

Geodiversidade e serviços ecossistêmicos abióticos em parques estaduais do extremo norte de Minas Gerais: potencial educacional e geoturístico

Geodiversity and abiotic ecosystem services in parks from the north of Minas Gerais: educational and geotourism potential

Geodiversidad y servicios ecosistémicos abióticos en parques del extremo norte de Minas Gerais: potencial educativo y geoturístico

Leonardo Frederico Pressi  

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto (MG), Brasil
leonardo.pressi@gmail.com

Paulo de Tarso Amorim Castro  

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto (MG), Brasil
paulo_de_tarso@ufop.edu.br

Resumo

Os parques estaduais do extremo norte de Minas Gerais são estratégicos para conscientização sobre a importância da natureza. Considerando que nos parques Estaduais de Montezuma (PEM), Caminho dos Gerais (PECGerai) e Serra Nova e Talhado (PESNT) existem importantes serviços ecossistêmicos abióticos é fundamental que a geodiversidade seja incorporada às atividades de interpretação ambiental. Neste trabalho, locais destinados ao uso público foram avaliados quanto ao seu potencial educacional e turístico relacionados à geodiversidade, bem como ao risco à degradação. Foram selecionados geossítios e sítios da geodiversidade em que processos geológicos podem ser abordados tecendo relações com a biodiversidade e aspectos culturais, de modo a estimular nos visitantes uma visão holística da natureza. Tais pontos propiciam também a discussão sobre diversos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS. Considerando que se situam em uma região de clima semiárido e que estes parques são imprescindíveis para o abastecimento de água do seu entorno, aspectos relacionados aos recursos hídricos são de grande relevância e podem inequivocamente ser abordados em todos os pontos selecionados, especialmente no Cânion do Talhado (PESNT), Barragem de Gameleiras (PECGerai) e na Pedra do Lagarto (PEM). A intrínseca relação entre geodiversidade e biodiversidade é observada nos pontos Turfeiras do Gerais Santana (PESNT), Vereda das Piranhas (PECGerai) e Trilha da Lavra (PEM). A relação entre a geodiversidade e aspectos culturais é evidente em todos os pontos



selecionados O elevado potencial educacional e geoturístico, associado ao baixo risco à degradação indica que todos os locais são úteis às atividades de uso público.

Palavras-chave: Geopatrimônio. Serra do Espinhaço. Uso público. Educação Ambiental. Sustentabilidade.

Abstract

The state parks from the far north of Minas Gerais are strategic for raising society's awareness about the importance of nature. Considering that in the State Parks of Montezuma (PEM), Caminho dos Gerais (PECGerais), and Serra Nova e Talhado (PESNT), there are important abiotic ecosystem services, geodiversity must be incorporated into environmental interpretation activities. In this work, sites intended for public use were evaluated regarding their educational and touristic potential related to geodiversity and the degradation risk. Geosites and geodiversity sites were selected in which geological processes can be approached by weaving relationships with biodiversity and cultural aspects to encourage visitors to have a holistic view of nature. These sites also encourage discussion on various Sustainable Development Goals – SDGs. Considering that they are located in a region with a semi-arid climate and that these parks are essential for the water supply in their surroundings, aspects related to water resources are of great relevance and may unequivocally be addressed in all selected sites, especially in the Talhado Canyon (PESNT), Gameleiras Dam (PECGerais) and in the Lagarto Rock (PEM). The intrinsic relationship between geodiversity and biodiversity is observed at the Peatlands of Gerais Santana (PESNT), Vereda das Piranhas Trail (PECGerais) and the Lavra Trail (PEM) sites. The relationship between geodiversity and cultural aspects of the region are evident in all selected sites. The high educational and geotourism potential, associated with the low degradation risk, indicates that all these sites are useful for public use activities.

Keywords: Geoheritage. Espinhaço Range. Public use. Environmental Education. Sustainability.

Resumen

Los parques estaduais del extremo norte de Minas Gerais son estratégicos para generar conciencia sobre la importancia de la naturaleza. Considerando que en los Parques de Montezuma (PEM), Caminho dos Gerais (PECGerais) y Serra Nova e Talhado (PESNT) existen importantes servicios ecossistêmicos abióticos, es fundamental que la geodiversidad sea incorporada en las actividades de interpretación ambiental. En este trabajo se evaluaron lugares destinados al uso público en cuanto a su potencial educativo y turístico relacionado con la geodiversidad, así como el riesgo de degradación. Se seleccionaron geositos y sitios de geodiversidad en los que se puedan abordar procesos geológicos tejiendo relaciones con la biodiversidad y aspectos culturales, con el fin de incentivar a los visitantes a tener una visión holística de la naturaleza. Estos puntos también fomentan la discusión sobre varios Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS. Teniendo en cuenta que se encuentran en una región de clima semiárido y que estos parques son esenciales para el abastecimiento de agua en su entorno, los aspectos relacionados con los recursos hídricos son de gran relevancia y pueden inequívocamente ser abordados en todos los puntos seleccionados, especialmente en el Cañón del Talhado (PESNT), en la Presa de Gameleiras (PECGerais) y en la Piedra del Lagarto (PEM). La relación intrínseca entre geodiversidad y biodiversidad se puede discutir en los puntos Turberas del Gerais Santana (PESNT), Sendero Vereda das Piranhas (PECGerais) y Trilha de la Lavra (PEM). La relación entre la geodiversidad y los aspectos culturales se puede discutir en todos los puntos seleccionados. El alto potencial educativo y geoturístico, asociado al bajo riesgo de degradación, indica que todos los lugares son útiles para actividades de uso público.

Palabras-clave: Geopatrimonio. Sierra del Espinhaço. Uso público. Educación Ambiental. Sostenibilidad.

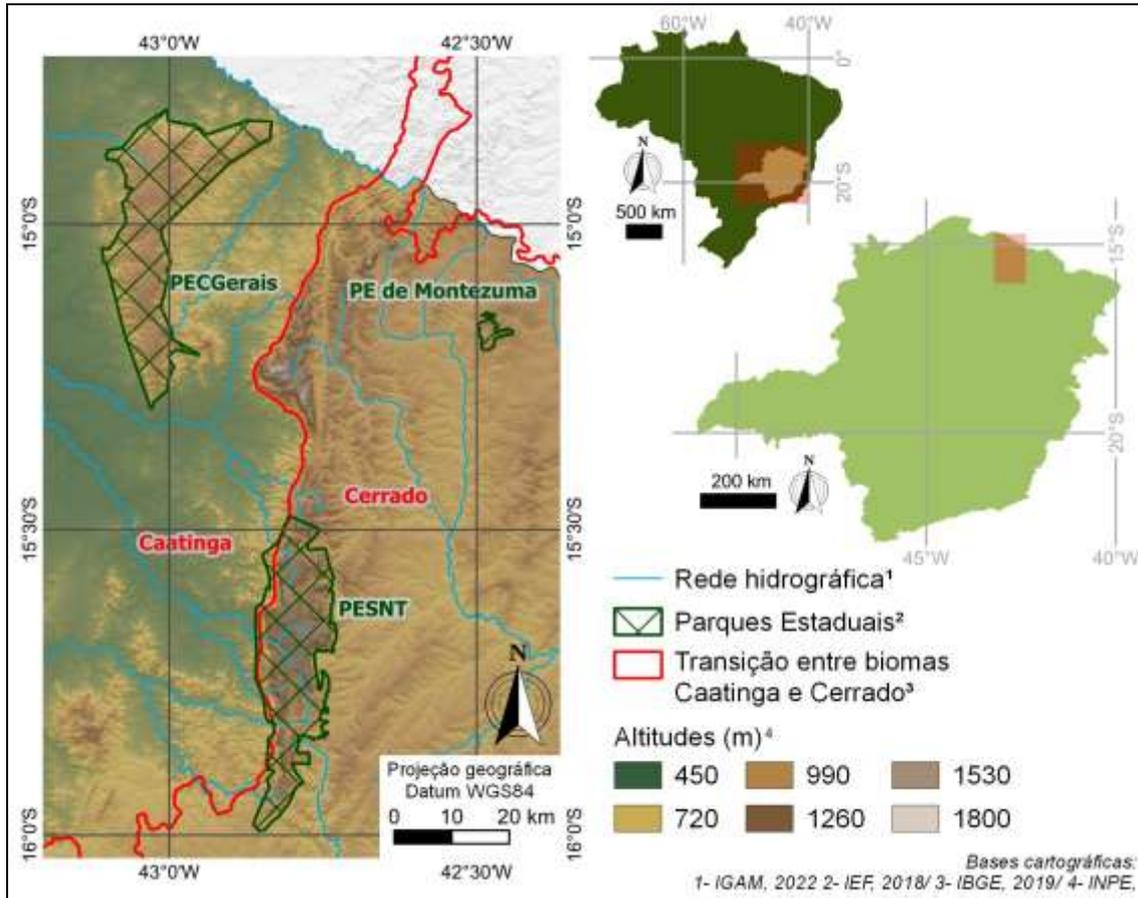
Introdução

Impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas e os efeitos das mudanças climáticas têm instigado a sociedade a refletir sobre a sua relação com a natureza. Instituições internacionais e nacionais têm fomentado iniciativas que visam mitigar a degradação dos ecossistemas e promover uma relação mais harmônica entre a sociedade e natureza (GILL, 2017; SCHRODT et al., 2019; CROFTS et al., 2020; GILL, 2021;). A publicação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS da Agenda 2030 pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) é considerada um passo importante, por elencar pontos específicos que precisam ser trabalhados, conjuntamente. Embora sejam diversos os desafios, é imprescindível que as pessoas compreendam a dinâmica dos ecossistemas e processos a eles associados. Considerando que a natureza é uma só, e que geralmente os componentes abióticos (geodiversidade) são menos conhecidos do que os bióticos (biodiversidade) pela população em geral, esforços adicionais precisam ser envidados reverter este lapso.

A relação entre a geodiversidade e os ODS vem sendo amplamente discutida (BRILHA et al., 2018; REYNARD e BRILHA, 2018; GILL e SMITH, 2021; GRAY e CROFTS, 2022; ARAUJO et al., 2022), assim como a necessidade da participação das geociências para a efetiva sensibilização da sociedade (MORA, 2013; CROFTS, 2018). É inquestionável a importância das unidades de conservação nesta tarefa. Considerando que as atividades interpretativas geralmente são voltadas para aspectos da biodiversidade, faz-se necessário incorporar a geodiversidade nas atividades de uso público (CROFTS et al., 2020; MUCIVUNA et al., 2022a; MUCIVUNA et al., 2022b; GORDON et al., 2021).

O norte de Minas Gerais, região de baixo IDH e clima semiárido, apresenta importantes unidades de conservação na porção da Serra do Espinhaço Central (DANDERFER FILHO, 2000), cuja criação deve-se não só à proteção da biodiversidade, mas à conservação dos recursos hídricos. Especificamente os três parques estaduais mais setentrionais, o Parque Estadual Serra Nova e Talhado – PESNT, Parque Estadual de Montezuma – PEM e Parque Estadual Caminho dos Gerais – PECGerai (Figura 1) são imprescindíveis para o abastecimento de água de diversos municípios da região, correspondendo a uma população superior a 150.000 habitantes.

Figura 1 – Modelo digital do terreno com a localização dos três parques estaduais estudados e o limite que marca a transição entre os biomas Caatinga e Cerrado no extremo norte de Minas Gerais



Fonte: Autores, 2023.

A Serra do Espinhaço representa não só um divisor hidrográfico, como marca a transição entre os biomas Cerrado e Caatinga (IBGE, 2019). Existem também fragmentos de Mata Atlântica e elevado endemismo nos campos rupestres, o que aumenta relevância da região, sob o ponto de vista da biodiversidade. Os parques estudados inserem-se tanto na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço – RBSE como na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA.

Os parques apresentam grande potencial para a realização de atividades interpretativas. Existem diversos geossítios e sítios da geodiversidade (BRILHA, 2016), propícios para abordar os processos atuais e antigos do Planeta Terra. Muitos destes locais são também excelentes para abordar tanto o valor intrínseco da geodiversidade, como a relação entre a biodiversidade e a geodiversidade. São igualmente úteis para discutir os bens e serviços fornecidos pela geodiversidade para a sociedade, ou seja, os

serviços ecossistêmicos relacionados à geodiversidade, também chamados de serviços ecossistêmicos abióticos (GRAY, 2011; GRAY, 2013; ALAHUHTA et al., 2018; GARCIA, 2019). Assim, este trabalho tem como objetivo selecionar locais para a realização de atividades educativas e fomento ao geoturismo que propiciem uma visão integrada da natureza, com um conteúdo que agregue aspectos abióticos, bióticos e culturais.

Contexto Geológico

A evolução geológica da região onde os parques estudados se localizam é complexa, compreendendo eventos desde o Arqueano até o Cenozóico (Figura 2). O último evento geotectônico de grande escala que afetou a região foi a Orogênese Brasileira, de modo que a região se insere no contexto do Orógeno Araçuaí, próximo ao limite com o Cráton São Francisco (DANDERFER FILHO, 2000; PEDROSA-SOARES et al., 2007). As rochas mais antigas correspondem ao Bloco Itacambira-Monte Azul – BIMA, que é formado por gnaisses TTG do Complexo Porteirinha e granitóides intrusivos arqueanos a paleoproterozóicos.

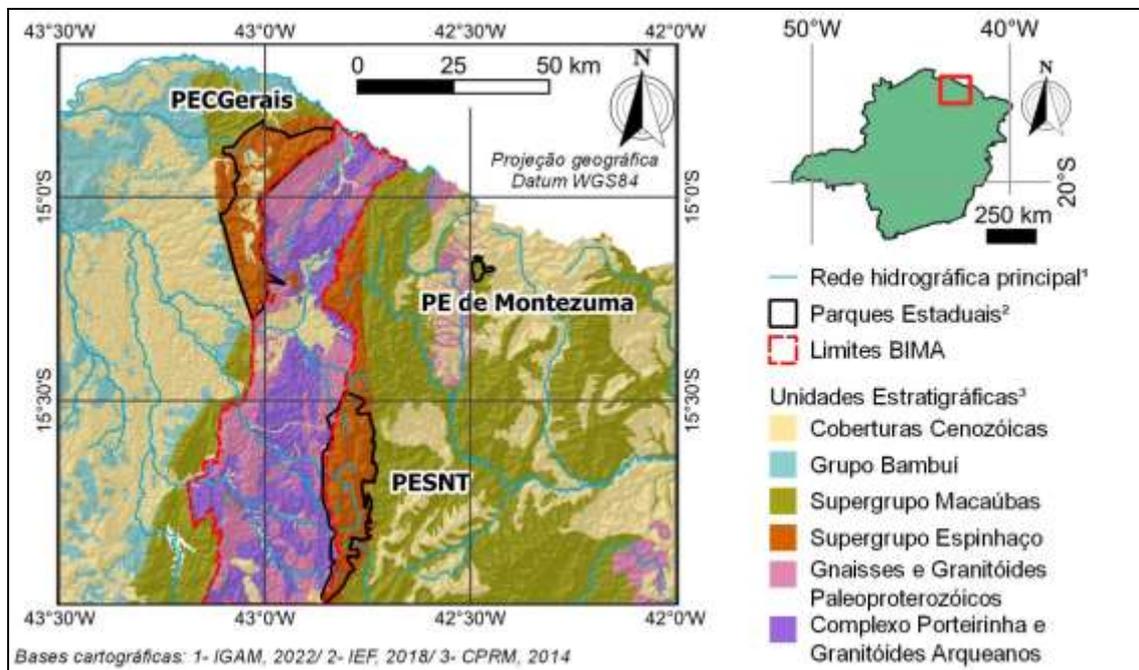
Os ortognaisses do Complexo Porteirinha formaram-se durante os processos de estabilização de crosta continental no Arqueano, cujas idades de recristalização remontam a 3.300 Ma (SILVA et al., 2016; BERSAN, 2019). Os granitóides, formados em contexto tardi-orogênico a pós-colisional, estão relacionados à consolidação do Paleocontinente São Francisco-Congo, entre o final do Arqueano e início do Paleoproterozóico (BERSAN et al., 2018). Rochas do BIMA são abundantes nas adjacências dos parques estudados e estão presentes apenas em uma pequena área do PESNT e PECGerai.

Após um período de estabilidade tectônica, o paleocontinente São Francisco-Congo passou por sucessivos eventos de rifteamento, entre o Paleoproterozóico e o Neoproterozóico (DANDERFER FILHO et al., 2009; COSTA et al., 2017; COSTA et al., 2018). Estes processos distensivos propiciaram a deposição de espessos pacotes sedimentares, correspondentes às rochas dos Supergrupos Espinhaço e Macaúbas (COSTA & DANDERFER FILHO, 2017; SOUZA, 2019). Estas são as unidades

amplamente dominantes nos três parques, cuja sedimentação registra variados ambientes deposicionais e contextos paleoclimáticos.

O fechamento da Bacia Macaúbas ocorreu a partir do Neoproterozóico e causou ampla deformação e metamorfismo dos pacotes sedimentares, condicionado pelas estruturas geológicas pré-existentes e por blocos do embasamento. Esta tectônica compressional, relacionada ao Orógeno Araçuai, além de gerar falhas inversas de grandes escalas, causou o metamorfismo, dobramento, soerguimento e basculamento dos estratos sedimentares (Bersan, 2015; Bersan et al., 2017), que representam os estágios iniciais de formação da Serra do Espinhaço.

Figura 2 – Mapa geológico simplificado da região onde se situam o Parque Estadual Serra Nova e Talhado, Parque Estadual de Montezuma e Parque Estadual Caminho dos Gerais



Fonte: Autores, 2023.

Metodologia

Para realizar a seleção de geossítios e sítios da geodiversidade foram consultados servidores do Instituto Estadual de Florestas – IEF e realizadas atividades de campo nos locais onde o uso público é hoje realizado, ou que possivelmente serão destinados ao

uso público no futuro. Os pontos e trilhas visitados interessantes sob o ponto de vista da geodiversidade foram avaliados qualitativamente e quantitativamente quanto ao seu valor científico, potencial uso educacional, geoturístico e risco à degradação, segundo a metodologia de Brilha (2016). Foi utilizado o GEOSSIT – Sistema de Cadastro e Quantificação de Geossítios e Sítios da Geodiversidade, do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, que foi desenvolvida com pequenas modificações na metodologia, visando adequá-la à realidade brasileira. O GEOSSIT foi criado com o objetivo de facilitar a avaliação quantitativa os geossítios e sítios da geodiversidade todo o Brasil e contribuir para a elaboração do inventário do patrimônio geológico nacional (LIMA et al., 2012).

Foram selecionados dois pontos em cada parque a serem priorizados em atividades de educação ambiental e geoturismo. Especial atenção foi dada aos locais onde além de aspectos relacionados aos eventos geológicos, outros interesses ocorrem associados. Mais especificamente, buscou-se locais onde pudessem ser observados ou discutidos serviços ecossistêmicos abióticos e a relação entre geodiversidade e biodiversidade, bem como suas implicações culturais.

A identificação e discussão acerca dos serviços ecossistêmicos abióticos baseia-se nos trabalhos de Gray (2013). A proposta do autor visa convergir com os métodos já empregados para avaliação da biodiversidade, aos moldes da Avaliação Ecológica do Milênio (MA, 2005), onde são divididos em quatro categorias de serviços: regulação, suporte, provisão e culturais. E insere uma quinta categoria, os serviços de conhecimento.

Geodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

Os três parques apresentam excelentes afloramentos para observar aspectos relacionados à Orogênese Brasileira. As rochas, cujas camadas apresentam mergulho para leste, em ângulos moderados até subverticais, exibem também dobras de diferentes dimensões e geometrias, que podem ser percebidas por visitantes e discentes de todos os níveis de ensino. Além disso, o baixo grau metamórfico (fácies xisto verde) geralmente permite que características do protólito sedimentar possam ser observadas.

Além da compreensão acerca de processos geológicos e ambientes tectônicos, muitos destes locais permitem também observar ou discutir sobre os serviços

ecossistêmicos abióticos. Em comum, podem ser citados os serviços de suporte dos tipos *plataforma para atividades humanas* e *provisão de habitat*; serviços de provisão do tipo *comida e bebida*; e serviços culturais do tipo *qualidade ambiental* (Quadro 1).

Quadro 1: Serviços ecossistêmicos abióticos identificados nas áreas dos Parques Estaduais de Serra Nova e Talhado; Caminho dos Gerais e Montezuma; baseando-se em Gray (2013)

	Regulação	Suporte	Provisão	Culturais
PESNT	Processos terrestres: estocagem de carbono (turfeiras)	Provisão de habitat: Reserva da Biosfera, campos rupestres; transição entre biomas Cerrado e Caatinga; Plataforma para atividades humanas: Construção de barragem (estruturas geológicas); Enterramento e armazenamentos: recarga dos aquíferos	Comida e bebida: captação de água nas drenagens	Qualidade ambiental: paisagem, cursos e quedas d'água Significado cultural, espiritual e histórico: paisagem, tropeiros, importância religiosa; recreação e turismo
PEM	Regulação da qualidade da água: depuração de químicos usados na silvicultura	Provisão de habitat: Reserva da Biosfera; Plataforma para atividades humanas: Construção de barragem (estruturas geológicas); Enterramento e armazenamentos: recarga dos aquíferos	Comida e bebida: captação de água nas drenagens; Produtos ornamentais: antiga mina de ametista	Qualidade ambiental: paisagem, coleta de frutos do Cerrado
PECGerai s		Provisão de habitat: Reserva da Biosfera Plataforma para atividades humanas: Construção de barragem (estruturas geológicas) Enterramento e armazenamentos: recarga dos aquíferos	Comida e bebida: captação de água nas drenagens	Qualidade ambiental: paisagem, caminho centenário, recreação, coleta de frutos do Cerrado

Fonte: Autores, 2023.

Com relação aos serviços de suporte, o serviço do tipo *plataforma para as atividades humanas* refere-se às estruturas geológicas, que propiciaram a construção das barragens que garantem o abastecimento de água para os municípios adjacentes aos

parques, bem como às áreas de planalto, previamente utilizadas para silvicultura e pecuária (IEF 2020; IEF, 2023a). O serviço do tipo *provisão de habitat* está relacionado às rochas metassedimentares e variações de relevo e altitude, que propiciaram a adaptação de espécies, muitas delas raras e endêmicas. Como exemplos podem ser citados os campos rupestres e diferentes fitofisionomias de Cerrado, que ocorrem no topo das serras e áreas elevadas. O relevo favoreceu também a proteção da biota frente as atividades antrópicas, pois em geral encontram-se menos impactados do que as áreas adjacentes, de menor altitude. As áreas de planalto dos três parques representam importantes áreas de recarga dos aquíferos e, portanto, propiciam também o serviço de suporte do tipo *enterramento e armazenamentos*.

Um dos principais serviços prestados pelos parques refere-se ao suprimento de água para a população, caracterizando serviço de provisão do tipo *comida e bebida*. Nos três parques se verifica a existência de nascentes que abastecem barragens: Barragem do Rio Mosquito (PESNT), Barragem de Gameleiras (PECGerai) e a Barragem de Montezuma (PEM). É comum encontrar também encanamentos nos rios e quedas d'água dos três parques, que servem como captação direta de água para comunidades do entorno. No interior dos parques nascem ainda importantes afluentes das Bacias Hidrográficas do Rio Pardo, São Francisco e Jequitinhonha.

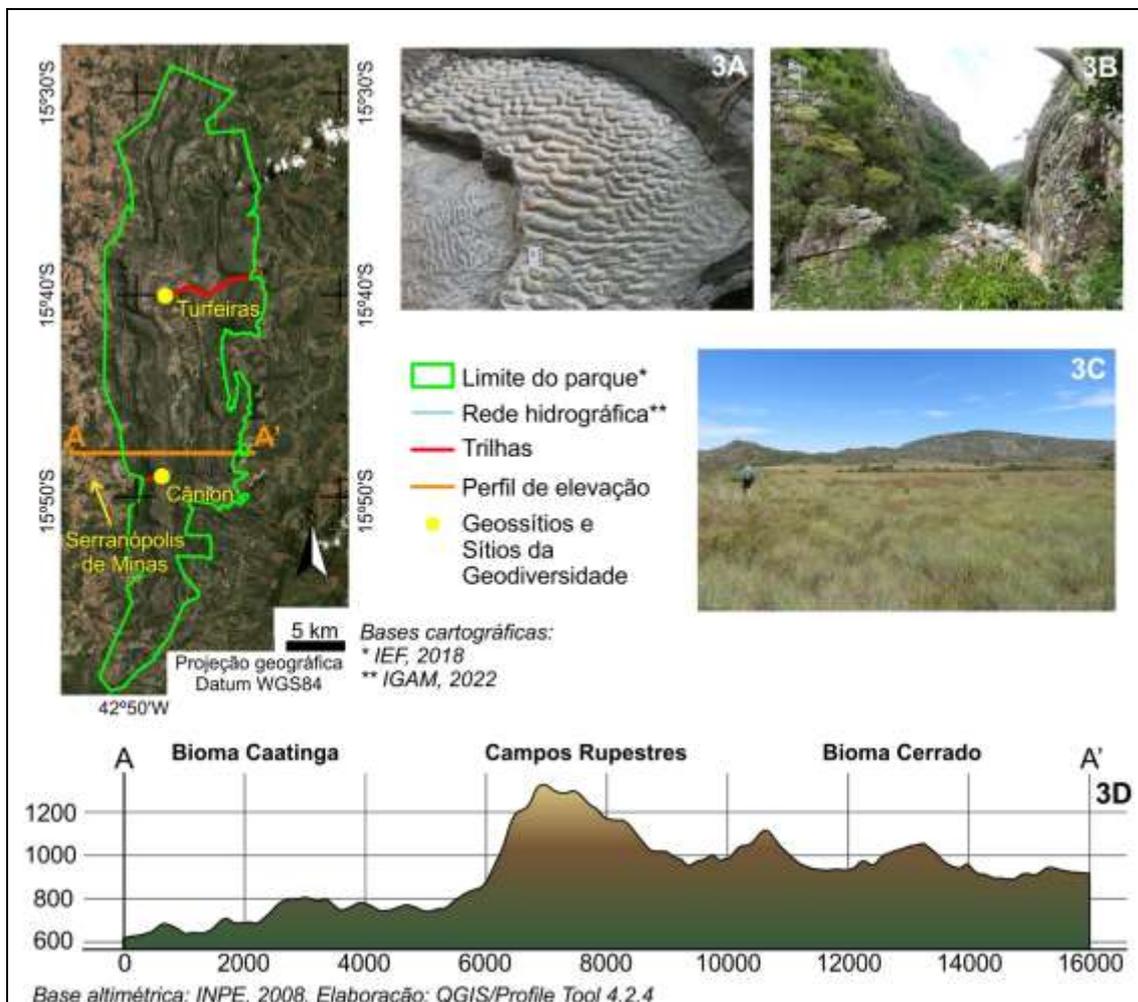
Quanto aos serviços culturais, os três parques proveem serviços do tipo *qualidade ambiental*, em grande parte relacionados às belas paisagens, rios e cachoeiras. Outras características geológicas e serviços ecossistêmicos, próprios de cada parque, merecem ser discutidos especificamente.

Parque Estadual Serra Nova e Talhado – PESNT

O PESNT foi criado em 2003, com uma área original de 12.658,298 ha (Figura 3). O parque foi ampliado em 2008 passando a ocupar uma área de 49.890,619 ha. Insere-se em uma região onde ocorrem os biomas Cerrado e Caatinga, com enclaves de Mata Atlântica. A altitude varia de 550 m a 1550 m. As menores cotas ocorrem na porção oeste do parque, e correspondem à transição entre o bioma Cerrado e a Caatinga, esta última ocupando as áreas mais baixas, a oeste. O parque protege ao menos 50 nascentes. Dentre os parques estudados é o mais avançado em termos de uso público. Além de

atividades de educação ambiental, encontra-se aberto à visitação. O Plano de Manejo, aprovado em 2019 cita a existência de 28 atrativos catalogados, porém apenas 5 encontram-se estruturados para o uso público (IEF, 2020). O Plano de Uso Público está em fase de elaboração.

Figura 3 – Limites do Parque Estadual Serra Nova e Talhado, com a localização dos pontos selecionados. 3A – Marcas de ondas em quartzito encontradas na trilha que corta o Cânion do Talhado, relacionadas a ambiente de deposição marinho; 3B – Interior do Cânion do Talhado, na altura da Gruta da Santa; 3C – Trecho da trilha que percorre o Gerais Santana, onde ocorrem as turfeiras. 3D – Perfil de elevação A–A' (linha laranja) onde percebe-se a relação entre a altitude e a transição entre os biomas Caatinga (a oeste) e o Cerrado (a leste)



Fonte: Autores, 2023.

Chaves et al. (2009) e Egger (2006) estudaram as rochas do Supergrupo Espinhaço da região que abrange o PESNT e propuseram uma divisão em cinco unidades estratigráficas que corresponderiam, da base para o topo, a ambientes de sedimentação marinho, fluvial, eólico costeiro e eólico desértico. A estratificação e mergulho das camadas são características amplamente observáveis na área do parque. Processos de intemperismo e erosão que levam ao desenvolvimento de relevo ruiforme também podem ser observados nas unidades estratigráficas superiores. Com relação às estruturas sedimentares preservadas, merecem destaque as marcas de onda relacionadas a ambientes marinho (Figura 3A) e as estratificações cruzadas de grande porte, nas unidades correspondentes a ambientes eólicos.

No PESNT os pontos escolhidos foram o Cânion do Talhado (Figura 3B), saindo de Serranópolis de Minas até a Gruta da Santa (2,6 km – ida e volta) e as Turfeiras dos Gerais Santana, que ocorrem em um segmento da Trilha Serra Nova – Gerais Santana, que parte da sede do PESNT, no distrito de Serra Nova, Rio Pardo de Minas. As turfeiras são mais bem observadas após aproximadamente 9 km de trilha (18 km – ida e volta).

O Cânion do Talhado, que tem sua origem relacionada a uma falha normal, representa a única travessia da estratigrafia completa do Supergrupo Espinhaço no norte de Minas Gerais (CHAVES et al., 2009). Logo no início da trilha encontram-se rochas metavulcanossedimentares da unidade basal do Supergrupo Espinhaço na região. Seguindo a trilha encontram-se quartzitos relacionados a ambiente deposicional marinho raso, onde marcas de onda são abundantes. O cânion controla o curso do Rio Mosquito, um dos principais rios perenes da região, Os paredões expõem uma diversidade de estruturas rúpteis (falhas e fraturas), que condicionam a infiltração das águas e mantêm o fluxo perene do rio. A Gruta da Santa é o local ideal para a observação destas estruturas. O Rio Mosquito propicia um importante serviço ecossistêmico de provisão de água. Além da captação direta para as comunidades do entorno, o rio alimenta uma barragem adjacente ao parque que abastece grande parte de Serranópolis de Minas e municípios vizinhos.

O cânion tem também importância cultural por diversos aspectos. Representa um tradicional caminho de tropeiros, que traziam alimentos cultivados na região dos “gerais” para a Caatinga. É também local de peregrinação até onde se encontra uma

imagem de Nossa Senhora Aparecida. Com relação a eventos históricos, o cânion foi um dos possíveis locais por onde teria passado a Coluna Miguel Costa Prestes, na manobra chamada Laço-Húngaro, ao fugir das tropas legalistas, no início do século XX (CARMO e KAMINO, 2015). A relevância do Cânion do Talhado é reconhecida pela Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, fazendo parte do volume II da Publicação Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (CHAVES et al., 2009).

O ponto Turfeiras do Gerais Santana foi escolhido principalmente por sua importância relacionada aos serviços ecossistêmicos (Quadro 2). Contudo, no início da trilha são observados afloramentos de quartzito com mergulho moderado (Sn 350/40). E nas partes altas da serra podem ser discutidos processos pedogenéticos, pois nos campos rupestres ocorrem Neossolos Quartzarênicos adjacentes às turfeiras, que representam Organossolos.

As turfeiras são importantes por desempenharem diversos serviços ecossistêmicos abióticos. Com relação aos recursos hídricos, são imprescindíveis por armazenarem grandes volumes de água e regularem a vazão dos cursos d'água (SILVA, 2022). A água liberada continuamente nas áreas de chapada percola o aquífero fraturado quartzítico e garante a perenidade de diversas drenagens.

Outro aspecto relaciona-se ao armazenamento de carbono, caracterizando um importante serviço ecossistêmico de regulação. Ainda pode ser citado o serviço de conhecimento do tipo *história da Terra*, relacionado às evidências paleoambientais do Período Quaternário. Estudos paleoclimáticos vêm sendo realizados nas turfeiras do Espinhaço Meridional, que fornecem informação sobre as variações climáticas de até 34.000 anos atrás (SILVA e SILVA, 2017; SILVA et al., 2020). É importante que estes estudos se estendam também a esta porção do Espinhaço Central. Considerando que os estudos ainda não foram realizados nestas turfeiras, conclui-se que este é um serviço ecossistêmico em potencial.

As turfeiras também podem exercer outro serviço de conhecimento, do tipo *monitoramento e previsão ambiental*. De acordo Silva et al., (2022), a qualidade das águas das turfeiras fornece evidências sobre o grau de degradação destes ecossistemas. Tendo em vista que antes da criação do PESNT as áreas de ocorrência de turfeiras foram utilizadas para a pecuária, o monitoramento geoquímico das águas pode fornecer informações importantes sobre a recuperação ambiental destes ecossistemas. Os

mesmos autores afirmam que variações do nível freático podem degradar os ecossistemas de turfeiras, de modo que este monitoramento também ajudará a estimar o impacto das mudanças climáticas na região.

Com relação à metodologia de quantificação proposta por Brilha (2016), o Cânion do Talhado é considerado um geossítio, tendo em vista sua importância científica. Apresenta também grande potencial educacional e turístico, e baixo risco à degradação. Já o ponto Turfeiras dos Gerais Santana, por não ter sido objeto de estudos científicos, é classificado como sítio da geodiversidade. Porém apresenta grande potencial educacional e turístico, e baixo risco à degradação. Portanto, os dois pontos são adequados para a realização de atividades de uso público (Quadro 2).

Quadro 2 – Aspectos de interesse abióticos, bióticos e culturais e avaliação quantitativa da geodiversidade dos pontos do Parque Estadual Serra Nova e Talhado selecionados para atividades educacionais e geoturísticas. VC – Valor Científico; PE – Potencial Educacional; PT – Potencial Turístico; RD – Risco à Degradação. Coordenadas em UTM

	Aspectos Abióticos	Aspectos Bióticos	Aspectos Culturais	Quantificação
Cânion do Talhado (734308 E / 8250147 S)	Estruturas sedimentares; Camadas basculadas e foliação metamórfica; Percolação de água por estruturas rúpteis; Falha normal que condiciona a formação do cânion	Vegetação de grande porte associada à drenagem perene (mata ciliar); Fauna	Captação de água para comunidades do entorno; Caminho dos Tropeiros; Imagem de Nossa Senhora Aparecida (Gruta da Santa); Passagem da Coluna Miguel Costa Prestes; Lazer	VC: 260 (Geossítio) VE: 295 VT: 240 RD: 65
Turfeiras Gerais Santana (734818 E / 8266651 S)	Neossolos Quartzarênicos; Turfeiras (Organossolos); Nascentes	Campos rupestres; Fauna	Comunidades tradicionais (Geraizeiros)	VC: 160 (Sítio da Geodiversidade) PE: 280 PT: 205 RD: 70

Fonte: Autores, 2023.

Parque Estadual de Montezuma – PEM

O Parque Estadual de Montezuma (Figura 4), criado em 2007, representa o menor parque estadual de Minas Gerais com área de 1.743,2060 ha (IEF, 2023b). O parque apresenta contrastes com relação ao uso público. Se por um lado atividades de educação ambiental são realizadas pelo menos desde 2016, já atividades turísticas são permitidas apenas mediante autorização e acompanhamento do IEF. A elaboração do Plano de Manejo está prevista para 2023.

No parque ocorrem quartzitos e metaconglomerados do Supergrupo Macaúbas, próximo ao contato com gnaisses e granitóides paleoproterozóicos. A sedimentação corresponde ao primeiro evento de extensão continental neoproterozóico na região, caracterizando um ambiente deposicional continental a marinho raso.

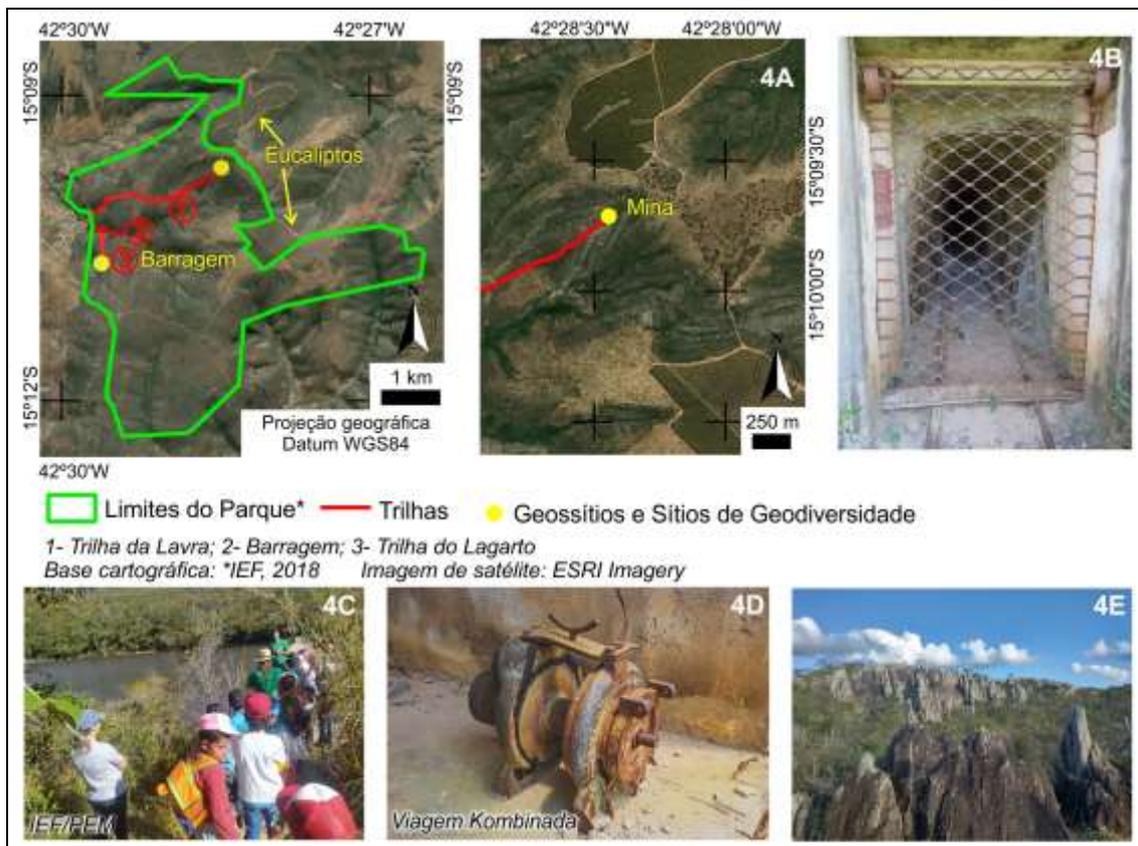
Os pontos escolhidos do PEM são: Ametistas de Montezuma e a Pedra do Lagarto. O primeiro corresponde a instalações de uma mina subterrânea (Figura 4A), que operou de 1936 a 2007. Chega-se ao ponto através da Trilha da Lavra, que apresenta 6,3 km de extensão (ida e volta). A antiga mina destaca-se pelo seu potencial geoturístico. Ainda encontram-se resquícios das instalações e maquinário do empreendimento, bem como uma grande quantidade de cristais de ametista nas pilhas de rejeitos. Uma peculiaridade do depósito é que a ametista, da variedade prasiólita, adquire coloração azulada ou esverdeada, mediante tratamento térmico ou irradiação. A mineralização é caracterizada por um enxame de veios com espessura de até 2 metros, cuja orientação principal coincide com a zona charneira de dobra isoclinal, rompida (DIAS et al., 2019) (Figura 4B).

Aspectos relacionados à mineralização, petrogênese, ambientes de sedimentação, geologia estrutural e eventos tectônicos podem ser abordados com os visitantes, pois as camadas subverticalizadas (Sn 238/70) de um dos flancos da dobra estão bem expostos ao longo da trilha, antes de chegar à mina. De lá avista-se a barragem de água que abastece o município (Figura 4C).

O segundo ponto, a Pedra do Lagarto, é alcançado após percorrer os cerca de 950 m da Trilha do Lagarto (1,9 km ida e volta), onde ocorrem boas exposições de rochas, tanto de quartzitos como metaconglomerados. Logo em seu início a trilha cruza uma drenagem. Em outros pontos, mas especialmente na Pedra do Lagarto tem-se uma

excelente visada da antiga mina e diversas drenagens. Avista-se também a plantação de eucaliptos nas áreas de chapada, a montante das nascentes, bem como a vegetação de Cerrado, hoje em regeneração. Vegetação que é imprescindível para a manutenção dos modos de vida das comunidades tradicionais, os Geraizeiros. Na Pedra do Lagarto ocorrem ainda Neossolos Quartzarênicos e lateritas cobrindo metaconglomerados, além do relevo ruiforme que se desenvolve sobre as rochas metassedimentares (Figura 4E). Por ser uma trilha mais curta, pode-se estender até a barragem de água, aumentando o percurso em 850 m (ida e volta).

Figura 4 – Limites do Parque Estadual de Montezuma, com a localização dos pontos selecionados. 4A – recorte ampliado da imagem de satélite destacando as rochas dobradas e a localização da antiga mina; 4B – entrada da mina subterrânea de ametista; 4C – atividades de educação ambiental realizada pelos servidores do IEF na Barragem de Montezuma; 4D – maquinário remanescente que foi objeto de vandalismo; 4E – cristas de quartzito com foliação subvertical observadas a partir da Trilha do Lagarto



Fonte: Autores, 2023.

Nas duas trilhas, além dos serviços de suporte, provisão e culturais listados no Quadro 1, merece destaque a possibilidade de abordar o serviço de provisão do tipo *produtos ornamentais*, propiciado pela antiga mina de ametista. Uma diversidade de aspectos relacionados aos recursos não-renováveis pode ser discutida, desde raridade e complexidade de sua formação, impactos ambientais decorrentes de sua extração, assim como sua crescente demanda pela sociedade.

O ponto Ametistas de Montezuma é considerado um geossítio, segundo a metodologia de Brilha (2016) (Quadro 3). A importância científica refere-se às características da ametista, que é da variedade prasiolita. Já o ponto Pedra do Lagarto é considerado um sítio da geodiversidade. Os dois pontos apresentam potencial educacional e geoturístico semelhantes. Contudo, o risco à degradação é maior no ponto Ametistas de Montezuma, o que requer maior atenção no planejamento das atividades de uso público.

Quadro 3 – Aspectos de interesse abióticos, bióticos e culturais e avaliação quantitativa da geodiversidade dos pontos do Parque Estadual de Montezuma selecionados para atividades educacionais e geoturísticas. VC – Valor Científico; PE – Potencial Educacional; PT – Potencial Turístico; RD – Risco à Degradação

	Aspectos abióticos	Aspectos Bióticos	Aspectos Culturais	Quantificação
Ametistas de Montezuma (771385 E / 8322146 S)	Foliação subvertical (flanco de dobra) Mineralização de ametista; Áreas de recarga dos aquíferos e drenagens	Vegetação de Cerrado	Comunidades Tradicionais (Geraizeiros) Patrimônio mineiro	VC:230 (Geossítio) PE: 270 PT: 240 RD: 205
Pedra do Lagarto (769360 E / 8320499 S)	Conglomerados e arenitos; Lateritas; Foliação subvertical; Relevo ruiforme (cristas); Silvicultura nas áreas de recarga hídrica	Vegetação de Cerrado; Impactos da silvicultura	Comunidades Tradicionais; Lazer	VC: 160 (Sítio da Geodiversidade) PE: 295 PT: 235 RD: 100

Fonte: Autores, 2023.

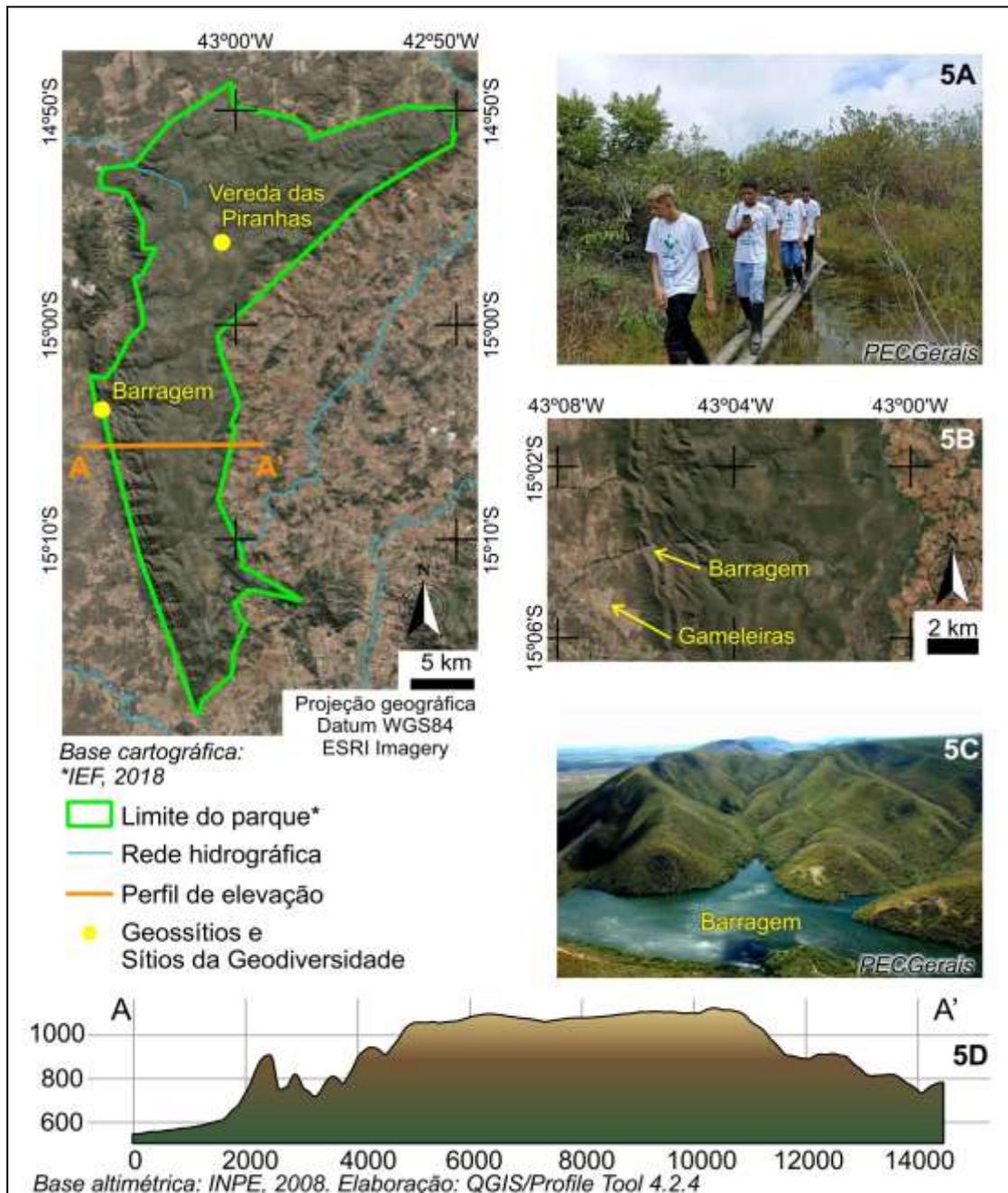
Parque Estadual Caminho dos Gerais – PecGerais

O parque foi criado em 2007 (Figura 5) e teve o seu Plano de Manejo aprovado em 2021. Ocupa uma área de 56.237,3700 ha e é inteiramente circundado pelo bioma Caatinga (IEF, 2023a). As altitudes variam entre 462 a 1.103 metros e abriga 300 nascentes. Atividades de educação ambiental são frequentes, porém as atividades turísticas aguardam o Plano de Uso Público.

As rochas que ocorrem no parque foram fortemente afetadas pela Orogênese Brasileira. Dobras e camadas subverticalizadas podem ser identificáveis inclusive por imagens de satélite (Figura 5B), especialmente na porção oeste do Parque, caracterizando um relevo escarpado. Bersan et al. (2017) atribuem estas estruturas, que caracterizam um estilo de deformação do tipo *thin skinned*, a um forte controle de blocos do embasamento durante a orogênese. O pacote sedimentar, pouco espesso, é representado predominantemente por rochas do Supergrupo Espinhaço e do Supergrupo Macaúbas em seu topo. O conjunto foi submetido a esforços compressivos e soerguido, através da reativação de falhas normais do embasamento, que haviam sido originadas durante os eventos extensionais do Proterozóico. Na porção central e leste do parque, além das camadas exibirem menor ângulo de mergulho, processos geomorfológicos e a existência de cobertura sedimentar Cenozóica propiciaram a formação de um extenso planalto (Figura 5C).

O primeiro local escolhido, a Trilha Vereda das Piranhas, situa-se na área de planalto (Figura 5A). Trata-se de uma trilha circular, com extensão de 1.450 m, que já é utilizada em atividades de educação ambiental pelos servidores do parque. O trajeto percorrido tem como interesse principal um campo brejoso ou remanescente de vereda (IEF, 2023a), que pode estar seco a depender da época do ano e do volume de precipitação da estação chuvosa anterior. Em determinado ponto da trilha o substrato é composto por lateritas. Além, destes, é possível observar uma área fortemente degradada por processos erosivos em decorrência do plantio de eucalipto que foi realizado no local. Do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos, pode-se discutir a relação entre o planalto e o serviço de suporte do tipo *plataforma para atividades humanas*, por propiciar a atividade de silvicultura, assim como os serviços de regulação e provisão, relacionado a área de recarga dos aquíferos e nascentes de água (Quadro 4).

Figura 5 – Limites do Parque Estadual Caminho dos Gerais com a localização dos pontos selecionados. 5A – Atividade de educação ambiental realizada pelos servidores do IEF na Trilha Vereda das Piranhas. 5B – Ampliação do recorte da Figura 5 mostrando em maior detalhe as rochas metassedimentares dobradas e subverticalizadas em decorrência dos esforços tectônicos compressivos. 5C – Barragem de Gameleiras, cuja construção foi viabilizada devido a orientação e mergulho das camadas metassedimentares. 5D – Perfil de elevação A-A' mostrando as áreas do parque de relevo escarpado (oeste) e áreas de planalto (centro e leste)



Fonte: Autores, 2023.

No ponto da Barragem de Gameleiras (Figura 5C), estão muito bem expostas as camadas de quartzito subverticalizadas, permitindo abordar os eventos tectônicos registrados na região. Do ponto de vista dos serviços ecossistêmicos, as estruturas geológicas favoreceram a construção da barragem, caracterizando serviço de suporte do tipo *plataforma para atividades humanas*.

Com relação à metodologia de avaliação quantitativa proposta por Brilha (2016), os dois pontos são classificados como sítios da geodiversidade e apresentam grande potencial educacional. O ponto Vereda das Piranhas apresenta baixo potencial geoturístico e médio risco à degradação. O seu uso, portanto, é mais adequado para atividades de educação ambiental (Quadro 4).

Quadro 4 – Aspectos de interesse abióticos, bióticos e culturais e avaliação quantitativa da geodiversidade dos pontos do Parque Estadual Caminho dos Gerais selecionados para atividades educacionais e geoturísticas. VC – Valor Científico; PE – Potencial Educacional; PT – Potencial Turístico; RD – Risco à Degradação

	Aspectos abióticos	Aspectos Bióticos	Aspectos Culturais	Quantificação
Trilha Vereda das Piranhas (713983 E / 8347805 S)	Recarga de aquíferos; Processos erosivos; Lateritas	Fitofisionomias do Cerrado; Impactos da silvicultura	Comunidades Tradicionais (Geraizeiros)	VC: 130 (Sítio da Geodiversidade) PE: 260 PT: 180 RD: 220
Barragem de Gameleiras (704105 E / 8333499 S)	Eventos tectônicos (camadas subverticais); Recursos hídricos	Fitofisionomias do Cerrado	Lazer (a jusante do reservatório)	VC: 180 (Sítio da Geodiversidade) PE: 260 PT: 180 RD: 195

Fonte: Autores, 2023.

Discussão

Geoconservação em áreas protegidas

Mucivuna et al. (2022a), ao se debruçarem sobre as pesquisas relacionadas a geoconservação em parques nacionais brasileiros, constatam que apesar de muitos terem

seus principais atrativos relacionados a aspectos geológicos e geomorfológicos, diretrizes para a identificação, avaliação e conservação da geodiversidade ainda são incipientes. Pode-se estender estas afirmações também aos parques estaduais de Minas Gerais, com a ressalva de que alguns deles, criados a partir de 2007, ainda estão na fase de elaboração do Plano de Manejo.

Mucivuna et al. (2022b) salientam que nos parques nacionais onde são realizadas atividades geoturísticas e educativas sobre a geodiversidade, a seleção de pontos foi feita a partir de consultas *ad hoc* e inventários parciais, que não cobriram a totalidade da área dos parques. Os autores afirmam que isso pode direcionar a esforços de conservação equivocados. O ideal seria que as estratégias de geoconservação fossem realizadas após o inventário completo. Crofts et al. (2020) também defendem que o inventário de toda a unidade de conservação deveria ser o passo inicial para estratégias de conservação em áreas protegidas.

O atual cenário dos parques estaduais estudados neste trabalho sugere a adoção de uma estratégia distinta. Considera-se que as iniciativas podem iniciar a partir de pontos e roteiros que já são utilizados, ou que se pretende disponibilizar para o uso público. Considera-se que desta forma será possível incorporar mais rapidamente a geodiversidade às atividades de uso público dos parques. De modo que o inventário de toda a unidade pode representar o passo seguinte, que merece ser discutido pelos conselhos consultivos, para ser realizado a médio ou longo prazo. A estruturação de novos atrativos leva tempo, especialmente de locais cujos interesses principais relacionam-se à geodiversidade. Entende-se que esta estruturação será mais facilmente implementada uma vez que a importância da geodiversidade para o parque já seja reconhecida, tanto pelos gestores como pelos visitantes.

Com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de iniciativas de geoconservação em áreas protegidas, uma série de princípios orientadores foram propostos pela União Internacional para a Conservação da Natureza – UICN (CROFTS et al., 2020). A discussão aqui realizada contempla fortemente os itens “1 – Os múltiplos valores da geodiversidade e geopatrimônio devem ser reconhecidos” e “9 – A interação e a interdependência da geodiversidade, da biodiversidade e do patrimônio cultural devem ser reconhecidas”. Com relação ao item “5 – As estratégias de geoconservação devem incluir a avaliação de vulnerabilidade e de risco”, entende-se que estudos deverão ser

realizados em conjunto com as demais necessidades exigidas para a implementação do Plano de Uso Público. Diversos atrativos já consolidados, por exemplo, devem ser avaliados do ponto de vista geotécnico, como o Cânion do Talhado e a Cachoeira do Serrado, ambos situados no PESNT.

Potencial educacional e geoturístico

A efetiva incorporação da geodiversidade às ações de uso público dos parques estaduais de MG, além de promover a conservação do geopatrimônio, desempenhará um importante papel social na busca pela sustentabilidade. As atividades de educação ambiental voltadas aos estudantes do ensino fundamental, bem como as atividades interpretativas relacionadas ao geoturismo estimularão a discussão acerca das metas relacionadas aos diversos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (ONU, 2015). Mais especificamente, podem ser citados os seguintes ODS: ODS 4 – Educação de Qualidade; ODS 6 – Água Potável e Saneamento; ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis; ODS 13 – Combate às Mudanças Climáticas; e ODS 15 – Vida Terrestre.

Com relação ao ODS 4 e ODS 15 a geodiversidade é relevante por contribuir para a compreensão da natureza de forma integrada (METZGER et al., 2021; ODATA et al., 2021). Especialmente porque a geodiversidade é um condicionante para que a biodiversidade possa se desenvolver. Os parques em questão são imprescindíveis para as metas do ODS 6 por garantirem água potável para as populações do entorno (UPTON e MCDONALD, 2021).

Sobre o ODS 12, entende-se que o geoturismo representa uma forma de incentivo ao turismo sustentável (DOWLING, 2013). De modo indireto, ao estimular a compreensão dos processos geológicos e a finitude dos recursos minerais, por não serem renováveis, espera-se incentivar a utilização mais racional dos recursos naturais (MANKELOW et al. (2021). O PEM, neste sentido, torna-se especialmente relevante. A existência de infraestrutura de um empreendimento de mineração que teve sua vida útil encerrada é exemplar para esta discussão (MATA-PERELLÓ et al., 2018).

A compreensão sobre o tempo geológico, as mudanças que ocorreram na história da Terra e o impacto da ação antrópica sobre os processos naturais pode contribuir para as metas do ODS 13 (PEREIRA et al., 2021). Isto é extremamente pertinente para a

região norte de Minas Gerais, tendo em vista as projeções de intensificação do clima semiárido para as próximas décadas.

Para além dos ODS, outra discussão interessante vinculada à sustentabilidade é o conflito entre serviços ecossistêmicos. No caso do PEM, do local da antiga mina pode-se avistar ainda as drenagens que alimentam a barragem que abastece o município, assim como a plantação de eucalipto nas áreas de recarga, que representam uma ameaça aos recursos hídricos. Se por um lado o serviço de suporte do tipo *plataforma para atividades humanas* propicia uma atividade econômica, por outro implica em ameaça ao serviço de provisão do tipo *comida e bebida* (recursos hídricos). Sem o parque a atividade de silvicultura poderia expandir-se nas áreas de recarga, potencialmente comprometendo o abastecimento do município de Montezuma, devido à diminuição da vazão das drenagens.

No caso do PECGerais, antes da criação do parque as áreas de planalto foram extensamente ocupadas pela silvicultura e em menor intensidade também pecuária e agricultura. Como consequência, além da diminuição da vazão nas principais drenagens, processos erosivos foram intensificados pela retirada da cobertura vegetal primária (IEF, 2023a). A existência de Formações Ciliares Florestais (RODRIGUES, 2015) ou remanescentes de Veredas (BORGES et al., 2019) ao lado de áreas intensamente afetadas pelos processos erosivos nas antigas áreas de cultivo de eucalipto torna estes locais propícios para a discussão acerca da fragilidade dos ambientes de recarga e nascentes).

Na região do PESNT as áreas de planalto foram utilizadas principalmente para a pecuária. Considerando que parte considerável dos planaltos é ocupada solos hidromórficos e Organossolos (turfeiras) o pisoteio dos animais desencadeou sua compactação. A retirada de cobertura vegetal primária também favoreceu o desenvolvimento de erosão. Estes processos impactaram fortemente a vazão das drenagens e foi um dos principais motivadores para a criação do parque. Com relação aos serviços ecossistêmicos abióticos, além do impacto sobre os recursos hídricos, pode ser citado também a interferência no armazenamento de carbono, uma vez que houve a degradação das áreas de turfeiras, pela erosão e pela ocorrência de queimadas.

Relação entre geodiversidade, biodiversidade e aspectos culturais

O reconhecimento da intrínseca relação entre geodiversidade e a ocorrência de espécies raras e endêmicas não é novidade (TUKIAINEN et al., 2017). Contudo, além de compreender melhor como se dá esta relação, é preciso também que ela seja efetivamente incorporada às atividades interpretativas na maioria das áreas protegidas. No que se refere à Serra do Espinhaço, a constatação de que sua diversidade biológica está associada a elementos do meio físico foi discutida por Gontijo (2010). O autor afirma também que a “importância geológica e ecológica da serra, como um divisor de biomas”, já foi citada desde os trabalhos pioneiros de Eschwege, no século XVII.

No norte de Minas Gerais ocorrem áreas de transição entre Cerrado, Caatinga e remanescentes de Mata Atlântica, criando ecótonos e diferentes fitofisionomias. No caso do PESNT, o limite oeste do parque representa exatamente a transição entre os biomas Cerrado e Caatinga (Figura 3D). Geologicamente este limite coincide com o contato geológico entre as rochas do Supergrupo Espinhaço (bioma Cerrado) e as rochas do embasamento arqueano-paleoproterozóico do Bloco Itacambira – Monte Azul, que apresenta relevo arrasado e atinge menores altitudes (bioma Caatinga) (Figura 1A).

No PECGerais, Borges et al. (2019) e Rodrigues et al. (2015) identificaram a existência de diversos geoambientes e fitofisionomias de Cerrado, decorrentes da relação entre as diferenças de relevo, solo e vegetação. É interessante destacar que o parque é circundado totalmente pelo bioma Caatinga, onde o relevo arrasado é composto por rochas ígneas e metamórficas do embasamento. Mais uma vez, observa-se a associação entre geodiversidade e vegetação, onde os condicionantes tectônicos e litológicos implicaram em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas.

No PEM em Montezuma, cujas adjacências também correspondem ao bioma Cerrado, há uma relação direta com a vegetação e os modos de vida das comunidades tradicionais. Para os Geraizeiros, a coleta de espécies nativas, como o pequi, é indispensável. O parque, inclusive, se localiza muito próximo da Reserva Extrativista Nascentes Geraizeiras.

Outra interação de grande relevância refere-se aos campos rupestres, que ocorrem nas áreas de maior altitude da serra. Discute-se que sejam classificados como do tipo OCBIL, sigla de *Old Climatically Buffered, Infertile Landscapes*, que designa

um sistema antigo, climaticamente tamponado e desenvolvido sobre uma paisagem infértil, em termos de solo (HOPPER, 2009; SILVEIRA et al., 2016; FREIRE et al., 2021). De acordo com Silveira et al., (2016) os campos rupestres estão entre os ecossistemas mais biodiversos do mundo.

É interessante constatar os condicionantes abióticos relacionados ao desenvolvimento deste ecossistema. Os solos pobres em nutrientes e rasos decorrem essencialmente do protólito, que correspondem nestes parques predominantemente quartzitos. As condições climáticas em parte referem-se ao soerguimento da serra e a resistência ao intemperismo destas rochas. Campos rupestres desenvolvem-se em altitudes superiores a 900 metros. Esses fatores propiciaram, ou ao menos contribuíram, para o endemismo observado nos campos rupestres. E estas espécies permanecem protegidas, em parte também em função do relevo escarpado das bordas da serra, que dificulta o acesso e minimiza o impacto de ações antrópicas.

Se por um lado a UICN recomenda que a gestão da natureza seja feita de maneira integrada, incorporando tanto a bio como a geodiversidade, no que se refere à interpretação ambiental diversos trabalhos enfatizam que é preciso incluir ainda a relação com os aspectos culturais do território. Dowling (2011) denomina esta abordagem de Conceito ABC → abiótico + biótico + cultural. Esta abordagem é interessante justamente por apresentar uma visão integrada da natureza, com seus diversos constituintes. Segundo o autor, deste modo tende-se a despertar maior interesse dos visitantes.

Pásková et al. (2021) salientam que o grande desafio é de fato conseguir conciliar os três aspectos durante a atividade interpretativa. Não é trivial fazer o público compreender as interconexões entre os três aspectos, ou seja, que o Conceito ABC seja efetivamente incorporado e praticado nas atividades interpretativas sobre a geodiversidade. Para que seja mais fácil alcançar os objetivos o ideal é que se aplique o Conceito ABC desde o início de desenvolvimento do conteúdo interpretativo. Segundo os autores, a experiência mostra que é muito mais difícil adaptar conteúdos preexistentes, que foram elaborados sob uma ótica fragmentada da natureza, do que se desenvolver conteúdos e produtos interpretativos que desde o seu início sigam o conceito ABC.

Desenvolvimento local e regional

Para além dos aspectos educacionais, os parques podem também contribuir economicamente com os municípios do entorno, através do geoturismo. O PEM destaca-se dos demais neste sentido, por apresentar em seu interior as instalações de uma antiga mina de ametista. O uso turístico de antigas áreas de mineração vem sendo cada vez mais utilizado como uma forma de promover o desenvolvimento econômico local (PROSSER, 2019). Estas atividades devem ser pensadas visando fortalecer o “sentimento de pertencimento” em relação ao local, assim como a identidade “mineira” e ecológica da paisagem (MATA-PERELLÓ et al., 2018). Desta forma pode-se aumentar a atratividade do território do ponto de vista turístico.

Montezuma já é um dos principais destinos turísticos da região, onde o principal atrativo do município também está relacionado à geodiversidade, pela ocorrência de águas termais. A eventual ampliação da oferta turística com outros locais onde o atrativo também está relacionado aos aspectos abióticos da natureza, nos permite concluir que a geodiversidade pode ser o principal indutor deste “sentimento de pertencimento”.

A utilização turística seria importante também para ajudar a conservar o patrimônio mineiro do local. A mina operou 1936 a 2007. Porém apesar de se situar dentro do parque, as estruturas que permanecem no local têm sido objeto de vandalismo, inclusive com a retirada de parte do maquinário (Figura 4D) e pilhas de rejeito. Não existe hoje efetivo de servidores suficiente para controle de acesso ao local da antiga mina. A utilização turística, com a devida implementação de infraestrutura e vigilância, contribuiria para inibir o vandalismo.

Considerações finais

Considerando que diversos aspectos relacionados aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU também foram identificados nos geossítios e sítios da geodiversidade selecionados, conclui-se que as atividades de interpretação ambiental contribuirão para a sustentabilidade. Esta sensibilização é extremamente relevante, tendo em vista que as projeções apontam para o aumento da escassez hídrica no norte de Minas Gerais nas próximas décadas. As atividades interpretativas devem também incentivar a percepção do público de que as iniciativas de

conservação não se restrinjam aos parques estaduais. Os visitantes devem compreender que as áreas protegidas hoje existentes não são suficientes para mitigar os efeitos das mudanças climáticas na região, fazendo-se necessário expandir as áreas de natureza conservada.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; aos servidores do IEF dos Parques Estaduais de Montezuma, Caminho dos Gerais e Serra Nova e Talhado; e à geóloga Karla Petry pela colaboração na edição das figuras.

Referências

ALAHUHTA, J.; ALA-HULKKO, T.; TUKIAINEN, H.; PUROLA, L.; AKUJÄRVI, A.; LAMPINEN, R.; HJORT, J. The role of geodiversity in providing ecosystem services at broad scales. **Ecological Indicators**, [S./l.], v. 91, p. 47–56, 2018.

ARAUJO, J. C.; PESSOA, F., A.; CAMBRA, M. F. E. S.; PEIXOTO, M. N. O.; MANSUR, K. L.; SANTOS, E. E. S.; SEOANE, J. C. S. Abordagem geossistêmica em trilhas da Mata Atlântica: Geodiversidade, Geoética e interpretação ambiental para o atingimento dos ODS da Agenda 2030. **Geociências UNESP**, Rio Claro, v. 41, n. 2, p. 527-541, 2022.

BERSAN, S. M. **Análise estrutural do embasamento e da cobertura no extremo norte do Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço**. 2015. 129 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais), Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

BERSAN, S. M. **Evolução arqueana e paleoproterozoica de corpos plutônicos aflorantes no Bloco Itacambira – Monte Azul e em suas imediações**: geocronologia U-pb, isótopos de Hf e geoquímica. 2019. 270 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais), Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

BERSAN, S. M.; DANDERFER FILHO, A.; LAGOEIRO, L.; COSTA, A. F. O. The kinematic evolution of the Serra Central Salient, Eastern Brazil: a Neoproterozoic progressive arc in northern Espinhaço fold-thrust belt. **Journal of South American Earth Sciences**, [S./l.], v. 80, p. 131-148, 2017.

BERSAN, S. M.; DANDERFER FILHO, A.; ABREU, F. R.; LANA, C. Petrography, geochemistry and geochronology of the potassic granitoids of the Rio Itacambiruçu Supersuite: implications for the Meso- to Neoproterozoic evolution of the Itacambira-Monte Azul block. **Brazilian Journal of Geology**, [S./l.], v. 48, n.1, p 01-24, 2018.

- BORGES, M. G.; RODRIGUES, H. L. A.; LEITE, M. E. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do Cerrado no Norte de Minas Gerais e suas fitofisionomias. **Caderno de Geografia**, [S./l.], v. 29, n. 58, p. 819 – 835, 2019.
- BRILHA, J.; GRAY, M.; PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P. Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. **Environmental Science and Policy**, [S./l.], v. 86, p. 19–28, 2018.
- BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, [S./l.], v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.
- CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y. (Orgs.). **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. 1. ed. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. 552 p.
- CHAVES, M. L. S. C.; BENITEZ, L.; ANDRADE, K. W.; SARTORI, M. A. Canyon do Talhado, Região de Porteirinha, Norte de Minas Gerais – Notável feição geomorfológica de travessia completa da Serra do Espinhaço – SIGEP 128. In: Winge M (Ed.) et al. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília, CPRM, 2009.v. 2. 515 p.
- COSTA, A. F. O., DANDERFER FILHO, A. Tectonics and sedimentation of the central sector of the Santo Onofre Rift, North Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, [S./l.], v. 47, p. 491-519, 2017.
- COSTA, A. F. O.; DANDERFER FILHO, A.; BERSAN, S. M. Record of a Statherian rift-sag basin in the Central Espinhaço Range: Facies characterization and geochronology. **Journal of South American Earth Sciences**, [S./l.], v. 82, p. 311-328, 2017.
- COSTA, A. F. O.; DANDERFER FILHO, A.; LANA C. Stratigraphic and geochronological characterization of the Mato Verde group, Central Espinhaço (Brazil): An Eocalymian rifting record in the western domain of the Congo-São Francisco paleocontinent. **Journal of South American Earth Sciences**, [S./l.], v. 84, p. 16-33, 2018.
- CROFTS, R.; GORDON, J. E.; BRILHA J.; GRAY, M.; GUNN, J.; LARWOOD, J.; WORBOYS, G. L. **Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas: Best practice protected area guidelines**. Gland, Switzerland, IUCN, 2020. 144 p.
- CROFTS, R. Putting geoheritage conservation on all agendas. **Geoheritage**, [S./l.], v.10, p. 231–238. 2018.
- DANDERFER FILHO, A.; WAELE, B. D.; PEDREIRA, A. J.; NALINI, H. A. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton - Brazil. **Precambrian Research**, [S./l.], v. 170, p. 116-128, 2009.

DANDERFER FILHO, A. **Geologia Sedimentar e Evolução Tectônica do Espinhaço Setentrional, Estado da Bahia**. 2000. 498 f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

DIAS, C. H.; CHAVES, M. L. S. C.; SILVA, R. C. F. Depósitos de quartzo ametista em Minas Gerais. **Geonomos**, [S./l.], v. 27, n.1, p. 22-31, 2019.

DOWLING, R. K. Global geotourism — an emerging form of sustainable tourism. **Czech Journal of Tourism**, [S./l.], v. 2, n. 2, p. 59–79, 2013.

DOWLING, R. K. Geotourism's Global Growth. **Geoheritage**, v. 3, p. 1-13, 2011.
EGGER, V. A. **O Supergrupo do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): Estratigrafia e implicações para o entendimento dos depósitos aluvionares de diamantes da região**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FREIRE, J. P.; COSTA, T. R.; ALVES, P. L.; MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D. Raridade e endemismo da flora em campo rupestre (OCBIL) na Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. **Revista Espinhaço**, [S./l.], v. 10, n. 2, p.1-13, 2021.

GARCIA, M. G. M. Ecosystem services provided by geodiversity: Preliminary assessment and perspectives for the sustainable use of natural resources in the coastal region of the State of São Paulo, Southeastern Brazil. **Geoheritage**, [S./l.], v. 11, p. 1257–1266, 2019.

GILL, J. C. Geology and the Sustainable Development Goals. **Episodes**, [S./l.], v. 40, p. 70–76, 2017.

GILL, J. C. Reshaping geoscience to help deliver the Sustainable Development Goals. In. GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. cap. 18, 453–468.

GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 4, p. 7-15, 2010.

GORDON, J. E.; CROFTS, R.; GRAY, M.; TORMEY, D. Including geoconservation in the management of protected and conserved areas matters for all of nature and people. **International Journal of Geoheritage and Parks**, [S./l.], v. 9, n. 3, p. 323–334, 2021.

GRAY, M.; CROFTS, R. The potential role of the geosciences in contributing to the UN's Sustainable Development Goals. **Parks Stewardship Forum**, [S./l.], v. 38, n.1, p. 64–74, 2022.

GRAY, M. Other nature: Geodiversity and geosystem services. **Environmental Conservation**, [S./l.], v. 38, n. 3, p. 271–274, 2011.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. 495 p.

HOPPPER, S. D. OCBIL theory: towards an integrated understanding of the evolution, ecology and conservation of biodiversity on old, climatically buffered, infertile landscapes. **Plant and Soil**, [S./l.], v. 322, p. 49–86, 2009.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Plano de Manejo do Parque Estadual Serra Nova e Talhado**. Belo HorizonteMG: IEF, 2020. 48p. Disponível em <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/213-parque-estadual-de-serra-nova>>. Acesso em: 06 ago. 2022.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Parque Estadual Caminho dos Gerais**. 2023a. Disponível em <<http://www.ief.mg.gov.br/unidades-de-conservacao/248?task=view>>. Acessado em: 10 ago. 2023.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Parque Estadual de Montezuma**. 2023b. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/482-parque-estadual-de-montezuma>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

LIMA, E.R.; ROCHA, A.J.D.; SCHOBENHAUS, C. GEOSSIT: Uma ferramenta para o inventário de geossítios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, 2012, Santos. **Anais**, Santos, SBG, 2012.

MANKELOW, J.; NYAKINYE, M.; PETAVRATZI, E. Ensure Sustainable Consumption and Production Patterns. In: GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p. Cap. 12, p. 283–312.

MATA-PERELLÓ, J.; CARRIÓN, P.; MOLINA, J.; VILLAS-BOAS, R. Geomining Heritage a Tool to Promote the Social Development of Rural Communities. In: **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier, Amsterdam, 2018, cap. 9, p.167–177.

MA (Millenium Ecosystem Assessment). MA Conceptual Framework. In: **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. Island Press, 2005. p. 1-25.

METZGER, E.; GOSELIN, D.; ORR, C.H. Quality Education. In: GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p. Cap. 4, p. 81–104.

MORA, G. The need for geologists in sustainable development: **GSA Today**, [S./l.], v. 23, n.12, p. 36–37, 2013.

MUCIVUNA, V. C.; GARCIA, M. G. M.; REYNARD, E.; ROSA, P. A. S. Integrating geoheritage into the management of protected areas: A case study of the Itatiaia National Park, Brazil. **International Journal of Geoheritage and Parks**, [S./l.], v. 10, p. 252–272, 2022a.

MUCIVUNA, V. C.; GARCIA, M. G. M.; REYNARD, E. Criteria for assessing geological sites in National Parks: A study in the Itatiaia National Park, Brazil. **Geoheritage**, [S./l.], v. 14, n.1, p. 1-19, 2022b.

ODATA, E.O.; OCHOLA, S.O.; SMITH, M. Life on Land. In: GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p. Cap. 15, p. 369–392.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PÁSKOVÁ, M.; ZELENKA, J.; OGASAWARA, T.; ZAVALA, B.; ASTETE, I. The ABC Concept—Value Added to the Earth Heritage Interpretation? **Geoheritage**, [S./l.], v.13: 38, 2021.

PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M.; ALKMIM, F. F.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M.; CORDANI, U.; CASTANEDA, C.; MARSHAK, S. Orógeno Araçuaí: uma síntese 30 anos após Almeida 1977. In: SBG, 10º Simpósio de Geologia do Sudeste, 2007, **Anais....** Diamantina, 2007.

PEREIRA, J. J.; NG, T. F.; HUNT, J. Climate Action. In: GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p. Cap. 13, p. 313–338.

PROSSER, C. D. Communities, Quarries and Geoheritage—Making the Connections. **Geoheritage**, [S./l.], v. 11, p. 1277–1289, 2019.

REYNARD, E.; BRILHA, J. Geoheritage: A Multidisciplinary and Applied Research Topic. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. (eds.). **Geoheritage: Assessment, Protection, and Management**. Elsevier, Amsterdam, 2018, Introdução, p. 3-9.

RODRIGUES, P. M. S. **Geoambientes e Relação Solo-Vegetação do Parque Estadual Caminho dos Gerais, Serra Geral, Norte de MG**. 2015. 93 f. Tese (Doutorado em Botânica)— Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG 2015.

RODRIGUES, P. M. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CORREA, G. R.; CAMPOS, P. V.; NERI, A. V. Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, [S./l.], v. 10, p. 31-42, 2015.

SCHRODT, F.; BAILEY, J. J.; KISSLING, W. D.; et al. Opinion: To advance sustainable stewardship, we must document not only biodiversity but geodiversity. **PNAS**, [S./l.], v. 116, p. 16155–16158, 2019.

SILVA A. C. Caracterização dos ecossistemas de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional. In: SILVA, A. C.; RECH, A. R.; TASSINARI, D. (Org.). **Turfeiras Da Serra Do Espinhaço Meridional: Serviços Ecossistêmicos, Interações Bióticas E Paleoambientes**. 1ed. Curitiba - PR: Editora e Livraria Appris Ltda, 2022. 155p. Cap. 2, p. 33-48.

SILVA, A. C.; MATOSINHOS, C. C.; BARRAL, U. M.; TASSINARI, D. 2022. Serviços Ecossistêmicos. In: SILVA, A. C.; RECH, A. R.; TASSINARI, D. (Org.). **Turfeiras Da Serra Do Espinhaço Meridional: Serviços Ecossistêmicos, Interações Bióticas E Paleoambientes**. 1ed. Curitiba - PR: Editora e Livraria Appris Ltda, 2022. 155p. Cap. 3, p. 49-79.

SILVA, A. C.; HORÁK-TERRA, I.; BARRAL, U. M.; COSTA, C. R.; GONÇALVES, S. T.; PINTO, T.; SILVA, B. P. C.; FERNANDES, J. S. C.; MENDONÇA FILHO, C. V.; VIDAL-TORRADO, P. Altitude, vegetation, paleoclimate, and radiocarbon age of the basal layer of peatlands of the Serra do Espinhaço Meridional, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [S./l.], v. 103, p. 102728, 2020.

SILVA, L. C., PEDROSA-SOARES, A. C.; ARMSTRONG, R.; PINTO, C. P.; MAGALHÃES, J. T. R.; PINHEIRO, M. A. P.; SANTOS, G. G. Disclosing the Paleoproterozoic to Ediacaran history of the São Francisco craton basement: The Porteirinha domain (northern Araçuaí orogen, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, [S./l.], v. 68, p. 50-67, 2016.

SILVA, M. L.; SILVA, A. C. Gênese E Evolução De Turfeiras Nas Superfícies Geomórficas Da Serra Do Espinhaço Meridional - MG. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, [S./l.], v. 18, p. 65-79, 2017.

SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P. U.; et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant Soil**, [S./l.], v. 403, p. 129–152, 2016.

SOUZA, M. E. S. **Evolução Geodinâmica dos Estágios de Rifteamento do Grupo Macaúbas no Período Toniano, Meridiano 43°30'W, Região Centro Norte de Minas Gerais**. 2019. 204f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais), Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2019.

TUKIAINEN, H.; BAILEY, J. J.; FIELD, R.; KANGAS, K.; HJORT, J. Combining geodiversity with climate and topography to account for threatened species richness. **Conservation biology**, [S./l.], v. 31, n. 2, p. 364-375, 2017.

UPTON, K.; MCDONALD, A. Clean Water and Sanitation. In: GILL, J. C.; SMITH, M. (eds). **Geosciences and the Sustainable Development Goals**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021. 497p. Cap. 6, p. 159–182.

Autores

Leonardo Frederico Pressi – É Graduado em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Mestre em Geociências pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e é Professor Assistente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM/Campus Janaúba).

Endereço: Avenida Um, Nº 4.050, Cidade Universitária, Janaúba, MG, Brasil, CEP: 39440-000.

Paulo de Tarso Amorim Castro – É Graduado em Geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Mestre em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Doutor em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente é Professor do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2.

Endereço: Campus Morro do Cruzeiro, s/n – Bauxita, Ouro Preto, MG, Brasil, CEP: 39100-000.

Artigo recebido em: 26 de abril de 2023.

Artigo aceito em: 18 de agosto de 2023.

Artigo publicado em: 29 de setembro de 2023.