

Artigos

Vulnerabilidade ambiental em Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira

Environmental vulnerability in the Environmental Protection Areas (EPA) of the Atlantic Forest Biome in the southeastern region of Brazil

Guilherme Oliveira Teixeira de Carvalho¹ 

Nádia Cristina da Silva¹ 

Geraldo Majela Moraes Salvio¹ 

¹Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Barbacena, MG, Brasil

RESUMO

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) são Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável que possuem características naturais relevantes da paisagem, as quais devem ser preservadas. No entanto, essa categoria de manejo geralmente tem apresentado muitas dificuldades e limitações em virtude do seu baixo grau de restrição ambiental, sofrendo diversas críticas oriundas principalmente dos seus objetivos e da sua eficiência de conservação. Esses fatores podem ocasionar maior pressão sobre os habitats naturais e, eventualmente, gerar níveis consideráveis de vulnerabilidade em seu território. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi diagnosticar a vulnerabilidade ambiental das APAs inseridas no domínio do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira. Com auxílio do *software* ArcGIS, foram utilizados dados em Sistema de Informação Geográfica (SIG) de declividade, geologia, pedologia e uso e ocupação da terra para a determinação do Índice de Vulnerabilidade Ambiental. Os resultados mostraram que as áreas estudadas se enquadram predominantemente nas classes de baixa e média vulnerabilidade. Apesar desse cenário, é necessário implantar ações e medidas que visem reduzir a degradação das áreas de vegetação nativa remanescente, em virtude do avanço principalmente das atividades agrícolas e urbanas existentes nas APA. Portanto, conclui-se que o presente estudo é essencial para o planejamento territorial, podendo subsidiar informações para os planos de manejo dessa e outras categorias de UC.

Palavras-chave: Área Protegida; Conservação da natureza; Geoprocessamento; Planejamento ambiental

ABSTRACT

Environmental Protection Areas (EPA) are Conservation Units (CU) for Sustainable Use that have relevant natural characteristics of the landscape, which must be preserved. However, this management category has generally presented many difficulties and limitations due to its low degree of environmental restriction, suffering several criticisms arising mainly from objectives and its conservation efficiency. These factors can cause greater pressure on natural habitats, and, eventually, generate considerable levels of vulnerability in their territory. In this sense, the objective of the present work was to diagnose the environmental vulnerability of the EPA inserted in the domain of the Atlantic Forest Biome in the southeastern region of Brazil. With the aid of the ArcGIS software, data were used in the Geographic Information System (GIS) of slope, geology, pedology and land use and occupation to determine the Environmental Vulnerability Index. The results showed that the areas studied fall predominantly into the low and medium vulnerability classes. Despite this scenario, it is necessary to implement actions and measures that aim to reduce the degradation of the areas of remaining native vegetation, due to the advance mainly of the existing agricultural and urban activities in the study area. Therefore, it is concluded that the present study is essential for territorial planning, subsidizing information for the management plans for this and other CU categories.

Keywords: Protected Area; Nature conservation; Geoprocessing; Environmental planning

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é reconhecida internacionalmente como uma das principais e mais importantes áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do planeta, em razão de sua grande riqueza biológica e elevada taxa de endemismo (TABARELLI *et al.*, 2010). No entanto, suas paisagens se encontram altamente degradadas e fragmentadas em virtude dos impactos constantes ao longo de mais de cinco séculos (JOLY *et al.*, 2014). Segundo Rezende *et al.* (2018), restam cerca de 28% de cobertura vegetal nativa, apresentando em sua grande maioria pequenos fragmentos isolados, dispersos principalmente em áreas agrícolas e urbanas.

Na tentativa de preservar o que ainda resta da Mata Atlântica e de outros biomas brasileiros, utiliza-se no Brasil as Unidades de Conservação (UC). Essas áreas estão presentes em grande parte do território nacional, protegendo espécies, ecossistemas, recursos genéticos e paisagens de grande beleza cênica, além de contribuir significativamente com a renda de diversos municípios do país (BUTCHART *et al.*, 2010; SALVIO, 2017; BRASIL, 2019).

A Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), estabelece normas e critérios para a criação, implantação e gestão das UCs, dividindo-as em dois grandes grupos: Proteção Integral e Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral têm como finalidade preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, têm o objetivo básico de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Dentre as áreas de Uso Sustentável, estão as Áreas de Proteção Ambiental (APA), cujo objetivo é compatibilizar o processo de ocupação humana com a conservação da natureza. São constituídas normalmente por grandes áreas, onde diversos usos são permitidos (BRASIL, 2000). Por essa razão, a efetividade de conservação desses espaços protegidos depende da qualidade de gestão realizada e da implantação do plano de manejo eficaz, que englobe o zoneamento adequado frente aos usos existentes. Os planos de manejo são considerados instrumentos de planejamento e gestão indispensáveis para que a UC possa cumprir seus objetivos, devendo ser elaborado em até cinco anos após a sua criação (BRASIL, 2000; SALVIO, 2017).

No entanto, nota-se que o processo de planejamento e gestão dessa categoria de manejo geralmente tem enfrentado muitas limitações e dificuldades, como a falta de recursos humanos e financeiros (MARTINS; DIAS, 2017). Do ponto de vista da conservação biológica, as APAs representam a categoria de UCs menos restritiva do SNUC, apresentando de modo geral atividades antrópicas de alto grau de interferência sobre os recursos naturais (MENEZES; ARAÚJO; ROMERO, 2010; ESTEVES; SOUZA, 2014). A baixa porcentagem das APA com planos de manejo e a falta de efetividade dos planos já existentes, apontada por Esteves e Souza (2014), dificultam ainda mais a administração dessas áreas, podendo ocasionar maior pressão antrópica sobre os ambientes naturais e eventualmente gerar níveis de vulnerabilidade relevantes em seu território.

O conceito de vulnerabilidade tem sido amplamente discutido nas últimas décadas em diferentes áreas de conhecimento, podendo apresentar vários significados dependendo do fenômeno abordado. No que diz respeito à área ambiental, a vulnerabilidade é definida, segundo Tagliani (2003), como a susceptibilidade que o ambiente possui quando submetido a um impacto potencial provocado por alguma ação humana. Esse conceito está associado, portanto, às características físicas naturais e às atividades antrópicas da paisagem (BELATO; SERRÃO, 2019). Alguns estudos relacionados a essa temática em APAs têm mostrado grande vulnerabilidade ambiental. Figueirôa e Salvio (2020), por exemplo, identificaram que cerca de 77% da APAs Alto Rio Doce, em Minas Gerais, está ocupada por áreas antrópicas, com fragmentos possuindo, em média, área de 2,9 hectares. Cenários parecidos também foram identificados na APA Maracanã, no Maranhão (MORAES *et al.*, 2017) e na APA do Córrego Ceroula, no Mato Grosso do Sul (PIRAJÁ; SILVA, 2014).

Além disso, os estudos sobre vulnerabilidade ambiental possuem diversas outras aplicações, de acordo com o seu objetivo, podendo-se mencionar por exemplo a análise da vulnerabilidade ao zoneamento ecológico e ordenamento territorial (CREPANI *et al.*, 2001); à erosão hídrica em bacias hidrográficas (CUIABANO *et al.*, 2017); à degradação ambiental de ambientes costeiros (TAGLIANI, 2003); à degradação ambiental em municípios (KLAIS *et al.*, 2012; PEREIRA; PEREIRA, 2013; TREVISAN *et al.*, 2018; BELATO; SERRÃO, 2019). Esses trabalhos utilizam diferentes métodos e indicadores na determinação do diagnóstico de vulnerabilidade.

Nesse sentido, identificar e caracterizar a vulnerabilidade dessas áreas são imprescindíveis para nortear o manejo mais viável na resolução de problemas e planejar adequadamente o uso e ocupação do território frente às ações humanas, além de auxiliar o gestor na tomada de decisões (TREVISAN *et al.*, 2018). Sendo assim, justifica-se a necessidade de desenvolver estudos relacionados a essa temática em APAs diante do seu baixo grau de proteção ambiental (MARTINS; DIAS, 2017). Segundo Pereira e Pereira (2013), a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem facilitado a elaboração e compreensão das análises ambientais relacionadas ao uso e ocupação do solo, vegetação, geomorfologia, etc., contribuindo, assim, para o estudo da vulnerabilidade ambiental. O mapeamento das áreas vulneráveis possibilita

identificar as regiões mais susceptíveis às pressões antrópicas com maior clareza, além de criar diagnósticos ambientais, associando-se aos aspectos bióticos e abióticos de forma integrada (LIMA *et al.*, 2011).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo diagnosticar a vulnerabilidade ambiental das APA inseridas no Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira, utilizando técnicas de geoprocessamento. Nesse sentido, o trabalho propõe contribuir no planejamento e gestão das áreas de estudo, considerando que os resultados podem subsidiar informações necessárias para os planos de manejo.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Caracterização da área de estudo

Inicialmente, realizou-se o inventário das APAs do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira, a partir do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2019). Os dados de todas as APAs foram compilados em planilha eletrônica, contendo as seguintes informações: nome, localização (municípios), área, bioma, esfera administrativa, diploma legal que a institui, data de criação, e se possuía plano de manejo e conselho gestor. Em seguida, selecionou-se, por sorteio, uma amostra de 24 APAs como área de estudo a partir da listagem geral, sendo oito federais (APA Bacia do Rio Paraíba do Sul; APA Bacia do Rio São João - Mico Leão; APA Cairuçu; APA de Cananéia-Iguape-Peruíbe; APA de Guapimirim; APA de Petrópolis; APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná; APA Serra da Mantiqueira), oito estaduais (APA de Mangaratiba; APA de Setiba; APA do Alto Iguaçu; APA Estadual Mestre Álvaro; APA Fernão Dias; APA Jundiá; APA Serra de São José; APA Sistema Cantareira) e oito municipais (APA Bororé-Colônia; APA da Pedra Lisa; APA de Campinas; APA do Alto do Mucuri; APA Municipal do Morro do Vilante; APA Municipal da Lagoa Jacuném; APA Rio do Colégio; APA Serra do Timóteo).

2.2 Procedimentos metodológicos

A primeira etapa da metodologia consistiu no levantamento e coleta de

materiais bibliográficos necessários para o desenvolvimento da pesquisa. Para isso, realizou-se consulta de artigos científicos, a partir das bases de dados do “Google Acadêmico” e da *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), utilizando as seguintes palavras-chave: “Vulnerabilidade Ambiental”, “Área de Proteção Ambiental”, “Unidades de Conservação”, “SIG” e “Geoprocessamento”.

Posteriormente, foram elaborados mapas de vulnerabilidade ambiental das áreas de estudo, a partir da aplicação e adaptação da metodologia proposta por Trevisan *et al.* (2018), por meio da análise multicritério e álgebra de mapas. Todo o plano de informação foi georreferenciado no sistema de projeção geográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), fusos 22 / 23 / 24 Sul, *Datum* SIRGAS 2000, com auxílio do *software* ArcGIS 10.6.1. A informação geográfica referente a delimitação das áreas de estudo foi obtida por meio da Base Mundial de Dados sobre Áreas Protegidas (UNEP-WCMC; IUCN, 2019) em formato *shapefile*. A base cartográfica digital utilizada foi adquirida no IBGE, opção malhas municipais 2019 - Brasil, com escala original de 1:250.000 (IBGE, 2019).

A fim de determinar o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA), utilizou-se dados de declividade, geologia, pedologia e uso e ocupação da terra das áreas de estudo a partir de diferentes bases de dados e critérios, conforme demonstra a Tabela 1. Segundo Trevisan *et al.* (2018), tais critérios são considerados os principais indicadores para a análise de vulnerabilidade, pois fornecem informações sobre as características e condições de uma determinada área geográfica.

Tabela 1 – Fontes de aquisição de dados e critérios utilizados para o mapeamento cartográfico da vulnerabilidade ambiental das áreas de estudo, a partir da adaptação da metodologia proposta por Trevisan *et al.* (2018)

Dados	Fonte	Critério
Declividade	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015)	Varição de declividade (%)
Geologia	Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM, 2012)	Litologia predominante
Pedologia	Embrapa e IBGE (2001)	Tipo de solo predominante
Uso e Ocupação da Terra	Projeto MAPBIOMAS (2018)	Tipo de uso

Fonte: Adaptado de Trevisan *et al.* (2018)

Conforme as características de cada critério analisado, atribuiu-se pesos diferentes segundo as especificidades de cada compartimento. As áreas foram reclassificadas de acordo com o grau de vulnerabilidade dentro do intervalo de um (menos vulnerável) a cinco (mais vulnerável), atribuindo cinco classes (1: Muito Baixa, 2: Baixa; 3: Média, 4: Alta e 5: Muito Alta). A partir dessa reclassificação, o IVA foi calculado por meio da média ponderada dos valores atribuídos de um determinado parâmetro, utilizando o comando *Raster Calculator*, disponível no *software* ArcGIS 10.6.1, conforme a Equação (1) proposta por Tagliani (2003, p. 01):

$$IVA = \frac{(Declividade \cdot 1,0 + Geologia \cdot 1,0 + Pedologia \cdot 1,0 + Uso e ocupação do Solo \cdot 1,0)}{4} \quad (1)$$

O mapa de declividade foi elaborado a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), disponível gratuitamente no *site* do Banco de dados TOPODATA/INPE (<http://www.dsr.inpe.br/topodata>). Os dados do MDE estão estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação de cartas topográficas na escala 1:250.000 do Brasil, em formato GeoTiff (INPE, 2015). As informações da declividade foram geradas por meio da função *SLOPE* (declividade, em inglês), com auxílio do *software* ArcGIS 10.6.1, e posteriormente os valores foram reclassificados em cinco classes, de acordo com Ross (1994), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Categorias hierárquicas de declividade e seus respectivos graus de vulnerabilidade, a partir da metodologia proposta por Ross (1994)

Declividade (%)	Grau de vulnerabilidade
0 – 6	1: Muito Fraca
6-12	2: Fraca
12-20	3: Média
20-30	4: Forte
>30	5: Muito Forte

Fonte: Ross (1994)

As informações geológicas para a área de estudo foram obtidas por meio das Cartas Geológicas do Brasil ao Milionésimo, elaboradas pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2012), escala 1:500.000, utilizando as seguintes folhas: SE-23 (Belo Horizonte), SF-21 (Campo Grande), SG-22 (Curitiba), SG-23 (Iguape), SF-22 (Paranapanema), SF-23 (Rio de Janeiro) e SF-24 (Vitória). Os pesos para cada tipo geológico (litologia predominante) foram adaptados e atribuídos a partir dos valores propostos por Crepani *et al.* (2001), conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas (litologia) mais comuns

Rocha (Litologia)	Grau de vulnerabilidade
Aluviões, Calcário, Coluviões, Margas, Talús, Depósitos aluvionares	5,0
Argilito, Siltito, Dolomito, Evaporitos	4,5
Ardósia, Conglomerado, Mármore, Grauvaca, Ortoconglomerados,	4,0
Charnockito, Mataglirito, Metagabro, Metassilito,	3,5
Xisto, Enderbitto, Dunito, Hornblenda, Tremolita, Filito, Metacalcário, Esteatitos	3,0
Andesito, Biotita, Basalto, Diorito, Fonolito, Gnaisse, Gabro, Nefelina, Sienito, Traquito, Metagranulorito	2,5
Dacito, Tonalito, Riolito, Metatunalito, Migmatito, Granulito, Granodiorito, Granulito	2,0
Granito, Granitoides, Leucogranitos, Massas de água, Metaquartzito, Metaultramáficas, Quartzito, Tefritos	1,5
Arenito, Paragneisses	1,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

As informações pedológicas (tipo de solo) foram obtidas por meio do “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA”, publicado por EMBRAPA e IBGE (2001), escala 1:5.000.000. Os pesos para cada tipo de solo foram atribuídos a partir dos valores propostos por Crepani *et al.* (2001), conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de vulnerabilidade ambiental atribuídos às diferentes classes de solos

Pedologia (classe de solos)	Grau de vulnerabilidade
Gleissolos, Pintossolos Afloramento Rochoso	5,0
Neossolos, Vertissolos, Organossolos	4,0
Planossolos, Luvisolos, Cambissolos	3,0
Argissolos, Espodossolos, Chernossolos	2,0
Latossolos	1,0

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Os mapas de uso e ocupação da terra da área de estudo foram obtidos por meio da plataforma *online* do “Projeto MapBiomas” - Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas Cobertura e Uso do Solo, ano 2018, em formato matricial (pixel de 30m x 30m), do bioma Mata Atlântica (PROJETO MAPBIOMAS, 2018). Os tipos de uso e cobertura da terra foram categorizados de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Categorias hierárquicas do uso e cobertura da terra e seus respectivos graus de vulnerabilidade ambiental, a partir da adaptação da metodologia de Ross (1994)

Usos e cobertura da terra	Grau de vulnerabilidade
Florestas – Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade	1
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso	2
Cerrado denso, Capoeira, Mata homogênea, Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado	3
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível, como café, laranja, cana, silvicultura	4
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto, terraplanagem	5

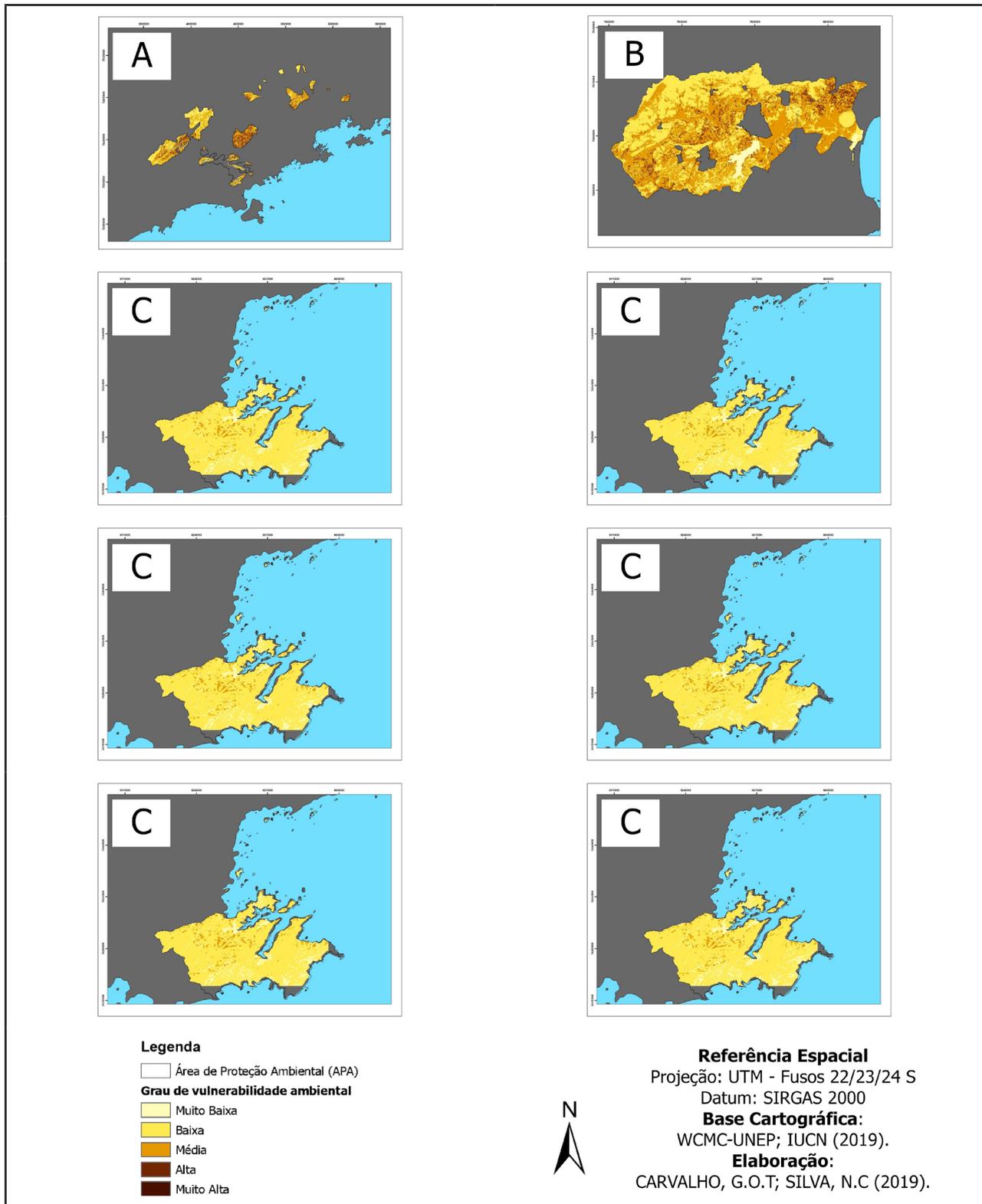
Fonte: Adaptado de Ross (1994, p. 68-69)

3 RESULTADOS

Os mapas de vulnerabilidade ambiental das áreas de estudo possibilitaram identificar a variação da susceptibilidade frente às degradações do ambiente. A seguir são apresentados os resultados da análise, de acordo com suas esferas administrativas.

Os resultados do diagnóstico de vulnerabilidade ambiental na esfera federal (Figura 1) mostraram que a classe de baixa representou a maior média entre as APAs analisadas nessa esfera, com 54,23%, seguida de média vulnerabilidade em 25,73%, muito baixa em 16,71%, alta em 3,32% e muito alta em 0,01%. As APAs da Bacia do Rio Paraíba do Sul e da Serra da Mantiqueira apresentaram os maiores índices de vulnerabilidade ambiental na classe Alta, com respectivamente 12,36% e 7,33%. Em contrapartida, a APA de Petrópolis possuía cerca de 64% do seu território classificado como vulnerabilidade ambiental muito baixa.

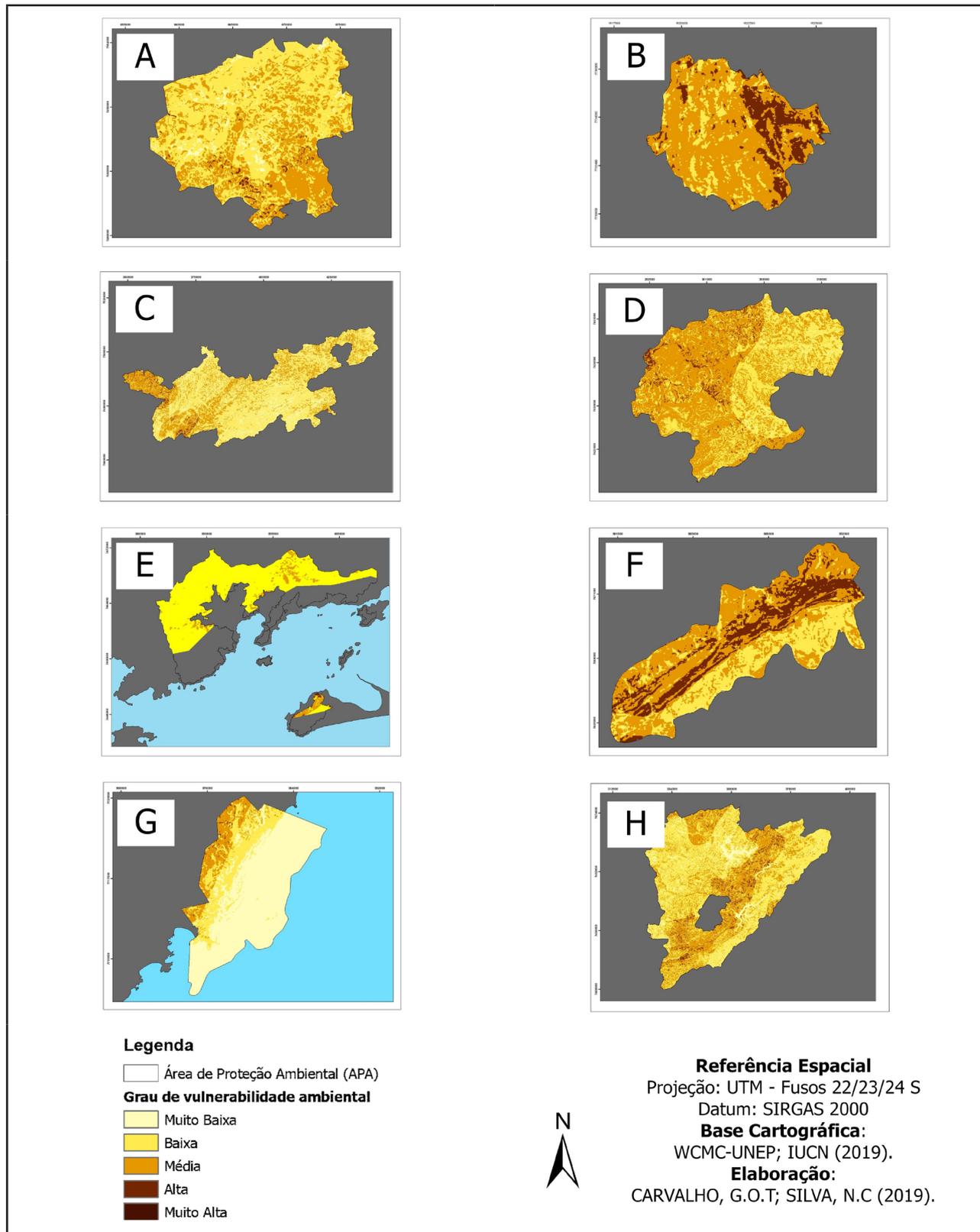
Figura 1 – Diagnóstico da Vulnerabilidade ambiental das Áreas de Proteção Ambiental (APA) – Esfera Federal



Fonte Autores (2019)

Em que: (A) APA Bacia do Rio Paraíba do Sul (Escala 1:1.160.000); (B) APA Bacia do Rio São João – Mico Leão (Escala 1:400.000); (C) APA Cananeia-Iguape-Peruíbe (Escala 1:850.000); (D) APA Cairuçu (Escala 1:300.000); (E) APA Guapimirim (Escala 1:100.000); (F) APA Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (Escala 1:1.150.000); (G) APA Petrópolis (Escala 1:300.000); (H) APA Serra da Mantiqueira (Escala 1:550.000).

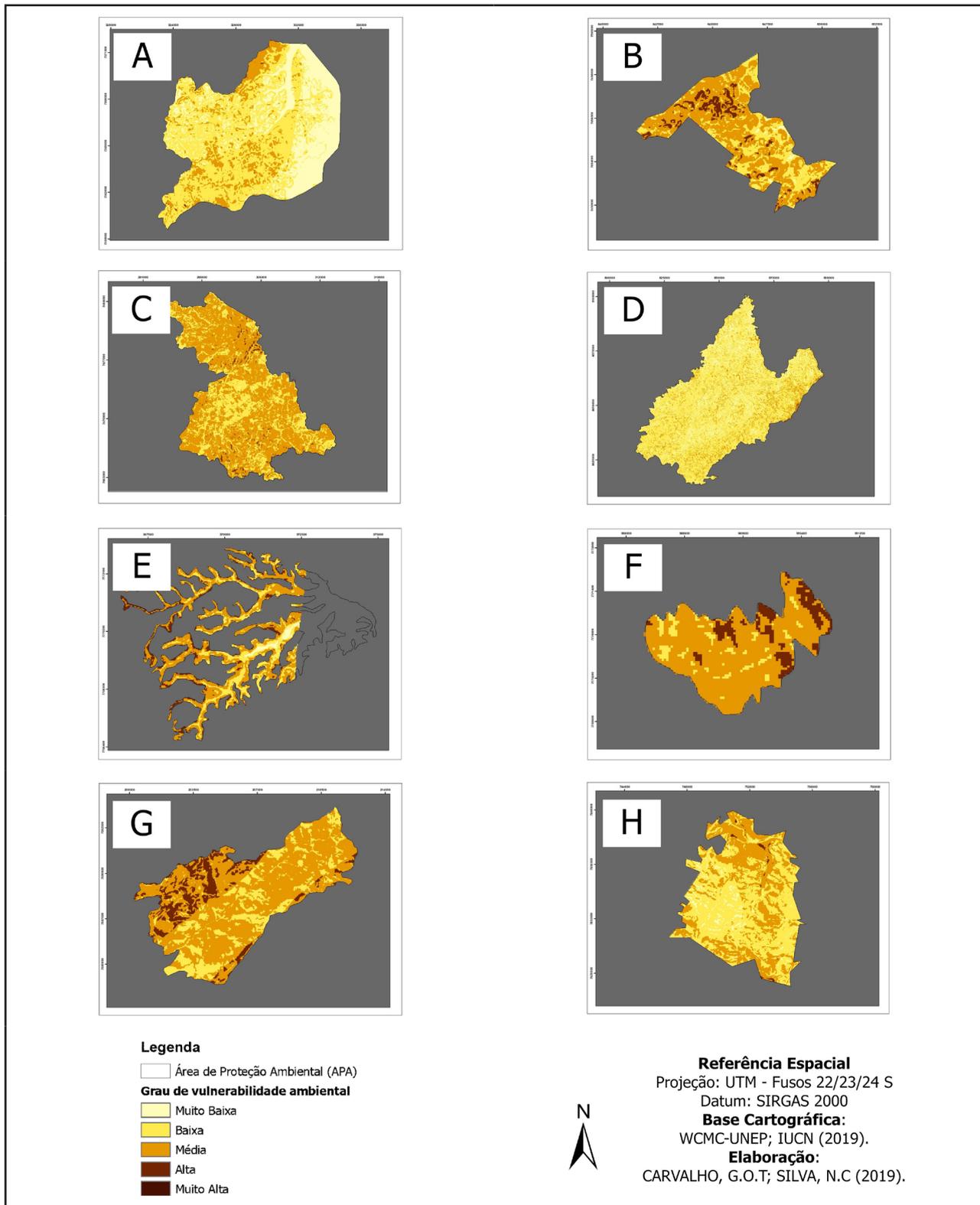
Figura 2 – Diagnóstico da Vulnerabilidade ambiental das Áreas de Proteção Ambiental (APA) – Esfera Estadual



Fonte: Autores (2019)

Em que: (A) APA Alto Iguaçu (Escala 1:150.000); (B) APA Estadual Mestre Álvaro (Escala 1:50.000); (C) APA Fernão Dias (Escala 1:550.000); (D) APA Jundiá (Escala 1:200.000); (E) APA Mangaratiba (Escala 1:200.000); (F) APA Serra de São José (Escala 1:70.000); (G) APA Setiba (Escala 1:200.000); (H) APA Sistema Cantareira (Escala 1:500.000).

Figura 3 – Diagnóstico da Vulnerabilidade ambiental das Áreas de Proteção Ambiental (APA) – Esfera Municipal



Fonte: Autores (2019)

Em que: (A) APA Bororé-Colônia (Escala 1:90.000); (B) APA da Pedra Lisa (Escala 1:50.000); (C) APA de Campinas (Escala 1:160.000); (D) APA do Alto do Mucuri (Escala 1:600.000); (E) APA Municipal da Lagoa do Jacuném (Escala 1:50.000); (F) APA Municipal Morro do Vilante (Escala 1:18.000); (G) APA Rio do Colégio (Escala 1:70.000); (H) APA Serra do Timóteo (Escala 1:80.000).

Na esfera estadual (Figura 2), constatou-se que a classe de baixa vulnerabilidade representou a maior média, com 45,29%, seguida de média vulnerabilidade em 37,01%, baixa em 11,71% e alta em 5,99%. Não foram encontrados valores na classe de muito alta vulnerabilidade. Pode-se observar que a APA Serra de São José apresentou o maior índice de vulnerabilidade entre as áreas de estudo analisadas nesta esfera administrativa. Constatou-se também que a APA Setiba possui maior porcentagem de vulnerabilidade muito baixa.

Na esfera municipal (Figura 3), constatou-se que a classe de média vulnerabilidade representa a maior média, com 49,75 %, seguida de baixa vulnerabilidade em 37,04%, muito baixa em 7,26% e alta em 5,94%. Não foram encontrados valores na classe de muito alta vulnerabilidade. Observou-se que a APA Municipal Morro do Vilante apresenta o maior índice de vulnerabilidade alta entre as áreas de estudo analisadas nesta esfera administrativa. A APA Bororé-Colônia deteve o maior percentual de muito baixa vulnerabilidade.

Em relação à presença dos planos de manejo e conselho gestor, constatou-se que das 24 APAs selecionadas para a área de estudo, apenas seis (25%) possuem Planos de Manejo e 16 (66,6%) com Conselho Gestor (Tabela 6). Observou-se melhor situação na esfera federal em relação às áreas estaduais e municipais.

Tabela 6 – Áreas de Proteção Ambiental selecionadas para a área de estudo com Planos de Manejo e Conselho Gestor nas esferas administrativas da Federação, Estado e Município dos estados do Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP), Brasil

Esfera Administrativa	Total no Estado				Planos de Manejo		Conselho Gestor	
	ES	MG	RJ	SP	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Federal	0	1	4	3	4 (50%)	4 (50%)	7 (87,5%)	1 (12,5%)
Estadual	1	3	2	2	2 (25%)	6 (75%)	5 (62,5%)	3 (37,5%)
Municipal	3	1	2	2	0 (0%)	8 (100%)	4 (50%)	4 (50%)
Total	4	5	8	7	6 (25%)	18 (75%)	16 (66,6%)	8 (33,3%)

Fonte: Adaptado de Brasil (2019)

4 DISCUSSÃO

A análise da vulnerabilidade ambiental mostrou que a área de estudo do presente trabalho foi enquadrada principalmente nas classes de baixa e média vulnerabilidade ambiental, o que torna favorável para a conservação da biodiversidade. Moraes *et al.* (2017) e Pirajá e Silva (2014) encontraram, respectivamente, resultados semelhantes na APA Maracanã, no estado do Maranhão, e na APA Ceroula, no Mato Grosso do Sul.

As classes de muito baixa e baixa vulnerabilidade ambiental, em geral, estão associadas em locais que apresentam formação florestal natural, com predominância do latossolo Vermelho-Amarelo, formação litológica do tipo Granito e Biotita, declividades que variam de plano a suavemente ondulado e com pouca ou nenhuma ocupação humana. Essas áreas possuem menor risco de degradação ambiental, mas que mesmo assim devem ser preservadas (BELATO; SERRÃO, 2019).

Dentre as áreas de estudo analisadas, constatou-se que a APA Cananéia-Iguape-Peruíbe (APACIP) é a que apresenta maior cobertura vegetal original, com cerca de 80%. Esse índice elevado de vegetação contribui para a redução do processo de erosão do solo e a diminuição do assoreamento dos cursos d'água, funcionando como um excelente indicador para as condições ambientais (CUIABANO *et al.*, 2017). É importante destacar que essa UC está localizada na região sul do litoral de São Paulo, onde se situa um dos maiores fragmentos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil (MORAES *et al.*, 2015).

Além disso, percebe-se a existência de outras UCs do grupo de Proteção Integral, como Parques e Estações Ecológicas no interior da APACIP, o que pode contribuir com a diminuição da vulnerabilidade ambiental. As Unidades de Proteção Integral são modelos mais restritivos em relação às atividades humanas e por esse motivo podem ser favoráveis a conservação da biodiversidade e recursos naturais, visto que não é permitida a intervenção humana direta ou mesmo alterações do ambiente (BRASIL, 2000).

As classes de média e alta vulnerabilidade ambiental compreendem basicamente as áreas de maior antropização da área de estudo, com baixa densidade de florestas, solos pouco desenvolvidos e rochas mais susceptíveis ao intemperismo. Esse cenário também é observado em estudos em diferentes municípios brasileiros (KLAIS *et al.*, 2012; PEREIRA; PEREIRA, 2013; TREVISAN *et al.*, 2018), o que evidencia maior susceptibilidade à ocorrência de impactos ambientais nestes locais.

As áreas de muito alta vulnerabilidade ambiental correspondem a menor unidade mapeada da área de estudo, podendo ser considerada praticamente desprezível. Esse grau de vulnerabilidade é pouco representativo devido às condições ambientais presentes no local. Trevisan *et al.* (2018) não identificaram valores referentes a essa classe no município de São Carlos, em São Paulo.

Em relação às esferas administrativas, nota-se que as APAs municipais analisadas possuem maior índice médio de vulnerabilidade ambiental do que nas federais e estaduais, o que indica maior susceptibilidade desses sistemas à ocorrência de impactos ambientais. Salvio (2017) mostrou a fragilidade dessa categoria em Minas Gerais embora estejam concentradas em regiões que têm alto Produto Interno Bruto (PIB) e muito dependentes de seus recursos naturais. Essa fragilidade evidencia a necessidade de políticas públicas eficazes que contribuam para o fortalecimento dos sistemas municipais de UCs. Em Santa Catarina, por exemplo, Martins, Marenzi e Lima (2015) identificaram que apenas 22% dos municípios do estado possuem Áreas Protegidas, sendo que a maioria delas não são reconhecidas como UCs e não implantadas efetivamente. Por outro lado, nota-se que as APAs federais analisadas no presente trabalho ocupam área territorial muito maior em relação às estaduais e municipais, o que mostra a importância desse tipo de esfera administrativa para a conservação da natureza.

5 CONCLUSÕES

Os resultados do diagnóstico da vulnerabilidade ambiental da área de estudo mostraram favoráveis para a compreensão do grau de influência dos componentes naturais e antrópicos, podendo servir de subsídio ao planejamento do território. As APAs analisadas neste trabalho encontram-se predominantemente nas classes de baixa e média vulnerabilidade. Apesar desse resultado, constatou-se que a maioria das APAs não possuem planos de manejo e conselho gestor, instrumentos considerados essenciais para que haja a gestão e o planejamento adequado da área. Diante disso, torna-se necessário elaborar e implementar essas ferramentas de gestão de forma eficaz, englobando o zoneamento ambiental adequado do território em virtude do aumento da degradação das áreas de vegetação nativa na região, tais como erosão do solo e desmatamento.

A utilização do geoprocessamento e da análise multicritério para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade ambiental da área de estudo contribuíram satisfatoriamente, o que contribui satisfatoriamente para o adequado ordenamento do uso do solo da paisagem. Nesse sentido, os valores empregados para a determinação do Índice de Vulnerabilidade Ambiental foram fundamentais para associar os fatores naturais (declividade, geologia e pedologia) e ambientais (uso do solo) da paisagem de forma integrada.

A metodologia utilizada, apesar de suas limitações, como a baixa resolução espacial dos mapas temáticos e erros do foto-intérprete na identificação das classes, mostrou ser de grande utilidade como modelo de vulnerabilidade ambiental por ser um método eficiente, simples e de baixo custo. É importante destacar que se trata de análise qualitativa e, portanto, necessita de validação dos dados para a acurácia dos resultados.

As APAs, apesar de serem o modelo menos restritivo de UCs, podem contribuir com a conservação da natureza desde que essas áreas sejam geridas de forma eficaz. Os resultados obtidos neste trabalho apontaram para a situação de baixa e média vulnerabilidade, mesmo a área de estudo estando localizada num bioma altamente fragmentado e reduzido como a Mata Atlântica. Portanto, conclui-se que estudos de vulnerabilidade ambiental são vitais no auxílio das questões administrativas de UCs, frisando a sustentabilidade de qualquer ambiente, gerando benefícios para o homem e para a natureza.

REFERÊNCIAS

- BELATO, L. S.; SERRÃO, S. L. C. Aplicação da vulnerabilidade ambiental do município de Tomé-Açu, Estado do Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Aracajú, v.10, n.1, p.131-145, jan. 2019.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1, p. 45-48.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 20 jan. 2019. Disponível em: Acesso em: 27 fev. 2019.
- BUTCHART, S.H.M.; WALPOLE, M.; COLLEN, B. VAN STRIEN, A.; SCHARLEMANN, J.P.W.; ALMOND, R.E.A.; BAILLIE, J. E.M.; BOMHARD, B.; BROWN, C.; BRUNO, J.; CARPENTER, K.E.; CARR, G.M.; CHANSON, J.; CHENERY, A.M.; CSIRKE, J.; DAVIDSON, N.C.; DENTENER, F.; FOSTER, M.; GALLI, A.; GALLOWAY, J.N.; GENOVESI, P.; GREGORY, R.D.; HOCKINGS, M.; KAPOS, V.; LAMARQUE, J.F.; LEVERINGTON, F.; LOH, J.; MCGEOCH, M.A.; MCRAE, L.; MINASYAN, A.; MORCILLO, M. H.; OLDFIELD, T.E.E.; PAULY, D.; QUADER, S.; REVENGA, C.; SAUER, J.R.; SKOLNIK, B.; SPEAR, D.; STANWELL-SMITH, D.; STUART, S.N.; SYMES, A.; TIERNEY, M.; TYRRELL, T.D.; VIÉ, J.C.; WATSON, R. Global biodiversity: indicators of recent declines. **Science**, [s/l], v. 328, n. 5982, p. 1164-1168, mai. 2010.
- CPRM. **Cartas geológicas do Brasil ao milionésimo**: Folhas Belo Horizonte - SE.23; Campo Grande - SF.21; Curitiba - SG.22; Iguape - SG.23; Paranapanema - SF.22; Rio de Janeiro - SF.23. Brasília: CPRM, 2012. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>>. Acesso em: 10 out. 2019.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CUIABANO, M. N.; NEVES, S. M. A. S.; NUNES, C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R. J. Vulnerabilidade ambiental a erosão hídrica na sub-bacia do Córrego do Guanabara/ Reserva do Cabaçal - MT, Brasil. **Revista Geociências**, Mato Grosso, v. 36, n. 3, p. 543 -556, 2017.
- EMBRAPA; IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: IBGE, 2001. 1 mapa, color., Escala 1: 5.000.000. 1 CD ROM.
- ESTEVES, A. O.; SOUZA, M. P. Avaliação Ambiental Estratégica e as Áreas de Proteção Ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. especial, p. 77-86, 2014.
- FIGUEIRÔA, C. F. B.; SALVIO, G. M. M. Analysis of the fragility of the Environmental Protection Area Alto Rio Doce, MG, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1008-1018, out./dez. 2020.
- IBGE. **Malha Municipal Digital da Divisão Político - Administrativa Brasileira**. IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15774-malhas.html?edicao=27733&t=sobre>. Acesso em: 02 out. 2019.
- INPE. **TOPODATA: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil [online]**. São José dos Campos: INPE, 2015. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 24 jun. 2019.
- JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P.; ATIQUE, G.; LASTORIA, G.; FILHO, A. C. P. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 277-290, jun. 2012.

LIMA, L.P.Z.; LOUZADA, J.; CARVALHO, L.M.T.; SCOLFORO, J.R.S. Análise da vulnerabilidade natural para implantação de unidades de conservação na microrregião da Serra de Carrancas, MG. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 151-159, jun. 2011.

MARTINS, A.; DIAS, L. C. Atores e redes na construção de territórios ambientais: o caso da APA da Baleia Franca. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 39-58, jun. 2017.

MARTINS, L.; MARENZI, R. C.; LIMA, A. Levantamento e representatividade das Unidades de Conservação instituídas no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Eletrônica Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 3, p. 241-259, abr. 2015.

MENEZES, M. O. T.; ARAÚJO, F. S.; ROMERO, R. E. O Sistema de Conservação Biológica do estado do Ceará: Diagnóstico e Recomendações. **REDE - Revista Eletrônica do Prodem**, Fortaleza, v. 5, n.2, p. 7-31, jun. 2010.

MORAES, M. B. R.; JANKOWSKY, M.; MORRONI, D.; PAIXÃO, K. **Plano de Manejo: APA Cananeia-Iguape-Peruíbe**. Iguape: 2015. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/DCOM_plano_de_manejo_Apa_Cananeia_Iguape_Peruibe_03032016.pdf. Acesso em: 22 jan. 2021.

MORAES, M. S.; LISBOA, G. S.; VIANA, J. D.; BEZERRA, J. F. R. Análise da vulnerabilidade ambiental em áreas protegidas: o caso da APA Maracanã - São Luís/MA. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, Campinas, v. 1, p. 1115-1126, jun./jul., 2017.

PEREIRA, L. E.; PEREIRA, J. G. Identificação e análise das áreas de vulnerabilidade ambiental da cidade de Corumbá (MS). **Revista Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 085-101, jan./abr., 2013.

PIRAJA, R. V.; SILVA, M. H. S. Vulnerabilidade natural da APA do Córrego Ceroula, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5., 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco, 2014. p. 100-109.

PROJETO MAPBIOMAS. **MapBiomas - Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2018. Disponível em: <http://plataforma.mapbiomas.org/map>. Acesso em: 29 set. 2019.

REZENDE, C. L.; SCARANO, F. R.; ASSAD, E. D.; JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; STRASSBURG, B. B. N.; TABARELLI, M.; FONSECA, G. A.; MITTERMEIER, R. A. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 208-214, out. 2018.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 63-74, nov. 1994.

SALVIO, G. M. M. **Áreas Naturais Protegidas e Indicadores Socioeconômicos: O desafio da conservação da natureza**. Jundiaí, Paco Editorial, 2017.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, out. 2010.

TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informação. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1657-1664.

TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E.; DIAS, L. C. C.; GONÇALVES, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de São Carlos – SP. **Revista Ra'ega – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 44, p. 272-288, mai. 2018.

UNEP-WCMC; IUCN. **Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA)**. UNEP-WCMC and. IUCN, Cambridge, UK. 2019. Disponível em: <http://www.protectedplanet.net>. Acesso em: 18 out. 2019.

Contribuição de Autoria

1 – Guilherme Oliveira Teixeira de Carvalho

Engenheiro Ambiental, Esp., Estagiário do Grupo de Pesquisa em Áreas Protegidas
<https://orcid.org/0000-0001-9529-9823> • guilhermeotc.engambiental@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Metodologia, Software, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Nádia Cristina da Silva

Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental, Estagiária do Grupo de Pesquisa em Áreas Protegidas

<https://orcid.org/0000-0002-3261-9321> • nadiacristinna98@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Metodologia, Software, Validação, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

3 – Geraldo Majela Moraes Salvio

Biólogo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-3953-1349> • geraldo.majela@ifsudestemg.edu.br

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Administração do projeto

Como citar este artigo

Carvalho, G. O. T.; Silva, N. C.; Salvio, G. M. M. Vulnerabilidade ambiental em Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Bioma Mata Atlântica na região sudeste brasileira. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 1575-1593, 2022. DOI 10.5902/1980509867261. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509867261>.