



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DAS FEIÇÕES

GEOMORFOLÓGICAS DO PARQUE NACIONAL DO ITATIAIA: FUNDAMENTAÇÃO PARA AÇÕES DE GEOCONSERVAÇÃO

Pedro Carvalho¹
Bianca Carvalho Vieira²
Tiago Damas Martins³

RESUMO

O Parque Nacional do Itatiaia (PNI) é uma das principais Unidades de Conservação do Brasil, tanto pelo seu pioneirismo como pela sua complexa evolução geomorfológica e geológica, reflexo do processo de rifteamento continental do Sudeste brasileiro, e das diversas ocorrências de magmatismo associados a esses eventos tectônicos. Tal singularidade posiciona o Parque como uma área de elevada geodiversidade, com a presença de geossítios de valor considerável. Entretanto, tal inventário da geodiversidade do PNI é bastante recente quando comparado com outras Unidades de Conservação, com um contraste entre a longevidade e proeminência do Parque Nacional do Itatiaia e o caráter recente de seu levantamento da geodiversidade. Dessa forma, este trabalho objetiva aprimorar o inventário de feições morfológicas do PNI por meio de um inventário. O trabalho terá como etapas a demarcação de uma área experimental, seguido do inventário das feições geomorfológicas utilizando duas resoluções de modelos digitais de terreno: 12 m (TanDEM-X) e 1m (obtida por VANT), possibilitando a identificação de feições de detalhe associadas aos processos pretéritos e atuais que modelam o relevo do PNI. Os resultados esperados também incluem a elaboração de material didático a ser disponibilizado para o público geral e para a administração do Parque, contribuindo para a divulgação dos resultados obtidos nas etapas anteriores. Foi utilizado o algoritmo Geomorphons para a classificação das formas de relevo, resultando em uma classificação inicial com resultados satisfatórios, que juntamente com o mapa geológico do PNI, permitiram identificar as formas básicas de relevo do Parque e os controles estruturais associados, como vales encaixados e as cristas associadas à presença de diques.

INTRODUÇÃO

O conceito de geodiversidade vem ganhando relevância no campo científico nos últimos anos, com diversos autores estabelecendo definições formais de tal conceito. Gray (2004) define a geodiversidade como a diversidade natural de feições geológicas, geomorfológicas e pedológicas, incluindo suas disposições, relações, propriedades, interpretações e sistemas. Peixoto (2010), em outra definição, propõe que a geodiversidade seria o estudo da natureza abiótica e seus componentes, que dão origem às rochas, solos, climas, minerais e paisagens da Terra, destacando o valor intrínseco de sua existência, assim como a estética, o valor econômico, turístico e educativo.

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade de São Paulo, pedrocarvalho11@usp.br;

² Professora Titular da Universidade de São Paulo, biancav@usp.br;

³ Professor Adjunto da Universidade Federal de São Paulo, td.martins@unifesp.br;



Tais definições permitem posicionar a geodiversidade como um conceito de ampla abrangência, abarcando não apenas as feições e processos geológicos e geomorfológicos em si, mas toda a cadeia de relações e significações construída a partir da interpretação dessas paisagens pelo ser humano (Borba; Sell, 2018). Essa grande abrangência teórico-conceitual pode levar a usos errôneos ou imprecisos de conceitos fundamentais, sendo necessário realizar uma adequada definição de conceitos como geossítios e geopatrimônio (Brilha, 2016).

Para definir um geossítio, é importante entender quais valores e elementos a geodiversidade considera importantes. Com base nos seis valores elencados por Gray (2004), Brilha (2016) separa os elementos da geodiversidade em dois grupos: os com valor científico e os com outros valores. Os elementos pertencentes ao primeiro grupo com ocorrências *in situ* são chamados de geossítios, e os elementos *ex situ* são chamados de elementos do geopatrimônio. Ao conjunto desses geossítios com elevada relevância científica em uma dada região é dado o nome de geopatrimônio ou patrimônio geológico (Brilha, 2005).

Diversos trabalhos ressaltam a importância da inclusão da análise geomorfológica na realização de inventários dos geossítios de uma região. Em inventários de nível estadual, análises morfogenéticas e morfodinâmicas e estudos sobre a evolução do relevo e processos antropogênicos são intencionalmente deixados de lado devido à escala reduzida do mapeamento e ao objetivo do trabalho (Peixoto, 2010). Entretanto, em inventários de maior escala, como em unidades de conservação, um levantamento geomorfológico de maior detalhe pode ser considerado, possibilitando uma compreensão maior presença dos processos e das formas. Nunes et al., (2024) também apontam que produtos de cartografia geomorfológica de detalhe são importantes para o reconhecimento de feições de relevo relevantes no âmbito da geoconservação.

Em um esforço para desenvolver novas metodologias de levantamento das feições geomorfológicas, Jasiewicz e Stepinski (2013) propõem um algoritmo de classificação baseado na análise dos parâmetros geomorfométricos de cada pixel de uma imagem raster. Através da correlação com os pixels do entorno, é gerada uma classificação automatizada do relevo em 10 classes: áreas planas, picos, cristas, ressaltos, cristas secundárias, encostas, escavados, base de encosta, vales e fossos.



Apesar de algumas inconsistências na classificação do relevo em áreas mais planas, o Geomorphons é considerado eficiente para o mapeamento das formas de relevo em áreas com grande amplitude de relevo (Bandura; Gallay, 2022, Da Silveira et al., 2018). A combinação da acessibilidade e baixa complexidade com a adequabilidade do Geomorphons para o relevo da área de estudo resultaram na escolha do mesmo para o levantamento preliminar das feições geomorfológicas do PNI.

É importante mencionar o caráter recente do levantamento da geodiversidade do parque, em contraste com a longevidade do PNI no cenário dos Parques Nacionais brasileiros. UCs como o Parque Nacional da Serra Geral e o Parque Nacional de Aparados da Serra, que estão inseridas no Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, apresentam levantamentos de geodiversidade e estudos comparativos subsequentes muito mais consolidados (Mucivuna; Garcia; Reynard, 2022).

Outra lacuna observada nos estudos relacionados ao PNI diz respeito à ausência de produtos de cartografia digital e virtuais de alta resolução como ferramentas para o estudo de geossítios (Mucivuna *et al.*, 2022). Santos (2021), também ressalta a importância de materiais de alta resolução, como ortofotomosaicos e MDTs, para a identificação e conservação da geodiversidade e para a análise de riscos potenciais ao geopatrimônio. Verifica-se, portanto, uma ausência de estudos de maior detalhe dentro da área do PNI. Assim, o objetivo desse trabalho é realizar um levantamento sistemático das feições geomorfológicas do Parque Nacional do Itatiaia, através da utilização do Geomorphons, que possa subsidiar ações de geoconservação.

O Parque Nacional do Itatiaia é uma Unidade de Conservação situada na divisa entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, e foi criado em 1937, sendo o primeiro parque nacional do Brasil. O PNI encontra-se em uma área de complexa formação e evolução geológica e geomorfológica. Segundo IBGE (2006), a área do parque está no contato entre as regiões geomorfológicas das Serras da Mantiqueira/Itatiaia e a Depressão do Rio Paraíba do Sul. A formação do parque é resultado do processo de rifteamento continental do sudeste brasileiro, ocorrido no Paleogeno. Tal processo foi marcado pela reativação de antigas zonas de cisalhamento proterozóicas, de orientação NE, como falhas normais, formando assim os horsts da Serra do Mar e da Mantiqueira e o graben do Vale do Paraíba, de orientação geral concordante aos falhamentos (Riccomini; Sant'anna; Ferrari, 2004).

Concomitante a esses processos, a área localiza-se parcialmente dentro de um dos grandes corpos alcalinos intrusivos associados ao lineamento magmático do Cabo Frio, o Maciço Alcalino de Itatiaia (Rosa; Ruberti, 2018). Sua origem está associada aos eventos magmáticos intraplaca do período Mesozoico, responsável pela formação de uma série de corpos intrusivos, como os maciços de Passa Quatro e de Poços de Caldas. Localmente, o maciço de Itatiaia apresenta orientação SE-NW, com cerca de 30km de comprimento e predominância de rochas do tipo nefelina sienito (Rosa; Ruberti, 2018).

A disposição geológica geral, portanto, é composta por três conjuntos. O primeiro deles são as rochas neoproterozóicas associadas à formação da Serra da Mantiqueira, presentes na forma de gnaisses, xistos e granitos localizados nas bordas do Maciço Alcalino, que compõe o segundo conjunto. Nele, predominam nefelina sienitos, além de intrusões ocasionais de granito e basalto. Por fim, o terceiro conjunto são os depósitos de tálus, compostos por blocos angulares e sedimentos depositados nos fundos de vale (Rosa; Ruberti, 2018). As figuras 1a e 1b mostram os geossítios 6 (Escarpa de Falha do morro do Couto-Prateleiras) e 10 (Caneluras do Pico das Agulhas Negras).

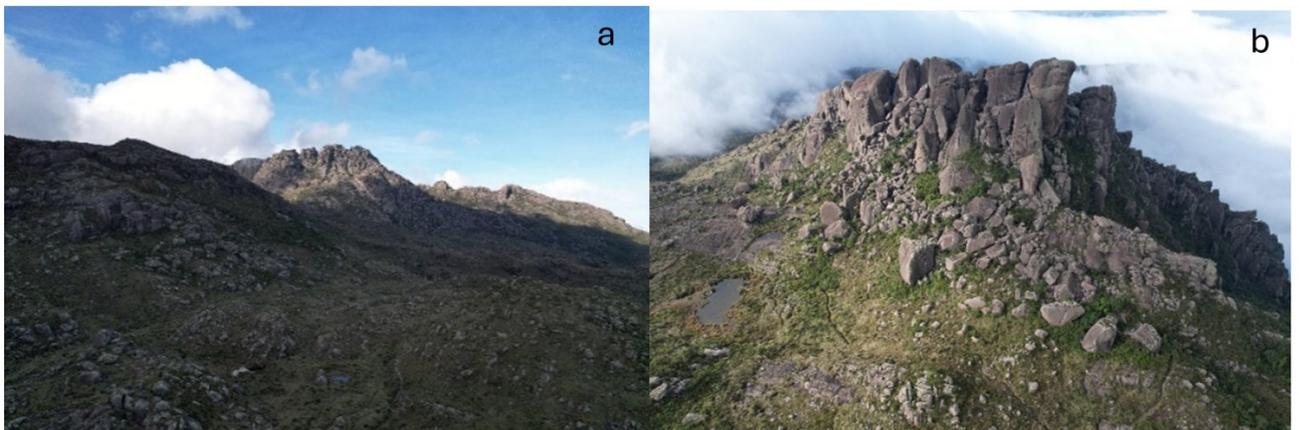


Figura 1: Geossítios Caneluras do Pico das Agulhas Negras (a) e Escarpa de falha do morro do Couto-Prateleiras (b). Autor: Tiago Damas Martins

METODOLOGIA

Para esta etapa inicial do trabalho, foi escolhido o geossítio N°12 (Dique em anel do platô do Itatiaia). Os critérios que levaram à essa escolha foram baseados principalmente na viabilidade do levantamento das feições geomorfológicas, visto que os sítios de menor tamanho poderão ser adequadamente classificados posteriormente. Sua área maior em comparação com os outros geossítios também possibilita a observação dos diversos fatores que controlam o relevo em todo o parque. Essa combinação de características posiciona o dique em anel como geossítio ideal para realizar o primeiro levantamento, de forma a testar os parâmetros e a validade dos métodos, possibilitando calibrações e ajustes futuros de forma a melhorar a qualidade do levantamento.

Foram utilizados como base para o levantamento o MDE obtido através do TanDEM-X, com resolução espacial de 12m, a rede de drenagem disponível para download no site do PNI e o mapa geológico do trabalho de Rosa; Ruberti (2018). O mapa foi vetorizado utilizando o software QGIS, que também foi utilizado para a geração do mapa de Geomorphons a partir dos dados do MDE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados os seguintes mapas: o mapa hipsométrico (Figura 2), o mapa da área do geossítio Dique em anel do platô do Itatiaia (Figura 3), que inclui dados geológicos e a rede de drenagem, e o mapa de Geomorphons de todo o PNI (Figura 4).

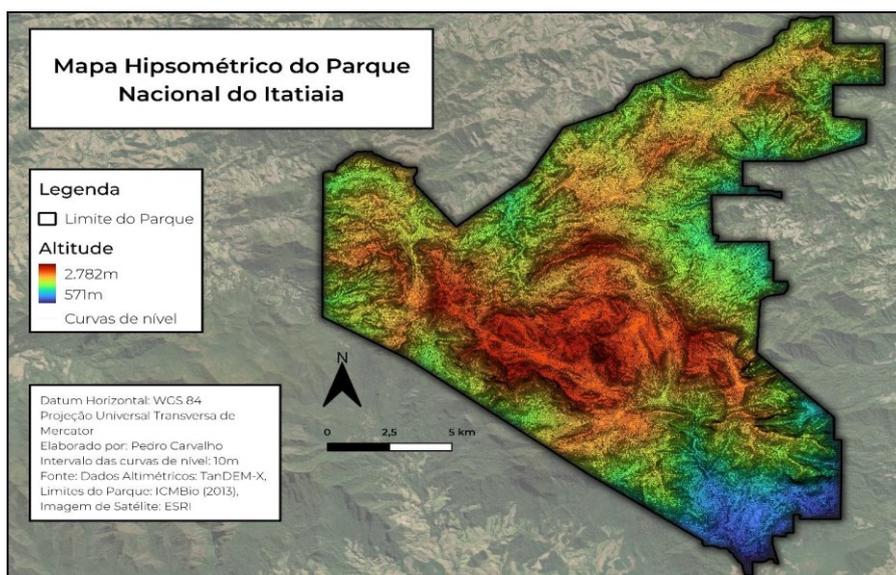


Figura 2: Mapa hipsométrico do Parque Nacional do Itatiaia

Figura 3: Mapa de Geomorphons da área do Geossítio Dique em anel do platô do Itatiaia

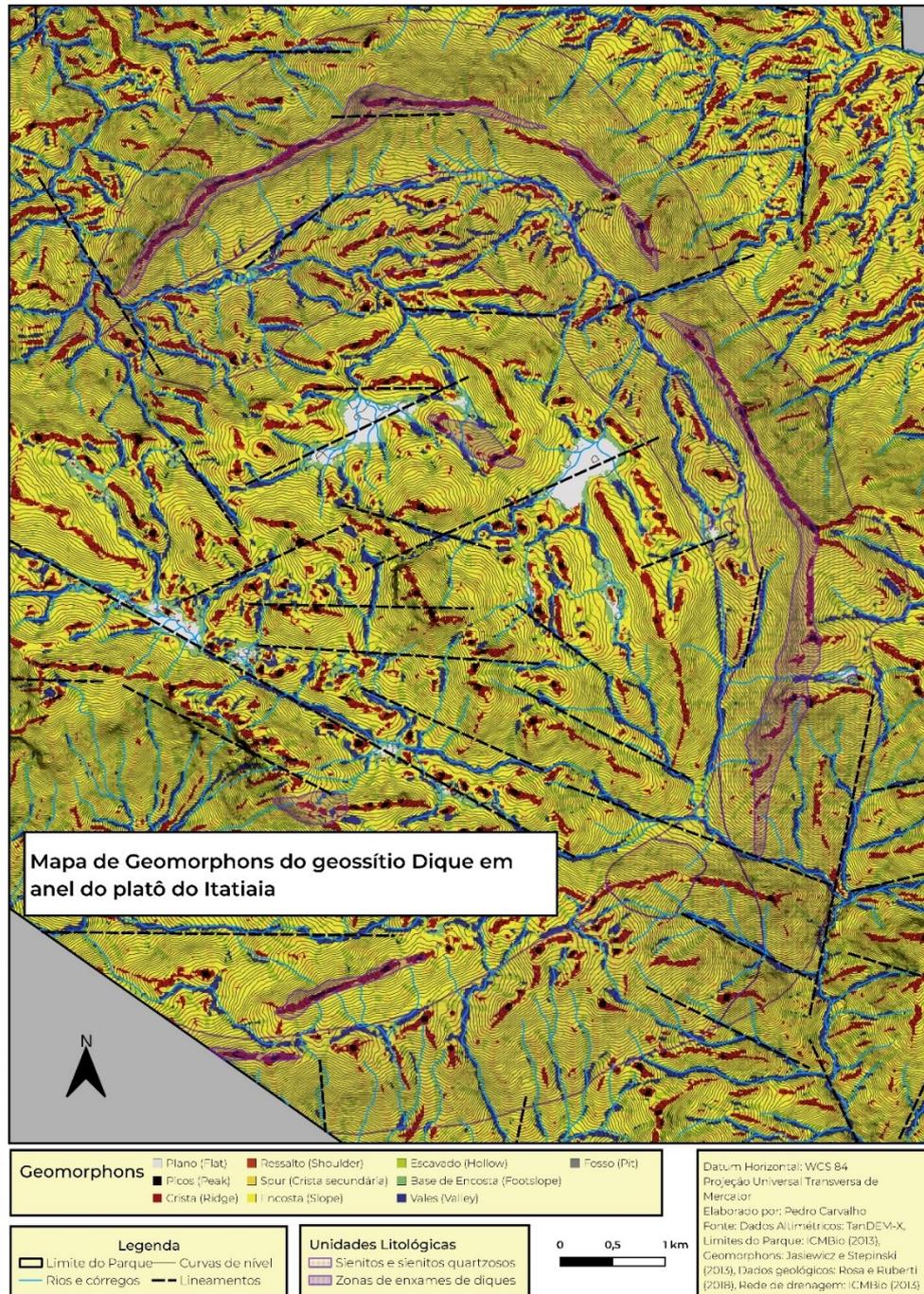
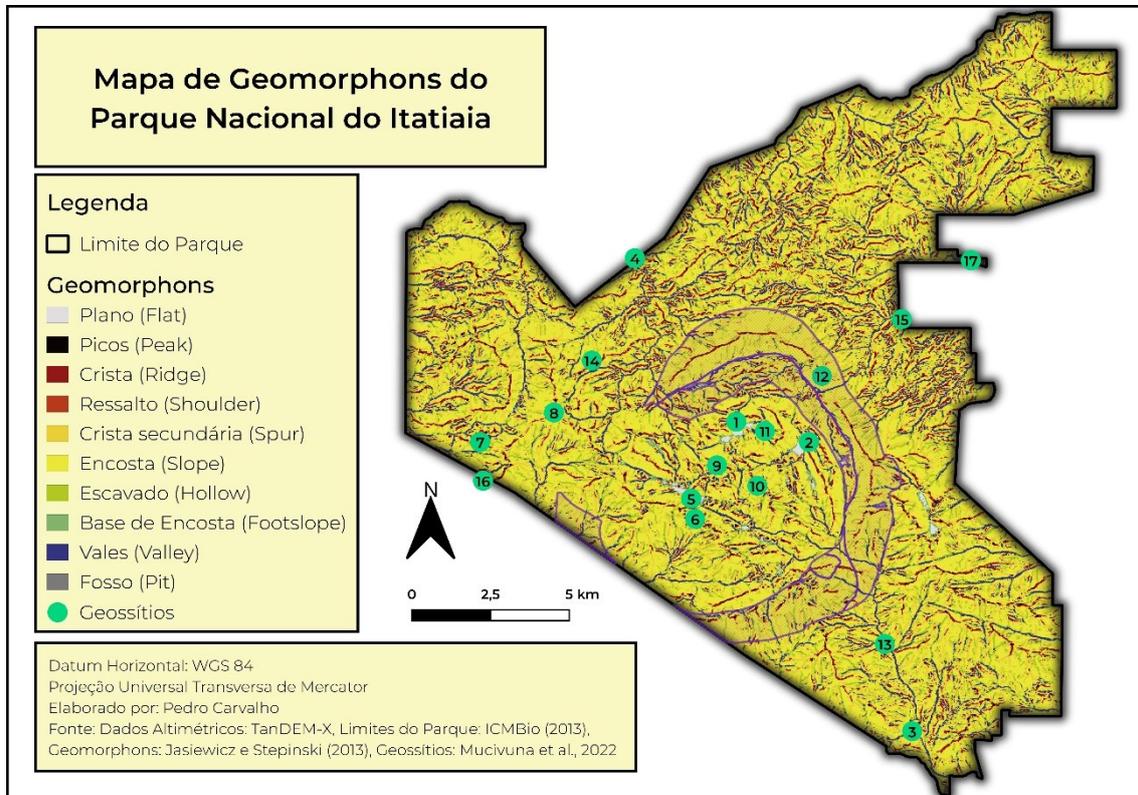


Figura 4: Mapa de Geomorphons do Parque Nacional do Itatiaia



Os mapas permitem algumas constatações preliminares acerca da metodologia utilizada e da identificação de alguns resultados na forma de feições geomorfológicas que aparecem destacadas no mapa.

Como primeiro resultado, temos a validação da metodologia do Geomorphons para a identificação de formas básicas de relevo. Através da sobreposição das curvas de nível com o mapa do Geomorphons, é possível perceber que o algoritmo obteve sucesso em identificar as áreas planas e as bases de encosta do interior do dique, que coincidem com as áreas dos geossítios 1 e 2 (Pântano do Rio Aiuruoca e Pântano do Rio Preto). Da mesma maneira, os cumes e cimeiras perceptíveis ao se observar as curvas de nível foram corretamente identificados com áreas de crista e picos.

As feições relacionadas à rede de drenagem também foram identificadas com sucesso, com os vales coincidindo em grande medida com a rede de drenagem da região. As áreas de crista secundária e escavado, que correspondem aproximadamente à morfologia de vertentes convexas e côncavas, também obtiveram boa identificação com



base na análise das curvas de nível. Observa-se, portanto, um panorama geral bastante favorável para a utilização do algoritmo do Geomorphons em análises subsequentes.

Como mencionado anteriormente, foi possível discriminar com razoável acurácia as áreas dos geossítios 1 e 2, na forma de suas respectivas áreas planas que formam os pântanos de ambos os rios. Outro geossítio que aparece de forma evidente no mapa é o geossítio 5 (Vale estrutural do Rio Campo Belo), na forma de uma longa área de vale encaixado em dois lineamentos subsequentes de orientação NW-SE.

Partindo para a caracterização do dique, sua área é delimitada por Mucivuna et al., (2022), como coincidindo com os limites da unidade litológica dos nefelina sienitos e nordmarkitos. A primeira característica que chama a atenção, e que também é apontada por Mucivuna et al., (2022), é a clara assimetria das vertentes interna (com as faces orientadas para as partes mais altas do parque) e externa (faces orientadas para as partes mais baixas do parque), com a vertente interna apresentando formas muito mais dissecadas e drenagem mais densa. Outra caracterização importante diz respeito à erosão diferencial em andamento no dique, com suas áreas de crista sustentadas predominantemente pelas zonas de enxames de diques. Fica evidente também o amplo controle estrutural do relevo na região, com os lineamentos assumindo uma diversidade de papéis no controle do relevo e da drenagem na região. Além dos vales encaixados, mencionados previamente, os lineamentos ditam a própria forma da zona de enxame de diques, relação visível no setor norte, onde há uma descontinuidade na crista, orientada preferencialmente na direção E-W, concordante a um lineamento que ocorre logo abaixo. Da mesma forma, os lineamentos são responsáveis pelas principais descontinuidades no dique, que configuram os cursos preferenciais dos rios que se direcionam para fora do anel principal do dique.

CONCLUSÕES

Apesar dos resultados apresentados não serem de grande representatividade da área do PNI e serem de caráter preliminar, foi possível observar correlações interessantes entre os elementos de controle estrutural do relevo e as feições geomorfológicas encontradas. Destaca-se o papel polivalente que tais elementos assumem dentro do contexto geológico e geomorfológico, com a formação de lineamentos. Tais correlações constituem elementos importantes para delimitar a guiar as etapas subsequentes do



trabalho, pois poderão servir de baliza para a escolha de áreas e geossítios prioritários para a realização do levantamento sistemático subsequente.

Com o avanço do trabalho e a obtenção do MDE de maior resolução espacial, espera-se que o levantamento possa identificar feições de maior detalhe nos geossítios, como a delimitação precisa das áreas em que o processo de erosão diferencial ocorre com mais intensidade, a visualização dos planos de fratura no próprio MDE e a identificação de outras feições associadas a relevos graníticos dentro do PNI.

REFERÊNCIAS

- BANDURA, Peter; GALLAY, Michal. Applicability of the global TanDEM-X elevation data for terrain modelling of a forested karst area: a case study from Slovak Karst. **Geographia Cassoviensis**, [s. l.], vol. 16, no. 1, p. 38–51, 2022. <https://doi.org/10.33542/GC2022-1-03>.
- BORBA, André Weissheimer de; SELL, Jaciele Carine. UMA REFLEXÃO CRÍTICA SOBRE OS CONCEITOS E PRÁTICAS DA GEOCONSERVAÇÃO / A CRITICAL REFLECTION ON THE CONCEPTS AND PRACTICES OF GEOCONSERVATION. **Geographia Meridionalis**, [s. l.], vol. 4, no. 1, p. 02–28, 26 Jul. 2018. DOI 10.15210/GM.V4I1.13251. Available at: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/Geographis/article/view/13251>. Accessed on: 3 Jul. 2025.
- BRILHA, José. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, [s. l.], vol. 8, no. 2, p. 119–134, 1 Jun. 2016. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>.
- BRILHA, José. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. [S. l.]: Palimage, 2005.
- DA SILVEIRA, Claudinei Taborda; SILVEIRA, Ricardo Michael Pinheiro; TRENTIN, Romario; DE SOUZA ROBAINA, Luís Eduardo. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do paraná (brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], vol. 19, no. 1, p. 33–57, 1 Jan. 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>.
- GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 1st ed. [S. l.: s. n.], 2004.
- JASIEWICZ, Jarosław; STEPINSKI, Tomasz F. Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, [s. l.], vol. 182, p. 147–156, 15 Jan. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>.
- MUCIVUNA, Vanessa Costa; GARCIA, Maria da Glória Motta; REYNARD, Emmanuel. Criteria for Assessing Geological Sites in National Parks: a Study in the



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Itatiaia National Park, Brazil. **Geoheritage**, [s. l.], vol. 14, no. 1, 1 Mar. 2022. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00633-0>.

MUCIVUNA, Vanessa Costa; GARCIA, Maria da Glória Motta; REYNARD, Emmanuel; ROSA, Pedro Augusto da Silva. 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.], vol. 10, no. 2, p. 252–272, 1 Jun. 2022. <https://doi.org/10.1016/J.IJGEOP.2022.04.004>. Accessed on: 18 Dec. 2024.

NUNES, Isaias Duarte; DE FREITAS, Simão Batista; DA, Deivid Luam; PANTA, Silva; LIMA, Kleber Carvalho. **MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE DETALHE: APLICABILIDADE NO CONTEXTO DA GEODIVERSIDADE E DA GEOCONSERVAÇÃO**. [S. l.: s. n.], 2024.

PEIXOTO, Carlos Augusto Brasil. **Geodiversidade do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2010.

SANTOS, Yasmim Rizzolli Fontana dos. **Cartografia geomorfológica de detalhe aplicada ao geopatrimônio: geomorfossítios do Projeto Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, SC/RS**. [s. l.], 2021. Available at: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/227002>. Accessed on: 18 Dec. 2024.

