

Caracterização da geologia e da geomorfologia do Parque Natural Municipal do Monte Mochuara, Cariacica, ES

*Geological and geomorphological characterization of the Monte Mochuara Municipal
Natural Park, Cariacica, ES*

Flávia Compassi da Costa¹ , Rodson de Abreu Marques² , Victor Mateus Tavares Fernandes² ,
Amanda Abreu da Silva³ , Iago Mateus Lopes de Macêdo⁴ 

¹Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Campus Morro do Cruzeiro, s/n, Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto, MG, BR (flavia.compassi@aluno.ufop.edu.br; rodson.marques@ufop.edu.br)

²Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Escola de Minas, Departamento de Geologia, Ouro Preto, MG, BR (vmtfernandes@gmail.com)

³Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Departamento de Geologia, Vitória, ES, BR (abreuamandageo@gmail.com)

⁴Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Faculdade de Geologia, Rio de Janeiro, RJ, BR (lopes.iago1@gmail.com)

Recebido em 11 de outubro de 2021; aceito em 10 de maio de 2022

Resumo

O Parque Natural Municipal do Monte Mochuara, em Cariacica, região da Grande Vitória, Espírito Santo, constitui uma importante unidade de conservação, abrigando fragmentos preservados da mata atlântica. A região, contudo, carece de estudos específicos que auxiliem na preservação do meio abiótico, contribuição esta objetivada pelo presente trabalho. A área tem seu contexto geológico inserido no Orógeno Araçuaí, porção setentrional da Província Mantiqueira, edificado nos eventos colisionais reunidos no Ciclo Brasileiro durante o Neoproterozoico. A cartografia geológica da região salienta três unidades litológicas: Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaiss, Biotita Granito e Cobertura Sedimentar. Diques pegmatíticos e de diabásio são frequentes. A geomorfologia do parque é caracterizada pela ocorrência de patamares escalonados, moldados em níveis topográficos crescentes, resultante das variações entre conjuntos litológicos e estruturas resultantes de diversas interações tectônicas e elementos da dinâmica externa. Dados estruturais indicam dois *trends* principais de lineamentos: um dominante, de direção N10-30W, condicionando as principais cristas e vales; e outro, menos frequente, de direção N30-50E, condicionando a geomorfologia da porção sudeste do parque. A atual configuração da paisagem do Mochuara é resultado da interação entre agentes intempéricos, tipos litológicos e diversas estruturas geológicas. Os dados de geologia e geomorfologia gerados por este trabalho atuam como subsídios para o plano de manejo do parque e para a definição de pontos de interesse turístico e didático-pedagógico na região do Mochuara.

Palavras-chave: Geociências; Geodiversidade; Geoturismo; Geoconservação.

Abstract

The Mochuara Mount Natural Municipal Park, in Cariacica, Vitória region, Espírito Santo, is an important conservation unit, housing preserved fragments of the Atlantic Forest. The region, however, lacks specific studies that help the preservation of the abiotic environment, which is the contribution objectified by the present study. The area has its geological context inserted in the Araçuaí Orogen, northern portion of the Mantiqueira Province, built in the collisional events gathered in the Brazilian Cycle during the Neoproterozoic. The geological cartography of the region highlights three lithological units: Sillimanite-Cordierite-Garnet-Biotite Gneiss, Biotite Granite, and Sedimentary Cover. Pegmatitic and diabasium dikes are frequent. The geomorphology of the park is characterized by the occurrence of staggered levels, molded into increasing topographic levels, resulted of the variations between lithological sets and structures resulting from various tectonic interactions and elements of external dynamics. Structural data indicate two main trends of lineaments: a dominant one, in the N10-30W direction, conditioning the main ridges and valleys; and another one, less frequent, of N30-50E direction, conditioning the geomorphology of the southeast portion of the park. The current configuration of the Mochuara landscape is the result of the interaction between weather factors, lithological types, and various geological structures. The geology and geomorphology data generated by this work act as subsidies for the park's management plan and for the definition of tourist and didactic-pedagogical points of interest in the Mochuara region.

Keywords: Geosciences; Geodiversity; Geotourism; Geoconservation.

INTRODUÇÃO

O geoturismo é o segmento turístico que tem como foco a geodiversidade. Esta, por sua vez, pode ser entendida como a tríade constituída de materiais, formas e processos do mundo abiótico (Gray, 2004). Entre os objetivos do geoturismo, um deles contempla a conscientização e sensibilização da comunidade local dos elementos da geodiversidade, para a sua valoração e conservação. Entende-se geodiversidade como o conjunto de recursos geológicos, geomorfológicos, seus fenômenos e processos ativos, bem como outros sistemas criados como resultados dos processos naturais endógenos e exógenos e a atividade humana, que dão origem às paisagens terrestres (Figueiró e Von Ahn, 2019). Sobre a ideia de geodiversidade se desenvolve a de geoconservação (Mantesso-Neto, 2010), entendida como a conservação dos elementos da geodiversidade (Nascimento et al., 2008), tendo como objetivo preservar as ocorrências geológico-geomorfológicas resultantes de processos naturais e/ou antrópicos com inegável valor científico, pedagógico, cultural ou turístico (Brilha, 2005).

Unidades de conservação (UC) são espaços territoriais de relevante interesse natural atribuídos de garantias adequadas de proteção (Brito, 2000). A importância da criação e gestão dessas unidades por órgãos governamentais e/ou pela iniciativa privada é traduzida na concepção de inúmeros parques naturais (nas esferas nacional, estadual e municipal), a exemplo do Parque Natural Municipal (PARNAM) do Monte Mochuara, em Cariacica, na região da Grande Vitória, no estado do Espírito Santo, criado pelo Decreto nº 031/2007, abrangendo as áreas do maciço granítico do Monte Mochuara, numa área de 436,18 hectares, o que representa 1,52% da área total do município de Cariacica.

Nos últimos anos, as UC têm desenvolvido papel fundamental no estreitamento de vínculos entre o conhecimento científico e a população em geral. Além disso, elas são preponderantes na função de proteção do patrimônio ambiental.

Tendo em vista a importância dotada a tais áreas, o conceito de UC vem sendo integrado ao de geoparques (UNESCO, 2021), aproximando atributos ambientais dos aspectos geológicos e tornando-se um crescente no país, porém ainda sem o devido grau de qualidade necessário (Bacci et al., 2009). Nessa linha, diversos projetos têm sido propostos no estado do Espírito Santo, como o Parque Estadual da Pedra Azul (em Domingos Martins, região serrana capixaba — Reis, 2017), o Parque Estadual Cachoeira da Fumaça (em Alegre, na região do Caparaó — Turbay et al., 2012; Silva, 2014) e o Parque Nacional dos Pontões Capixabas (em Pancas, no noroeste capixaba — Ribeiro, 2017), que já atuam como modelos a serem seguidos, contudo nenhum deles foi posto em prática ainda.

De acordo com a Lei federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000), Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), em seu artigo oitavo, é

estabelecido que o grupo das unidades de proteção integral é composto das seguintes categorias de UC: estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural e refúgio de vida silvestre. De acordo com o Art. 11 da lei supracitada, a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo interpreta que os parques naturais municipais no Brasil são incluídos na categoria de proteção integral (SMVMA-SP, 2020), legitimando a preservação dos meios naturais (bióticos e abióticos), e neles a utilização desses recursos é concebida somente de modo indireto. São incluídos, portanto, como UC.

Brilha (2005) enumera fatores fundamentais que devem ser incluídos para a geoconservação, como a inventariação, a quantificação, os processos de classificação e a conservação de geossítios e a monitorização e estratégias em áreas restritas e extensas. Mansur (2010) sugere a intensificação dos trabalhos de divulgação geológica, e a compreensão para o mecanismo imprescindível para a geoconservação são a relevância e a dimensão do reconhecimento do patrimônio pela comunidade. No âmbito do ensino, Jorge e Guerra (2016) ressaltam a importância do geoturismo como forma de difusão desses preceitos, despontando como um mecanismo reiteradamente desafiador na divulgação e popularização das ciências da terra.

O PARNAM do Monte Mochuara, em Cariacica, possui importância singular na região metropolitana da Grande Vitória, sobretudo por exibir fragmentos preservados da mata atlântica em seus domínios. Adicionalmente, a junção de aspectos como natureza preservada e belas paisagens próxima ao maior centro urbano do Espírito Santo (a região metropolitana da Grande Vitória) confere atrativos turísticos apropriados à região. De acordo com o *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), historicamente o nome Mochuara tem duas vertentes: a primeira significa *imã*, provinda dos índios que habitavam o local, e a segunda deriva da palavra *lenço* em francês (*mouchoir*), oriunda de corsários franceses, em alusão à neblina que cobria o monte.

Embora inúmeros elementos pontuem a favor do PARNAM do Monte Mochuara, este carece de dados, especialmente geológicos/geomorfológicos, disponíveis em seu arcabouço turístico, como limites do parque não identificados, trilhas pouco sinalizadas e privadas à promoção da educação geoambiental, fatores que contribuem para o não aproveitamento do potencial local.

Além disso, é comum o fato de que em grande parte das UC a instauração do plano de manejo tenda a se ater sobremaneira a aspectos faunísticos e florísticos. Geralmente, pouca importância é atribuída a aspectos físicos como geomorfologia e geologia (Brilha, 2002). Isso se deve em parte pela grande necessidade da proteção ambiental do arcabouço biótico do parque, mas também pelo precário acervo de informações geológicas disponíveis para uso e integração.

De acordo com Bissig (2008), o mapa pode ser trabalhado em dois níveis diferentes, como ferramenta de trabalho e

como ferramenta de comunicação, nos estudos associados ao geoturismo. Segundo Carton et al. (2005), o segundo grupo refere-se a mapas para a comunicação do conteúdo científico para um público não especialista. A interpretação da geodiversidade é a base para uma estratégia de geoturismo, visto que pessoas que realizam esse tipo de atividade possuem interesse pelos aspectos geológicos e geomorfológicos da região (Moreira, 2009).

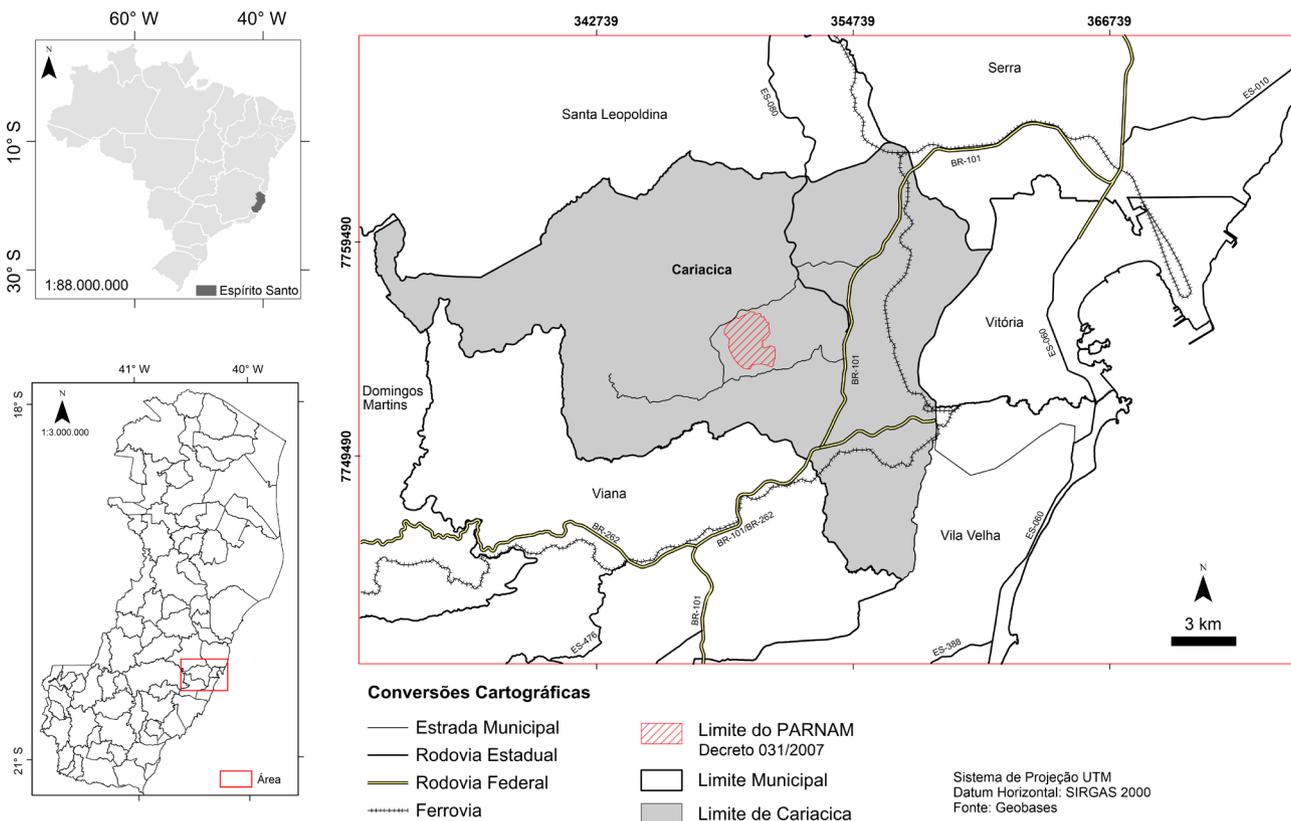
Nesse âmbito, este trabalho visou apresentar dados geológicos e geomorfológicos obtidos na área do PARNAM do Monte Mochuara. Os dados pontuam aspectos como os tipos de rocha e estruturação geológica e a geomorfologia do parque, bem como a síntese da história geológica e geomorfológica do PARNAM do Monte Mochuara. O produto gerado poderá ser integrado a dados ambientais do parque, contribuindo para a inserção da prática do geoturismo na região, bem como com uma das premissas da geoconservação, a valorização e divulgação do patrimônio geológico. Tais ações visam referendar a importância didática e científica, formas e processos presentes na paisagem do parque, auxiliando um contexto do ensino-aprendizagem de forma ativa, experiencial e transformadora no ensino das geociências.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O PARNAM do Monte Mochuara está localizado na porção rural do município de Cariacica, região metropolitana da Grande Vitória, ES, no sudeste brasileiro (Figura 1). Distante cerca de 15 km da capital do estado, os principais acessos ao parque se dão, a sul, pela ES 060 e pela BR 262 em sentido à BR 101 e a norte via ES 080 e ES 010. Ao atingir as rodovias citadas, o acesso à área do parque se faz necessário pelas estradas municipais ou vicinais, percorrendo-se uma distância de 4 km.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área do presente estudo está situada, em termos geológicos, na contraparte brasileira do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (Pedrosa-Soares et al., 2001), na porção setentrional da Província Mantiqueira (Heilbron et al., 2004). O Orógeno Araçuaí é resultado da colisão dos crátons São Francisco e Congo Ocidental durante o Neoproterozoico e o Cambriano, nos eventos de colagem reunidos no que ficou conhecido



Fonte dos dados vetoriais: Geobases (2002).

Figura 1. Mapa de localização e vias de acesso do Parque Natural Municipal do Monte Mochuara.

como Ciclo Brasileiro/Pan-Africano e que culminaram com a formação do supercontinente Gondwana Ocidental (Heilbron et al., 2004; Alkmim et al., 2006; Hasui, 2010).

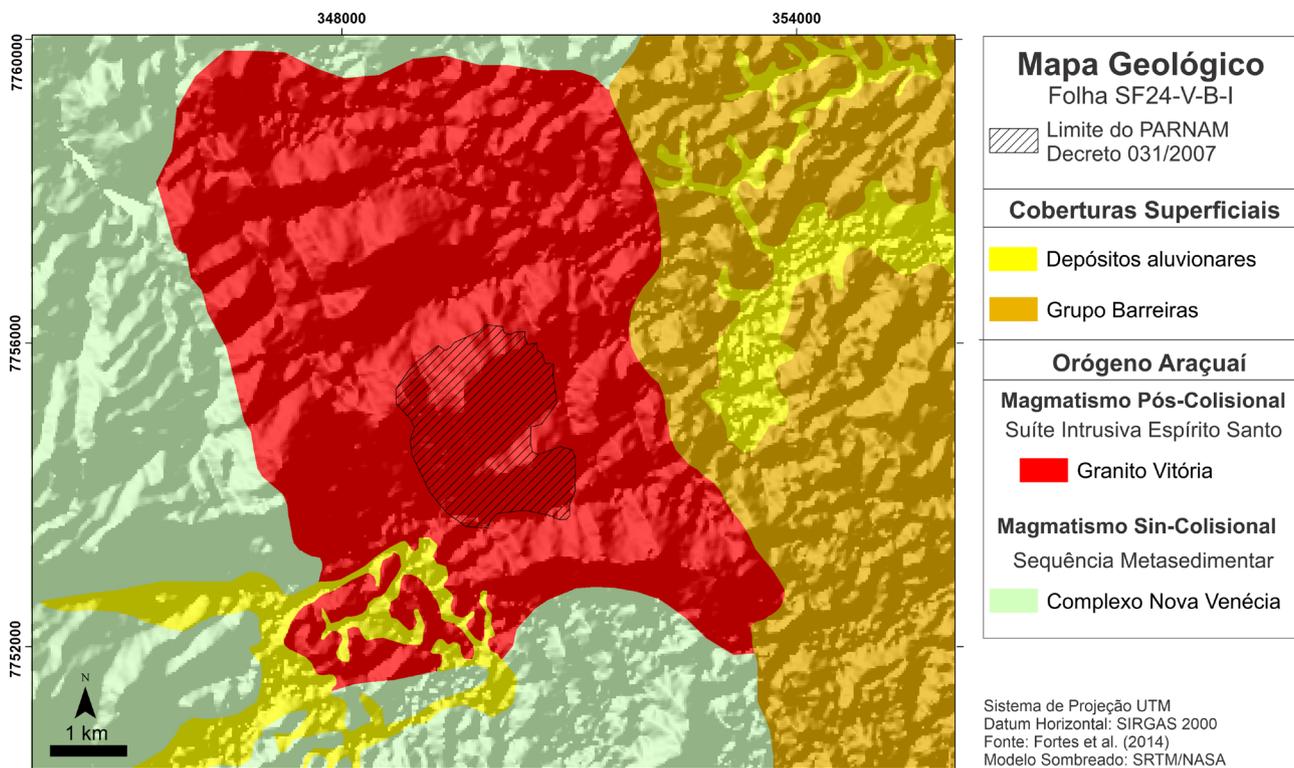
O arcabouço geológico do Orógeno Araçuaí é formado por uma vasta gama de rochas metamórficas (sequências metavulcanossedimentares mesoproterozoicas e ortogranelitos paleoproterozoicos) intrudidas por diversas gerações graníticas (pré, sin, tardi e pós-colisional) (Pedrosa-Soares et al., 2001, 2011; Alkmim et al., 2006; Gradim et al., 2014). Vieira e Menezes (2015) relatam o registro da reativação de estruturas, falhamentos e intrusão de magmas básicos na forma de diques de diabásio e basálticos, como resultado da tectônica distensiva mesozoica, afetando as rochas brasileiras.

A região de estudo posiciona-se no interior do núcleo anatético metamórfico, onde afloram, segundo Fortes et al. (2014) e Vieira e Menezes (2015), paragneisses aluminosos granulizados (e em parte migmatizados) do Complexo Nova Venécia intrudidos por granitos porfiríticos indeformados, pós-colisionais, do Maciço Vitória (Supersuíte G5 do Orógeno Araçuaí de Pedrosa-Soares et al., 2001, 2011), depósitos detríticos mal selecionados datados do Mioceno e pertencentes ao Grupo Barreiras e depósitos fluviais argilo-arenosos recentes (Figura 2).

CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

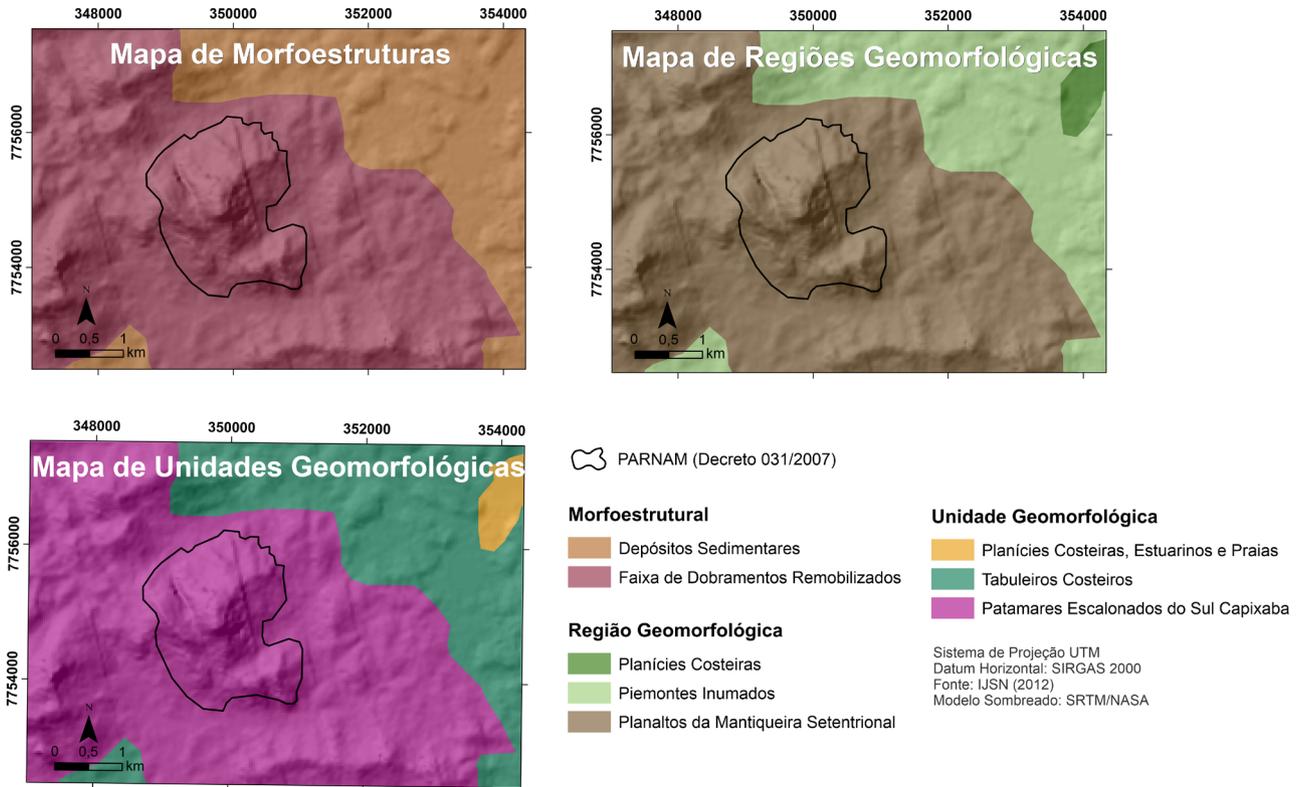
O mapeamento geomorfológico do Espírito Santo, por Coelho et al. (2012) em parceria com o Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), divulgou as classes de relevos fundamentadas nas pesquisas do Projeto Radambrasil (1983, 1987). Com base nos conceitos estabelecidos no Manual Técnico de Geomorfologia (IBGE, 2009) e nos termos de geologia e geomorfologia propostos por Suguio (1998), a área do PARNAM se insere-se na (Figura 3):

- Unidade morfoestrutural Faixa de Dobramentos Remobilizados: compreende uma faixa com evidências de movimentos crustais, com marcas de falhamentos transversos e deslocamento de blocos impondo controles estruturais sobre a morfologia atual;
- Região geomorfológica dos Planaltos da Mantiqueira Setentrional: regiões de aspecto montanhoso fortemente dissecado e de altitudes variadas;
- Unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba: caracterizada por ressaltar níveis de dissecção escalonados — formando patamares — delimitados por frentes escarpadas adaptadas a falhas voltadas para NW e caimento topográfico para SE.



Fonte: adaptada de Fortes et al. (2014).

Figura 2. Mapa geológico em detalhe da região analisada.



Fonte: modificada de Coelho et al. (2012).

Figura 3. Mapa geomorfológico da área do Parque Natural Municipal do Monte Mochuara, com a sua classificação em morfoestruturas, regiões e unidades geomorfológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do presente trabalho envolveu, em um primeiro momento, a compilação de dados bibliográficos no intuito de subsidiar a comparação e correlação dos resultados gerados e de dados cartográficos, extraídos da Folha Vitória 1:50.000 (IBGE, 1980), utilizados na confecção de mapas para o planejamento e desenvolvimento das atividades de campo. Também foram realizadas a fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação de recortes de ortofotos 05/28-016, 05/28-017, 05/29-032 e 05/29-033, do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2007-2008), e de relevo sombreado, altimetria e declividade, geradas pelo *software* ArcGis® 10.5 por meio do *shuttle radar topography mission* (missão topográfica de radar embarcado — SRTM) disponibilizado pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA). A extração de feições lineares seguiu a metodologia de Liu (1988), e o tratamento estatístico dos dados obtidos foi realizado por meio dos *softwares* Rockworks (para geração de diagramas de roseta) e IBM Statistics (para geração de histogramas).

Em um segundo momento, foram realizadas atividades de campo para o mapeamento geológico da região do

PARNAM do Monte Mochuara na escala 1:25.000, com observação e descrição de afloramentos, coleta de amostras para confecção de lâminas delgadas de rocha e de atitudes de estruturas lineares e planares, bem como observação e descrição geomorfológica. A compilação dos dados e das informações das feições também fez uma das etapas da perspectiva metodológica.

Lineações e lineamentos são definidos como alinhamentos estruturais unidimensionais de componentes internos de uma rocha que é exposta a agentes externos (O’Leary et al., 1976). A análise estrutural de dados de sensoriamento remoto fornece um método seguro e rápido para avaliar o significado estrutural regional (Mizababaei et al., 2016). Para a classificação dos lineamentos, se utilizou a direção preferencial ou *trends* de ocorrência, como índice de classificação e individualização de sistemas (Liu, 1988). Liu (1988) emprega o método de multiescala e produtos digitais de fontes distintas, como ortofotos e modelo digital de terreno (MDE). Assim, foram traçados todos os segmentos retos (cristas alinhadas, fundos de vale e drenagens) confeccionados em *overlays* apresentados por essas imagens. Com base nesses lineamentos, foram gerados diagramas de roseta para a identificação e análise de direções, pelo

software SPRING. Esse procedimento permitiu analisar os principais *trends* direcionais.

Por conseguinte, o trabalho envolveu a confecção de lâminas delgadas no Laboratório de Preparação de Amostras do Departamento de Geologia da UFES e a descrição de lâminas de rocha em microscópio petrográfico de luz transmitida (modelo NIKON E200).

Por fim, houve a compilação dos dados de campo, discussão, elaboração de um painel didático-pedagógico e interpretação para a integração da síntese dos aspectos evolutivos (geológicos e geomorfológicos) da região como subsídio para a inserção da prática do geoturismo no PARNAM do Monte Mochuara. Segundo Oliveira et al. (2017), não existe uma regra geral para confecções de painéis, entretanto vários autores citados no artigo apresentam sugestões de como elaborá-los buscando uma harmonia entre os componentes e boa legibilidade. O painel elaborado possui 140 cm de largura por 90 cm de altura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos geológicos

De acordo com aspectos geológicos analisados em campo, definiu-se a cartografia de três unidades principais na região do PARNAM do Monte Mochuara (Figura 4):

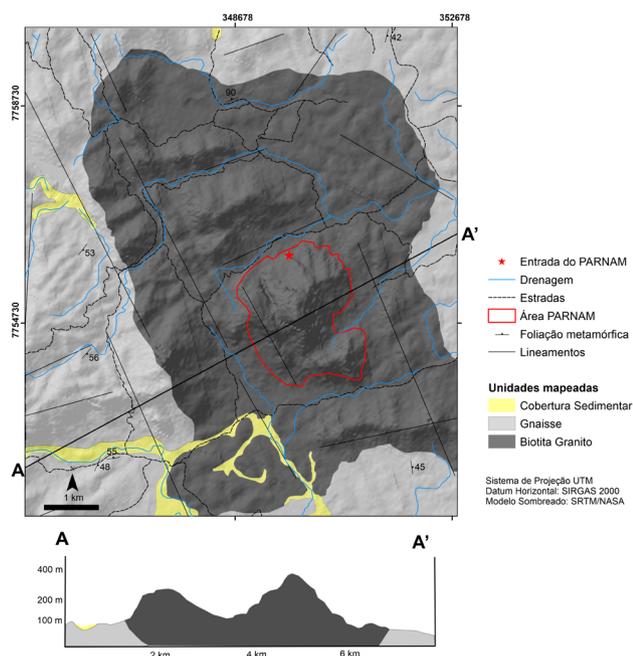


Figura 4. Mapa e perfil geológico da região do Parque Natural Municipal do Monte Mochuara e arredores.

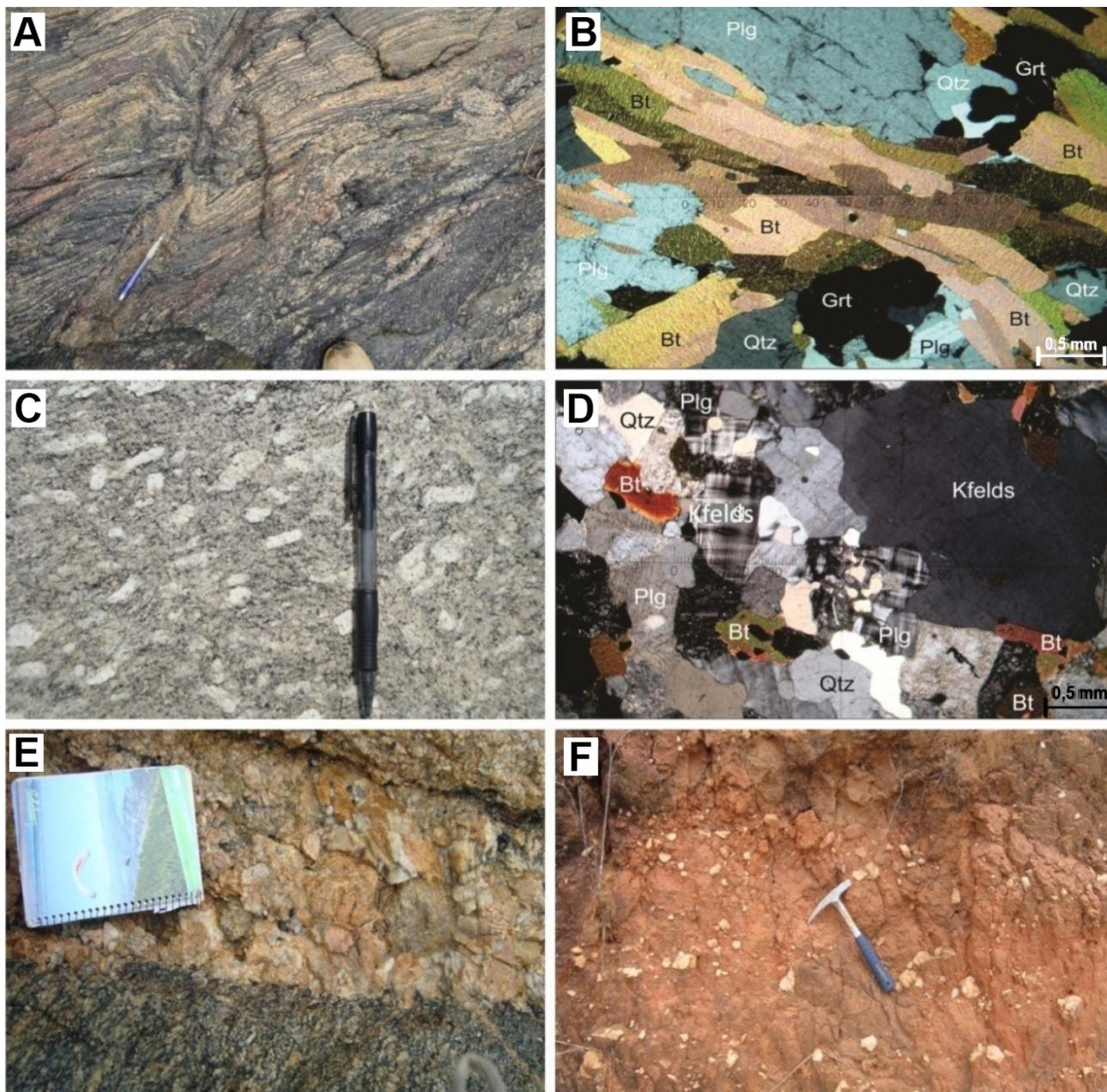
Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaiss, Biotita Granito e Coberturas Sedimentares. Secundariamente, não mapeáveis na escala proposta, ocorrem diques pegmatíticos e de diabásio.

O Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaiss ocorre em porções da área com topografia suave e relevo aplainado, com vegetação rasteira e constituindo a encaixante do corpo de Biotita Granito (Figura 5A). Os afloramentos dessa unidade são encontrados em cortes de estrada e em pequenos lajedos próximo a drenagens. O bandamento gnáissico é de espessura centimétrica, irregular e descontínua, com direção predominantemente NE e mergulho de moderado ângulo para SE. Localmente são observados dobramentos em escalas centimétricas a decimétricas, concordantes com a direção do bandamento. A rocha possui coloração esbranquiçada a levemente azulada e textura inequigranular fina a grossa, com cristais que variam em tamanho de 0,5 a 7 mm. Além disso, a rocha exibe textura granolepidonematoblástica, com orientação de biotita (Figura 5B) e sillimanita. A mineralogia (composição modal) essencial é dada por ortoclásio (21%), quartzo (18%), plagioclásio (16%), biotita (13%), granada (11%) e cordierita (11%). Como minerais acessórios, tem-se sillimanita (3%), hercinita (> 2%), zircão (> 1%) e minerais opacos (> 2%). Como minerais secundários (produtos de alteração), elencam-se clorita e sericita, somando menos que 2%.

O Biotita Granito ocorre em regiões de topografia íngreme, caracterizadas por relevo do tipo pão de açúcar, com pontões (cristas) bem delineados. As exposições rochosas ocorrem em blocos rolados, em afloramentos do tipo lajedos e no Monte Mochuara propriamente dito. Apresenta uma intensa rede de fraturas irregulares, de espaçamento e direções variadas. A rocha possui coloração acinzentada a amarelada e textura inequigranular fina a média, com cristais de 0,1 a 3 mm de tamanho. Possui estrutura maciça (sem orientação) predominante, porém, subordinadamente, algumas porções exibem fenocristais de K-feldspato alinhados por fluxo magmático (Figura 5C). A mineralogia essencial é dada por microclínio (33%), quartzo (27%), plagioclásio (17%) e biotita (12%) (Figura 5D). Como minerais acessórios, listam-se apatita (> 1%), zircão (> 1%) e minerais opacos (7%), e como minerais secundários, clorita e sericita, somando menos de 2%.

Os corpos pegmatíticos ocorrem em formas alongadas e de espessuras centimétricas a decimétricas (Figura 5E), com coloração clara e granulação grossa a muito grossa (> 10 mm de tamanho). São compostos essencialmente de quartzo (36%), K-feldspato (30%), plagioclásio (26%) e biotita (8%).

O diabásio ocorre como corpos alongados e de espessuras métricas, de coloração escura e coloração fina, com



Qtz: quartzo; Plg: plagioclásio; Kfelds: feldspato potássico (microclínio e ortoclásio); Bt: biotita; Grt: granada.

Figura 5. Unidades litológicas cartografadas na região do Mochuara: (A) aspectos do Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaissse em campo; (B) fotomicrografia em luz polarizada do Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaissse, com a clara orientação de biotita; (C) fenocristais orientados por fluxo magmático de K-feldspato na unidade Biotita Granito; (D) fotomicrografia em luz polarizada do Biotita Granito; (E) dique pegmatítico (cor clara) intrudido em gnaissse; (F) sedimentos flúvio-aluvionares.

composição essencial dada por plagioclásio (50%), piroxênio (35%) e minerais opacos (15%).

A Cobertura Sedimentar abrange sedimentos flúvio-aluvionares, restritos às calhas das principais drenagens da região e compostos predominantemente de areia quartzosa

e lama (Figura 5F) e depósitos de tálus, restritos ao sopé de encostas, com blocos caídos e/ou rolados. Ambas recobrem as unidades anteriores.

As características dos litotipos encontrados, bem como os aspectos de campo, permitem a correlação deles com

unidades estratigráficas regionais já definidas em trabalhos anteriores. O Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaiss pode ser correlacionado ao Complexo Nova Venécia (unidade metassedimentar de alto grau metamórfico — Vieira e Menezes, 2015), e o Biotita Granito, ao Maciço Vitória (magmatismo pós-colisional do Orógeno Araçuaí — Vieira e Menezes, 2015). Os corpos pegmatíticos podem ser interpretados como oriundos da cristalização de fluidos tardios derivados da cristalização do próprio Maciço Vitória, o

que já foi observado em outros plútons pós-colisionais no sul do Espírito Santo (*e.g.*, no Maciço Mimoso do Sul, em Mimoso do Sul, e no Maciço Santa Angélica, em Alegre — Vieira e Menezes, 2015; Zanon et al., 2015). Os diques de diabásio, por sua vez, podem ser correlacionados ao magmatismo Mesozoico, dos processos de rifteamento do Supercontinente Pangeia e abertura do Atlântico Sul (Vieira e Menezes, 2015). Já os depósitos flúvio-aluvionares podem ser correlacionados às deposições ativas do Quaternário.

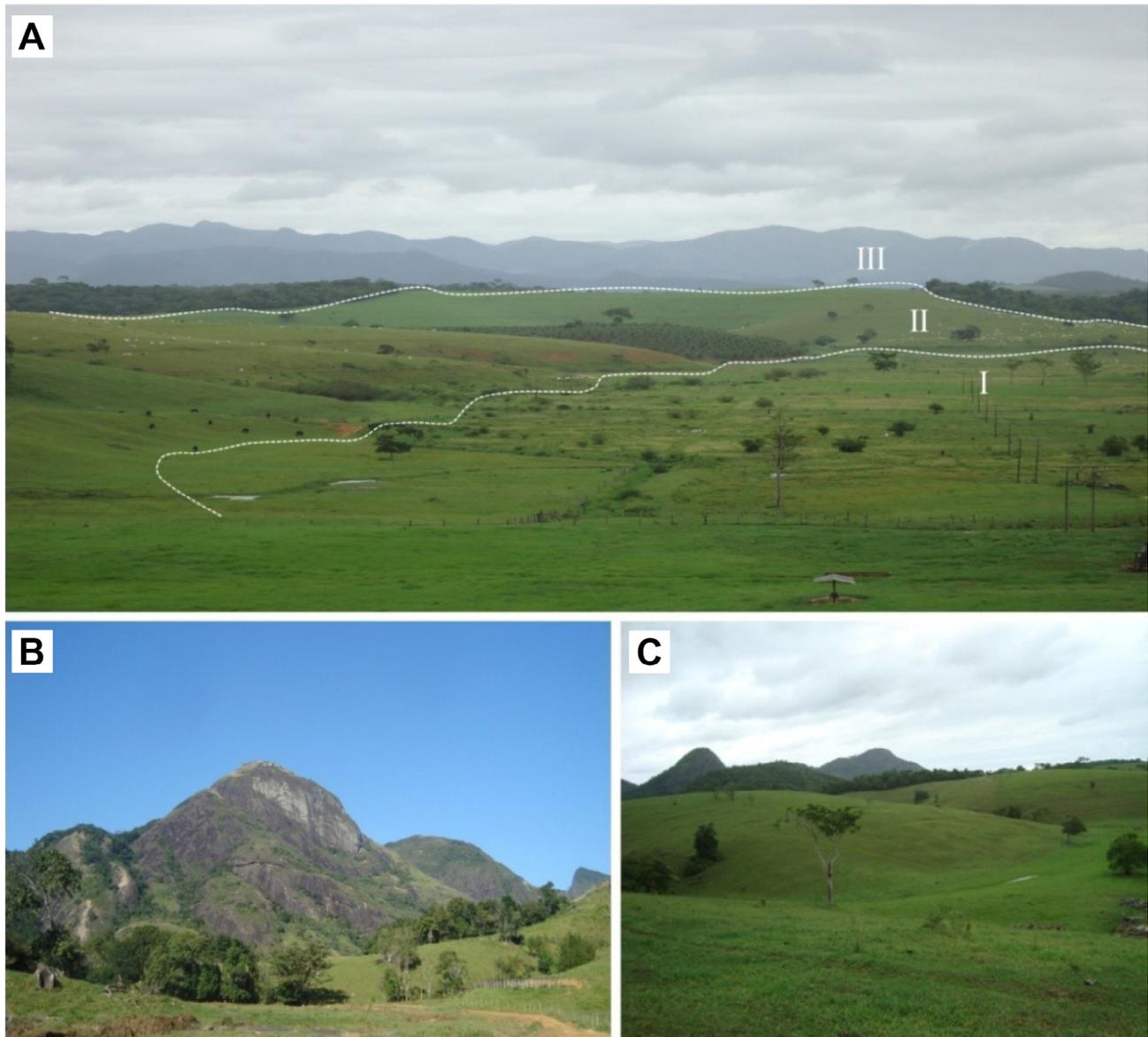


Figura 6. Principais elementos geomorfológicos da área de estudo: (A) três patamares observados na região; (B) Monte Mochuara, correspondente ao patamar geomorfológico III (de maior elevação topográfica); (C) em primeiro plano, colinas suaves referentes ao patamar geomorfológico II e, ao fundo, patamares topograficamente elevados (patamar geomorfológico III).

Aspectos geomorfológicos

No que tange aos elementos geomorfológicos do PARNAM do Monte Mochuara, são observáveis três superfícies, ou patamares geomorfológicos (Figura 6A). A configuração desses patamares obedece às variações entre conjuntos litológicos e estruturas associadas resultantes de diversas interações tectônicas, relacionados a elementos referentes à dinâmica externa, como aspectos climáticos.

O nível topográfico mais elevado refere-se ao Monte Mochuara (Figura 6B). É constituído estritamente de rochas graníticas com morfologia dômica. Exibe relevo tipo pão de açúcar com individualização de pontões (cristas), por causa da grande ocorrência de estruturas geológicas como fraturas e falhas. A rede de drenagem nesses níveis topográficos obedece ao padrão radial.

O nível topográfico intermediário corresponde à área periférica do Monte Mochuara (Figura 6C). Essa região é constituída principalmente de rochas gnáissicas e exibe morfologia configurada sob forma de colinas suaves e porções peneplanizadas subordinadas. A rede de drenagem nesses níveis intermediários obedece ao padrão dendrítico.

Uma particularidade que compõe a estruturação da paisagem da região concerne à Faixa Colatina Vitória (Novais et al., 2004), a qual se refere a inúmeros lineamentos regionais oriundos do Ciclo Brasileiro e tectonicamente reativados na separação no Mesozoico nos processos de abertura do Atlântico Sul (Silva et al., 1987). Esses lineamentos, observáveis em ortofotos e MDEs, agem no sentido de emoldurar o relevo. Na região do Mochuara, essa estruturação corresponde ao alinhamento de topos de morros (cristas) e incisão de vales, acompanhados ou não de drenagens, todos segundo orientação espacial Noroeste (NW). Esses alinhamentos geomorfológicos são observados em todos os níveis descritos no presente trabalho.

De acordo com a Figura 7 e a classificação de montanhas proposta por Faria (2005), com base no relevo relativo (altura), define-se que a área do PARNAM do Monte Mochuara é classificada como montanha baixa (com variação de altura de 0 a 700 m). Para a geomorfologia, em geral, considera-se montanha com elevação maior que 300 metros em relação à base, porém deve possuir declividade acentuada. Segundo o mapa de declividade (Figura 8), a área do parque está variando de 20 a mais de 75% de declividade, sendo esta classificada como forte ondulada a escarpada.

Estruturação local

Com a extração de feições lineares, com base nos ortofotos e MDE (Figuras 9A e 9B) e sua análise, são identificados dois *trends* estruturais (direções estruturais) principais. O *trend* estrutural dominante apresenta direção N10-30W, correspondendo aos lineamentos mais frequentes (Figura

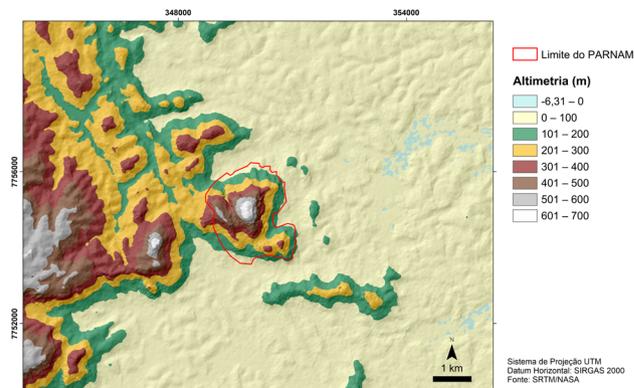


Figura 7. Mapa de altimetria, gerado com shuttle radar topography mission (missão topográfica de radar embarcado - SRTM).

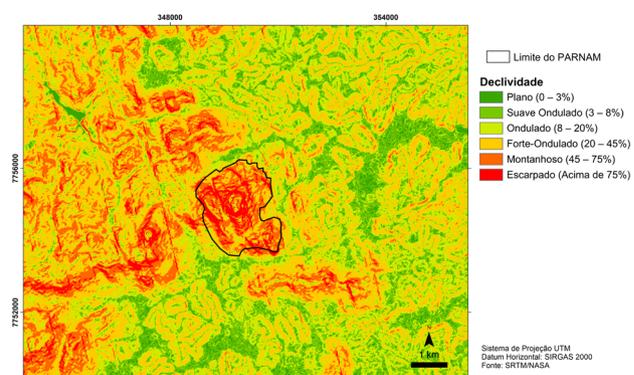


Figura 8. Mapa de declividade, gerado com shuttle radar topography mission (missão topográfica de radar embarcado - SRTM).

9C) e de maior extensão acumulada (Figura 9D), os quais condicionam as principais cristas e vales da área estudada. O segundo *trend* estrutural, de menor expressão, ocorre segundo a direção N30-50E e apresenta menor frequência e extensão acumulada (Figuras 9C e 9D) quando comparado ao conjunto N10-30W. A direção N30-50E condiciona a geomorfologia da porção sudeste da área.

Com a análise dos histogramas (Figuras 10A e 10B) e gráfico de dispersão (Figura 10C), verifica-se também a predominância de lineamentos no quadrante NW (245 lineamentos do total de 378; 64,8%) e que os lineamentos de direção NE são menos frequentes (133 lineamentos do total de 378; 35,2%). As direções WNW e ENE são as menos frequentes, com 6,3 (24 lineamentos) e 8,46% (32 lineamentos), respectivamente; seguidas da direção NNE, que também é pouco frequente (9,5%, 36 lineamentos). As direções NW e NE são relativamente frequentes, compondo 15,6 (59 lineamentos) e 17,2% (65 lineamentos),

respectivamente. A direção mais frequente, responsável por 42,8% dos lineamentos identificados (162 estruturas), é a NNW (Figuras 9 e 10).

Quanto ao comprimento absoluto dos lineamentos, pode-se perceber, ao analisar a Figura 10B, que a maior parte dos lineamentos é de comprimento reduzido e que poucos lineamentos têm comprimentos maiores que 1.500 m. Com base no comprimento dos lineamentos, estes foram subdivididos em quatro classes:

- lineamentos com comprimento entre 0 e 500 metros, 163 estruturas identificadas (43%);

- lineamentos com comprimento entre 500 e 1.500 metros, 189 estruturas (50%);
- lineamentos com comprimento entre 1.500 e 2.500 metros, 17 estruturas (4,5%);
- lineamentos com comprimento entre 2.500 e 3.700 metros, nove estruturas (2,5%) (Figura 10B).

Os lineamentos de direção NNW, apesar de serem muito frequentes, são de comprimento reduzido, enquanto os lineamentos de direção NE são pouco frequentes, mas possuem maiores extensões absolutas (Figura 10A).

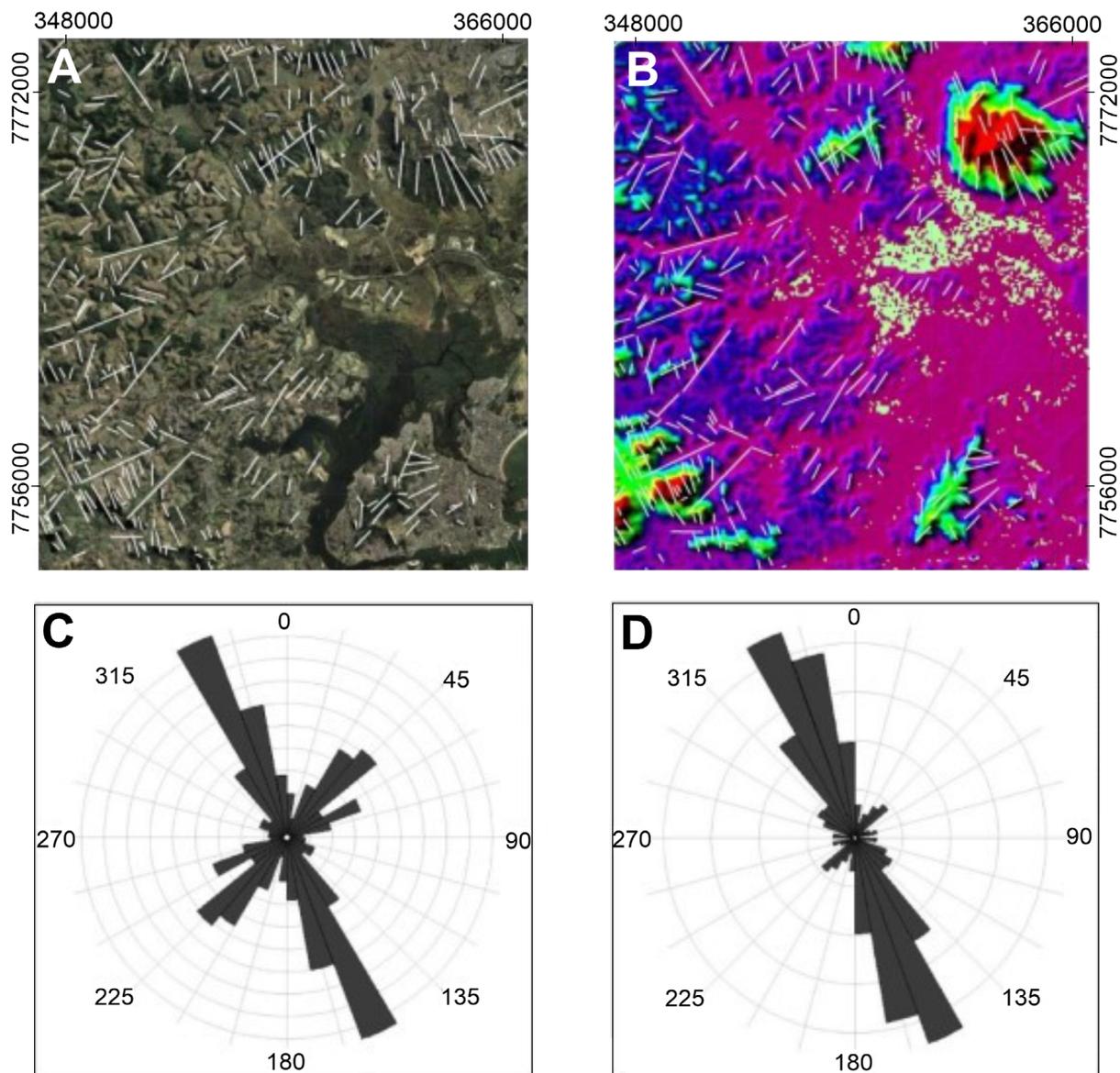


Figura 9. Feições lineares extraídas com base em (A) ortofotos e (B) modelos digitais de terreno e diagramas de roseta referentes ao (C) azimute, ou direção, acumulado e ao (D) comprimento acumulado de tais lineamentos ($n = 378$).

Evolução geológica e geomorfológica da região do PARNAM do Monte Mochuara

Pela integração dos dados de campo (geológicos e geomorfológicos), pelas análises de sensoriamento remoto e pela correlação desses dados com os encontrados na

literatura, é possível remontar a história evolutiva da região do PARNAM do Monte Mochuara, sendo esta reflexo da dinâmica compressional desenvolvida durante o Ciclo Brasileiro (entre 580 e 520 Ma, aproximadamente), de esforços distensionais durante a separação Brasil-África (a cerca de 120 Ma), aliados a aspectos da dinâmica

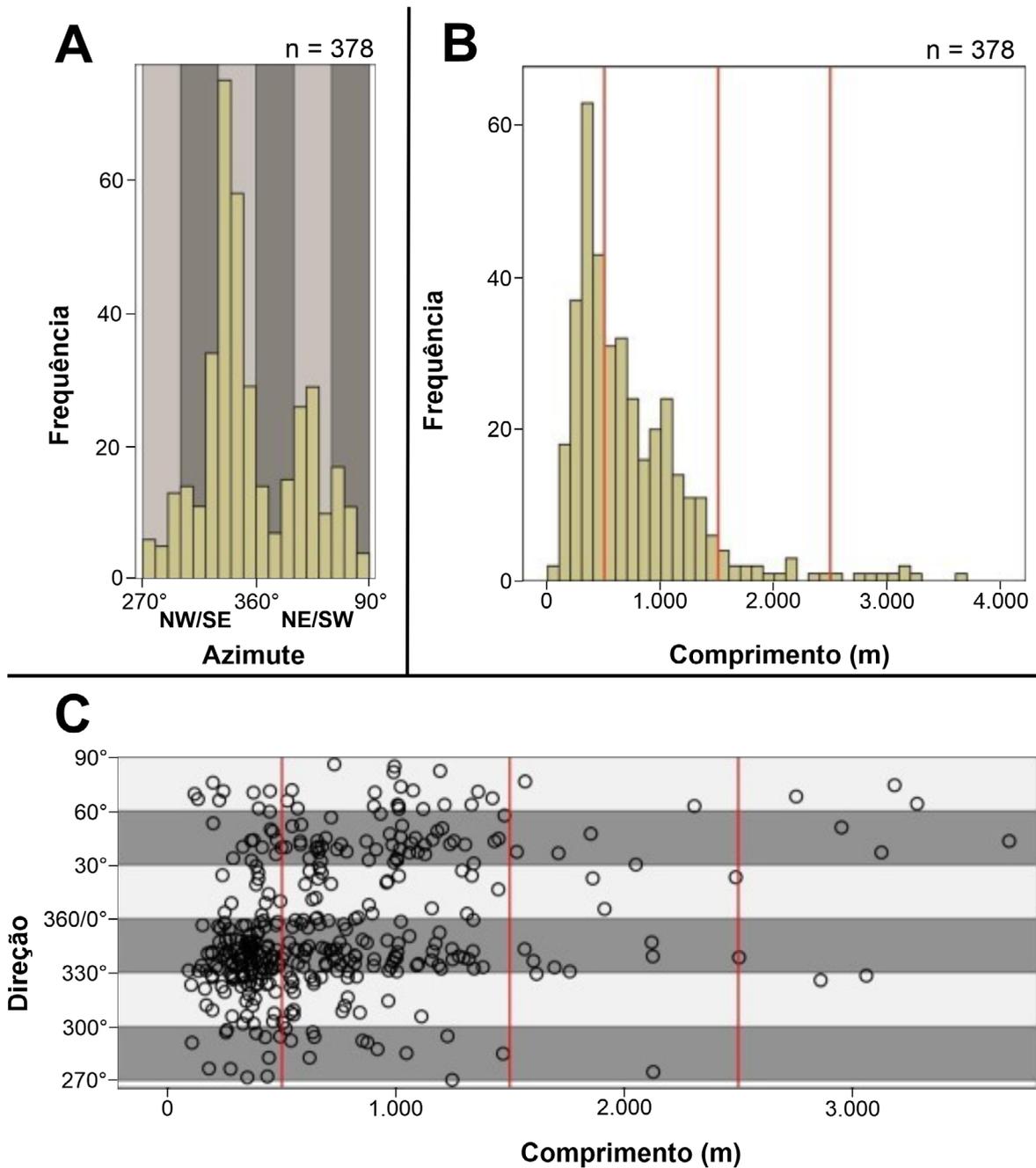


Figura 10. Apresentação gráfica das feições lineares: (A) histograma da distribuição de feições lineares por azimute; (B) histograma da distribuição de feições lineares por comprimento; (C) gráfico de dispersão com a razão direção versus comprimento (n = 378).

externa, a exemplo do clima. De maneira simplificada, a atual configuração da paisagem do Mochuara é resultado da interação entre agentes intempéricos, diferentes tipos rochosos e diversas estruturas geológicas de natureza planar, como bandamento gnáissico, falhas e fraturas (Figura 11A).

As zonas de intersecção entre essas estruturas propiciam condutos principais para a entrada e percolação de água, acentuando nessas zonas o intemperismo. Tal processo também seria o responsável pela individualização e segmentação do substrato rochoso, gerando pontões e blocos de rocha (Figura 11B).

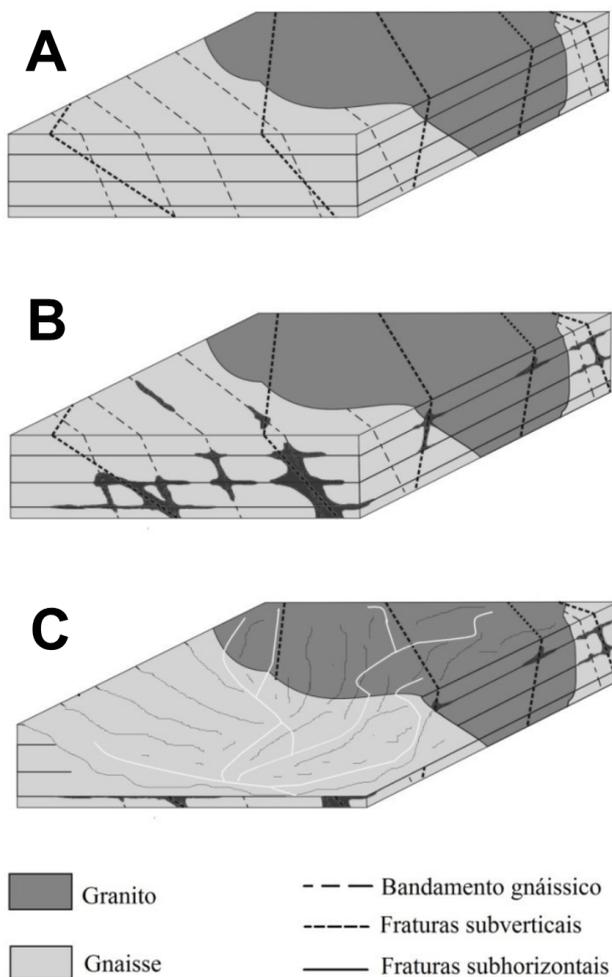


Figura 11. Evolução da paisagem da região do Mochuara: (A) arcabouço estrutural e litológico da área; (B) interação de agentes intempéricos como água, conduzida pela malha estrutural; (C) estágio avançado na dissecação do relevo e emolduração da paisagem, com imposição da rede de drenagem provinda de montante (granito) a jusante (gnaisse).

Ademais, o contraste litológico-estrutural entre rochas graníticas e gnáissicas é observado na evolução da paisagem. Com a ação dos agentes intempéricos, as rochas graníticas sobressaem no relevo em detrimento às rochas gnáissicas, mais suscetíveis ao intemperismo e, portanto, atreladas às regiões aplainadas (Figura 11C). Uma explicação para isso pode ser a ausência de estruturas, como o bandamento, por parte dos granitos, uma forma a menos de canalizar a água e potencializar (acelerar e/ou intensificar) o intemperismo.

Por conseguinte, a associação de estruturas geológicas e diferentes tipos litológicos molda inicialmente a paisagem da região e culmina com a instauração da rede de drenagem. A rede de drenagem imposta à montante nas rochas graníticas e a jusante nas rochas gnáissicas atua no papel final de evolução geomorfológica, erodindo maciços rochosos e transportando sedimentos provindos deles (Figura 11C).

Material didático-pedagógico

Com o intuito de se referendar a importância didática e científica dos materiais, formas e processos presentes na paisagem do parque à população, foi desenvolvida uma proposta de um painel geoturístico (Documento Suplementar). Tal produto contém os aspectos que explicitam a notoriedade e conscientização da geodiversidade e do geoturismo no PARNAM do Monte Mochuara, informações estas que ainda são pouco difundidas no ensino (educação básica) e no estado do Espírito Santo (população).

CONCLUSÕES

Foram reconhecidas três unidades mapeáveis na região do Mochuara. São elas: Sillimanita-Cordierita-Granada-Biotita Gnaisse, Biotita Granito e Cobertura Sedimentar. Diques pegmatíticos e de Diabásio ocorrem, porém não mapeáveis em escala 1:25.000.

As rochas gnáissicas são oriundas da fase colisional do Orógeno Araçuai, podendo ser correlacionadas ao Complexo Nova Venécia. A associação mineral encontrada nessas rochas pressupõe metamorfismo de fácies granulito por meio de protólito (rocha preexistente) sedimentar. Os gnaisses ocorrem na região periférica da área cartografada.

As rochas graníticas são oriundas da fase pós-colisional do Orógeno Araçuai (da fase de colapso do edifício orogênico). Estão relacionadas à fusão de crosta continental profunda, no núcleo do Orógeno, desencadeada pela ascensão da astenosfera. Os granitos ocorrem na porção central da área cartografada, compondo também o Monte Mochuara.

A Cobertura Sedimentar representa depósitos próximos de encostas com sedimentos grossos (blocos, matacões) e depósitos sedimentares arenosos e argilosos próximo a drenagens.

No que tange à geomorfologia, são distinguíveis três domínios geomorfológicos. O primeiro, de maior elevação topográfica, refere-se a pães de açúcar e pontões graníticos. O patamar intermediário é característico de relevo de colinas em topografia suave. Nesse patamar são encontradas as rochas gnáissicas. No nível de menor elevação predominam as coberturas sedimentares, associadas à rede de drenagem e ao nível de base local. Todos os níveis geomorfológicos são seccionados por estruturas lineares regionais (lineamentos) de direção NW-SE.

Este trabalho objetivou caracterizar a região do Monte Mochuara para valorizar e divulgar seu patrimônio geológico. Portanto, tem-se que os aspectos físicos levantados por este trabalho, de certo modo até então escassos na região, atuam como subsídios para implementação de um adequado plano de manejo no PARNAM do Monte Mochuara, principalmente para uma melhor definição e adequação de trilhas, mirantes e praças de convivência de maior qualidade turística para a população e para a inserção do geoturismo.

REFERÊNCIAS

- Alkmim, F. F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A. C., Peres, G. G., Cruz, S. C. P. Whittington, A. (2006). Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, 149(1-2), 43-64. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2006.06.007>
- Bacci, D. L. C., Piranha, J. M., Boggiani, P. C., Del Lama, E. A., Teixeira, W. (2009). Geoparque - Estratégia de Geoconservação e Projetos Educacionais. *Geologia USP. Publicação Especial*, 5, 7-15. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9087.v5i0p07-15>
- Bissig, G. (2008). Mapping geomorphosites: an analysis of geotourist maps. *Geoturystyka*, (14), 3-12. <https://doi.org/10.7494/geotour.2008.14.3>
- Brasil. (2000). *Lei nº 9.985*. SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia de Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 4 abr. 2022.
- Brilha, J. (2002). Geoconservation and protected áreas: comment. *Environmental Conservation*, 29(3), 273-276. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000188>
- Brilha, J. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza em sua vertente Geológica*. Braga: Palimage. Disponível em: http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb_livro.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.
- Brito, M. C. W. (2000). *Unidades de conservação: intenções e resultados*. São Paulo: Annablume, 230 p.
- Carton, A., Coratza, P., Marchetti, M. (2005). Propositions pour la cartographie des sites géomorphologiques: exemples italiens. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 11(3), 209-218. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.374>
- Coelho, A. L. N., Goulart, A. C. O., Bergamaschi, R. B., Teubner Júnior, F. J. (2012). *Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo*. Vitória: Instituto Jones dos Santos Neves, 19 p. (Nota técnica, 28). Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20120718_ij01271_notatecnica28.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.
- Faria, A. P. (2005). Classificação de montanhas pela altura. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(2), 21-28. <https://doi.org/10.20502/rbg.v6i2.48>
- Figueiró, A. S., Von Ahn, M. M. (2019). Cartografia do patrimônio geomorfológico voltada à interpretação geoturística. *Physis Terrae*, 1(2), 3-19. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2210>
- Fortes, P. T. F. O., Bastos, A. C., Lana, C. E., Althoff, F. J., Espinoza, J. A. A., Campos, R. S. (2014). *Folha SF-24-V-B-I (Vitória), escala 1:100.000*. Rio de Janeiro: UFES/CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18379>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- GEOBASES. (2002). *Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo*. Espírito Santo: GEOBASES. Disponível em: <http://www.geobases.es.gov.br>. Acesso em: 28 ago. 2013.
- Gradim, C., Roncato, J., Pedrosa-Soares, A. C., Cordani, U., Dussin, I., Alkmim, F. F., Queiroga, G., Jacobsohn, T., Silva, L. C., Babinski, M. (2014). The hot back-arc zone of the Araçuaí Orogen, Eastern Brazil: from sedimentation to granite generation. *Brazilian Journal of Geology*, 44(1), 155-180. <https://doi.org/10.5327/Z2317-4889201400010012>
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Londres: John Wiley & Sons, 448 p.
- Hasui, Y. (2010). A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências*, 29(2), 141-169. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7147>. Acesso em: 4 abr. 2022.

- Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A. C., Silva, L. C., Campos Neto, M. C., Trouw, R. A. J. (2004). A evolução tectônica da Província Mantiqueira. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. D. R. Carneiro, B. B. Brito Neves (Eds.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 203-234.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1980). *Carta de Vitória, escala 1:50.000, folha SF-24-V-B-I-3/4, reimpressão em 1980*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). *Biblioteca*. IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=436015>. Acesso em: mar. 2022.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. (2009). *Manual técnico de geomorfologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 182 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 5.)
- Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). (2007-2008). *Levantamento aerofotogramétrico, apoio de campo, aerotriangulação, elaboração de ortofotomosaicos, modelo digital de elevação e mapeamento da cobertura vegetal nativa e do uso das terras, do território do estado do Espírito Santo, em escala igual ou melhor a 1:25.000*. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/img-originais-aerolev-2007-2008>. Acesso em: dez. 2021.
- Jorge, M. C. O., Guerra, A. J. T. (2016). Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. *Espaço Aberto*, 6(1), 151-174. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5241>
- Liu, C. C. (1988). A geologia estrutural do estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MMS do LANDSAT. In: Simpósio de Geologia, 1. *Anais...* Natal, p. 282-293.
- Mansur, K. L. (2010). *Diretrizes para a geoconservação do patrimônio geológico do estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio*. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Mantesso-Neto, V. (2010). Geodiversidade, geoconservação, geoturismo, patrimônio geológico, geoparque: novos conceitos nas geociências do século XXI. In: Congresso Uruguayo de Geologia, 6., 2010. *Actas...* Uruguai. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/11ghr8hXfxuNLzRfGE-1YomvOc0fSMSsf/view>. Acesso em: 18 maio 2020.
- Mizababaei, G., Shabahpair, J., Zarasvarde, A., Hayatolgheyb, S. M. (2016). Structural controls on Cu metallogenesis in the Dehaj área, Kerman Porphyry Copper Belt, Iran: a remote sensing perspective. *Journal of Sciences*, 27(3), 253-267.
- Moreira, J. C. (2009). Geoturismo: uma abordagem histórico-conceitual. In: Seminário da Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Turismo, 6., 2009. *Anais...* São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi.
- Nascimento, M. A. L., Ruchkys, U. A., Mantesso Neto, V. (2008). *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico*. Natal: UFRN, 81 p.
- Novais, L. C. C., Teixeira, L. B., Neves, M. T., Rodarte, J. B. M., Almeida, J. C. H., Valeriano, C. M. (2004). Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina – ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12(1), 191-194.
- O’Leary, D. W., Friedman, J. D., Pohn, H. A. (1976). Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *Geological Society of America Bulletin*, 87(10), 1463-1469. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<1463:LLLS PN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<1463:LLLS PN>2.0.CO;2)
- Oliveira, P. C. A., Bento, L. C. M., Rodrigues, S. C. (2017). Os painéis interpretativos como recurso para a valorização e a divulgação dos geossítios do parque estadual do pau furado, Minas Gerais. *Sociedade & Natureza*, 29(3), 401-412. <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-3>
- Pedrosa-Soares, A. C., Campos, C. P., Noce, C., Silva, L. C., Novo, T., Roncato, R., Medeiros, S., Castañeda, C., Queiroga, G., Dantas, E., Dussin, I., Alkmim, F. (2011). Late Neoproterozoic–Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. *Geological Society, London (Special Publications)*, 350, 25-51. <https://doi.org/10.1144/SP350.3>
- Pedrosa-Soares, A. C., Noce, C. M., Wiedemann, C. M., Pinto, C. P. (2001). The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanland assembly. *Precambrian Research*, 110(1-4), 307-323. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00174-7)
- Prefeitura de Cariacica. (2007). *Decreto n° 031*. Cariacica: Prefeitura de Cariacica. Disponível em: <http://www.oads.org.br/leis/3299.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2022.

- Projeto RadamBrasil. (1983). Levantamento de Recursos Naturais. *Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. v. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: IBGE, 775 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=217129>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- Projeto RadamBrasil. (1987). Levantamento de Recursos Naturais. *Geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. v. 34, Folha SE 24 Rio Doce. Rio de Janeiro: IBGE, 554 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=219971>. Acesso em: 4 abr. 2022.
- Reis, G. A. (2017). *Geodiversidade, geoturismo e educação ambiental: uma proposta de conscientização ambiental para o Parque Estadual Pedra Azul, Domingos Martins, ES*. Trabalho de Conclusão de Curso. Vitória: Departamento de Geologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- Ribeiro, H. M. M. S. (2017). *Geoconservação e geoturismo em Pancas (ES): Monumento Natural dos Pontões Capixabas*. Trabalho de Conclusão de Curso. Vitória: Departamento de Geologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMVMA-SP). (2020). *APAs, parques naturais e RPPNs*. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/index.php?p=41961. Acesso em: jan. 2022.
- Silva, D. R. (2014). *Caracterização geológica e estrutural da Região da Cachoeira da Fumaça (ES): subsídios para definição de pontos de interesse para Geoturismo*. 117f. Trabalho de Conclusão de Curso. Vitória: Departamento de Geologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- Silva, J. M. R., Lima, M. I. C., Veronese, V. F., Ribeiro, R. N. J., Rocha, R. M., Siga, O. J. (1987). *Geologia. Levantamento de Recursos Naturais, Folha SE 24*. v. 34. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Suguio, K. (1998). *Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1222 p.
- Turbay, C. V. G., Silva, R. S., Carvalho, T. R. R., Munaro, E. R. (2012). Cartografia geológica preliminar e petrologia no Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça, ES – Subsídios para gestão de Unidade de Conservação. *Revista Geografares*, (10), 176-202. <https://doi.org/10.7147/GEO10.1773>
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). (2021). *Geociências e Geoparques Mundiais da UNESCO*. UNESCO. Disponível em: <https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil/expertise/earth-science-geoparks>. Acesso em: dez. 2021.
- Vieira, V. S., Menezes, R. G. (Eds.). (2015). *Geologia e recursos minerais do Espírito Santo: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais*. Belo Horizonte: CPRM, 292 p.
- Zanon, M. L., Chaves, A. O., Rangel, C. V. G. T., Gaburo, L., Pires, C. R. (2015). Os aspectos geológicos do Maciço Santa Angélica (ES): uma nova abordagem. *Brazilian Journal of Geology*, 45(4), 609-633. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201520150005>