um terço delas (31,95%) está distribuído em unidades de conservação federais, estaduais e municipais, de proteção integral e de uso sustentável (ICMBio/CECAV 2024). O programa nacional de conservação do patrimônio espeleológico propõe diretrizes e componentes orientadoras para a valorização desse patrimônio, incluindo o conhecimento, a divulgação e o uso sustentável (Brasil, 2009).

Os Parques Nacionais (PARNAs) pertencem à categoria de UC de proteção integral; neles, são permitidos apenas usos indiretos dos

recursos naturais, e as Florestas Nacionais (FLONAs) pertencem à categoria de uso sustentável, na qual parte dos recursos pode ser explorada (Brasil, 2000). Embora os aspectos cênicos da paisagem sejam um dos grandes atrativos dessas unidades, as atividades de educação ambiental relacionadas às suas características abióticas ainda são pouco exploradas. Destaca-se que as UCs abrigam uma importante parcela da geodiversidade do país, incluindo uma pluralidade de elementos, processos e feições associados ao patrimônio espeleológico.

Entre os objetivos das UCs, destacam-se o estímulo à realização de atividades educativas com vistas à divulgação do conhecimento e à sensibilização para a conservação da natureza. Muitas delas recebem escolas do entorno em atendimento a esse objetivo, porém, de modo geral, as atividades didáticas se concentram em aspectos da biodiversidade local (Oliveira de Sá; Carvalho, 2023; Santos *et al.*, 2020; Silva; Silva, 2022).

Diante dessa lacuna, este trabalho apresenta cartilhas didáticas desenvolvidas para quatro parques nacionais e uma floresta nacional no Brasil. Inicialmente, foram identificados todos os parques nacionais que preservam parte do patrimônio espeleológico. Em seguida, foram escolhidas quatro unidades representativas de diferentes biomas, com cavidades desenvolvidas em diversos grupos geológicos e com história geológica distinta. As cartilhas foram concebidas para facilitar o ensino da geodiversidade, oferecendo subsídios teóricos e práticos que favoreçam a compreensão dos processos geológicos e geomorfológicos, além de estimular o interesse pela conservação do patrimônio natural. Busca-se, ainda, discutir o potencial didático desse material e ressaltar a importância da integração entre o conhecimento científico e as práticas educativas, contribuindo para a formação de uma sociedade mais consciente e comprometida com a conservação da natureza.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização das Áreas de Estudo

O projeto envolveu quatro áreas distintas: Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), em Minas Gerais; Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF) e Floresta Nacional de Carajás (FNC), ambos no Pará; Parque Nacional da Serra da Bodoquena (PNSB), no Mato Grosso do Sul; e Parque Nacional da Furna Feia (PNFF), no Rio Grande do Norte (Figura 1).

O PNSC abrange uma área de 31.617 hectares (ICMBio, 2009) e está inserido na porção sul da Serra do Espinhaço Meridional, destacando-se por sua complexidade geológica e geomorfológica. Área montanhosa, de grande beleza cênica, abriga diversas cachoeiras e ribeirões de águas cristalinas e é intensamente visitada, especialmente nos meses mais quentes. Em seu interior afloram rochas paleoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço, com predomínio de metaquartzitos (Knauer, 2007), rochas neoproterozóicas do Grupo Macaúbas, depositadas há aproximadamente 900 Ma, compostas em sua maioria por siliciclásticas (Fraga, 2013), rochas carbonáticas neoproterozóicas do Grupo Bambuí, com cerca de 750 Ma (Thomaz Filho *et al.*, 1998; Iglesias; Uhlein, 2009) e depósitos aluvionares ceneozóicos (Saadi, 1995). Durante a Orogênese Brasileira, em torno de 600 Ma antes do presente, o fechamento da Bacia Macaúbas e formação do Orógeno Aracuaí levaram ao soerguimento da Serra do Espinhaço Meridional (Alkmim *et al.*, 2007). O patrimônio espeleológico está presente nos diversos grupos geológicos da serra. Na parte alta do parque, sumidouros, e ressurgências, formações doliniformes, cavernas e abrigos se desenvolveram nos metaquartzitos do Supergrupo Espinhaço. Em direção a oeste, na base da serra, os carbonatos metamorfizados do Grupo Bambuí favoreceram o desenvolvimento de cavernas carbonáticas ornamentadas. Nas rochas siliciclásticas da Formação Macaúbas ocorrem sumidouros, ressurgências e cavernas.

O PNCF e a FNC protegem uma área superior a 400.000 hectares (Brasil, 2016; Brasil, 2017). Inseridos na Província Mineral de Carajás, no sudeste do Pará, essas unidades de conservação estão inseridas no contexto geológico do Cráton Amazônico. Esta é considerada a província mineral mais expressiva do país devido à grande ocorrência de importantes depósitos de ferro, ouro, cobre, manganês, molibdênio e níquel (DOCEGEO, 1988; Justo *et al.*, 2013). A exploração mineral

no interior da FLONA impõe desafios para equilibrar a conservação e a exploração mineral (Martins *et al.*, 2018). O presente trabalho teve como foco as rochas ferruginosas, nas quais se concentram as visitas turísticas e didáticas e onde se localizam a maioria das cavernas conhecidas nessas unidades de conservação.

O PNSB possui uma área de 76.481 hectares (Brasil, 2013). Em seu território predominam rochas carbonáticas das formações Tamengo e Bocaina, constituintes do Grupo Corumbá. Sua

evolução geológica relaciona-se à fase rifte ocorrida há cerca de 900 milhões de anos, durante a fragmentação do Supercontinente Rodínia (Campanha *et al.*, 2011). A evolução geomorfológica apresenta carste bem desenvolvido, em que predominam cones cársticos, caniões, sumidouros e surgências, campos de lapiás, pavimento cárstico, tufas e diversas cavernas (Sallun Filho *et al.*, 2004).

Figura 1 - Unidades de conservação participantes do projeto



Fonte: Os autores (2025).

O PNFF, situado na região oeste potiguar, protege cerca de 8.500 hectares do Bioma Caatinga e uma importante parcela do patrimônio espeleológico brasileiro (ICMBio, 2020). Predominam rochas carbonáticas, da Formação Jandaíra, pertencentes ao Grupo Apodi. A unidade de conservação apresenta alguns dos calcários mais jovens do país, depositados na Bacia Potiguar durante o Cretáceo e inseridos no contexto da formação do oceano Atlântico (Bezerra *et al.*, 2020). No parque ocorrem diversas feições do relevo cárstico, com destaque para extensos campos de lapiás, regionalmente denominados lajedos.

Procedimentos Metodológicos

A seleção dos quatro PARNAs considerou critérios como a diversidade geológica e geomorfológica, a ocorrência e a relevância do patrimônio espeleológico, o potencial para atividades de educação ambiental e a acessibilidade logística. Posteriormente, atendendo à demanda de órgãos ambientais que atuam na região de Carajás (PA), incluiu-se a Floresta Nacional (FLONA) de Carajás, parcialmente sobreposta ao PARNA dos Campos Ferruginosos.

Inicialmente, foram realizadas consultas por meio de entrevistas semiestruturadas às equipes dessas unidades de conservação (gestores e técnicos), educadores e condutores de turismo locais. O objetivo foi elaborar um panorama dos usos didáticos existentes,

considerando a frequência de visitação, o número de escolas e o nível de escolaridade dos alunos, bem como as práticas educativas e turísticas já implementadas. Com o resultado das entrevistas foi possível identificar os locais mais acessados durante as visitas escolares e assim propor a integração do conteúdo da geodiversidade com os roteiros consolidados de visitação. Além disso, foi realizada a quantificação de cavernas conhecidas e de outras feições associadas ao patrimônio espeleológico de cada unidade e seus possíveis usos, com o objetivo de construir roteiros interpretativos que integrassem esses diversos aspectos.

Para alinhar as ações planejadas às necessidades do público-alvo, foram realizadas oficinas participativas, promovendo um espaço de troca de experiências e coleta de feedback sobre o potencial educativo da geodiversidade local. Foram convidados professores da rede pública de ensino, que utilizam a UC para atividades educativas e profissionais responsáveis pela coordenação de atividades de visitação didática e turística.

Essas interações foram fundamentais para compreender a dinâmica dos usos e identificar os conteúdos abióticos mais relevantes. A partir desse ponto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente, que incluiu consultas a bases de dados científicas (Scielo, Google Scholar, Web of Science) e relatórios técnicos institucionais, com foco em artigos relacionados à geodiversidade, educação ambiental e interpretação do patrimônio natural. Ainda na fase de escritório, foram avaliadas bases de dados em ambiente SIG e imagens de satélite para a identificação dos macros elementos da geodiversidade no entorno dos locais de interesse.

Na sequência, foram realizadas doze expedições de campo para percorrer as trilhas já utilizadas em atividades didáticas. Durante as visitas, foi realizado o georreferenciamento destes sítios e foram preenchidas fichas de campo com as descrições dos processos geológicos observados. Adicionalmente, foram identificados novos pontos de interesse para complementar as atividades interpretativas, com ênfase no patrimônio espeleológico e em

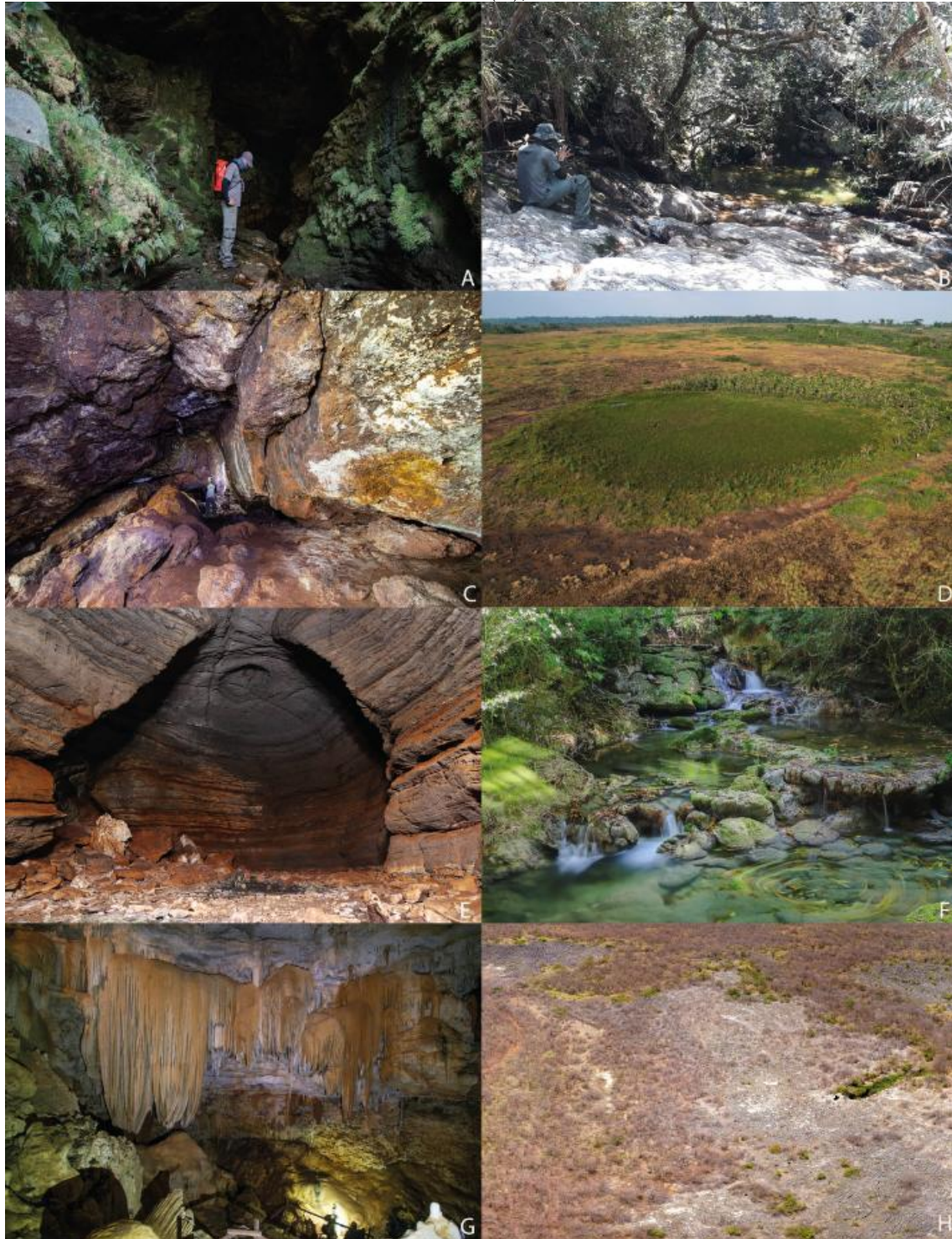
feições geomorfológicas de destaque (Figura 2). As visitas de reconhecimento das trilhas existentes e escolha de outros pontos ocorreram no PNSC em março, julho e outubro de 2021 e julho de 2024. No PNFF esses levantamentos ocorreram em março e outubro de 2022 e março de 2023. O PNCF e a Flona de Carajás foram visitados em agosto de 2022 e outubro de 2023 e o PNSB em abril e setembro de 2023 e junho de 2024.

Para dar suporte à elaboração das cartilhas, a etapa de campo também foi utilizada para a construção de um acervo fotográfico abrangente, com imagens em grande escala da paisagem e em detalhe dos elementos da geodiversidade. Também foram realizadas imagens aéreas (drone), que permitiram a visualização das feições geológicas sob diferentes perspectivas e foram fundamentais para uma melhor análise morfológica.

A finalização do trabalho, em escritório, incluiu a elaboração de ilustrações complementares e materiais gráficos de apoio para aprimorar a compreensão dos elementos e processos associados à geodiversidade de cada unidade de conservação. Após a diagramação e a produção gráfica, foram realizadas visitas às UCs e às escolas do entorno para a apresentação das cartilhas.

A inferência do potencial educativo das cartilhas foi realizada de forma qualitativa, por triangulação entre: (i) entrevistas semiestruturadas com gestores, educadores e condutores; (ii) devolutivas e feedbacks obtidos nas oficinas participativas; (iii) observação em campo da aderência entre conteúdo abiótico e pontos de parada interpretativa; e (iv) análise do produto final (cartilhas) quanto à clareza conceitual, contextualização territorial, articulação com experiências extraclasse, presença de propostas de atividade e adequação a públicos distintos. Reconhece-se, contudo, que, nesta etapa, não foi realizada uma avaliação formal do uso, em sala de aula ou em visitas guiadas, de instrumentos de mensuração cognitiva/atitude, o que delimita o alcance das conclusões e indica uma agenda de pesquisa futura.

Figura 2 - Locais de interesse para interpretação da geodiversidade. Caverna do Trevo (A) e Caverna Capão dos Palmitos (B), PNSC. Gruta do Mapinguari (C), Flona de Carajás e depressão fechada (D), PNCF. Gruta Toca da Onça (E) e Tufas calcárias (F), PNSB. Furna Nova (G) e lajedo da Furna Feia (H), PNFF



Fonte: Os autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os encontros com profissionais que utilizam as unidades de conservação para fins didáticos e turísticos foram decisivos para orientar o formato e o conteúdo das cartilhas. De modo

recorrente, professores e equipes gestoras relataram que as atividades educativas realizadas nas trilhas se concentram predominantemente em aspectos da biodiversidade, enquanto os elementos geológicos e geomorfológicos aparecem como

“cenário” ou “paisagem”, com baixa exploração interpretativa.

Esse padrão é coerente com diagnósticos que apontam dificuldades na inserção sistemática da geodiversidade na educação básica e em ações de educação ambiental, frequentemente associadas a lacunas formativas, baixa disponibilidade de materiais didáticos e predomínio de abordagens biocêntricas.

Em alguns casos, o desconhecimento da existência de cavernas nas próprias unidades reforçou a necessidade de qualificação interpretativa do patrimônio espeleológico, tanto para ações educativas quanto para a visitação.

Diante dessas demandas, optou-se pela elaboração de materiais didáticos acessíveis e

informativos, que pudessem ser utilizados por professores, alunos do ensino médio, condutores de turismo, gestores e visitantes em geral.

O resultado foi a produção de quatro cartilhas didáticas (Figura 3), destinadas a apresentar, de forma ilustrativa e objetiva, a geodiversidade das unidades de conservação, promovendo o aprofundamento do conhecimento sobre seus componentes abióticos. O material abrange diferentes temas das geociências, destacando elementos específicos de cada unidade de conservação, o que facilita sua observação e interpretação em campo.

Figura 3 - Cartilhas didáticas (capas). Da esquerda para a direita: Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Parque Nacional da Furna Feia, Parque Nacional da Serra do Cipó, Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e Floresta Nacional de Carajás



Fonte: ICMBio (2025a, 2025b, 2025c, 2025d).

Cada cartilha foi nomeada em alusão a uma característica abiótica relevante da unidade de conservação correspondente. No caso do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos e da Floresta Nacional de Carajás, por estarem em uma mesma área geográfica, a geodiversidade foi abordada de forma integrada na cartilha intitulada "Tesouros da Terra". Alguns exemplares foram impressos e

distribuídos às unidades de conservação envolvidas, além de estarem disponíveis em formato digital, ampliando o acesso ao material.

O eixo central de cada cartilha consiste na descrição da evolução geológica e geomorfológica das áreas de estudo, destacando elementos da geodiversidade que representam momentos-chave dessa trajetória (Quadro 1).

Quadro 1 - Aspectos Gerais Abordados em Cada Cartilha

Unidade de Conservação	PNSC	PNCF e FNC	PNSB	PNFF
Título da Cartilha	Montanhas de geodiversidade	Tesouros da terra	Caminhos da água	Entre furnas e lajedos
Elementos da Geodiversidade e	Rochas metaquartzíticas, dolinas, cavernas, vales	Rochas ferruginosas, cangas, dolinas, cavernas ferríferas	Rochas carbonáticas, sumidouros, ressurgências, tufas, pavimento cárstico, cones cársticos	Lajedos, dolinas, cavernas, fósseis, fraturas tectônicas
Temas Gerais	Evolução geológica e geomorfológica, ciclo de Wilson, espeleogênese, serviços ecossistêmicos, geoconservação, patrimônio espeleológico, depósitos de cavernas (espeleotemas)			
Temas Específicos	Geodiversidade e turismo, uso cultural de elemento da geodiversidade, carste	Mineração e conservação, turismo e educação ambiental	Feições cársticas pouco comuns no país, carste, recursos hídricos	Paleontologia, arqueologia (pinturas rupestres), carste

Fonte: Os autores (2025).

Conceitos fundamentais, como Deriva Continental e Ciclo de Wilson, foram apresentados por meio de ilustrações, evidenciando como cada unidade de conservação se insere nesses processos globais. Considerando o contexto espeleológico, foram abordadas as características geomorfológicas e o potencial educativo das cavernas, com foco na

valorização e conservação da geodiversidade. Além disso, exemplificaram-se diversos serviços ecossistêmicos associados aos componentes abióticos, como a regulação hídrica, o armazenamento de carbono e a contribuição para a estabilidade dos ecossistemas (Quadro 2).

Quadro 2 - Temas abordados em cada cartilha

Unidade de Conservação	PNSC	PNCF e FNC	PNSB	PNFF
Título da Cartilha	Montanhas de geodiversidade	Tesouros da terra	Caminhos da água	Entre furnas e lajedos
Deriva Continental e Ciclo de Wilson	Formação do Supergrupo Espinhaço, Grupos Macaúbas e Bambuí. Orogênese Brasileira	Cráton Amazônico e formação de bacia sedimentar intracratônica com deposição de minerais, especialmente ferro.	Deposição das rochas Ediacaranas, em bacia sedimentar formada pela fragmentação do Supercontinente Rodínia	Abertura do Oceano Atlântico e formação da Bacia Potiguar
Sítios de geodiversidade	Foram apresentados sítios com cavidades e outras feições cársticas em rochas do Supergrupo Espinhaço, Grupos Macaúbas e Bambuí; mirantes que permitem leitura geral da geodiversidade local, lagoas, cânions e cachoeiras.	Os sítios estão associados ao ferro. Os processos de deposição e enriquecimento dos depósitos de ferro, a formação da laterita ferruginosa (canga) e os processos espeleogenéticos foram apresentados no contexto geral da bacia. Posteriormente foram exemplificados nos diversos sítios. Foram também destacadas depressões fechadas formadas na canga.	Todos os sítios estão relacionados ao Carste. Foram abordadas feições do exocarste, como lapiás no afloramento Dente de Cão e no lajedo Harmonia, sumidouro e ressurgência no Rio Perdido, tufas calcárias nos rios Perdido e Taquaral, cones cársticos. Feições endocársticas foram apresentadas por meio de cavernas existentes nos afloramentos Dente de Cão e Harmonia, no Cânion do Rio Salobra, e na caverna Toca da Onça	A maioria dos sítios está relacionada ao carste. Foram abordadas feições exo e endocársticas, como dolinas, lapiás, cavernas e seus espeleotemas. Foram também apresentados alguns geodos e fósseis.
Serviços ecossistêmicos				
Regulação	Serra como regulador climático.	Rochas ferruginosas ao coletar, reter e armazenar água.	Solo e carste por absorver, filtrar, reter e armazenar água.	Solo e carste por absorver, filtrar, reter e armazenar água.
Provisão		Exploração de recursos minerais.	Fornecimento de água de qualidade para atividades de lazer e abastecimento	Fornecimento de água para atividades agrícolas.
Suporte	Diferentes ambientes favorecendo endemismos.	Cavernas com diversos habitats e riqueza de espécies.	cavernas abrigando ecossistemas.	Cavernas com diversos habitats e endemismos
Conhecimento	Campo de pesquisa sobre a história da Terra e sobre a ocupação humana na região.	Espeleotemas em cavernas ferruginosas como fonte de pesquisa.	Conhecimento – Rochas ediacaranas e fósseis do período.	Estudos de registros fósseis e arqueológicos
Cultural	Campo para atividades didáticas, turísticas e religiosas utilizando seus elementos abióticos.	Elementos da geodiversidade como atrativos turísticos.	Geração de emprego e renda por meio da atratividade turística de elementos abióticos.	Cavernas como atrativos de lazer.

Fonte: Os autores (2025).

Do ponto de vista didático, as cartilhas foram estruturadas para articular conceitos geocientíficos a situações observáveis em campo, favorecendo interpretação ambiental em trilhas, mirantes, dolinas, lapíás, sumidouros, surgências, ressurgências e cavernas. Essa organização responde diretamente às lacunas apontadas pelos atores locais e amplia o potencial educativo do material ao tornar visível o papel do substrato abiótico na leitura integrada da paisagem. Entretanto, seu potencial pedagógico — no sentido estrito de uso planejado no ensino — depende da mediação (professores/condutores) e de estratégias de aplicação (sequências didáticas, roteiros interpretativos com objetivos e atividades), o que reforça a necessidade de capacitação e de instrumentos de acompanhamento de aprendizagem.

Assim, os resultados indicam que as cartilhas são um recurso promissor para integrar geoconservação e educação ambiental, mas a mensuração de impactos cognitivos, atitudinais e formativos requer estudos futuros com aplicação monitorada em contextos escolares e de visita guiada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As unidades de conservação da natureza, além de protegerem parte significativa dos recursos naturais, desempenham um papel importante na promoção de atividades educativas em contato com a natureza. A efetividade dessas ações depende, em grande parte, da disponibilização de materiais didáticos qualificados que despertem o interesse do público-alvo e facilitem a interpretação dos elementos naturais observados.

O material produzido revelou-se eficaz ao preencher lacunas no ensino da geodiversidade, especialmente ao ampliar a compreensão sobre o patrimônio espeleológico e outros aspectos abióticos que, muitas vezes, não são explorados em atividades educativas tradicionais. Os resultados demonstraram que o desconhecimento prévio sobre a geodiversidade, inclusive por parte de educadores e gestores ambientais, limita o potencial didático das unidades de conservação.

As cartilhas desenvolvidas expõem conteúdos claros, escritos e ilustrados, de forma a caracterizar elementos e processos da geodiversidade presentes nessas unidades de conservação, contextualizando-os na história geológica da Terra. Nesse sentido, poderão contribuir não apenas para o enriquecimento

das práticas educativas, mas também para a valorização da geodiversidade enquanto componente essencial da conservação da natureza. Destacando-se, ainda, a importância de integrar o conhecimento científico às práticas educativas, promovendo uma abordagem interdisciplinar que conecta geociências, ecologia e cultura.

Diversos serviços ecossistêmicos, fornecidos pela biodiversidade e pela geodiversidade, estão sob ameaça devido às atuais dinâmicas de uso e consumo de recursos naturais. As consequentes mudanças climáticas reiteradamente nos obrigam a repensar nossas relações com o meio ambiente. Neste contexto, estratégias de geoconservação e bioconservação tornam-se indispensáveis, e a educação ambiental configura-se como uma ferramenta poderosa para sensibilizar a sociedade para a importância desses temas.

Como limitações, destaca-se que, nesta etapa, o estudo não incluiu a aplicação sistemática das cartilhas em turmas escolares ou em visitas guiadas, nem a aplicação de instrumentos formais de avaliação (pré/pós-teste, rubricas de aprendizagem, escalas atitudinais ou acompanhamento longitudinal). Assim, as conclusões sobre potencial educativo e pedagógico derivam de evidências qualitativas (demanda dos atores, aderência ao território, clareza e aplicabilidade do material) e devem ser entendidas como indicativas. Para pesquisas futuras, recomenda-se testar a implementação das cartilhas em diferentes níveis de ensino e perfis de visita, mensurando ganhos cognitivos (compreensão de processos geológicos e geomorfológicos), ganhos atitudinais (valorização do patrimônio abiótico) e efeitos formativos (mudanças nas práticas docentes e de condução), além de avaliar entraves institucionais e formativos à adoção contínua do tema nas UCs.

Acreditamos que o trabalho desenvolvido contribui significativamente para uma visão mais holística da conservação da natureza, ao integrar a geodiversidade às estratégias de educação ambiental e de conservação. O modelo das cartilhas demonstra potencial de replicação em outros contextos e biomas, sugerindo-se, para futuras pesquisas, a avaliação da eficácia desses materiais em diferentes realidades educacionais. Assim, este estudo reforça o papel transformador da educação na construção de uma sociedade mais consciente, crítica e comprometida com a proteção do patrimônio natural e cultural.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por meio dos Termos de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) nº 01/2020, firmado entre o ICMBio e a Mineração Ferro Puro, e do TCCE nº 01/2018, firmado entre o ICMBio e a Vale S.A., ao qual somos gratos. Os autores também agradecem ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi financiado por meio dos Termos de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE) nº 01/2020 firmado entre o ICMBio e a Mineração Ferro Puro e TCCE nº 01/2018, firmado entre o ICMBio e a Vale S.A.

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, F. F.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; CRUZ, S. C. P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental. **Genomos**, v. 15, n. 1, p. 25-43, 2007.
- ANDRASANU, A. Basic concepts in geoconservation. Mesozoic and Cenozoic Vertebrates and Paleoenvironments. **Tributes to the career of Dan Grigorescu**, n.10, p. 37 - 41. 2006.
- BEZERRA, F. H.; ROSSETI, D. F.; OLIVEIRA, R. G.; MEDEIROS, W. E.; CASTRO, D. L. Postrift stress field inversion in the Potiguar Basin, Brazil – Implications for petroleum systems and evolution of the equatorial margin of South America. **Marine and Petroleum Geology**, 2020. p. 88-104. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.08.001>
- BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 347, de 10 de setembro de 2004. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 13 set. 2004.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás**. Brasília, DF: ICMBio. 2016. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-carajas/arquivos/dcom_icmbio_plano_de_manejo_flna_carajas_volume_i.pdf. Acesso em: 12 dez. 2024.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Bodoquena**. Brasília, DF: ICMBio, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-bodoquena/plano-de-manejo-plano-de-manejo-pnsbd/plano-manejo-pnsbd-encarte-1.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- BRASIL, Presidência da República -. Decreto de 05 de junho de 2017 - Dispõe sobre a criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/parna-dos-campos-ferruginosos/arquivos/decreto_sn_de_5_de_junho_2017_cria_parna_dos-campos_ferruginosos.pdf. Acesso em: 12 dez.2024.
- BRASIL, Presidência Da República. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasília, DF, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 358, de 30 de setembro de 2009. Institui o Programa Nacional de Conservação do Patrimônio Espeleológico. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1 out 2009.
- BRUSCHI, V M. **Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad**. 2007. Tese (Doutorado em Ciencias de la Terra y Física de la Materia Condensada). Universidad de Cantabria, Santander, 2007.
- CAMPANHA, G. A. C.; BOGGIANI, P. C.; SALLUN FILHO, W.; SÁ, F. R.; ZUQUIM, M. P. S.; PIACENTINI, T. A Faixa de dobramento Paraguai na Serra da Bodoquena e Depressão do Rio Miranda, Mato Grosso do Sul. **Geologia USP**, v. 11, p. 79-96, 2011. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2011000300005>
- CARNEIRO, C. D. R.; SILVEIRA, M. C.; MIGUEL, G. F. Roteiro de uso educacional do Modelo 3D da Bacia do Paraná. **Terrae Didactica**, v. 20, e024041, p.1-15, 2024. <https://doi.org/10.20396/td.v20i00.8678347>
- CARRILLO HERNÁNDEZ, Y. M.; RÍOS REYES, C. A.; VILLARREAL JAIMES, C. A. **Geotourism and geoeeducation: A holistic approach for Socioeconomic. Geoheritage**, 2024.
- CECAV. **Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) 2024**. Disponível em: <https://sicae.sisicmbio.icmbio.gov.br/usuario-externo/login>. Acesso em: 15 dez. 2024.
- DÍAZ-MARTINEZ, E. First resolution towards geoconservation at the 4th World Conservation Congress of IUCN. **Geotop**, v. 66, p. 31-32, 2010. <https://doi.org/10.1127/sdgg/66/2010/31>
- DOCEGEO. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. *In*: CONGRESSO

- BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, - Belém. SGB, 1988. p. 11-57.
- FRAGA, L. M. S. **Análise estratigráfica do grupo Macaúbas no domínio meridional da Serra do Espinhaço, Minas Gerais**. 2013. Tese (Doutorado). Belo Horizonte, 2013.
- FURTADO, T.; VALDATI, J. Geodiversidade na educação básica. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 27, p. 1-33, 2023. <https://doi.org/10.5902/2236499472139>
- GEORGOUSIS, E.; SAVELIDI, M.; SAVELIDES, S.; MOSIOS, S.; HOLOKOLOS, M. V.; DRINIA, H. How Greek Students Perceive Concepts Related to Geosciences. *Geosciences*, v. 12, 2022. <https://doi.org/10.3390/geosciences12040172>
- GEORGOUSIS, E.; SAVELIDI, M.; SAVELIDES, S.; HOLOKOLOS, M. V.; DRINIA, H. Teaching geoh heritage values: implementation and thematic analysis evaluation of a Synchronous Online Educational Approach. *Heritage*, v. 4, p. 3523-3542, 2021. <https://doi.org/10.3390/heritage4040195>
- GEORGOUSIS, E.; SAVELIDES, S.; MOSIOS, S.; HOLOKOLOS, M. S. The need for geoethical awareness: The Importance of Geoenvironmental Education in Geoh heritage Understanding in the Case of Meteora Geomorphes, Greece. *Sustainability*, v. 13, p. 1-31, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13126626>
- GOOGLE. Google Earth Pro. **Software**. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 22 abr. 2025.
- GORDON, J. E.; CROFTS, R.; DIAZ-MARTÍNEZ, E.; WOO, K. S. Enhancing the Role of Geoconservation in Protected Area. *Geoheritage*, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12371-017-0240-5>
- ICMBio. **Caminhos da Água**: descobrindo a geodiversidade do Parque Nacional da Serra da Bodoquena – MS. Brasília: DF: Instituto Chico Mendes – ICMBio, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/Publicacoes> Acesso em: 20 jul. 2025
- ICMBio. **Entre Furnas e Lajedos**: elementos da geodiversidade no Parque Nacional da Furna Feia – RN. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes – ICMBio, 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/Publicacoes> Acesso em: 20 jul. 2025.
- ICMBio. **Limites unidades de conservação federais**. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais. Acesso em 20 abr. 2025.
- ICMBio. **Montanhas de Geodiversidade**: explorando o Parque Nacional da Serra do Cipó – MG. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes – ICMBio, 2025c. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/Publicacoes> Acesso em: 20 jul. 2025
- ICMBio. **Plano de manejo do Parque Nacional da Furna Feia**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-da-furna-feia/arquivos/plano_de_manejo_parna_da_furna_feia.pdf. Acesso em: 12 dez. 2024.
- ICMBio. **Plano de manejo Parque Nacional da Serra do Cipó e Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-serra-do-cipo/arquivos/parna_serra_do_cipo_pm_encartel1e2.pdf. Acesso em: 12 dez. 2024.
- ICMBio. **Tesouros da Terra**: descobrindo a geodiversidade no Parque Nacional dos Campos ferruginosos e na Floresta Nacional de Carajás – PA. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes – ICMBio, 2025d. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/publicacoes/Publicacoes> Acesso em: 20 jul. 2025
- ICMBio/CECAV. **Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro>. Acesso em 22 fev. 2025.
- IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, p. 256-266, 2009. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2009392256266>
- JUSTO, A. P.; SILVA, C. M. G.; TAVARES, F. M.; LOPES, E. C. S.; OLIVEIRA, J. K. M.; COSTA, L. T. R.; SILVEIRA, F. V. Desafios do mapeamento metalogenético regional. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*, 13, 2013. *Anais [...]*, p. 1021-1028. KNAUER, L.G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: Genomos, v. 15, n. 1, p. 81-90, 2007.
- MANOSSO, F. C.; ONDICOL, R. P. Geodiversidade: Considerações sobre quantificação e avaliação da distribuição especial. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, p. 90-100, 2012. https://doi.org/10.11137/2012_1_90_100
- MARTINS, F. D.; KAMINO, L. H. Y.; RIBEIRO, K. T. (orgs.). **Projeto Cenários - Conservação de**

- Campos Ferruginosos diante da mineração em Carajás. Tubarão, SC: Copiart, 2018.
- MAYORGA, A. **Reimagining outdoor environmental education**. 2022. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/377fac969897efcedb74d592e982e03b/1.pdf?cbl=18750&diss=y&pq-origsite=gscholar>. Acesso em: 15 dez. 2024.
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGNmMGY3NGMtNWZlOC00ZmRmLWExZWItNTNiNDhkZDg0MmY4IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBlNyJ9&pageName=ReportSection0a112a2a9e0cf52a827>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- MOSIOS, S.; GEORGOUSIS, E.; DRINIA, H. The Status of Geoethical Thinking in the Educational System of Greece: An Overview. **Geosciences**, v. 13, 2023. <https://doi.org/10.3390/geosciences13020037>
- NEIMAN, Z. **A Educação Ambiental através do contato dirigido com a natureza**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2007.
- OLIVEIRA DE SÁ, A. C.; CARVALHO, E. M. E. S. Reflexões sobre a geodiversidade e a biodiversidade nas unidades de conservação de Sergipe. **Geographia Meridionalis**, v. 7, 2023. <https://doi.org/10.15210/gm.v7i.27393>
- PINTO, A. M.; SILVA, L. F.; WEBER, A. K. P. S. Ensino não formal e divulgação das Geociências por meio da Educação Ambiental. **Terrae Didactica**, v. 19, e023011, p. 1-10, 2023. <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8672229>
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e suas margens. **Genomos**, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995. <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8672229>
- SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I.; BOGGIANI, P. C. Paisagens cársticas da Serra da Bodoquena (MS). In: MONTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITONEVES, B. B. (org.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 423-433
- SANTOS, D. J.; RUCHKYS, Ú. A.; TRAVASSOS, L. E. P. The Educational Potential of Geodiversity in Ferruginous Geosystem: the Example of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Geoheritage**, v. 13, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00550-2>
- SANTOS, J.M., SILVA GONZAGA, P.C., OLIVEIRA, P.V. Geodiversity in the school environment: an analysis of national theses and dissertations. **Research, Society and Development**, v. 10, 2020.
- SERRANO, E.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, v. 62, p. 140-147, 2007. <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>
- SILVA, H. V. M.; SILVA, L. P. Conservação da geodiversidade e valoração didática da Cachoeira de Santo Antônio. **Entre-Lugar**, v. 16, 2022. <https://doi.org/10.30612/rel.v16i31.18244>
- THOMAZ FILHO, A.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U. G. A origem do Grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e das idades radiométricas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, p. 527-547, 1988.
- VIANA, M. S. S.; LIMA, T. A.; PEREIRA, A. M.; VIANA, R. S. Educação Patrimonial como estratégia de geoconservação no Parque Nacional de Ubajara. **Terrae Didactica**, v. 20, e024021, p. 1-7, 2024. <https://doi.org/10.20396/td.v20i00.8675563>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Darcy José dos Santos: Conceitualização, Metodologia, Curadoria de dados, Análise de dados, Redação do manuscrito original, Recebimento de financiamento, Pesquisa, Administração do projeto. Mauro Gomes: Conceitualização, Metodologia, Análise de dados, Redação – revisão e edição, Pesquisa. Úrsula de Azevedo Ruchkys: Conceitualização, Metodologia, Análise de dados, Redação – revisão e edição, Pesquisa, Supervisão. Luiz Eduardo Panisset Travassos: Conceitualização, Metodologia, Análise de dados, Redação – revisão e edição, Pesquisa, Supervisão.

EDITOR ASSOCIADO: Silvio Carlos Rodrigues. 

DISPONIBILIDADE DE DADOS: Os dados que fundamentam os resultados deste estudo poderão ser disponibilizados pelo autor correspondente, mediante solicitação devidamente justificada. [Darcy José dos Santos].



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.