



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

CAROLINA AGOSTINI DE OLIVEIRA

**USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL
EM PARQUES NACIONAIS NA MATA ATLÂNTICA**

PORTO SEGURO
2023

CAROLINA AGOSTINI DE OLIVEIRA

**USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL
EM PARQUES NACIONAIS NA MATA ATLÂNTICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal do Sul da Bahia e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, com vistas à obtenção do título de mestra em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Elfany Reis do Nascimento Lopes

PORTO SEGURO
2023

Catálogo na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
Sistema de Bibliotecas (SIBI)

O48u Oliveira, Carolina Agostini de, 1977 -
 Uso e cobertura da terra e fragmentação florestal em parques nacionais da
 Mata Atlântica. / Carolina Agostini de Oliveira. – Porto Seguro, 2023.
 89 f.

Orientador: Prof. Dr. Elfany Reis do Nascimento Lopes
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia. Centro de
Formação em Ciências Ambientais. Programa de Pós-Graduação em Ciências e
Tecnologias Ambientais. Campus Sosígenes Costa.

1. Unidades de Conservação. 2. Classificação Supervisionada. 3. Ecologia da
Paisagem. 4. Regularização Fundiária. 5. Monitoramento Ambiental. I. Lopes,
Elfany Reis do Nascimento. II. Título.

CDD – 333.768142

CAROLINA AGOSTINI DE OLIVEIRA

USO E COBERTURA DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL EM PARQUES NACIONAIS NA MATA ATLÂNTICA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal do Sul da Bahia e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, com vistas à obtenção do título de mestra em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Elfany Reis do Nascimento Lopes

Este trabalho foi submetido à avaliação e julgado aprovado em: 16/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JOANNA MARIA DA CUNHA DE OLIVEIRA SA
Data: 17/02/2023 08:26:23-0300
Verifique em <https://verificador.itu.br>

Dra. Joanna Maria da Cunha de Oliveira Santos Neves.
Universidade Federal do Sul da Bahia

Documento assinado digitalmente
 JOCY ANA PAIXAO DE SOUSA
Data: 17/02/2023 08:32:32-0300
Verifique em <https://verificador.itu.br>

Dra. Jocy Ana Paixão de Sousa
Prefeitura Municipal de Juazeiro na Bahia

Documento assinado digitalmente
 MIQUEIAS LIMA DUARTE
Data: 17/02/2023 09:37:38-0300
Verifique em <https://verificador.itu.br>

Dr. Miqueias Lima Duarte
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ORIENTADOR

Documento assinado digitalmente
 ELFANY REIS DO NASCIMENTO LOPES
Data: 17/02/2023 08:12:11-0300
Verifique em <https://verificador.itu.br>

Dr. Elfany Reis do Nascimento Lopes
Universidade Federal do Sul da Bahia

PORTO SEGURO
2023

Para Bruno, Catarina e Cecília.

AGRADECIMENTOS

O retorno ao ambiente acadêmico após duas décadas de afastamento foi um processo cercado por desafios, enfrentados com o apoio de diversas pessoas, sem as quais o presente resultado não poderia ter sido alcançado.

No âmbito profissional, gostaria de agradecer à Polícia Federal, que possui projeto de capacitação continuada, fomentando o constante aprimoramento de seu efetivo e, em especial, aos colegas do Setor Técnico-Científico da Superintendência Regional do Rio Grande do Sul, pela oportunidade.

No ambiente acadêmico, gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Elfany Reis do Nascimento Lopes, pela confiança e pelas diversas intervenções ao longo desta caminhada, as quais nortearam a busca de informações e contribuíram de maneira decisiva para a qualidade do produto final.

Aos membros da banca, professores Joanna Maria da Cunha de Oliveira Santos Neves, Jocy Ana Paixão de Sousa, Miqueias Lima Duarte e José Carlos de Souza, agradeço pelas valorosas contribuições nas diversas etapas do mestrado.

No âmbito pessoal, há muitos amigos e familiares a agradecer, alguns em especial. Aos meus queridos, Felipe e Maurien, pelos momentos de descontração ao longo do processo.

Ao meu pai, Gilberto, por sempre acreditar na minha capacidade, desde os tempos de escola. À minha sogra, Aurora, pelo carinho e dedicação dispensados às minhas filhas.

Ao meu cunhado, Leonardo, pelo incentivo na fase inicial do processo seletivo, bem como por suas contribuições ao longo do mestrado.

Aos meus irmãos, Camila e Vicente, pelo constante estímulo, principalmente em momentos nos quais avançar parecia impossível.

À minha mãe, Sonia, e à minha tia, Silvana, educadoras, pelos exemplos de uma vida dedicada à família e à educação.

Finalmente, agradeço ao meu marido, Bruno, e às minhas filhas, Catarina e Cecília, meus amores, pela família que somos e pelos desafios que aceitamos e superamos, juntos.

“O jeito mais eficiente de fazer algo é fazendo.”

Amelia Earhart

AGOSTINI, Carolina. **Uso e cobertura da terra e fragmentação florestal em Parques Nacionais na Mata Atlântica**. Orientador: Elfany Reis do Nascimento Lopes. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2023.

RESUMO

A Mata Atlântica é um dos biomas mais biodiversos do planeta, e um dos mais ameaçados, visto que possui menos de 20% de sua cobertura vegetal original. Nesse cenário, o monitoramento ambiental de áreas protegidas pode contribuir para a conservação do ambiente, fornecendo informações que podem auxiliar os órgãos responsáveis por sua gestão e fiscalização, de modo a evitar o avanço da antropização. Esta pesquisa identificou os pontos de maior pressão antrópica nos Parques Nacionais do Alto Cariri (Bahia), da Serra do Gandarela (Minas Gerais) e de Aparados da Serra e da Serra Geral (Rio Grande do Sul) e em suas zonas de amortecimento (ZA), verificando a relação de alertas de desmatamentos com aspectos da paisagem e da situação fundiária da área de estudo. A análise espacial envolveu mapeamento do uso e cobertura da terra com imagens da Planet de alta resolução espacial no ano de 2020; classificação supervisionada com o algoritmo da máxima verossimilhança (MAXVER) com o complemento SCP no QGIS; análise de acurácia com complemento AcATaMa no QGIS, com cálculo de exatidão global e índice de exatidão kappa; levantamento de dados de imóveis rurais junto ao Serviço Florestal Brasileiro e cálculo das métricas da paisagem utilizando o programa Fragstats. A etapa final envolveu a obtenção de polígonos de desmatamento no período de dois anos após a data da classificação (anos de 2020 a 2022) na plataforma Planet para verificar a sua relação com os resultados obtidos de uso e cobertura da terra, da fragmentação florestal e dos imóveis rurais na área de estudo. Como resultado, foi constatado que o entorno se apresenta mais degradado que a unidade de conservação (UC), onde a ausência de plano de manejo e problemas na efetividade da ZA estabelecida contribuíram para menores valores de áreas naturais. Por outro lado, a presença de outras UC conectadas favoreceu a proteção de recursos naturais no entorno. Os quatro parques estudados possuem pendências na questão fundiária, o que pode explicar as áreas antrópicas localizadas nas UC de proteção integral. Com relação às métricas da paisagem, percebe-se um ambiente mais fragmentado no entorno, com fragmentos florestais grandes ocupando maior área relativa dentro das UC. Apesar do efeito de borda potencialmente mais intenso nos fragmentos da ZA, observa-se um baixo grau de isolamento, com distâncias menores de 60 m, favorecendo iniciativas para aumento da sua conectividade. Foram identificados alertas de desmatamento em todos os parques, bem como nas suas ZA, a maioria do tipo corte raso. A maior área desmatada foi observada na Serra do Gandarela, que não possui plano de manejo nem ZA estabelecida. Constatou-se que mais de 90% da área dos alertas está sobreposta com imóveis rurais nos parques das regiões Sul e Sudeste. A distribuição espacial dos alertas de desmatamento identifica pontos de pressão antrópica na área de estudo, envolvendo regiões de agricultura, pastagens, silvicultura e mineração. Avaliar a localização dos alertas auxilia na identificação de pontos de maior pressão antrópica para concentrar esforços locais de monitoramento ambiental.

Palavras-chave: Unidades de conservação. Classificação supervisionada. Ecologia da paisagem. Regularização fundiária. Monitoramento ambiental.

AGOSTINI, Carolina. **Land use, land cover and forest fragmentation at Atlantic Forest's National Parks**. Advisor: Elfany Reis do Nascimento Lopes. 2023. Dissertation (Master's in Environmental Science & Technology) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2023.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is one of the most biodiverse biomes on the planet, and one of the most threatened, since it has less than 20% of its original vegetation cover. In this scenario, the environmental monitoring of protected areas can contribute to the environment conservation, providing information that could assist the management and supervision agencies in order to avoid the anthropization advance. This research identified points of increased anthropic pressure in the National Parks of Alto Cariri (Bahia State), Serra do Gandarela (Minas Gerais State) and Aparados da Serra and Serra Geral (Rio Grande do Sul and Santa Catarina States) and in their buffer zones (BZ), verifying the relationship of deforestation alerts with landscape aspects and land regulation in the study area. Spatial analysis involved mapping of land use and land cover with Planet images of spatial high resolution in June 2020; supervised classification with maximum likelihood algorithm with QGIS's plugin SCP; accuracy analysis with QGIS's plugin AcATaMa, with global accuracy and kappa accuracy index calculations; survey of vector data of rural properties with the Brazilian Forest Service and calculation of landscape metrics using Fragstats software. The final stage involved obtaining deforestation polygons within two years period after the classification process (years 2020 to 2022) on the Planet platform to verify its relationship with the results obtained from land use and land cover, forest fragmentation and rural properties in the study area. As a result, this research found that the surrounding is more degraded than the conservation units (CU), where the lack of management plan and problems in the effectiveness of the established BZ contributed to lower values of natural areas. On the other hand, the presence of other connected CU favored the protection of natural resources in the surroundings. The four parks studied have problems with land regulation, which may explain the anthropic areas founded in the CU of integral protection. Regarding the landscape metrics, a more fragmented environment is observed in the surroundings, with large forest fragments occupying a larger relative area within the CU. Despite the potentially more intense edge effect on BZ fragments, a low degree of isolation is observed, with distances smaller than 60 m, favoring initiatives to increase its connectivity. Deforestation alerts have been identified in all parks, as well as in their ZA, most of the clear-cutting mode. The largest deforested area was observed in the Serra do Gandarela, that has no management plan or established BZ. It was found that more than 90% of the alerts area is overlapped with rural properties in parks in the South and Southeast regions. The spatial distribution of deforestation alerts identifies anthropic pressure points in the study area, involving agriculture, pasture, forestry and mining regions. Assessing the location of alerts helps identify points of increased anthropic pressure to focus local environmental monitoring efforts.

Keywords: Conservation units. Supervised classification. Landscape ecology. Land regulation. Environmental monitoring.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de proteção e categorias das UC no Brasil.....	18
Tabela 2 - PARNA terrestres da esfera federal selecionados no bioma Mata Atlântica.	29
Tabela 3 – Panorama dos municípios do PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	32
Tabela 4 – Panorama dos municípios do PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	35
Tabela 5 – Panorama dos municípios dos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	38
Tabela 6 – Cenas Planet com mosaicos normalizados de junho de 2020.	40
Tabela 7 – Qualidade da classificação em função do índice de exatidão kappa.	44
Tabela 8 – Identificação dos arquivos vetoriais com a área dos imóveis rurais nas UC.	45
Tabela 9 – Métricas da paisagem.	46
Tabela 10 – Grau de isolamento de fragmentos florestais.	47
Tabela 11 – Área das classes de uso e cobertura da terra no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	50
Tabela 12 – Área das classes de uso e cobertura da terra no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	51
Tabela 13 – Área das classes de uso e cobertura da terra nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	53
Tabela 14 – Exatidão global e índice de exatidão kappa das classificações supervisionadas.	54
Tabela 15 – Situação fundiária nas UC.	59
Tabela 16 – Área dos imóveis rurais nas UC.	61
Tabela 17 – Métricas de área em nível de classe nas UC e suas ZA, agrupadas por tamanho dos fragmentos.	63
Tabela 18 – Métricas de área, borda e forma dos fragmentos em nível de classe nas UC e ZA.	67
Tabela 19 – Métricas de área, forma e proximidade em nível de fragmento nas UC e ZA.	67
Tabela 20 – Métrica de forma SHAPE nas UC e ZA, agrupada por tamanho do fragmento.	69
Tabela 21 – Alertas de desmatamento por tipo e localização.	71
Tabela 22 – Estatística descritiva para o parâmetro área dos alertas de desmatamento.	72
Tabela 23 – Sobreposição de alertas de desmatamento com imóveis rurais nas UC.	73
Tabela 24 – Principais pontos de pressão antrópica no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	74
Tabela 25 – Principais pontos de pressão antrópica no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	76
Tabela 26 – Principais pontos de pressão antrópica nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo.	29
Figura 2 – Localização do PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	30
Figura 3 – UC vizinhas ao PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	31
Figura 4 – Localização do PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	33
Figura 5 – UC vizinhas ao PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	34
Figura 6 – Localização dos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	36
Figura 7 – UC vizinha ao PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	37
Figura 8 – Classes de uso e cobertura da terra.	42
Figura 9 – Regras dos pixels vizinhos.	47
Figura 10 – Uso e cobertura da terra no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	49
Figura 11 – Uso e cobertura da terra no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	51
Figura 12 – Uso e cobertura da terra nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	53
Figura 13 – Comparativo entre PARNA do total de áreas naturais na UC e na ZA.	55
Figura 14 – Imóveis rurais cadastrados nos municípios dos parques.	61
Figura 15 – Relação entre área percentual ocupada pelos fragmentos florestais por tamanho na UC e na ZA.	64
Figura 16 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	65
Figura 17 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.	65
Figura 18 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	66
Figura 19 – Estimativa de densidade de alertas no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.	73
Figura 20 – Estimativa de densidade de alertas no PARNA do Serra do Gandarela e sua ZA.	75
Figura 21 – Estimativa de densidade de alertas nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.	77

LISTA DE SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ESEC	Estação Ecológica
FLONA	Floresta Nacional
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MONA	Monumento Natural
PARNA	Parque Nacional
REBIO	Reserva Biológica
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REFAU	Reserva de Fauna
RESEX	Reserva Extrativista
REVIS	Refúgio de Vida Silvestre
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SAMGE	Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação
ZA	Zona de Amortecimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Unidades de conservação e zona de amortecimento.....	17
2.2	Regularização fundiária	20
2.3	Uso e cobertura da terra	22
2.4	Ecologia da paisagem	24
2.5	Geotecnologias.....	26
3	OBJETIVOS	28
3.1	Objetivo geral	28
3.2	Objetivos específicos	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1	Área de estudo	28
4.1.1.	PARNA do Alto Cariri e sua ZA	30
4.1.2.	PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.....	32
4.1.3.	PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA	36
4.2	Construção da base cartográfica	39
4.3	Mapeamento do uso e cobertura da terra	40
4.4	Acurácia do processo de classificação.....	43
4.5	Dados de imóveis rurais.....	45
4.6	Métricas da paisagem.....	45
4.7	Detecção de desmatamentos	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1.	Uso e cobertura da terra	49
5.1.1.	PARNA do Alto Cariri e sua ZA	49
5.1.2.	PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.....	51
5.1.3.	PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA	52
5.1.4.	Acurácia do processo de classificação.....	54
5.1.5.	O uso e cobertura da terra frente à presença de plano de manejo e de ZA.....	54
5.1.6.	O uso e cobertura da terra frente à regularização fundiária nos PARNA.....	59
5.2.	Fragmentação florestal.....	62
5.3.	Desmatamento	71
5.3.1.	Caracterização dos alertas de desmatamento.....	71

5.3.2.	Pontos de pressão antrópica no PARNA do Alto Cariri e sua ZA	73
5.3.3.	Pontos de pressão antrópica no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA	75
5.3.4.	Pontos de pressão antrópica nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA	77
6	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica brasileira é um dos biomas mais biodiversos do planeta, e um dos mais ameaçados. A degradação maior que 70% em sua cobertura vegetal original e o elevado número de espécies endêmicas o qualifica a integrar a lista de *hotspots* para a conservação da biodiversidade, concentrando esforços mundiais para a sua proteção (MYERS et al., 2000; CUNNINGHAM; BEAZLEY, 2018; REZENDE et al., 2018).

A abrangência do bioma Mata Atlântica contempla a maioria dos estados da região Nordeste, passando por todos os estados das regiões Sudeste e Sul, além de estar presente também nos dois estados da região Centro-Oeste vizinhos às regiões Sul e Sudeste (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2019; IBGE, 2019a). Esta ampla distribuição territorial traz variedade em sua vegetação, a qual engloba diversos tipos de formações florestais e ecossistemas associados de manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (BRASIL, 2006; IBGE, 2019c).

Seu histórico de degradação remonta da ocupação do território brasileiro na faixa litorânea no início do processo de colonização portuguesa no século XVI (WARREN, 1996; MARQUES et al., 2021), tornando-se o bioma com a maior densidade demográfica, abrigando aproximadamente 72% da população brasileira (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2019). Esta dinâmica de ocupação leva à perda progressiva de espaços para diferentes atividades antrópicas como urbanização, agricultura e pastagens, impondo à Mata Atlântica o título de único bioma brasileiro onde a classe dominante não é a cobertura vegetal natural: em uma área total de aproximadamente $1,09 \times 10^6 \text{ km}^2$, mais de $0,91 \times 10^6 \text{ km}^2$ corresponde a áreas antropizadas, restando pouco menos de $0,18 \times 10^6 \text{ km}^2$ com áreas naturais, ou seja, apenas 16% de sua área (IBGE, 2020).

A expansão urbana não planejada leva ao uso indiscriminado de recursos naturais, impactando diretamente na fauna e na flora, cujas espécies estão em constante monitoramento para a obtenção de informações acerca do nível de ameaça ao qual estão submetidas. No Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO, 2018b), a Mata Atlântica é o bioma que possui o maior número de espécies ameaçadas, tanto em termos absolutos (593 espécies) quanto relativos (mais de 10% das espécies). Da mesma forma, considerando dados sobre a flora, é o bioma mais ameaçado, onde 1.544 espécies correm risco de extinção, o que representa 42% das espécies avaliadas (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Frente à percepção da importância da conservação ambiental e da manutenção da biodiversidade, Agra Filho (2014) relata um incentivo a iniciativas pela salvaguarda de

espaços territoriais específicos, onde se regula ou se restringe a ocupação das denominadas áreas protegidas. Esforços legislativos para a proteção de áreas específicas culminam, então, com a instituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), por meio da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabelece normas e critérios para a criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação (UC) no país (BRASIL, 2000).

Atualmente, o país possui um total de 2.446 UC instituídas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a), muitas com restrições financeiras e de recursos humanos para sua gestão (AGRA FILHO, 2014). Destas, 1.437 UC (58,7%) localizam-se no bioma Mata Atlântica, sendo 960 classificadas como de uso sustentável e 477 de proteção integral (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a).

A distribuição de área entre os biomas, contudo, é irregular e não garante proteção a todos os biomas e sítios importantes (RIBEIRO et al., 2020). Apesar de a Mata Atlântica abarcar mais da metade das UC brasileiras, em termos de área a proteção apresenta-se menos imponente: as UC brasileiras protegem aproximadamente 18% da área continental nacional, onde as UC localizadas no bioma Mata Atlântica resguardam pouco mais de 1% da área continental (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a).

Um caminho para auxiliar a manutenção de áreas protegidas é o monitoramento ambiental, de modo a impedir a má utilização dos recursos naturais e acompanhar se, de fato, os instrumentos de gestão e as legislações protetivas estão sendo efetivas. Para tanto, destaca-se o emprego de geotecnologias, com a utilização de imagens obtidas por sensores orbitais, as quais, por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), podem ser processadas e analisadas com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento (FLORENZANO, 2011; OLIVEIRA et al., 2020).

O uso das geotecnologias auxilia a atividade de monitoramento ambiental, onde o sensoriamento remoto apresenta-se como uma alternativa para otimização de recursos, considerando as dificuldades financeiras e logísticas inerentes aos trabalhos de campo em grandes áreas, bem como as dificuldades de acesso em determinados locais isolados (RUDKE et al., 2020; WANG et al., 2020). Dentre as tecnologias empregando sensoriamento remoto, o monitoramento ambiental em tempo real surge para contribuir com um diagnóstico célere das alterações na vegetação em áreas protegidas, visto que a disponibilização de alertas de áreas desmatadas ocorre com resolução temporal satisfatória (CROWLEY; CARDILLE, 2020).

Nesse cenário, podem ser citadas diversas plataformas de monitoramento, como o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) e, mais recentemente, o DETER Intenso, ambos do INPE (INPE, 2021). Já a iniciativa MapBiomas (PROJETO

MAPBIOMAS ALERTAS, 2022) se propõe a refinar alertas gerados em diversas plataformas disponíveis. A plataforma Planet (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022), contratada pelo governo brasileiro, permite a visualização de alertas semanais de alterações ambientais, com possibilidade de cobertura de todo o território nacional.

Considerando a relevância das informações abordadas, esta pesquisa pretende contribuir com as Ciências Ambientais como um importante instrumento de gestão de UC, apresentando dados de uso e cobertura da terra e da fragmentação florestal, além de relacioná-los aos alertas de desmatamento na área de estudo. Assim, foi evidenciada a importância da regularização das áreas protegidas, a necessidade da contínua revisão e atualização do plano de manejo e dos limites da UC e da ZA, bem como do atendimento a sugestões presentes em relatórios diagnósticos destas áreas. Dessa forma, os órgãos gestores poderiam ser auxiliados, com dados oriundos de tecnologia remota e plataformas de monitoramento, no intuito de solucionar conflitos e evitar o avanço da antropização em áreas naturais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Unidades de conservação e zona de amortecimento

O SNUC traz diversos conceitos e implicações sobre áreas protegidas, englobando UC das esferas administrativas municipal, estadual e federal. O normativo lista diversos objetivos das UC, tais como a manutenção da biodiversidade, a proteção de paisagens naturais, a recuperação de ecossistemas degradados e a garantia de recursos naturais de subsistência de populações tradicionais (BRASIL, 2000).

As UC são divididas em diferentes categorias e níveis de proteção, de acordo com os objetivos específicos de uso de cada área (Tabela 1). A legislação define condições específicas para atividades a serem desenvolvidas, dependendo da categoria e de seu nível de proteção. Além disso, a ZA também se encontra sujeita a restrições específicas para minimizar impactos negativos à UC.

Tabela 1 – Níveis de proteção e categorias das UC no Brasil.

Nível de proteção	Categoria
Unidades de Proteção Integral¹	Estação Ecológica (ESEC)
	Reserva Biológica (REBIO)
	Parque Nacional (PARNA)
	Monumento Natural (MONA)
	Refúgio da Vida Silvestre (REVIS)
Unidades de Uso Sustentável²	Área de Proteção Ambiental (APA)
	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)
	Floresta Nacional (FLONA)
	Reserva Extrativista (RESEX)
	Reserva de Fauna (REFAU)
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)

Fonte: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). Elaboração: a autora.

O uso dos recursos naturais das áreas protegidas e de seu entorno é regido pelo plano de manejo, documento técnico mediante o qual se estabelece o zoneamento da UC, bem como as normas que devem nortear o uso da área e seu manejo. O SNUC determina, ainda, que todas as UC devem possuí-lo, devendo ser elaborado em não mais de cinco anos após a criação da UC (BRASIL, 2000).

O plano de manejo traz as definições das atividades que poderão ser desenvolvidas e as áreas disponíveis para exploração, de modo a não degradar ou poluir o ambiente. Nesse sentido, fica evidente a importância de gestores, comunidade local, cientistas e empresários trabalharem em conjunto para o alcance de bons resultados (MEDEIROS et al., 2021).

Considerando a importância técnica e prática do plano de manejo, visto que nele constam as orientações direcionadas à conservação da UC e sua ZA, sua ausência impacta diretamente na conservação da região. Apesar da sofisticação do SNUC, a implementação e o manejo das UC são cercados por problemas, onde um grande número de UC não possui plano de manejo, agregando, conseqüentemente, dificuldades na condução das atividades destas áreas protegidas (REIS; UMBELINO; NASCIMENTO, 2021).

De fato, o que é preconizado não necessariamente é executado, conforme dados obtidos junto ao Painel de Unidades de Conservação Brasileiras. Para os PARNA, uma das

¹ Conforme definição do art. 7º, §1º da lei que institui o SNUC, UC de Proteção Integral têm como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais, com exceções previstas na própria legislação (BRASIL, 2000).

² Conforme definição do art. 7º, §2º da lei que institui o SNUC, UC de Uso Sustentável têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, (BRASIL, 2000). A legislação traz em suas definições o uso sustentável como a “exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”.

categorias de UC de proteção integral onde se permite apenas o uso indireto³ de recursos naturais, considerando os 25 PARNA terrestres da esfera administrativa federal na Mata Atlântica, 13 (52%) não possuem plano de manejo, apesar de todos terem sido criados há mais de cinco anos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a).

Com a instituição do SNUC (BRASIL, 2000), surge o termo ZA, a qual não faz parte da UC, mas fica sujeita às regras estabelecidas para uso de recursos e atividades. Conforme consta no normativo, a ZA é obrigatória para todas as categorias de UC, exceto APA e RPPN, e refere-se ao “entorno de uma UC, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”, podendo ser definida no ato de criação da UC ou posteriormente.

O conceito anterior mencionava área circundante, conforme Resolução nº 13/1990 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1990), onde um raio de 10 km a partir dos limites da UC era considerado para estabelecer a obrigatoriedade de licença ambiental para atividades que pudessem afetar os ecossistemas locais (BRANDÃO et al., 2021). Posteriormente, a Resolução nº 13/1990 foi revogada pela de nº 428/2010 (CONAMA, 2010), passando a determinar que, quando a UC não possuir ZA estabelecida, deve ser considerado um raio de 3 km a partir dos limites da UC para a obrigatoriedade de licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental. Além disso, a nova resolução estabelece que, para empreendimentos não sujeitos a Estudo de Impacto Ambiental e a Relatório de Impacto Ambiental, na falta de ZA estabelecida, considera-se um raio no limite de até 2 km da UC para que o órgão ambiental licenciador dê ciência ao órgão responsável pela administração da UC acerca do empreendimento.

O objetivo da ZA é proteger a UC que circunda, absorvendo impactos e, assim, minimizando danos ao interior da área protegida. Do ponto de vista ecológico, a ZA atua na proteção da UC, prevenindo a fragmentação florestal e minimizando o efeito de borda devido a pressões antrópicas (LOPES; VEETIL; SALDANHA, 2021). Ameaças à UC como a invasão de animais e plantas exóticas, focos de incêndios, poluição nos rios e o avanço de áreas urbanas são minimizadas com a definição adequada de uma ZA no entorno, o que deve levar em consideração características locais referentes à geologia, à ecologia da paisagem, aos usos do entorno e aos limites da legislação (SCHREINER; TAGLIANI; SILVA, 2015).

Com as dificuldades na gestão dessas unidades, os problemas na efetividade dos normativos levam a diversos problemas nas UC e sua ZA, tais como perda da vegetação,

³ Definição dada pela alínea IX do art. 2º da Lei que instituiu o SNUC, que traz o uso indireto como aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição de recursos naturais (BRASIL, 2000).

aumento da fragmentação florestal e conflitos com as comunidades tradicionais e a população do entorno. Um instrumento que auxilia a gestão de áreas protegidas é o relatório produzido pelo Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão (SAMGE), disponibilizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO) para UC de diversas esferas administrativas. Trata-se de uma ferramenta de análise e monitoramento de gestão em UC, que se propõe a uma aplicação rápida e fácil (ICMBIO, 2022d), com objetivo de avaliar o cumprimento da política pública relacionada à manutenção da biodiversidade, dentro de UC. Seus resultados trazem um diagnóstico tático que permite a implementação de indicadores de efetividade das áreas protegidas.

Além das UC abordadas, o SNUC menciona o conceito de Reserva da Biosfera, um modelo adotado internacionalmente para a gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2000). De acordo com o normativo, é composta por uma ou mais áreas-núcleo (áreas de proteção integral), uma ou mais ZA (onde só são admitidas atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo), e uma ou mais zonas de transição (sem limites rígidos, onde o processo de ocupação e o manejo de recursos naturais são planejados e conduzidos de modo participativo e em bases sustentáveis). O SNUC menciona que a Reserva da Biosfera pode conter UC já criadas, e que seus objetivos principais são a preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações.

2.2 Regularização fundiária

A devida regularização fundiária de diversas UC no Brasil deixa de ser conduzida devido à falta de recursos financeiros para a gestão destas áreas protegidas, tendo o problema se agravado com a criação de novas áreas para integrar o SNUC sem, contudo, contar com o aumento no repasse correspondente para garantir a sua manutenção. A questão não se restringe apenas à falta de recursos financeiros, mas é tema complexo por envolver o deslocamento de famílias e todos os desdobramentos resultantes inerentes a esta movimentação (DIAS, 2018).

De acordo com Silva e Mello (2021), os conflitos em UC envolvendo povos tradicionais representam uma colisão de direitos fundamentais, onde, por exemplo, o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, com a consecutiva criação de UC, se contrapõe ao direito ao território das populações tradicionais. Assim, a solução proposta passaria por mantê-los nas UC de proteção integral, considerando que estas comunidades desenvolvem

práticas preservacionistas e que não se admite seu reassentamento em local diverso ao território que lhes pertence.

Por outro lado, como exemplo, foram constatadas propriedades com monoculturas em ZA e até mesmo dentro dos limites de UC, levando à exploração agrícola em áreas de proteção integral, conforme constatado em um parque estadual no Rio Grande do Sul, o qual, mesmo quatro décadas após a sua criação, ainda não possui plano de manejo, nem tampouco conduziu a devida regularização fundiária (LOPES; TRENTIN; SIMON, 2019). O conflito fundiário relatado reforça, então, a importância de pesquisas científicas nestas áreas protegidas, no sentido de preencher lacunas de informação, subsidiando, assim, futuras ações de efetivação da UC.

Estudo de Ferreira e Silva (2019) conduzido em um PARNA em Minas Gerais, com a maior parte de sua área não regularizada, corrobora o caráter controverso envolvendo a natureza de UC de proteção integral frente à presença de habitantes dentro de seus limites. Famílias de camponeses habitam os limites do parque, mantendo uma relação considerada harmoniosa com a terra, onde os autores defendem o exercício da conservação com a participação humana, ao contrário do que apregoaria o ICMBIO, no sentido de apoiar a ausência de habitantes no interior de UC de proteção integral. Tal questão envolve disputas judiciais, prolongando a situação de conflito nesta UC.

Em um PARNA no estado do Pernambuco, por exemplo, observa-se um conflito envolvendo o uso de recursos naturais por parte da população residente no interior da UC, que aguarda legitimamente a desapropriação e indenização por parte do poder público. Nesse sentido, vem surgindo um pensamento conservacionista que entende ser possível alcançar um processo de colaboração com as comunidades locais e povos indígenas baseada no respeito pelo seu direito internacionalmente reconhecido à propriedade (MACHADO et al., 2017). Nessa corrente, há registro de moradores em parques nacionais sem que tragam prejuízos à biodiversidade. Iniciativas nessa linha de ação, ainda que expressamente proibidas pelo SNUC, podem auxiliar a atenuar a dicotomia entre natureza e cultura (PIVOTO, 2019).

A legislação garante às populações tradicionais, cujo sustento dependa da utilização de recursos naturais existentes no interior das UC, meios de subsistência alternativos ou justa indenização pelos recursos perdidos, além de assegurar, também, a participação efetiva das populações locais na criação, implantação e gestão das UC (BRASIL, 2000). Considerando o tema, a lei do SNUC (BRASIL, 2000) e o decreto que a regulamenta (BRASIL, 2002), visando evitar conflitos, trazem a obrigatoriedade de consulta pública para a criação de UC (exceto ESEC e REBIO). Assim, ainda que, por exemplo, a realocação dessas populações seja

um direito ao se criar uma UC, deixar de consultá-las no processo de criação e implantação favorece conflitos.

Importante mencionar, ainda, a questão dos imóveis rurais, os quais têm sua definição dada por legislação referente à reforma agrária: “prédio rústico de área contínua, qualquer que seja a sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial” (BRASIL, 1993). De modo a integrar as informações ambientais acerca de propriedades e posses rurais, foi criado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), obrigatório para todos os imóveis rurais (BRASIL, 2012), onde o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) é o sistema eletrônico responsável por centralizar e gerenciar tais informações, abrangendo Áreas de Preservação Permanente (APP), de uso restrito, de reserva legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das florestas consolidadas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021).

A inscrição do imóvel rural no CAR é de responsabilidade do proprietário e/ou possuidor do imóvel rural, e não serve para comprovação da situação fundiária envolvendo a propriedade ou a posse do mesmo (BRASIL, 2012). Dentre as diversas funcionalidades do SICAR, cabe destacar a presença de filtros de modo a confrontar a sobreposição das informações poligonais declaradas dos imóveis rurais frente aos limites de áreas protegidas, como UC e terras indígenas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021), quando então, dependendo da proporção da área sobreposta, deixa o cadastro com pendências a serem sanadas.

A criação de áreas protegidas apresenta alguns pontos críticos, como a problemática envolvendo populações que as habitam, bem como as limitações na participação popular em ações de interesse local (DIEGUES, 2008; PRADO et al., 2020). Tal fato evidencia a importância de uma criteriosa criação e classificação em categorias adequadas conforme prévia análise, e de proceder à regularização destas áreas e à contínua revisão de seus instrumentos de gestão para melhor atender aos objetivos que as norteiam.

2.3 Uso e cobertura da terra

As alterações no ambiente ocorrem de forma dinâmica com o passar do tempo, contudo, as mudanças nas paisagens naturais jamais ocorreram tão rapidamente como nos últimos anos, o que ressalta a importância de entender e acompanhar os impactos no ecossistema em função de mudanças no uso e cobertura da terra (OLIVEIRA et al., 2020).

Levantamentos sobre o uso e cobertura da terra representam, assim, importante ferramenta para o planejamento, gestão e tomada de decisões envolvendo áreas protegidas, fornecendo subsídios para avaliações de impactos ambientais como os decorrentes de desmatamentos e de altos índices de urbanização (IBGE, 2013, 2020).

Estabelecidas as diferentes regras para uso da UC e da ZA, dependendo do nível de proteção e da categoria da UC, estudos trazem informações sobre diversas ameaças a estas áreas protegidas e seus entornos. Ao analisarem o uso e a ocupação no interior e no entorno de uma UC na região Norte do país, Souza et al. (2020) constataram que, no período aproximado de três décadas, o entorno exibiu uma perda de mais de 20% em sua cobertura florestal, com o consecutivo aumento de áreas destinadas à agropecuária.

Da mesma forma, pressões exercidas por monoculturas em ZA levam à redução de áreas de florestas, o que, conseqüentemente, ameaça a conservação da biodiversidade no interior das respectivas áreas protegidas. A pressão exercida pela cultura de cana-de-açúcar no entorno de um parque estadual na região Sudeste do país (MORAES; MELLO; TOPPA, 2017), bem como cultivo de soja no entorno de uma FLONA na região Sul (DAVID et al., 2019), reduzem a área de florestas e aumentam o isolamento de seus fragmentos.

A pressão antrópica na ZA é evidenciada, também, no trabalho de Trindade e Rodrigues (2019), que avaliaram um parque estadual e seu entorno na região Centro-Oeste do país, onde a criação de UC revelou sua importância, incentivando a proteção florestal no parque. O mesmo, contudo, não foi observado na ZA, com retrocesso da vegetação nativa em detrimento do aumento da agricultura e da pecuária. Um ponto importante abordado pelos autores relaciona-se ao fato de que as áreas na ZA com maiores níveis de preservação contêm solos com menor aptidão agrícola.

Infelizmente, as perdas na cobertura florestal não se restringem ao entorno das UC, conforme observado por Paiva et al. (2020) em quatro áreas protegidas no estado do Maranhão. Nos mapeamentos temporais de cobertura vegetal, houve um aumento de áreas desmatadas, com a consecutiva perda da cobertura florestal no interior da UC. Mesmo com a observação de perdas florestais, consideram que o aumento no número de áreas protegidas é a melhor estratégia para conter o desmatamento e a fragmentação na paisagem, colaborando, dessa forma, para a conservação da biodiversidade.

Não bastando as pressões exercidas na ZA com usos antrópicos, dentro de limites legalmente definidos, eventualmente existe pressão para que a legislação sofra alterações para reduzir ou até mesmo remover a proteção de UC, como observado em projetos de lei envolvendo a redução em aproximadamente 70% de uma APA no estado do Paraná que

engloba algumas UC, tais como parques estaduais, nacionais e RPPN. A pressão pode decorrer de interesses econômicos envolvendo atividades agropecuárias e de mineração, o que torna mais complexa a tarefa de conservação ambiental: não basta fiscalizar o cumprimento da lei, mas é preciso trabalhar para que a proteção legal existente não seja reduzida ou eliminada (ALVES et al., 2018).

Um alerta importante é feito por Almeida-Rocha e Peres (2021) ao avaliarem a ZA de 819 áreas protegidas, distribuídas nos seis biomas brasileiros, onde o nível de degradação ambiental experimentado pelas ZA é semelhante ao das áreas não submetidas à regulação ambiental do entorno. Tal fato é preocupante, pois a função protetiva da ZA, com regramento específico para o uso de seus recursos naturais e a consequente proteção da UC que circunda, deveria resultar, no mínimo, em uma cobertura natural maior que a observada em áreas não controladas pelo regramento da UC e ZA. Frente ao exposto, a qualquer tempo devem ser revistas as regras de uso das áreas protegidas e de seus entornos, pois mesmo quando a lei é seguida, eventualmente o resultado prático é diferente do almejado na teoria.

2.4 Ecologia da paisagem

Uma abordagem para monitorar a situação das florestas em áreas protegidas envolve a ecologia da paisagem. Os processos de alterações na paisagem, naturais ou antrópicas, acarretam a formação de padrões e estruturas, os quais são influenciados pelas estruturas espaciais dominantes (LANG; BLASCHKE, 2009).

Em ambientes com elevada fragmentação florestal, efeitos negativos são observados, quer vinculados diretamente ao componente espacial do elemento divisor, tal como barreiras de acesso de espécies causadas por estradas, quer relacionados indiretamente aos mesmos, como, por exemplo, poluição sonora oriunda do trânsito. A divisão do habitat gera fragmentos cada vez menores, até que em um certo momento, o tamanho do habitat não é mais suficiente para garantir a determinadas espécies animais a probabilidade de sobrevivência (LANG; BLASCHKE, 2009), impactando também na biodiversidade da flora e nos serviços ecossistêmicos (CABRAL et al., 2018; SOLEN et al., 2018).

Além disso, quanto maior o grau de fragmentação, mais alto são os riscos de fixação de espécies exóticas de plantas invasoras, que tendem a competir com espécies nativas, favorecendo a perda da biodiversidade e um aumento no isolamento. Fragmentos menores, então, sofrem mais intensamente os efeitos de borda, estando mais expostos às mudanças

físicas do ambiente, devido, por exemplo, a fatores abióticos como temperatura, vento, umidade e intensidade de luz (SILVA; SOUZA, 2014).

A fragmentação florestal em áreas de Mata Atlântica causa interferências no fluxo de agentes polinizadores e dispersores como, por exemplo, as abelhas. Impactos neste fluxo geram problemas na conservação da biodiversidade, considerando que a maioria das espécies vegetais tropicais necessita de vetores bióticos para polinização (RUSCA et al., 2017).

Apesar do potencial de uso das métricas de paisagem, estudos na Mata Atlântica utilizando-as são aplicados em áreas menores que 300.000 ha e, quando conduzidos em áreas maiores, os dados apresentados são divergentes, com resultados percentuais de floresta remanescente variando entre 7% e 27%, dependendo da metodologia empregada para a determinação destes quantitativos (RIBEIRO et al., 2009). Utilizando métricas como tamanho dos fragmentos, área, nível de isolamento e conectividade entre os fragmentos para quantificar seus remanescentes florestais e sua distribuição espacial, seus resultados mostram que mais de 80% dos fragmentos florestais na Mata Atlântica têm tamanho menor que 50 ha.

Ainda de acordo com os resultados obtidos por Ribeiro et al. (2009), a Mata Atlântica apresenta-se extremamente degradada e, nesse contexto, os grandes fragmentos detectados deveriam ser transformados em novas UC. Além de identificar áreas prioritárias para ações de ampliação de áreas protegidas, os autores mencionam que a cobertura florestal legalmente protegida se encontra aquém das metas, logo, o incremento no número de UC seria um caminho para minimizar a degradação do bioma.

A Mata Atlântica encontra-se em situação desfavorável em virtude de sua elevada fragmentação, experimentando impactos negativos decorrentes do efeito de borda. Considerando que mais da metade de seus remanescentes encontra-se localizada a menos de 100 m de áreas abertas, e mais de 70% encontram-se a menos de 250 m de áreas abertas, os remanescentes florestais são altamente suscetíveis ao efeito de borda (RIBEIRO et al., 2009).

Fragmentos pequenos, apesar de possuírem características menos favoráveis à manutenção da biodiversidade quando em comparação com os fragmentos maiores, também podem compor corredores ecológicos e funcionar como trampolins ecológicos, aumentando a conectividade entre os fragmentos (RIBEIRO; MELLO; VALENTE, 2022). A implementação e a manutenção de corredores ecológicos atenuam os efeitos negativos causados por uma paisagem fragmentada, e a determinação de fragmentos florestais potencialmente favoráveis à sua criação pode ser auxiliada por técnicas que determinam e analisam métricas da paisagem, trazendo dados como, por exemplo, tamanho dos fragmentos e distância entre eles. (SANTOS et al., 2020).

Um recurso que facilita a avaliação da estrutura da paisagem é baseado em ferramentas computacionais, onde os padrões de distribuição espacial dos fragmentos florestais são determinados quantitativamente (LANG; BLASCHKE, 2009). Podem ser utilizados desde programas computacionais até complementos para uso em ambiente SIG, de obtenção gratuita ou mediante aquisição de licença.

Nesse sentido, Rusca et al. (2017) constataram no entorno de uma ESEC em São Paulo, UC de proteção integral, que grande parte dos fragmentos florestais era menor ou igual a 10 ha, considerados pequenos para a manutenção da biodiversidade e mais suscetíveis ao efeito de borda. Tal ambiente fragmentado ocorre em virtude da expansão agrícola no entorno da ESEC. Já Masullo, Gurgel e Laques (2018) avaliaram as UC do Maranhão, com diferentes níveis de proteção, tendo constatado um aumento de fragmentos irregulares e antropizados, o que resulta em uma redução na resiliência e em uma maior suscetibilidade ambiental dessas áreas.

Por outro lado, Fernandes e Batista (2021) encontraram resultados relacionados a uma redução das métricas relativas à fragmentação florestal em um estudo abrangendo, dentre outras áreas, o entorno de um parque estadual no Paraná. Foi constatado um aumento na cobertura vegetal durante o período de análise, o que coincidiu com a criação da UC e a consecutiva aprovação do plano de manejo, mostrando que a criação e a manutenção de áreas protegidas contribuem para a proteção e a recuperação da paisagem e, conseqüentemente, para a conservação da biodiversidade.

O uso das ferramentas para avaliar a fragmentação florestal em UC fornece informações sobre o padrão de distribuição espacial destes fragmentos, bem como demais métricas da paisagem. Identificar pressões antrópicas em suas áreas pode fornecer dados para subsidiar a revisão das políticas públicas envolvendo a gestão de áreas protegidas e o regramento para o uso de recursos naturais na ZA, bem como instruir a criação de novas UC e a manutenção das já existentes.

2.5 Geotecnologias

Uma forma de entender as alterações ambientais e como se relacionam com as atividades desenvolvidas no entorno das UC refere-se ao monitoramento destas áreas. O uso de SIG e de imagens obtidas por sensores orbitais favorece a obtenção de um grande volume de dados com alta frequência em sua atualização, além de tornar o processo mais célere e viável economicamente (VAEZA et al., 2010; SOUZA et al., 2020).

As imagens registradas pelos sensores orbitais não informam necessariamente a atividade desenvolvida na região monitorada, trazem apenas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo. Assim, é necessário interpretar tais características, considerando parâmetros e atributos tais como cor, textura e forma, para, então, estimar as atividades de uso e cobertura da terra retratadas (IBGE, 2013).

Considerando a constante evolução das tecnologias, uma etapa importante no planejamento da pesquisa passa pela escolha de ferramentas em sensoriamento remoto para otimizar os resultados em monitoramento ambiental, principalmente com relação à resolução dos sensores disponíveis. A escolha deve ponderar os objetivos a serem alcançados de modo a otimizar os recursos em concordância com os resultados almejados.

Conforme constatado por Rezende et al. (2018), ao utilizar sensores com resolução espacial de 5 m para mapeamento de uso e cobertura da terra no bioma Mata Atlântica, foi possível um maior detalhamento e diferenciação dos alvos nas imagens. Como resultado, foi estimada uma cobertura de vegetação natural de aproximadamente 28%, em contraste com estimativas existentes que variavam entre 11% e 16%, obtidas com o emprego de sensores de resolução espacial de 30 m.

Da mesma forma, Oliveira, Carvalho-Ribeiro e Maia-Barbosa (2020) compararam resultados utilizando imagens com diferentes resoluções espaciais para avaliar o uso e cobertura da terra em uma UC e sua ZA, constatando que pequenos fragmentos florestais, ignorados em imagens com resolução de 25 ha por pixel, aparecem nos mapeamentos que utilizaram imagens com resolução espacial de 900 m² por pixel, aumentando assim os quantitativos de áreas naturais detectados. Ainda que um cenário mais favorável tenha sido detectado utilizando melhores resoluções espaciais, a degradação ambiental é significativa e o avanço antrópico deve seguir sendo controlado e permanentemente monitorado.

Com relação aos detalhes envolvendo a resolução de sensores, destacam-se os que possuem maior resolução temporal, visto que podem resultar na obtenção diária de imagens de um mesmo local, contornando efeitos de cobertura de nuvens. Outro ponto a ser considerado é a possibilidade de constatar, de modo mais célere, alterações em áreas protegidas monitoradas, o que, em tese, reduziria o tempo de atendimento e instauração de eventuais procedimentos nas esferas cabíveis (RUDKE et al., 2020).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Identificar pontos de maior pressão antrópica em quatro PARNA e suas ZA na Mata Atlântica no período de 2020 a 2022, verificando a relação entre alertas de desmatamento com aspectos da paisagem e da situação fundiária na área de estudo.

3.2 Objetivos específicos

a) Caracterizar e avaliar o uso e cobertura da terra e as métricas da paisagem nos PARNA e nas suas ZA no ano de 2020, verificando sua relação frente à presença de plano de manejo e de ZA estabelecida e à situação da regularização fundiária nas UC;

b) Caracterizar e avaliar os alertas de desmatamento nos PARNA e nas suas ZA nos anos de 2020 a 2022, verificando sua relação com dados de uso e cobertura da terra, fragmentação florestal e regularização fundiária para identificar os pontos de maior pressão antrópica no período.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Em um universo de 25 parques terrestres de responsabilidade da esfera federal localizados na Mata Atlântica, conforme informações disponíveis no Painel de Unidades de Conservação Brasileiras (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a), foram selecionados quatro parques contemplando as três regiões geográficas de abrangência do bioma (Figura 1). Com relação às áreas das UC selecionadas, sem considerar suas ZA, têm-se que a área ocupada por este universo de 25 parques é igual à aproximadamente 8.706 km², enquanto a área dos 4 parques amostrados abrange aproximadamente 808 km², ou seja, 9,3% do total.

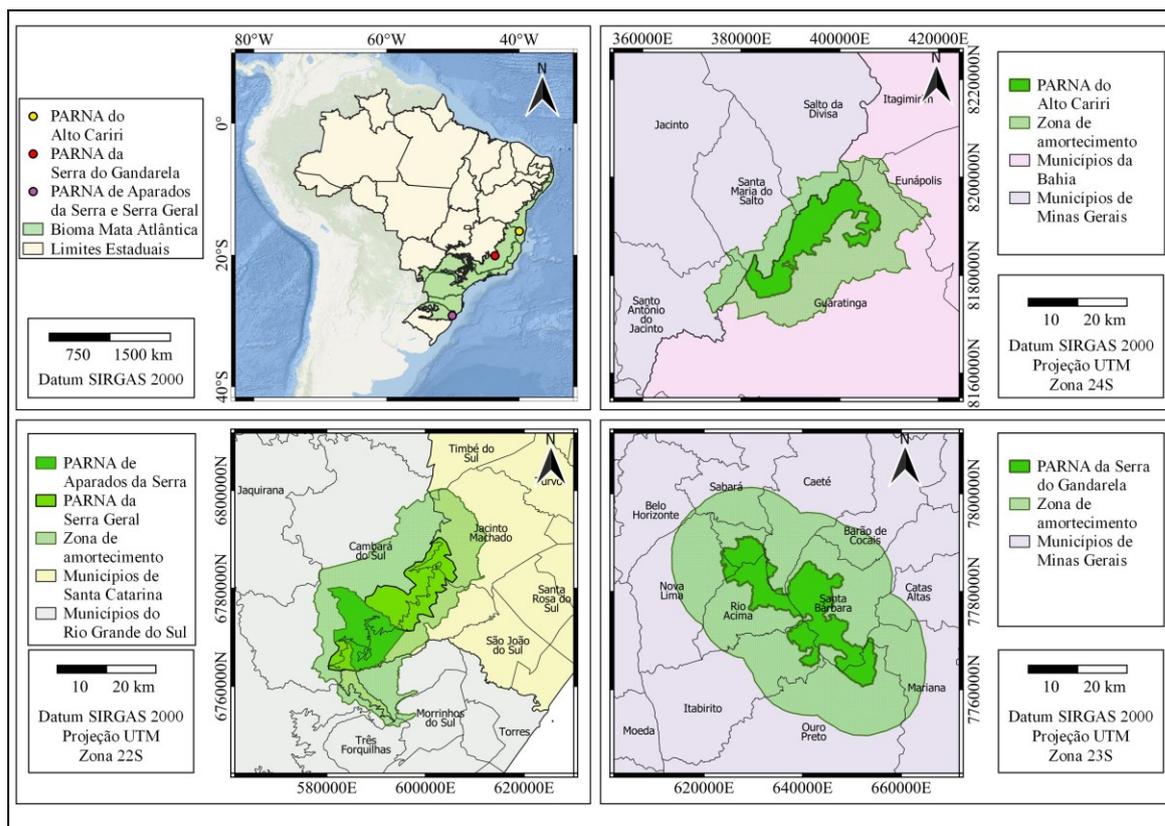


Figura 1 – Área de estudo.

Fontes: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geostatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), informações ambientais dos biomas (IBGE, 2019b). Elaboração: a autora.

Os critérios de seleção incluíram, conforme detalhado na Tabela 2, a localização geográfica, o ato de criação em diferentes décadas e a existência ou não de plano de manejo e de limites estabelecidos para ZA, de modo a avaliar como estas e outras características inerentes a cada PARNA contribuem para a conservação de suas áreas. Na região Sul, foram selecionados dois parques em virtude de compartilharem o mesmo plano de manejo e ZA.

Tabela 2 - PARNA terrestres da esfera federal selecionados no bioma Mata Atlântica.

PARNA	Região	Estados	Ano de criação	Plano de manejo	Área UC (km ²)	Área ZA (km ²)	Área Total (km ²)
Alto Cariri	Nordeste	BA	2010	Não	192	612	804
Serra do Gandarela	Sudeste	MG	2014	Não	312	1.434	1.746
Aparados da Serra	Sul	RS e SC	1959	Sim	131	602	906
Serra Geral			1992		173		
TOTAL					808	2.648	3.456

Fonte: Painel de Unidades de Conservação Brasileiras (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a) e sítio do ICMBIO (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021b). Elaboração: a autora.

4.1.1. PARNA do Alto Cariri e sua ZA

O PARNA do Alto Cariri (Figura 2), localizado no município de Guaratinga na Bahia, foi criado por meio de Decreto em 11 de junho de 2010 (BRASIL, 2010). O referido ato normativo traz os objetivos que justificam a sua criação, dentre eles a manutenção de espécies de mamíferos e aves ameaçadas de extinção, em especial, o miqui-do-norte (*Brachyteles hypoxanthus*).

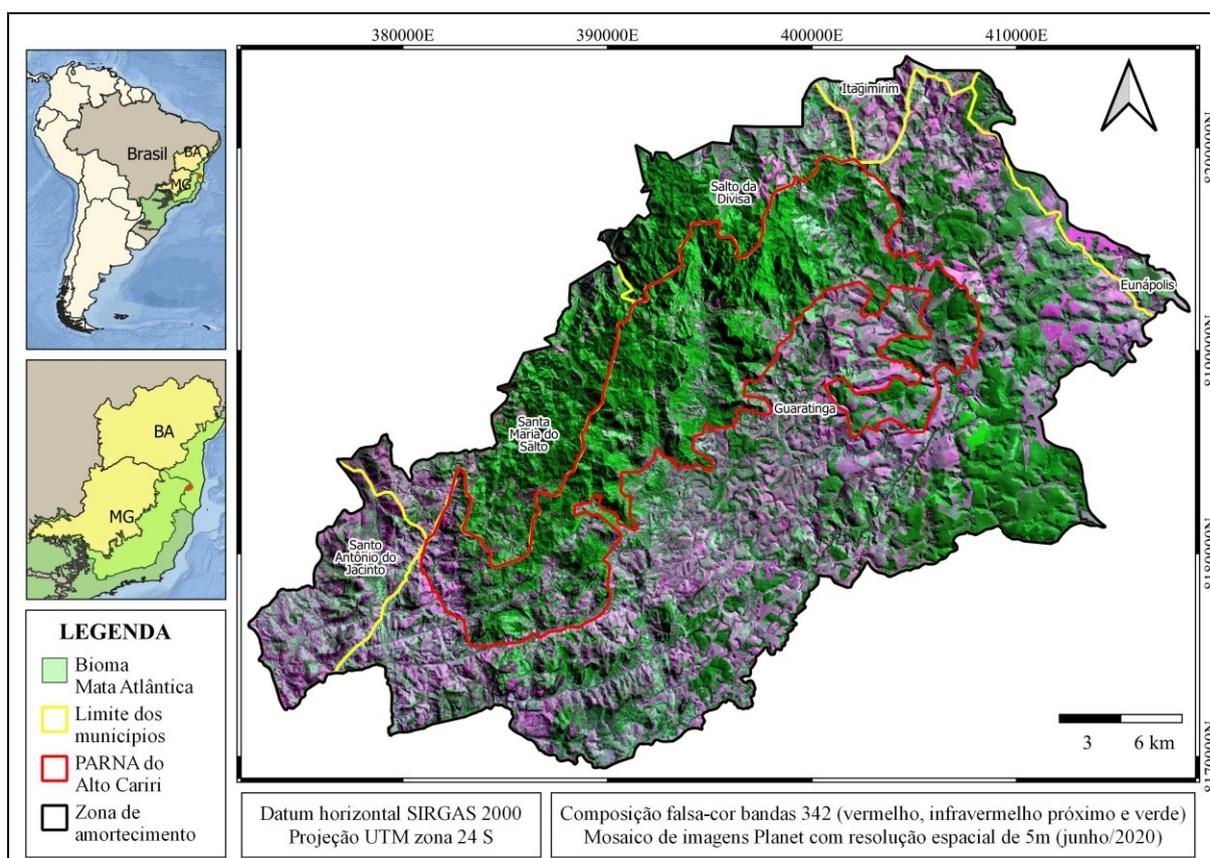


Figura 2 – Localização do PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Fontes: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), informações ambientais dos biomas (IBGE, 2019b), mosaico de imagens Planet (PLANET LABS INC., 2021). Elaboração: a autora.

A ZA, estabelecida em seu decreto de criação (BRASIL, 2010), abrange três municípios na Bahia (Guaratinga, Eunápolis e Itagimirim) e três em Minas Gerais (Salto da Divisa, Santa Maria do Salto e Santo Antônio do Jacinto). O parque, contudo, não possui plano de manejo, mesmo tendo transcorrido mais de doze anos desde a sua criação, em 2010, em desacordo, portanto, com o preconizado no SNUC (BRASIL, 2000).

Na porção mineira da ZA, observam-se duas UC de proteção integral: o Parque Estadual do Alto Cariri, que abrange os municípios de Salto da Divisa e Santa Maria do Salto,

e o REVIS Estadual Mata dos Muriquis, localizada integralmente no município de Santa Maria do Salto (Figura 3).

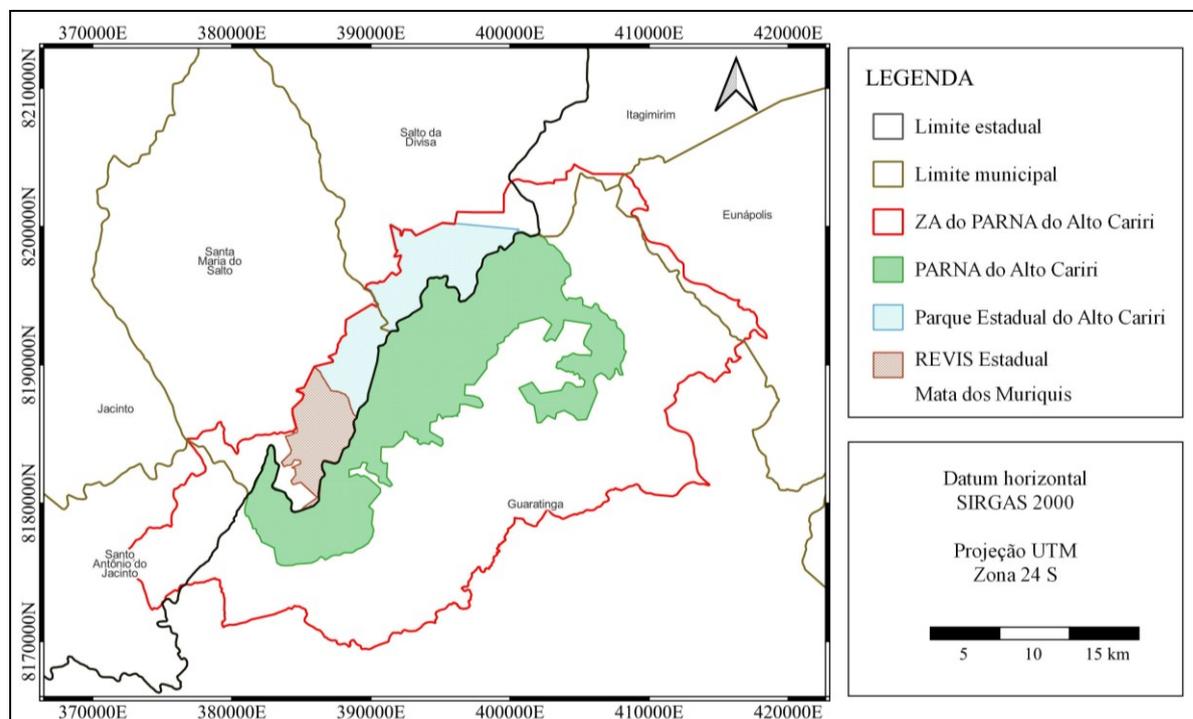


Figura 3 – UC vizinhas ao PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021). Dados Geográficos de Áreas Especiais – UC (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a). Elaboração: a autora.

O parque exibe um predomínio de Floresta Ombrófila Densa Montana e, à medida que a umidade vai reduzindo à oeste, passa a ser observada a floresta estacional semidecídua. Junto aos afloramentos rochosos mais íngremes e altos, podem ser observados os campos rupestres (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022e)(IBGE, 2019c).

Na UC e ZA, observa-se a ocorrência de três tipos de solo (DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS IBGE; EMBRAPA - SOLOS, 2018). Na porção leste da área de estudo há Latossolo Amarelo Distrófico, enquanto nas porções sul e norte observa-se Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Na porção central e oeste, ocupando a maior parte da UC, observa-se a ocorrência de Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico.

Os municípios que integram a UC e sua ZA (Tabela 3) referem-se a centros locais, com população inferior a 12 mil habitantes, à exceção Guaratinga, que contém a UC, com pouco mais de 22 mil habitantes. Além dos centros locais, a ZA conta com o município de Eunápolis, na porção nordeste da ZA, capital regional com população superior a 100 mil habitantes.

Tabela 3 – Panorama dos municípios do PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Município	UF	População (2010)	Área aproximada (km ²)	Densidade demográfica (2010)(hab./km ²)	PIB ¹ per capita (R\$) (2019)	IDHM ² (2010)	Hierarquia urbana ³
Eunápolis	BA	100.196	1.426	84,97	27.730,51	0,677	Capital regional
Guaratinga	BA	22.165	2.189	9,53	9.927,51	0,558	Centro local
Itagimirim	BA	7.110	877	8,47	16.216,47	0,634	Centro local
Salto da Divisa	MG	6.859	938	7,31	14.313,96	0,608	Centro local
Santa Maria do Salto	MG	5.284	441	11,99	8.234,86	0,613	Centro local
Santo Antônio do Jacinto	MG	11.775	504	23,39	8.306,49	0,574	Centro local

¹ Produto Interno Bruto (PIB).

² Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

³ Indica a centralidade da cidade, composta de cinco níveis hierárquicos: metrópole, capital regional, centro sub-regional, centro de zona e centro local.

Fonte: IBGE Cidades (IBGE, 2017). Elaboração e adaptação: a autora.

O Relatório Parametrizado do ICMBIO não traz informações acerca da existência de infraestrutura para visitação e atrativos, tampouco informações sobre a situação fundiária do PARNA do Alto Cariri, criado no ano de 2010 (ICMBIO, 2022b). Consta, contudo, no Relatório de Aplicação do SAMGE, que a visitação ocorre sem ordenamento, e que um dos problemas enfrentados pela UC é a falta de regularização fundiária (ICMBIO, 2021d). Da mesma forma, no Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Guaratinga (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARATINGA, 2016), consta que nenhuma propriedade situada dentro dos limites do parque foi desapropriada.

4.1.2. PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA

O PARNA da Serra do Gandarela (Figura 4), localizado nos municípios de Raposos, Caeté, Santa Bárbara, Mariana, Ouro Preto, Itabirito, Rio Acima e Nova Lima, em Minas Gerais, foi criado por meio de Decreto em 13 de outubro de 2014 (BRASIL, 2014). O ato de criação define os objetivos do parque, entre eles a proteção das formações associadas à vegetação dos campos ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero.

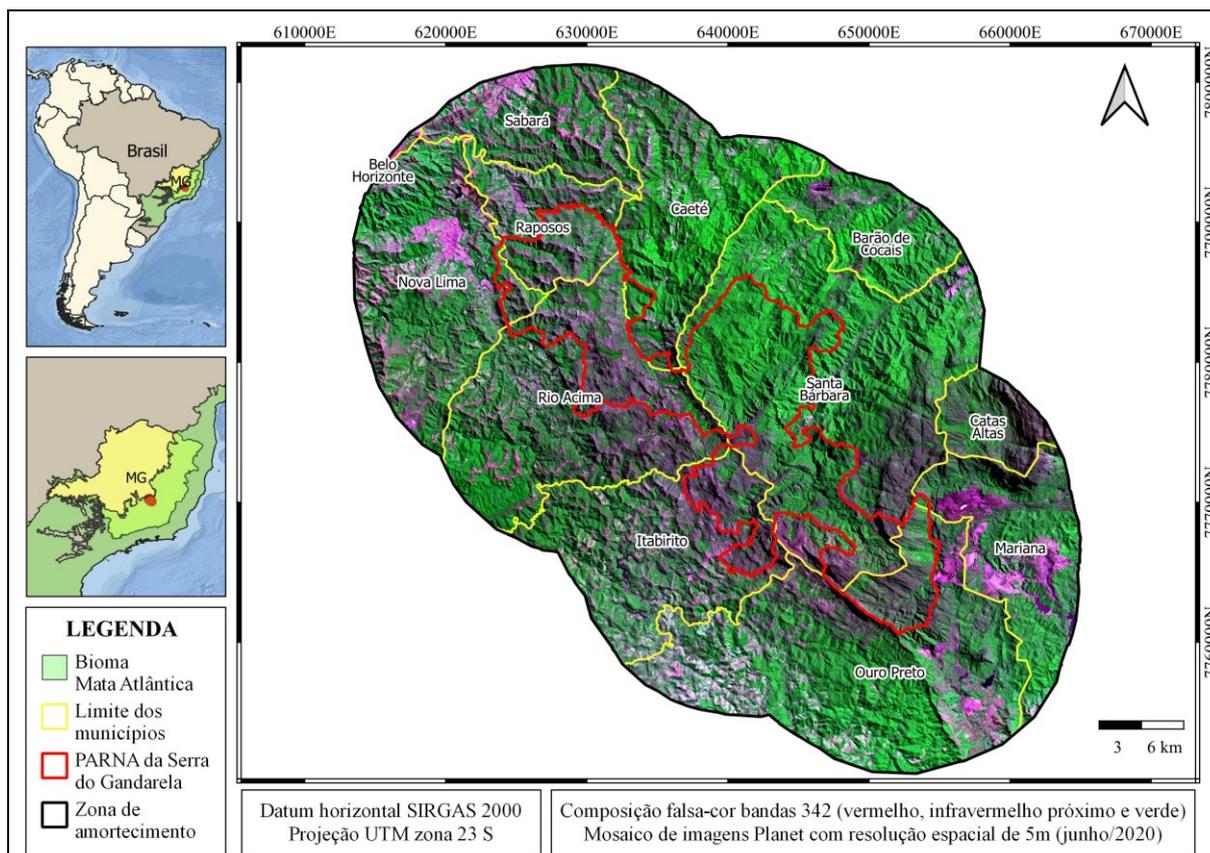


Figura 4 – Localização do PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Fontes: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), informações ambientais dos biomas (IBGE, 2019b), mosaico de imagens Planet (PLANET LABS INC., 2021). Elaboração: a autora.

Seu decreto de criação não define a ZA (BRASIL, 2014), dessa forma, foi considerada a distância de 10 km ao redor dos limites do parque, conforme definido pela já revogada Resolução do CONAMA nº 13/1990 (CONAMA, 1990), em vez de adotar, conforme consta na Resolução em vigor do CONAMA nº 428/2010 (CONAMA, 2010), os 3 km de raio para UC sem ZA definida. Esta opção foi feita, a exemplo de outros estudos, considerando que a ampliação da área favorece uma análise mais abrangente dos impactos de fragmentação florestal e integridade da paisagem (BELLÓN et al., 2020; CERQUEIRA et al., 2021).

Assim, além dos oito municípios que integram a área do parque, a ZA definida para esta pesquisa abrange, também, parte da capital de Minas Gerais, Belo Horizonte, e de mais três municípios deste estado: Sabará, Barão de Cocais e Catas Altas. O parque não possui plano de manejo, mesmo tendo transcorrido quase oito anos desde a sua criação em 2014, em desacordo, portanto, com o prazo preconizado pelo SNUC (BRASIL, 2000).

Existem dez UC vizinhas ao PARNA, de diferentes categorias e níveis de proteção: APA Cachoeira das Andorinhas, APA Sul-RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte), Floresta Estadual do Uaimií, MONA Municipal Gruta Nossa Senhora da Lapa, MONA

Municipal Morro do Elefante, MONA Municipal Morro do Pires, MONA Municipal Serra do Souza, Parque Natural Municipal Rego dos Carrapatos, RPPN Albert Scharle e RPPN Córrego do Sítio I (Figura 5). Além disso, a UC é uma área-núcleo e sua ZA encontra-se na região sul da área de abrangência da ZA da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, assim declarada pela UNESCO em 2005 em virtude de possuir espécies de fauna e flora endêmicas e por abrigar uma das maiores formações de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos do Brasil (GONTIJO et al., 2021).

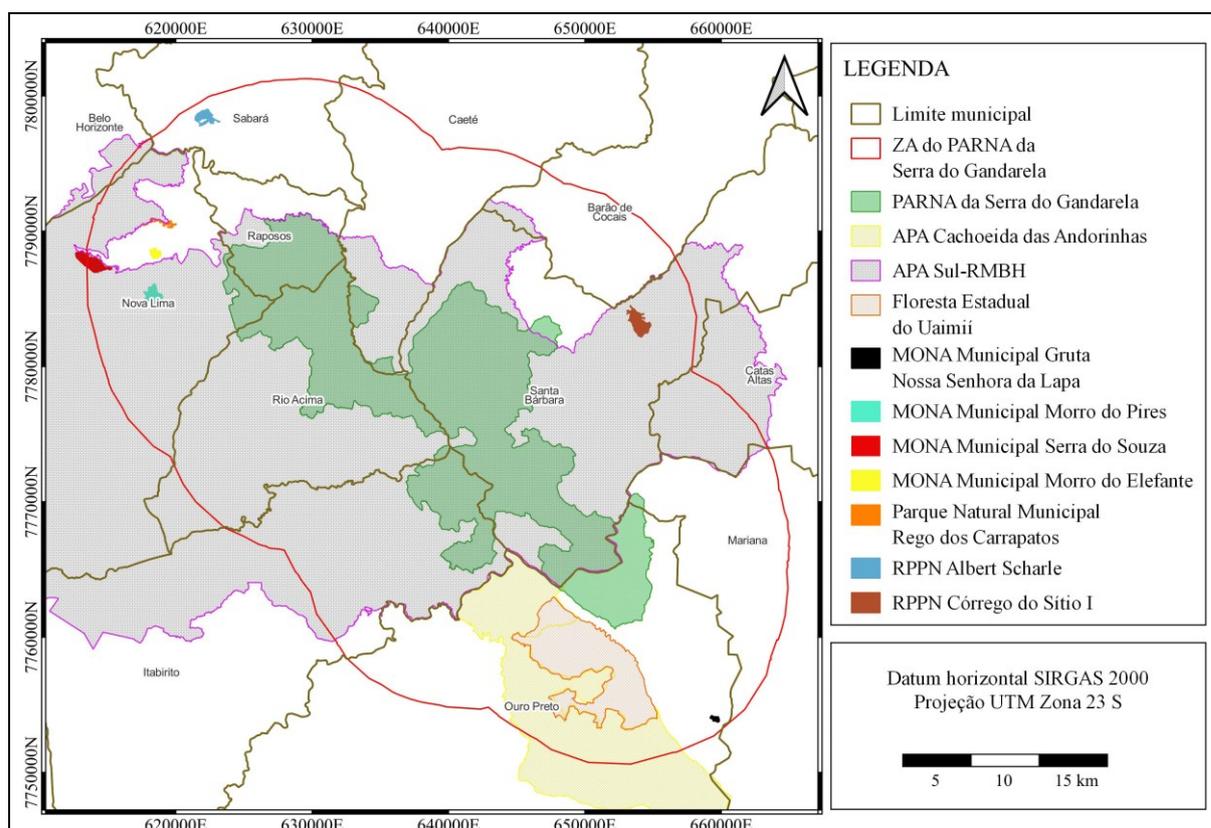


Figura 5 – UC vizinhas ao PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021). Dados Geográficos de Áreas Especiais – UC (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a). Elaboração: a autora.

No parque predomina a Floresta Estacional Semidecídua e são observadas áreas de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado (IBGE, 2019c; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022b). Encontra-se inserido no contexto do quadrilátero ferrífero, na região central do estado de Minas Gerais, o qual concentra a ocorrência dos campos rupestres ferruginosos, também conhecidos por cangas (ICMBIO, 2010). As altitudes da UC variam entre 800 m e 1.800 m acima do nível do mar, e há registros de mais de 250 cavernas na região (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022b).

Com relação aos tipos de solo, observa-se a maior ocorrência para Cambissolo Háplico Perférico. À sudeste da ZA, ocorrem Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e, ao norte da ZA, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Cambissolo Háplico Argila de Baixa Atividade Distrófico é observado na porção noroeste da UC e da ZA e na porção sudoeste da ZA (DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS IBGE; EMBRAPA - SOLOS, 2018).

A UC e sua ZA (Tabela 4), em sua porção noroeste, são formadas por municípios de hierarquia urbana metrópole, dentre os quais estão uma pequena porção da capital do estado, Belo Horizonte, com mais de 2 milhões de habitantes. Na mesma hierarquia, integram a área de estudo ainda os municípios de Caeté, Nova Lima, Raposos, Rio Acima e Sabará.

Tabela 4 – Panorama dos municípios do PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Município	UF	População (2010)	Área aproximada (km ²)	Densidade demográfica (2010)(hab./km ²)	PIB ¹ per capita (R\$) (2019)	IDHM ² (2010)	Hierarquia urbana ³
Barão de Cocais	MG	28.442	340	83,51	25.162,94	0,722	Centro local
Belo Horizonte	MG	2.375.151	331	7.167,00	38.695,31	0,810	Metrópole
Caeté	MG	40.750	543	75,11	17.875,95	0,728	Metrópole
Catas Altas	MG	4.846	240	20,19	205.288,40	0,684	Centro local
Itabirito	MG	45.449	544	83,76	54.869,57	0,730	Centro local
Mariana	MG	54.219	1.194	45,40	33.674,08	0,742	Centro local
Nova Lima	MG	80.998	429	188,73	124.987,23	0,813	Metrópole
Ouro Preto	MG	70.281	1.246	56,41	42.294,45	0,741	Centro sub-regional
Raposos	MG	15.342	72	212,88	9.537,39	0,730	Metrópole
Rio Acima	MG	9.090	228	39,55	20.367,02	0,673	Metrópole
Sabará	MG	126.269	302	417,87	22.428,04	0,731	Metrópole
Santa Bárbara	MG	27.876	685	40,75	27.712,54	0,707	Centro local

¹ Produto Interno Bruto (PIB).

² Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

³ Indica a centralidade da cidade, composta de cinco níveis hierárquicos: metrópole, capital regional, centro sub-regional, centro de zona e centro local.

Fonte: IBGE Cidades (IBGE, 2017). Elaboração e adaptação: a autora.

Na porção sudeste da ZA encontra-se o município de Ouro Preto, um centro sub-regional com mais de 70 mil habitantes. Demais municípios são centros locais, com população variando entre 27 mil e 54 mil habitantes, à exceção do município de Catas Altas, centro local com população inferior a 5 mil habitantes.

Como o PARNA da Serra do Gandarela é relativamente novo, ainda não possui infraestrutura própria para visitação. Diversos espaços, contudo, já recebiam visitantes antes

de sua criação, tais como a Cachoeira do Índio, a Cachoeira do Viana e o Mirante da Serra do Gandarela, no município de Rio Acima, a Trilha e Cachoeira das 27 Voltas, em Nova Lima, o Poço Azul, no município de Raposos, a Cachoeira Santo Antônio, na divisa dos municípios de Raposos e Caeté e a Cachoeira do Cruzado, em Itabirito, dentre outras atrações (ICMBIO, 2022a). A situação fundiária, permanece não regularizada, conforme relatórios do ICMBIO e do SAMGE (ICMBIO, 2021a; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022b).

4.1.3. PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA

O PARNA de Aparados da Serra (Figura 6), localizado nos municípios de Praia Grande em Santa Catarina e de Cambará do Sul no Rio Grande do Sul, foi criado por meio de Decreto nº 47.446, de 17 de dezembro de 1959 (BRASIL, 1959), e teve seus limites revisados por meio do Decreto nº 70.296, de 17 de março de 1972 (BRASIL, 1972).

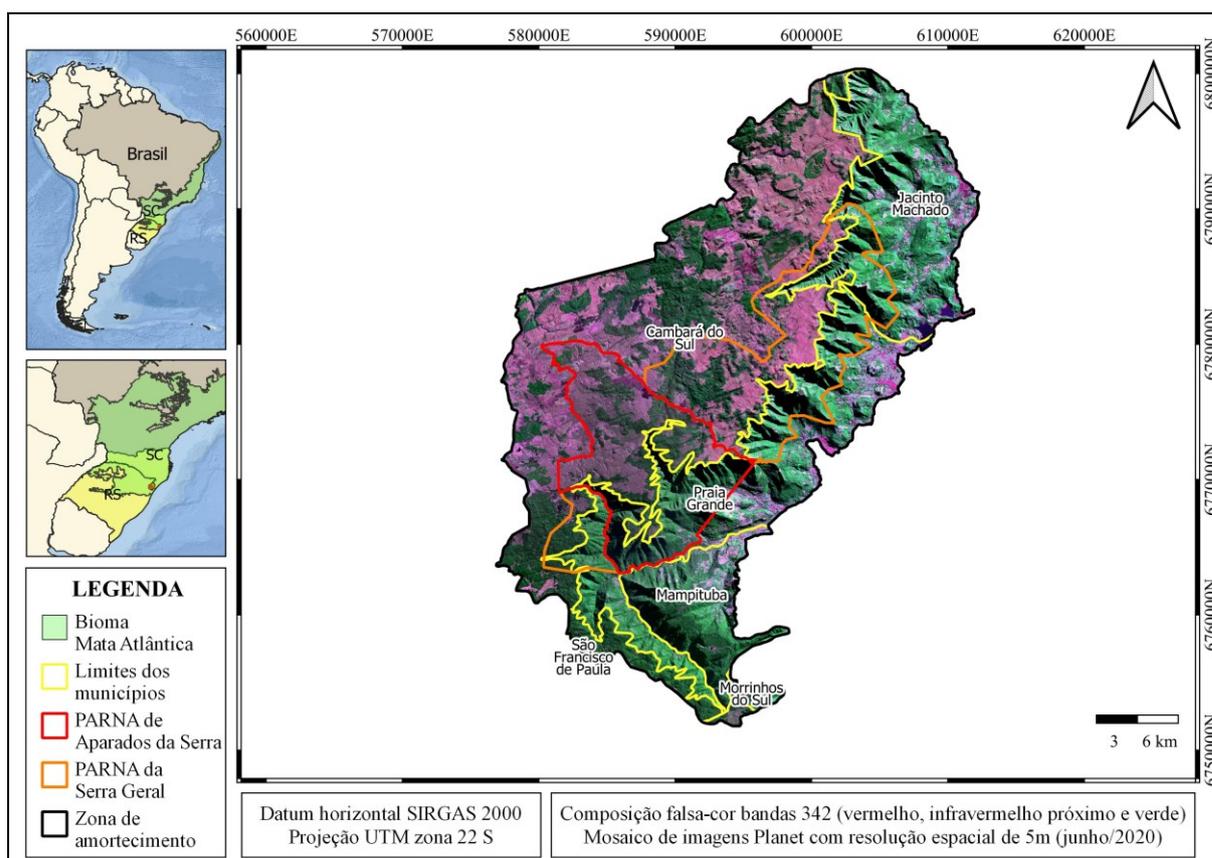


Figura 6 – Localização dos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Fontes: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), informações ambientais dos biomas (IBGE, 2019b), plano de manejo (IBAMA; ICMBIO, 2019), mosaico de imagens Planet (PLANET LABS INC., 2021).
Elaboração: a autora.

O PARNA da Serra Geral (Figura 6) foi criado por meio do Decreto nº 531, de 20 de maio de 1992 (BRASIL, 1992), e apresenta dois polígonos, adjacentes ao PARNA de Aparados da Serra, onde o polígono menor, à sudoeste, abrange os municípios de Praia Grande em Santa Catarina e de Cambará do Sul no Rio Grande do Sul, e o polígono maior, à nordeste, engloba, além destes, o município de Jacinto Machado em Santa Catarina.

A ZA dos dois parques encontra-se definida em seu plano de manejo, aprovado por meio da Portaria nº 46, de 28 de abril de 2004 (IBAMA, 2004b). Assim, além dos três municípios que integram a área dos parques, a ZA abrange, também, o município de Timbé do Sul em Santa Catarina, e os municípios de São Francisco de Paula, Três Forquilhas, Morrinhos do Sul e Mampituba, no Rio Grande do Sul. Ao sul da área de estudo, junto ao menor polígono do PARNA da Serra Geral, observa-se a APA Rota do Sol (Figura 7).

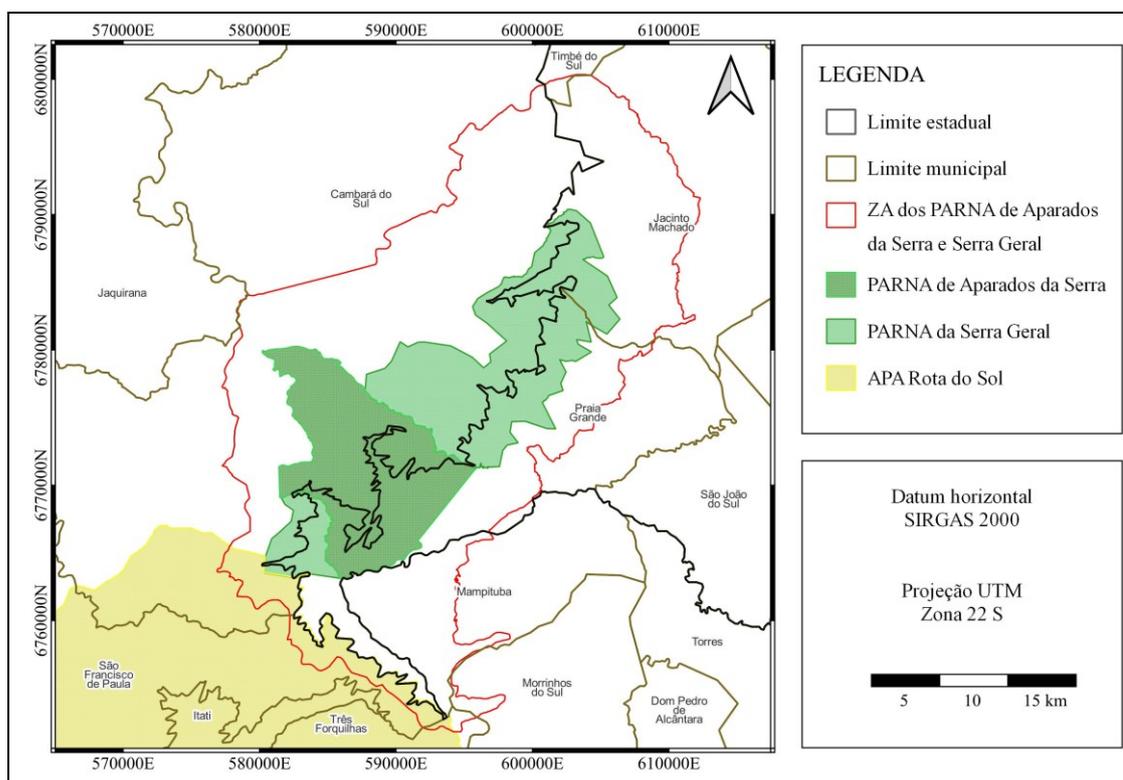


Figura 7 – UC vizinha ao PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021). Dados Geográficos de Áreas Especiais – UC (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a). Elaboração: a autora.

De acordo com o Plano de Manejo em vigor (IBAMA, 2004a), a criação do PARNA de Serra Geral está relacionada à orientação da equipe técnica quando da elaboração do plano de manejo anterior, datado de 1982/1983, que recomendou a inclusão de algumas nascentes, cânions e vegetação nativa. Assim, em vez de alterar os limites do PARNA de Aparados da

Serra, foi criado o PARNA da Serra Geral (BRASIL, 1992) em atendimento à recomendação, onde os dois polígonos deste são contíguos aquele PARNA.

O ato de criação do PARNA da Serra Geral estabelece o prazo máximo de cinco anos para a aprovação do plano de manejo, o que só ocorreu no ano de 2004, mais de uma década depois, porém, dentro do prazo estabelecido pelo SNUC (BRASIL, 2000). Já o PARNA de Aparados da Serra nada menciona acerca de plano de manejo nos atos normativos referentes à sua criação, em 1959, e à revisão de seus limites, em 1972, contudo, com a aprovação do plano em vigor em 2004, o prazo definido pelo SNUC foi contemplado.

Dentre os municípios que integram a área protegida e seu entorno (Tabela 5), todos são centros locais, a maioria com população variando entre 2 mil e 10 mil habitantes. Exceção é feita ao centro local de São Francisco de Paula, que possui pouco mais de 20 mil habitantes.

Tabela 5 – Panorama dos municípios dos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Município	UF	População (2010)	Área aproximada (km ²)	Densidade demográfica (2010)(hab./km ²)	PIB ¹ per capita (R\$) (2019)	IDHM ² (2010)	Hierarquia urbana ³
Cambará do Sul	RS	6.542	1.182	5,41	27.804,20	0,697	Centro local
Jacinto Machado	SC	10.609	431	24,59	36.224,67	0,716	Centro local
Mampituba	RS	3.003	157	19,02	19.828,17	0,649	Centro local
Morrinhos do Sul	RS	3.182	166	19,23	19.620,18	0,711	Centro local
Praia Grande	SC	7.267	284	25,58	23.157,14	0,718	Centro local
São Francisco de Paula	RS	20.537	3.318	6,27	33.374,47	0,685	Centro local
Timbé do Sul	SC	5.308	329	16,08	24.150,00	0,720	Centro local
Três Forquilhas	RS	2.914	217	13,41	21.516,96	0,662	Centro local

¹ Produto Interno Bruto (PIB).

² Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

³ Indica a centralidade da cidade, composta de cinco níveis hierárquicos: metrópole, capital regional, centro sub-regional, centro de zona e centro local.

Fonte: IBGE Cidades (IBGE, 2017). Elaboração e adaptação: a autora.

A vegetação dos parques é composta por Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana, a Floresta Ombrófila Densa de terras baixas, além da Floresta Ombrófila Mista (mata de araucárias) e de campos rupestres (IBGE, 2019c; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022c, 2022d). Composto o relevo, encontram-se desfiladeiros com paredes verticais e cânions, que terminam abruptamente em campos de altitude (ICMBIO, 2022c).

Devido à brusca variação topográfica, alternando de 100 m a 1.000 m de altitude acima do nível do mar, a paisagem dos parques é composta pelos campos de cima da serra e pela planície costeira (IBAMA, 2004a).

Na distribuição dos tipos de solos, ocorrem nas planícies catarinenses à leste Nitossolo Vermelho Eutrófico, e nos campos de cima da serra gaúchos ocorrem Cambissolo Húmico Distrófico à oeste e, próximo aos cânions, Neossolo Litólico Eutrófico (DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS IBGE; EMBRAPA - SOLOS, 2018).

Ambos os parques têm a visitação autorizada, com a Trilha do Cânion do Itaimbezinho e a Trilha Rio do Boi no PARNA de Aparados da Serra, e as trilhas do Cânion Fortaleza no PARNA da Serra Geral (ICMBIO, 2022c).

A situação fundiária do PARNA de Aparados da Serra, o mais antigo dos parques que compõem a área de estudo, está parcialmente regularizada, contando com 60% de área titulada para a União, 38% de área particular e 2% de área devoluta (ICMBIO, 2021c; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022d). O mesmo ocorre com o PARNA da Serra Geral, que conta com 6% de área titulada para a União, 73% de área particular e 21% de área devoluta (ICMBIO, 2021b; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022c).

4.2 Construção da base cartográfica

Foi utilizada a Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), referente ao ano de 2021 na escala 1:250.000, de modo a construir a base cartográfica com vetores planimétricos, contendo informações espaciais de localização associadas aos parques selecionados e suas ZA.

Informações ambientais sobre a extensão dos biomas brasileiros foram obtidas junto ao IBGE na escala de 1:250.000 (IBGE, 2019b). Para as UC, foram utilizados os dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), referentes às UC de todas as categorias e tipos de proteção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021a). De modo específico, considerando as UC da esfera administrativa federal, foram utilizados os dados fornecidos pelo ICMBIO na escala de 1:250.000 (ICMBIO, 2020), com limites das UC atualizados em novembro de 2020.

Com relação à ZA do PARNA do Alto Cariri, foram disponibilizados os mapeamentos realizados pela sua gestão, conforme informações geográficas presentes no ato legal de sua criação (BRASIL, 2010). Para a ZA do PARNA de Aparados da Serra e do PARNA da Serra Geral, da mesma forma, foram disponibilizados os dados de mapeamentos realizados por sua

gestão, conforme informações geográficas detalhadas em seu plano de manejo (IBAMA, 2004b; ICMBIO, 2019; IBAMA; ICMBIO, 2019).

Para o PARNA da Serra do Gandarela, sem ZA definida, foi considerado um raio de 10 km dos limites do parque, conforme critérios descritos na seção 4.1.2 (CONAMA, 1990, 2010; BELLÓN et al., 2020; CERQUEIRA et al., 2021).

As informações planimétricas foram segmentadas para a área de estudo, de modo a caracterizá-la espacialmente, utilizando o programa QGIS, versão 3.22 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022), para o tratamento, processamento e geração dos mapas, adotando o Sistema de Referência Geodésico oficial no Brasil, *Datum* horizontal SIRGAS 2000, e utilizando a projeção UTM da zona de cada parque.

4.3 Mapeamento do uso e cobertura da terra

Foram obtidas imagens para cobertura total da área de estudo, disponibilizadas gratuitamente pela Planet (PLANET LABS INC., 2021) dentro do programa NICFI (*Norway's International Climate and Forests Initiative*), referente ao mês de junho de 2020, período no qual praticamente não foi observada cobertura de nuvens. Para cobrir integralmente as UC e suas ZA, foram necessárias oito cenas para a região do PARNA do Alto Cariri, onze cenas para a região do PARNA da Serra do Gandarela, e dez cenas para a região dos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral (Tabela 6).

Tabela 6 – Cenas Planet com mosaicos normalizados de junho de 2020.

PARNA do Alto Cariri e ZA		PARNA da Serra do Gandarela e ZA		PARNA de Aparados da Serra e PARNA da Serra Geral e ZA	
Órbita ¹	Ponto ²	Órbita	Ponto	Órbita	Ponto
0795E	0928N	0774E	0906N	0738E	0849N
	0929N		0907N		0850N
			0908N		0851N
0796E	0928N	0775E	0905N	0739E	0849N
	0929N		0906N		0850N
	0930N		0907N		0851N
			0908N		0852N
0797E	0928N	0776E	0905N	0740E	0850N
	0929N		0906N		0851N
	0930N		0907N		0852N
			0908N		

¹ Quadrantes de Oeste para Leste.

² Quadrantes de Sul para Norte.

Fonte: Planet (PLANET LABS INC., 2021). Elaboração: a autora.

Foi utilizada a base de dados de mosaicos mensais normalizados, georreferenciados, com resolução espacial de 5 metros, em composição de quatro bandas (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo).

As cenas foram mescladas com as bandas nas regiões do espectro eletromagnético referentes ao azul (banda 1), verde (banda 2), vermelho (banda 3) e infravermelho próximo (banda 4). O mosaico resultante foi reprojetoado para o *Datum* SIRGAS 2000, utilizando a projeção UTM da zona de cada parque e, posteriormente, recortado nos limites da ZA da área de estudo.

A etapa de classificação do uso e cobertura da terra foi realizada considerando os mosaicos obtidos, na composição de bandas 432 (infravermelho próximo, vermelho e verde). Foi empregado o complemento SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) no QGIS, versão 7.10 (CONGEDO, 2021), para a classificação supervisionada, com o método da máxima verossimilhança (MAXVER), onde as imagens foram analisadas para a identificação das classes, seguindo o preconizado no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

Em um processo de classificação, para cada dado do arquivo matricial, descrito por um conjunto de atributos, atribui-se um rótulo (ZANOTTA; ZORTEA; FERREIRA, 2019), ou seja, cada pixel da imagem orbital corresponde a uma classe de uso e cobertura da terra. Especificamente no processo de classificação supervisionada, a definição das classes é realizada pelo analista antes do início do processo, e são fornecidas amostras de treinamento para que o algoritmo escolhido, então, busque os demais pixels na imagem com grupo de atributos semelhantes aos das amostras para atribuir o respectivo rótulo (FLORENZANO, 2011).

Um dos métodos mais utilizados na classificação supervisionada é o MAXVER, onde parte-se do princípio de que a distribuição espectral das classes apresenta uma distribuição normal (MOREIRA, 2011). No MAXVER, método considerado uma evolução dos demais, são utilizadas a média e a covariância dos pixels amostrados, e então é calculada a probabilidade de um pixel não amostrado pertencer a estas amostras (FITZ, 2008).

A Figura 8 traz as classes de uso e cobertura da terra utilizadas nesta pesquisa, adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). O referido manual preconiza que, para uma classificação mais detalhada, abrangendo classes do nível III de uso e cobertura da terra, é necessário conjugar dados exógenos oriundos, por exemplo, de coleta de dados *in loco*, juntamente com a análise das imagens orbitais. Considerando que não foram realizados trabalhos de campo, a classificação detalhou somente até o nível II de classes de uso e cobertura da terra, separando áreas antrópicas (área urbanizada, mineração, agricultura e

pastagem e silvicultura) de áreas naturais (florestal, campestre, corpo d'água continental e área descoberta - afloramento rochoso).

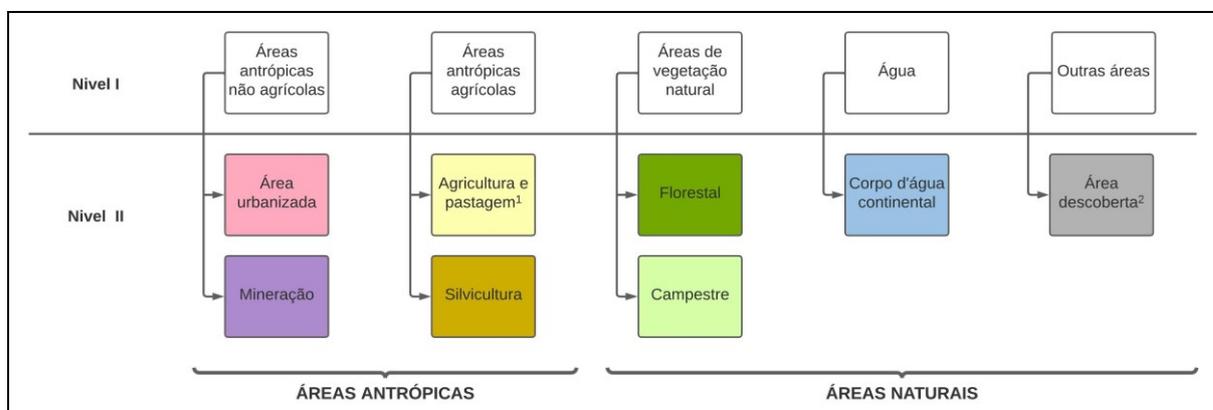


Figura 8 – Classes de uso e cobertura da terra.

Fonte: Classes e cores adaptadas do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013).

¹ Classe agricultura e pastagem resultante da união das classes de pastagens, culturas temporárias e culturas permanentes.

² Classe área descoberta identifica afloramentos rochosos.

Elaboração: a autora.

Classes com características espectrais heterogêneas, tais como áreas de agricultura e pastagens, áreas de mineração e afloramentos rochosos, ensejaram a coleta de um número maior de amostras, enquanto classes homogêneas como áreas florestais, ou com baixa abrangência, como áreas urbanizadas e corpos d'água continentais resultaram na coleta de um número menor de amostras com o complemento SCP no QGIS, versão 7.10 (CONGEDO, 2021).

O arquivo matricial resultante da classificação foi submetido a uma etapa de pós-classificação no complemento SCP no QGIS para substituir pixels isolados de pequenos agrupamentos pelo tema mais frequente na vizinhança. De acordo com Congedo (2021), pixels isolados podem não representar propriamente a classe à qual foi atribuída devido, por exemplo, a erros pontuais de classificação ou presença de artefatos na imagem, logo, sua eliminação tende a melhorar o resultado da imagem classificada. Assim, considerando os parâmetros estabelecidos durante a etapa de pós-classificação no complemento SCP no QGIS, apenas foram substituídos de modo automático pelo tema mais frequente na vizinhança agrupamentos com área menor ou igual a 0,1 ha (área aproximada ocupada por uma matriz de 7 x 7 pixels).

4.4 Acurácia do processo de classificação

De modo a verificar a adequação do processo de classificação, foram determinadas a exatidão global e o índice de exatidão kappa. Para tanto, foi utilizado o complemento AcATaMa no QGIS, versão 19.11 (LLANO, 2019), onde a verdade de campo foi obtida ao classificar pontos no mosaico Planet, gerados por meio de amostragem aleatória estratificada. Neste processo, pontos foram gerados automaticamente em cada PARNA e ZA, cuja distribuição aleatória considera a proporção de área ocupada por cada classe na imagem classificada.

Para determinar a verdade de campo, a interface do complemento AcATaMa no QGIS, versão 19.11 (LLANO, 2019), permite a visualização concomitante de imagens de diferentes fontes em quadrantes exibidos na mesma tela. Assim, cada ponto gerado é apresentado na tela individualmente, e a determinação da classe de uso e cobertura da terra à qual o mesmo pertence considera, então, as características visuais apresentadas lado a lado das imagens orbitais de trabalho e, de modo auxiliar, das imagens geradas pelo serviço de mapas do Google Satellite (GOOGLE, 2022).

A exatidão global, dada pela Equação I, avalia os pontos classificados corretamente e expressa o resultado em uma escala percentual variando de 0 a 100% (MANGABEIRA; AZEVEDO; LAMPARELLI, 2003; CÂNDIDO; SILVA; PARANHOS FILHO, 2015; HERCULANO, 2022).

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad I$$

Onde:

EG = exatidão global;

A = acerto geral (pontos amostrais com acertos)

N = número de pontos amostrais

Já o índice de exatidão kappa, dado pela Equação II, foi calculado com programa Microsoft Excel (MICROSOFT CORPORATION, 2021). Este índice associa as ocorrências de acertos e erros da imagem classificada com a verdade de campo, considerando os erros de inclusão e os erros de omissão presentes no processo de classificação (MANGABEIRA; AZEVEDO; LAMPARELLI, 2003; CÂNDIDO; SILVA; PARANHOS FILHO, 2015; HERCULANO, 2022).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}$$

II

Sendo:

K = índice de exatidão kappa;

r = número de linhas na matriz;

X_{ij} = número de observações na linha i e na coluna j;

X_{i+} = total marginal da linha i

X_{+i} = total marginal da coluna i;

N = número total de amostras.

No processo de classificação supervisionada, são consideradas as informações espectrais de cada pixel, seguindo o padrão informado pelas amostras fornecidas. Considerando que cada classe exibe um intervalo de níveis de cinza, ambiguidades na interpretação e na classificação são inevitáveis, considerando algum nível de sobreposição das assinaturas espectrais. Assim, alguns pixels são atribuídos a determinadas classes incorretamente, e outros deixam de ser classificados em sua classe original, representando os erros de inclusão e de omissão, respectivamente (RODRIGUES et al., 2020).

Estes problemas são inerentes ao processo de classificação, assim, índices de exatidão são calculados para entender o quanto eles impactam na qualidade do mapa temático resultante. Enquanto a exatidão global traz valores que considera os acertos de classificação de cada classe relacionados com o número total de amostras (Equação I), o índice de exatidão kappa é mais abrangente, pois também leva em consideração os erros de classificação (Equação II), sempre apresentando, portanto, um valor menor que o da exatidão global.

Com o índice de exatidão kappa, de acordo com categorização proposta por Landis e Koch (1977) e corroborada por Cândido, Silva e Paranhos Filho (2015) e Rodrigues et al. (2015), a qualidade e a confiabilidade da classificação podem ser estimadas em categorias, vinculadas a diferentes intervalos de valores do índice de exatidão kappa (Tabela 7).

Tabela 7 – Qualidade da classificação em função do índice de exatidão kappa.

Índice de exatidão kappa	Qualidade da classificação
< 0	Péssima
0 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 - 1	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977), Rodrigues et al. (2015) e Cândido, Silva e Paranhos Filho (2015). Elaboração: a autora.

4.5 Dados de imóveis rurais

Foram obtidas as informações vetoriais de imóveis rurais (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021) localizados nos municípios que integram as UC definidas na área de estudo, sem contemplar as respectivas ZA, conforme exposto na Tabela 8. Os dados vetoriais foram reprojctados para o *Datum* SIRGAS 2000, utilizando a projeção UTM da zona de cada parque e, posteriormente, recortado nos limites das UC.

Tabela 8 – Identificação dos arquivos vetoriais com a área dos imóveis rurais nas UC.

PARNA	Município	UF	Identificação dos arquivos vetoriais com a área dos imóveis rurais
Alto Cariri	Guaratinga	BA	SHAPE 2911808\AREA IMOVEL
	Caeté	MG	SHAPE 3110004\AREA IMOVEL
Serra do Gandarela	Itabirito	MG	SHAPE 3131901\AREA IMOVEL
	Mariana	MG	SHAPE 3140001\AREA IMOVEL
	Nova Lima	MG	SHAPE 3144805\AREA IMOVEL
	Ouro Preto	MG	SHAPE 3146107\AREA IMOVEL
	Raposos	MG	SHAPE 3153905\AREA IMOVEL
	Rio Acima	MG	SHAPE 3154804\AREA IMOVEL
	Santa Bárbara	MG	SHAPE 3157203\AREA IMOVEL
	Aparados da Serra e Serra Geral	Cambará do Sul	RS
	Jacinto Machado	SC	SHAPE 4208708\AREA IMOVEL
	Praia Grande	SC	SHAPE 4213807\AREA IMOVEL

Fonte: SICAR (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021). Elaboração: a autora.

4.6 Métricas da paisagem

O arquivo matricial de uso e cobertura da terra foi segmentado para a obtenção dos fragmentos florestais utilizando o programa Fragstats, versão 4.2 (MCGARIGAL; ENE, 2014). As métricas escolhidas referem-se a dois níveis, um referente às análises de cada fragmento, e outro considerando o conjunto de fragmentos de uma mesma classe.

Os parâmetros calculados referem-se a área, borda, forma e proximidade. Com relação ao tamanho, os fragmentos foram agrupados em intervalos, conforme proposto por Pirovani et al. (2014). A Tabela 9 detalha as métricas em nível de classe e de fragmento, calculadas para a área de estudo.

Tabela 9 – Métricas da paisagem.

Grupo e nível	Métrica	Unidade	Valores	Descrição
Área (classe)	Tamanho (TAM)	ha	$TAM > 0$	Classificação proposta por Pirovani et al. (2014), agrupando os fragmentos em pequenos (< 5 ha), médios (entre 5 ha e 50 ha) e grandes (> 50 ha)
	Número de fragmentos (NP)	-	$NP \geq 1$	Número total de fragmentos de uma classe. NP = 1 indica classe formada por fragmento único
	Área total (CA)	ha	$CA > 0$	Soma das áreas dos fragmentos (m^2) dividido por 10.000 (conversão para ha)
Borda (classe)	Soma das bordas (TE)	m	$TE \geq 0$	Soma da medida absoluta das bordas de todos os fragmentos da mesma classe
	Densidade das bordas (ED)	m/ha	$ED \geq 0$	Relação entre a soma da medida absoluta das bordas de todos os fragmentos de uma classe (m) com a área total de seus fragmentos (m^2), multiplicado por 10.000 (conversão para ha).
Forma (classe)	Dimensão fractal perímetro-área (PAFRAC)	-	$1 \leq PAFRAC \leq 2$	PAFRAC próximo de 1 indica forma da classe com perímetro simples, e à medida que se aproxima de 2, indica forma com perímetro complexo.
Área (fragmento)	Área (AREA)	ha	$AREA > 0$	Área do fragmento (m^2) dividido por 10.000 (conversão para ha)
Borda (fragmento)	Perímetro (PERIM)	m	$PERIM > 0$	Perímetro do fragmento (m), incluindo quaisquer espaços internos
Forma (fragmento)	Relação perímetro-área (PARA)	-	$PARA > 0$	Razão entre o perímetro (m) e a área do fragmento (m^2)
	Índice de forma (SHAPE)	-	$SHAPE \geq 1$	Corresponde ao perímetro do fragmento (m), dividido pela raiz quadrada de sua área (m^2), ajustada por uma constante. SHAPE = 1, para um fragmento quadrado
Proximidade (fragmento)	Distância do vizinho mais próximo (ENN)	m	$ENN > 0$	Distância entre fragmentos de mesmo tipo (a partir do centro do fragmento). Valores de ENN próximos a zero representam as menores distâncias para seu vizinho mais próximo.

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks (1994); Lang e Blaschke (2009) Juvanhol et al. (2011); Pirovani et al. (2014) e McGarigal (2015). Elaboração: a autora.

Os resultados foram visualizados e analisados com o auxílio do programa Microsoft Excel (MICROSOFT CORPORATION, 2021). Considerando o elevado número de fragmentos que integram a paisagem da área de estudo, os resultados receberam tratamento estatístico exploratório e descritivo, utilizando medida de tendência central (média) e medidas de dispersão (valores mínimo e máximo, desvio padrão – DP).

Para a contagem do número de fragmentos, tanto no programa Fragstats, versão 4.2 (MCGARIGAL; ENE, 2014), como no processo de vetorização do arquivo matricial no QGIS, versão 3.22 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022), os pixels foram agrupados seguindo a regra dos 8 vizinhos (Figura 9), onde um pixel de uma mesma classe é agrupado com o seu vizinho se ocupar qualquer uma das 8 posições relativas ao pixel central

(horizontais, verticais e diagonais). Já a regra que considera apenas 4 vizinhos, são agrupados na mesma classe do pixel central apenas os vizinhos nas posições horizontais e verticais. A opção pela regra dos 8 vizinhos gera um menor número de fragmentos.

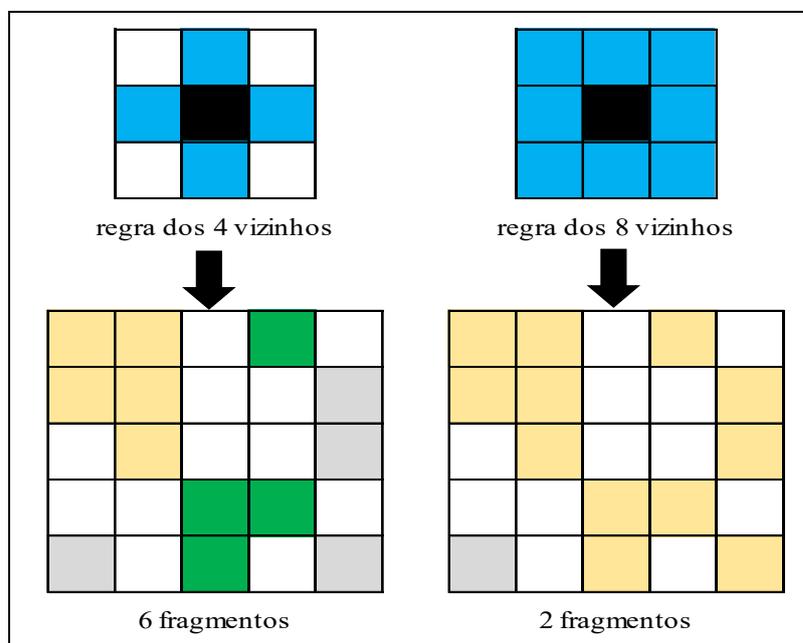


Figura 9 – Regras dos pixels vizinhos.

Fonte: Adaptado de Turner e Gardner (2015). Elaboração: a autora.

Com relação à métrica ENN, foi adotada a escala que atribui graus de isolamento a determinados intervalos de distância entre os fragmentos (Tabela 10), proposta por Almeida (2008) e adotada por diversos autores, entre eles Souza et al. (2014); Massoli Junior, Statella e Santos (2016); Rusca et al. (2017) e Fernandes e Batista (2021).

Tabela 10 – Grau de isolamento de fragmentos florestais.

Distância	Isolamento
< 60 m	Baixo
Entre 60 m e 120 m	Médio
Entre 120 m e 200 m	Alto
> 200 m	Muito alto

Fonte: Almeida (2008). Elaboração: a autora.

4.7 Detecção de desmatamentos

Por meio da plataforma de alertas da Planet (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022), disponível para servidores de forças policiais mediante aprovação cadastral prévia, foram obtidos polígonos de desmatamento para os municípios que

abrangem a área de estudo (UC e ZA), no período de dois anos após a data das imagens utilizadas nos mapeamentos com o uso e cobertura da terra e fragmentação florestal (1º de julho de 2020 a 30 de junho de 2022), nas modalidades corte raso⁴, degradação⁵, corte seletivo⁶ e extração mineral⁷.

Os polígonos detectados foram avaliados com o programa QGIS, versão 3.22 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022), reprojatados para o *Datum* horizontal SIRGAS 2000, utilizando os sistemas de projeções UTM 22S, 23S ou 24S e, posteriormente, recortados nos limites da área de estudo. Os dados foram analisados com tratamento estatístico exploratório e descritivo, utilizando medida de tendência central (média) e medidas de dispersão (valores mínimo e máximo, desvio padrão – DP).

Para evidenciar as regiões com maior ocorrência de alertas, foi gerada a estimativa de densidade *Kernel*, técnica de interpolação que calcula a densidade de pontos por unidade de área, facilitando a visualização de dados (BARBOSA; LOURENÇO, 2010; RUDKE et al., 2020). A técnica gera um plano suavizado, de acordo com a densidade de pontos em cada região, construindo uma superfície contínua de ocorrências variáveis, permitindo a verificação de uma possível tendência na distribuição (KAWAMOTO, 2012). A estimativa de densidade *Kernel* foi gerada no QGIS, versão 3.22 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2022), utilizando como base o centróide de cada polígono de desmatamento, tendo como parâmetro um raio de influência de 2 km.

Seja S uma localização geral em R e S_1, S_2, \dots, S_n as localizações de n eventos observados, então a intensidade $\lambda_{(S)}$ é dada pela Equação III (BARBOSA; LOURENÇO, 2010; KAWAMOTO, 2012):

$$\hat{\lambda}_{\tau}(s) = \frac{1}{\delta_{\tau}(s)} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{(s - s_i)}{\tau}\right) y_i$$

III

⁴ Corte raso: supressão total da vegetação, pela remoção de indivíduos de porte arbóreo e/ou arbustivo, ocasionada por ações antrópicas (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).

⁵ Degradação: supressão parcial da vegetação, pela remoção de indivíduos de porte arbóreo e/ou arbustivo, ocasionada por ações antrópicas (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).

⁶ Corte seletivo: supressão parcial da vegetação, pela remoção de indivíduos de porte arbóreo e/ou arbustivo, ocasionado por ações antrópicas, inserido em contextos que contemplam a abertura de acessos e pátios de estocagem de madeira para fins de exploração florestal (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).

⁷ Extração mineral: supressão total da vegetação, pela remoção de indivíduos de porte arbóreo e/ou arbustivo, ocasionada para fins de extração mineral (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).

Onde:

$\lambda_{\tau}(s)$ = valor estimado por área;

$\delta_{\tau}(s)$ = valor entre 0 e 1 que representa uma correção de borda;

τ = fator de suavização;

s = centro de cada espaço da grade regular;

s_i = local de ocorrência do evento;

k = função de densidade de probabilidade.

y_i = valor do evento no ponto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Uso e cobertura da terra

5.1.1. PARNA do Alto Cariri e sua ZA

São apresentados o mapeamento de uso e cobertura da terra do PARNA do Alto Cariri e sua ZA (Figura 10) e as informações de área de cada classe (Tabela 11). O total da área mapeada é de aproximadamente 804 km², dividida entre a UC (23,9%) e a ZA (76,1%).

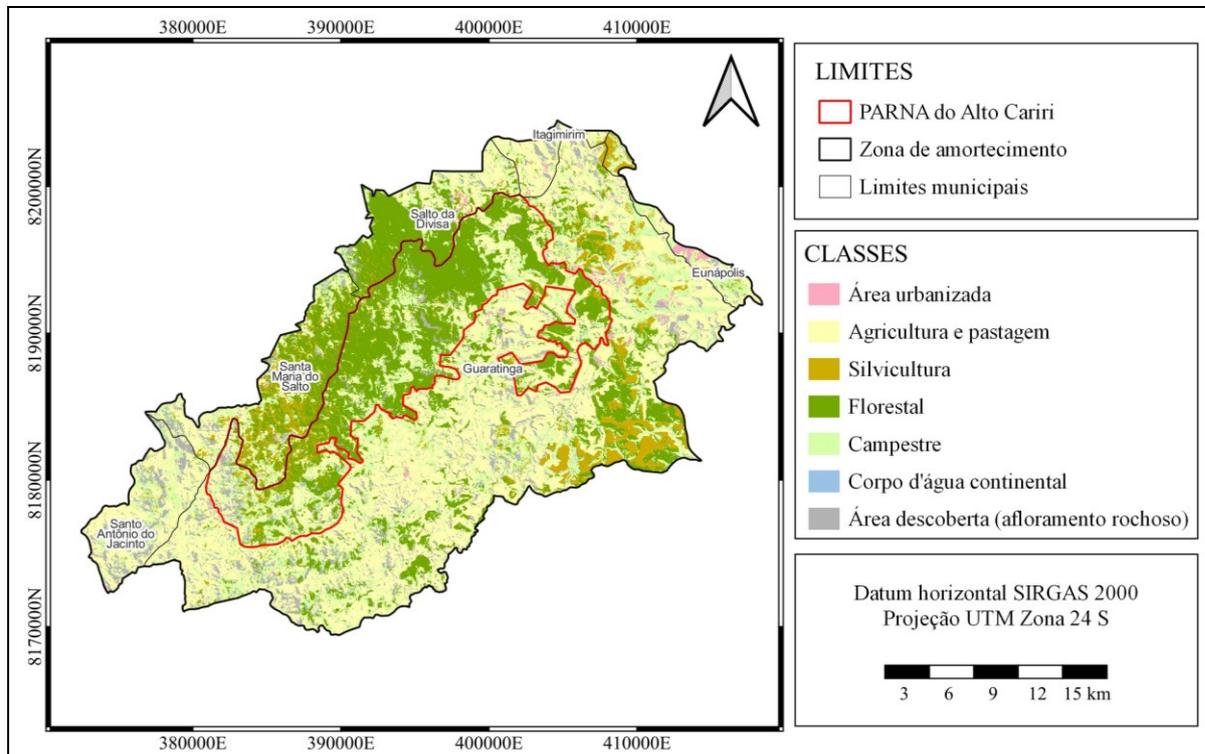


Figura 10 – Uso e cobertura da terra no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), mosaico de imagens Planet NICFI (PLANET LABS INC., 2021).

Elaboração: a autora.

Tabela 11 – Área das classes de uso e cobertura da terra no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

ALTO CARIRI Classes	UC		ZA		TOTAL	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área urbanizada	0,44	0,2	7,28	1,2	7,72	1,0
Agricultura e pastagem	35,29	18,4	268,65	43,9	303,99	37,8
Silvicultura	9,20	4,8	46,59	7,6	55,80	6,9
Florestal	99,78	51,9	104,16	17,0	203,94	25,4
Campestre	37,43	19,5	131,04	21,4	168,48	20,9
Corpo d'água continental	0,05	0,0	0,97	0,2	1,01	0,1
Área descoberta (afloramento rochoso)	10,08	5,2	53,25	8,7	63,34	7,9
Total	192,28	100,0	611,93	100,0	804,29	100,0

Elaboração: a autora.

No interior do parque baiano, predominam as áreas naturais (76,6%), com destaque para a classe florestal, que ocupa mais da metade do PARNA (51,9%), seguida pelas classes de formação campestre (19,5%) e afloramentos rochosos (5,2%). Com relação às áreas antropizadas no interior da UC (23,4%), a classe com maior ocorrência é a de agricultura e pastagem (18,4%), seguida por áreas de silvicultura (4,8%).

Na ZA as proporções se invertem, e as áreas antropizadas passam a ocupar mais da metade da área do entorno (52,7%), onde a maior ocorrência é observada para a classe de agricultura e pastagem (43,9%), amplamente distribuída, seguida pela silvicultura (7,6%), concentrada na porção leste do município de Guaratinga (BA). Já as áreas naturais ocupam menos da metade do entorno (47,3%), sendo a maior ocorrência de formação campestre (21,4%), seguida das classes florestal (17,0%) e de afloramentos rochosos (8,7%).

A presença de outras duas UC (Parque Estadual do Alto Cariri e REVIS Estadual Mata dos Muriquis) na área de abrangência da ZA, em sua porção oeste, coincide com a concentração de áreas naturais nos municípios mineiros de Santa Maria do Salto e Salto da Divisa. Ambas as UC possuem nível de proteção integral, onde apenas é permitido o uso indireto de seus recursos naturais.

Salienta-se que, tanto na UC como na ZA, são diminutas as áreas urbanizadas, e não foram observadas áreas que pudessem ser classificadas como de mineração.

5.1.2. PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA

São apresentados o mapeamento de uso e cobertura da terra (Figura 11) e as informações de área de cada classe (Tabela 12). O total da área mapeada é de aproximadamente 1.746 km², distribuída entre a UC (17,9%) e a ZA (82,1%).

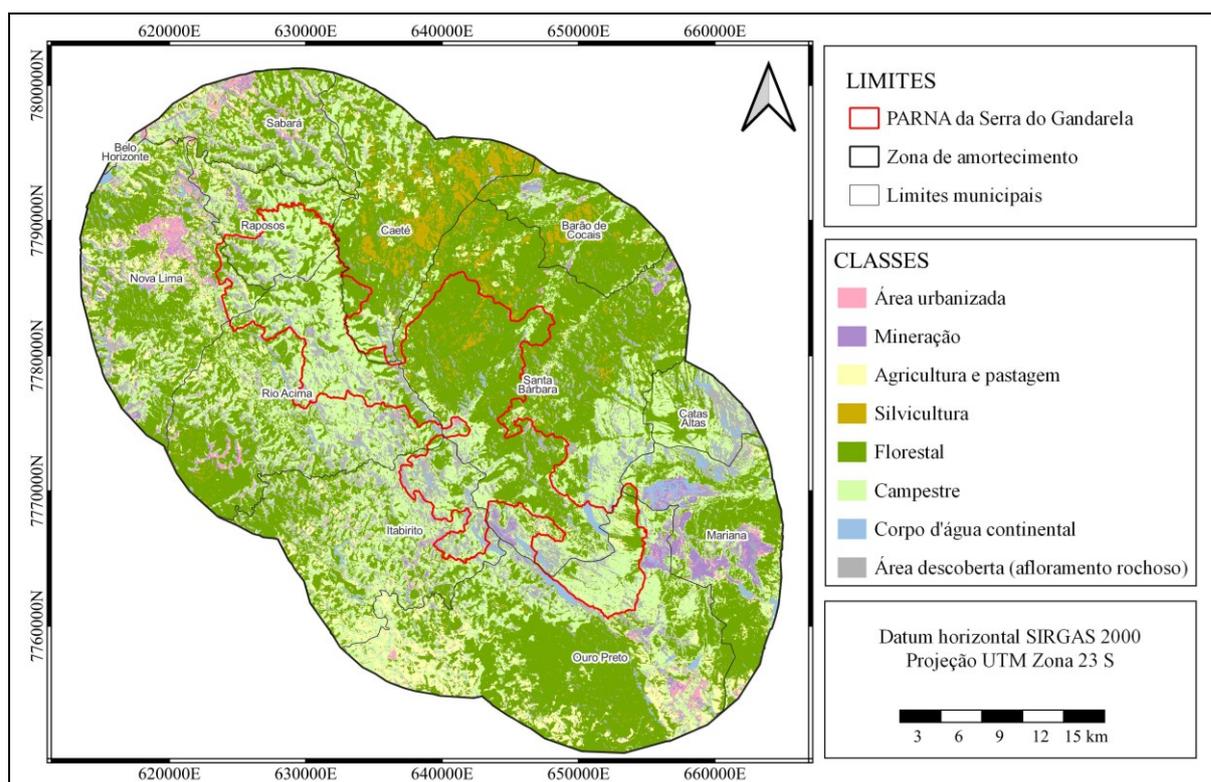


Figura 11 – Uso e cobertura da terra no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), mosaico de imagens Planet NICFI (PLANET LABS INC., 2021).
Elaboração: a autora.

Tabela 12 – Área das classes de uso e cobertura da terra no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

SERRA DO GANDARELA Classes	UC		ZA		TOTAL	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área urbanizada	0,54	0,2	27,73	1,9	28,28	1,6
Mineração	0,56	0,2	29,04	2,0	29,60	1,7
Agricultura e pastagem	8,59	2,7	115,42	8,1	124,02	7,1
Silvicultura	3,60	1,2	39,00	2,7	42,61	2,4
Florestal	140,81	45,0	702,61	49,0	843,46	48,3
Campestre	108,43	34,7	343,29	23,9	451,73	25,9
Corpo d'água continental	4,87	1,6	23,34	1,6	28,22	1,6
Área descoberta (afloramento rochoso)	45,20	14,5	153,21	10,7	198,42	11,4
Total	312,61	100,0	1.433,65	100,0	1.746,34	100,0

Elaboração: a autora

No interior do parque mineiro predominam as áreas naturais, que ocupam 95,7% da área da UC, onde a classe com maior ocorrência é a florestal (45,0%), seguida pelas classes campestre (34,7%) e afloramentos rochosos (14,5%). Com relação às áreas antropizadas no interior da UC, observam-se áreas de agricultura e pastagem (2,7%) e silvicultura (1,2%), além de diminutas áreas de mineração e urbanizadas.

Na ZA ocorre uma redução, mas as áreas naturais seguem ocupando a maior parte do entorno (85,3%), com a maior ocorrência para a classe florestal (49,0%), seguida pela campestre (23,9%) e por afloramentos rochosos (10,7%). Áreas antropizadas englobam a menor parte da ZA (14,7%), com a maior ocorrência para agricultura e pastagem (8,1%) e silvicultura (2,7%).

Pequeno percentual de áreas antropizadas na ZA é ocupado por áreas urbanizadas (1,9%), concentradas nos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte, bem como junto ao município de Ouro Preto (MG), centro sub-regional. Além disso, são observadas áreas de mineração na ZA (2,0%), concentradas principalmente no município de Mariana (MG).

A existência de outras UC na região coincide com a concentração de áreas naturais na ZA, principalmente no município de Ouro Preto (MG), com as UC de uso sustentável APA Cachoeira das Andorinhas e Floresta Estadual do Uaimií. Merece destaque, também, a UC de uso sustentável APA Sul-RMBH, abrangendo 9 dos 12 municípios da região.

5.1.3. PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA

São apresentados o mapeamento do uso e cobertura da terra (Figura 12) e as informações da área de cada classe (Tabela 13). O total da área mapeada é de aproximadamente 906 km², dividida em UC (33,6%) e ZA (66,4%).

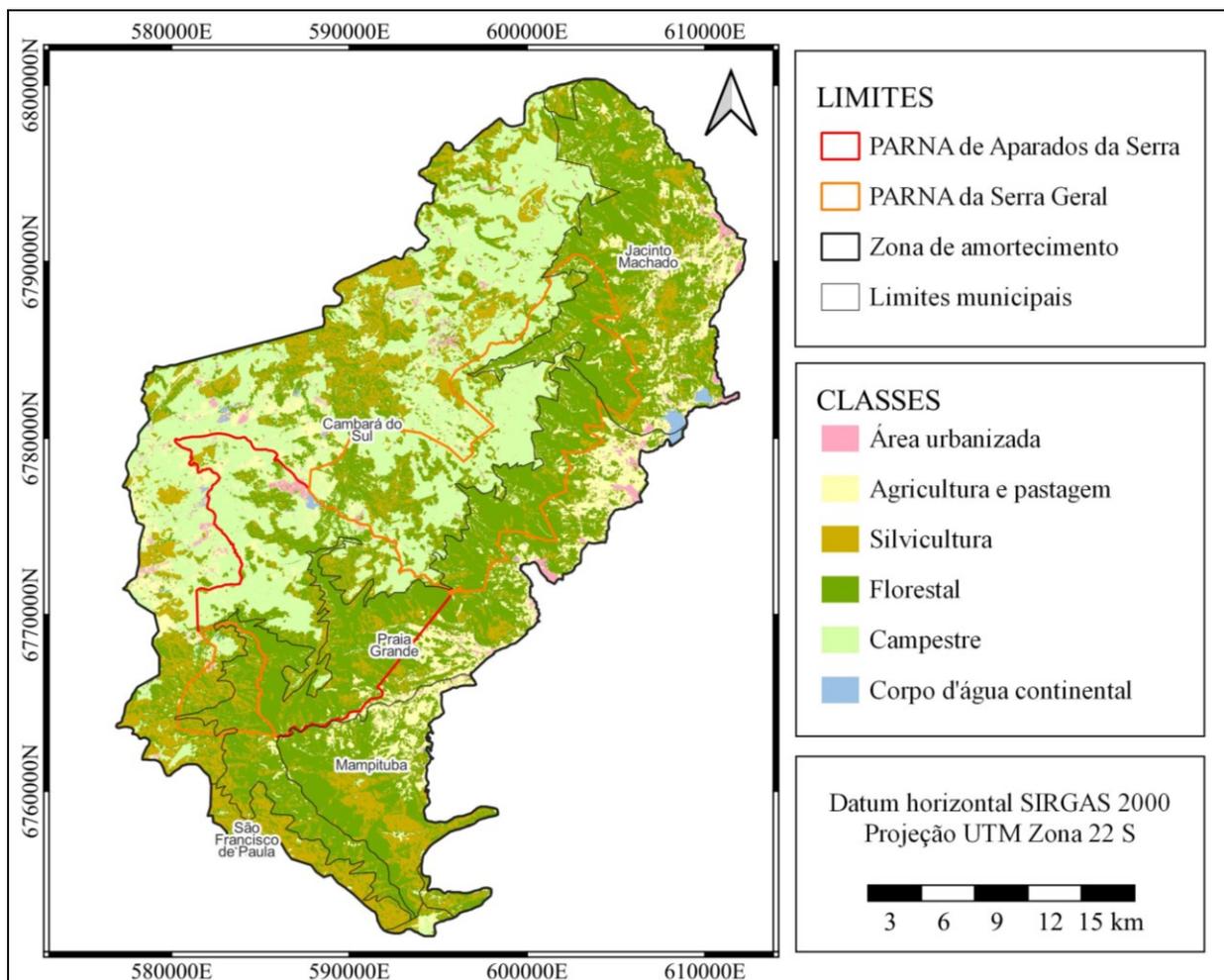


Figura 12 – Uso e cobertura da terra nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Fonte: Base Cartográfica Contínua do Brasil (IBGE, 2021), Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), mosaico de imagens Planet NICFI (PLANET LABS INC., 2021).
Elaboração: a autora.

Tabela 13 – Área das classes de uso e cobertura da terra nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

CLASSES	UC		ZA		TOTAL	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Área urbanizada	2,56	0,8	14,41	2,4	16,98	1,9
Agricultura e pastagem	19,75	6,5	92,86	15,4	112,63	12,4
Silvicultura	37,11	12,2	117,81	19,6	154,94	17,1
Florestal	155,83	51,2	231,68	38,5	387,55	42,8
Campestre	88,49	29,1	141,48	23,5	230,00	25,4
Corpo d'água continental	0,53	0,2	3,35	0,6	3,89	0,4
Total	304,27	100,0	601,60	100,0	905,99	100,0

Elaboração: a autora.

No interior da UC, as áreas naturais ocupam 80,3% da área, com a maior ocorrência para a classe florestal, ocupando mais da metade da UC (51,2%), principalmente nos cânions

em direção leste, nos municípios catarinenses de Jacinto Machado e Praia Grande. A segunda maior ocorrência de áreas naturais é da classe campestre (29,1%), observada predominantemente na região dos campos de cima da serra, no município de Cambará do Sul (RS). Com relação às áreas antropizadas na UC (19,7%), são observadas áreas de silvicultura (12,2%) e de agricultura e pastagem (6,5%).

Na ZA ocorre uma redução, mas as áreas naturais seguem ocupando a maior parte do entorno (62,0%), com a maior ocorrência para a classe florestal (38,5%), nas porções leste, norte e sul da ZA, nos municípios catarinenses de Timbé do Sul, Jacinto Machado, Praia Grande e Mampituba, seguida pela classe campestre (23,5%), concentrada na região dos campos de cima da serra, no município gaúcho de Cambará do Sul. Já as áreas antropizadas englobam a menor parte do entorno (37,4%), sendo a maior ocorrência para silvicultura (19,6%), seguida da classe de agricultura e pastagem (15,4%).

5.1.4. Acurácia do processo de classificação

A Tabela 14 traz os resultados de exatidão global e índice de exatidão kappa dos processos de classificação supervisionada. Seguindo a classificação proposta por Landis e Koch (1977), os mapeamentos realizados podem ser considerados muito bons.

Tabela 14 – Exatidão global e índice de exatidão kappa das classificações supervisionadas.

PARNA	Exatidão global	Índice de exatidão kappa
Alto Cariri	80%	0,72
Serra do Gandarela	82%	0,73
Aparados da Serra e Serra Geral	80%	0,70

Elaboração: a autora.

5.1.5. O uso e cobertura da terra frente à presença de plano de manejo e de ZA

Inicialmente, é necessário abordar questões básicas, utilizadas inclusive como critérios de seleção dos PARNA, como a presença de plano de manejo e a existência de limites estabelecidos de ZA. Dos quatro parques selecionados, apenas os dois mais antigos possuem plano de manejo e ZA estabelecida: Aparados da Serra e Serra Geral. No outro extremo encontra-se o PARNA da Serra do Gandarela, criado mais recentemente, sem plano de manejo e ZA estabelecida. Em situação intermediária situa-se o PARNA do Alto Cariri, que possui ZA, contudo, ainda não possui plano de manejo.

Um dos fatores que desestimula a elaboração de um plano de manejo, conforme mencionam Medeiros et al. (2021), são os elevados custos envolvidos, ainda que se conceda um prazo de cinco anos a contar da data da criação da UC. Os autores mencionam que o plano de manejo não é apenas um documento técnico, mas também uma ferramenta de gestão de grande valia para os órgãos responsáveis pelas UC. Além disso, déficit de servidores em UC federais acaba por limitar e retardar o desenvolvimento de trabalhos nestas áreas protegidas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

A aprovação de um plano de manejo auxilia a gestão, porém, esforços devem ser envidados para que tal documento seja elaborado nas melhores condições técnicas possíveis. Com isto, não cumpriria apenas uma formalidade, mas auxiliaria, de fato, na efetiva proteção ambiental da área a que se refere (PONTES; FERNANDES; PEREIRA NETO, 2020).

Considerando que a criação do plano de manejo e o estabelecimento dos limites da ZA trazem regramentos para uso dos recursos naturais das áreas protegidas e de seu entorno, depende-se que sua ausência prejudica o plano de proteção ambiental almejado pelo SNUC. Nesse sentido, poder-se-ia esperar que o PARNA que não os possui apresentasse os piores quantitativos de áreas naturais, contudo, esta hipótese não se confirma.

Ao analisar a Figura 13 percebe-se que o parque com o maior percentual de área natural, tanto na UC como na ZA, foi o PARNA da Serra do Gandarela, mesmo sem possuir plano de manejo aprovado e ZA estabelecida. Tal fato poderia ser explicado pela presença de dez UC vizinhas, notadamente a APA Sul-RMBH, que sobrepõe grande parte da UC e da ZA, bem como da APA Cachoeira das Andorinhas e Floresta Estadual do Uaimií, no município de Ouro Preto, além de a UC e a ZA integrarem a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço.

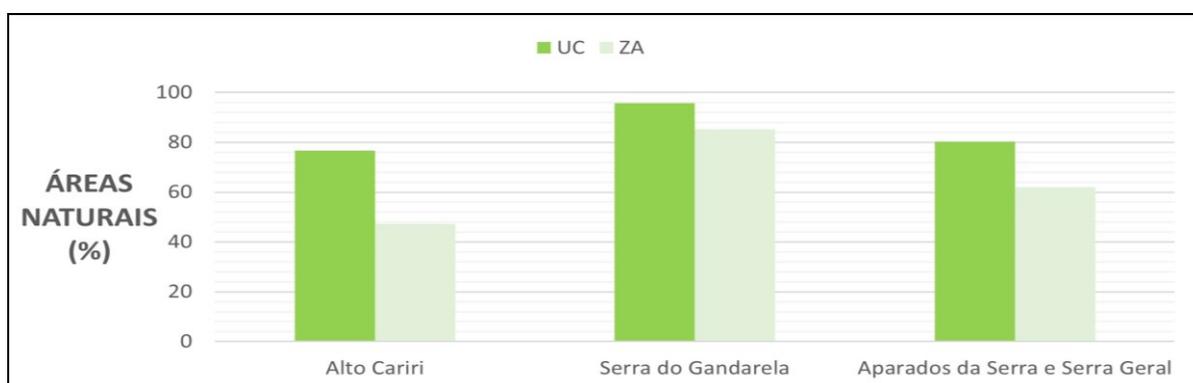


Figura 13 – Comparativo entre PARNA do total de áreas naturais na UC e na ZA.

Elaboração: a autora.

Dado semelhante envolvendo a influência de outras UC pode ser observado no PARNA do Alto Cariri. Ainda que a área natural percentual por ele exibida, tanto na UC

como na ZA, seja a mais baixa dos quatro parques selecionados, sendo o único onde as áreas antropizadas ocupam mais da metade do entorno, percebe-se a ocorrência de áreas naturais concentradas nos locais abrangidos pelas outras duas UC de proteção integral (Parque Estadual do Alto Cariri e REVIS Estadual Mata dos Muriquis), nos municípios mineiros de Santa Maria do Salto e Salto da Divisa.

A influência positiva na conservação de áreas naturais exercida pela presença de outras UC, conforme observado nos PARNA da Serra do Gandarela e do Alto Cariri, é semelhante ao observado por Oliveira, Carvalho-Ribeiro e Maia-Barbosa (2020), pois ao avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra em um período de décadas em um parque estadual e entorno, em Minas Gerais, foi constatado um aumento da área de florestas na ZA em regiões onde foram criadas duas APA, UC de uso sustentável. Na mesma linha, em um parque estadual no Pernambuco, Sousa e Santos (2020) verificaram que a dinâmica do uso e cobertura da terra foi alterada com a criação da UC, onde imagens anteriores à sua criação, confrontadas com outras mais recentes tomadas após o estabelecimento da área protegida, resultaram na observação de áreas com maior incidência de vegetação, indicando a recuperação da área.

Ainda considerando a influência de outras UC, em estudo que avaliou a ZA de centenas de UC no Brasil, constatou-se que a degradação na ZA é menor quando há sobreposição de áreas com outras UC, o que justificaria a meta de aumentar a conectividade de áreas protegidas para melhorar a efetividade do SNUC (ALMEIDA-ROCHA; PERES, 2021). Percebe-se, então, que a criação e a manutenção de áreas protegidas representam importantes ferramentas para evitar perdas florestais, conforme relatam Cabral et al. (2018) ao avaliarem todas as UC da região da Amazônia Legal brasileira: mesmo que algumas áreas protegidas estudadas tenham apresentado estado crítico em termos de perdas florestais, conclui-se que as UC são efetivas na manutenção de florestas, podendo reduzir ou mesmo evitar o desmatamento e a fragmentação florestal.

A ausência de plano de manejo e da ZA estabelecida prejudica a regulação do uso de recursos naturais, restando o papel protetivo do entorno do PARNA da Serra do Gandarela às UC que o circundam. Ainda que a presença de outras UC seja responsável pela proteção de áreas naturais dentro de sua abrangência, tal fato não exime os órgãos gestores de atender ao preconizado na legislação e providenciar tempestivamente a aprovação do plano de manejo e dos limites para ZA.

Por outro lado, a situação no PARNA do Alto Cariri é diferente. Apesar de sua ZA estar formalmente estabelecida, uma menor área ocupada por outras UC no entorno, aliada à

falta do plano de manejo para disciplinar as atividades ali desenvolvidas pode ter contribuído para os menores valores de áreas naturais observados. A ausência do plano de manejo favorece impactos negativos no entorno dos parques e, conseqüentemente, à própria UC.

Conclusão semelhante é trazida por Marques, Costa e Moura (2019), que avaliaram um parque estadual sem plano de manejo no estado da Paraíba. A ZA exibe áreas de conflitos e com monoculturas, impactando negativamente a UC. No PARNA do Alto Cariri, os resultados mostram que áreas antrópicas ocupam mais da metade da ZA, com predomínio da classe de agricultura e pastagem, seguida pela silvicultura.

Ao avaliarem a eficiência do plano de manejo para a ZA, Medeiros et al. (2021) concluem que as UC com plano de manejo melhor desempenham atividades de gestão, impactando positivamente a ZA. Por outro lado, sua ausência gera o inverso, resultando em má gestão de recursos naturais e institucionais, além de fomentar conflitos na comunidade e em sua relação com a própria UC.

Seguindo a abordagem da importância da ZA e do plano de manejo, Souza et al. (2020) constataram que o interior de uma REBIO em Rondônia resistiu às pressões agropecuárias e a invasões, e passou por ações de recuperação local conduzida por órgãos gestores. As observações evidenciaram, contudo, as dificuldades em sua gestão, que praticamente não consegue limitar o uso de recursos naturais, contribuindo para a degradação da ZA e aumentando o isolamento da UC.

Outro dado importante é trazido por um estudo de grande porte realizado em ZA de 819 UC no Brasil, sendo 581 de proteção integral e 238 de uso sustentável, distribuídas em todos os biomas brasileiros. Na análise do uso e cobertura da terra nas ZA terrestres, esperava-se encontrar um gradiente de degradação ambiental no seguinte sentido: UC < ZA < áreas não protegidas. Os resultados confirmaram o esperado apenas parcialmente, onde o entorno é mais degradado que a UC, submetida a um regramento mais rígido. A degradação na ZA, contudo, praticamente não difere da experimentada em áreas não protegidas, contrariando parte da hipótese inicialmente estabelecida. Se a importância da ZA reside no fato de que esta aumenta a efetividade da UC em proteger as áreas naturais, uma ZA degradada prejudica o alcance dos objetivos que norteiam a criação e a manutenção das UC (ALMEIDA-ROCHA; PERES, 2021).

Frente ao exposto acima, os autores concluem que o regramento para o uso dos recursos naturais aplicados às ZA não está surtindo o efeito desejado, considerando a similaridade nos resultados de degradação ambiental em áreas não submetidas ao mesmo

controle. É necessário pensar em uma gestão integrada entre ZA e UC, promovendo ações que favoreçam sua conectividade.

Considerando ZA com alto índice de degradação ambiental, cabe destacar o trabalho de Martins, Damasceno e Oliveira (2020) em um PARNA criado na década de 1960, com plano de manejo e ZA estabelecida, onde as classes de agricultura e pastagem ocupam mais de 60% da área da ZA. De modo semelhante, Caris et al. (2013) detectaram que mais de 70% do entorno de um PARNA é ocupado por atividades antrópicas. Nestas situações, as conclusões indicam que a ZA não está exercendo seu papel protetivo, deixando a UC com aspecto semelhante a uma ilha, com sua cobertura vegetal isolada, o que pode resultar na perda da diversidade genética.

Frente a estes índices de degradação, Martins, Damasceno e Oliveira (2020) buscaram localizar áreas na ZA que pudessem ser transformadas em UC. Nesse sentido, ainda que o PARNA seja predominantemente cercado por atividades agropecuárias, há áreas potenciais para criação de corredores ecológicos e UC de uso sustentável. Tais ações poderiam minimizar os impactos negativos de uma ZA fragmentada e ocupada por atividades antrópicas, resultando em melhor proteção para sua respectiva UC.

No que se refere às áreas urbanizadas na ZA, tanto o PARNA do Alto Cariri como os PARNA de Aparados da Serra e de Serra Geral apresentam diminutas áreas urbanizadas, tratando-se de pequenas edificações rurais, longe de grandes centros urbanos. No PARNA da Serra do Gandarela, observa-se uma proximidade com a região metropolitana de Belo Horizonte, bem como existem, na ZA, cidades com maior população.

Como resultado, áreas urbanizadas são relativamente maiores na ZA do parque mineiro, ainda que ocupem uma pequena proporção da área total, restrita à ZA. Analisando UC em ambientes urbanos, Beiroz (2015) relata que o planejamento do uso e manejo das áreas protegidas normalmente não ocorre de modo integrado ao seu entorno, onde são frequentes as pressões relacionadas a empreendimentos imobiliários, impactando negativamente na qualidade do manejo não somente da ZA, mas da própria UC.

Com relação ao uso e cobertura da terra no interior de UC, Caris et al. (2013) realizaram o mapeamento e classificação em um PARNA no Rio de Janeiro, com a consecutiva caracterização e quantificação das áreas, encontrando mais de 90% da área da UC coberta por formações nativas e corpos d'água. Mesmo com esse quantitativo alto, superior ao observado para os PARNA do Alto Cariri, de Aparados da Serra e da Serra Geral, o estudo recomenda que as áreas degradadas dentro dos limites da área protegida, como pastagens e

áreas de cultivos, deveriam ser restauradas, além das providências para conduzir o processo de regularização fundiária.

5.1.6. O uso e cobertura da terra frente à regularização fundiária nos PARNA

Ainda que tenha sido observado um predomínio de áreas naturais no interior dos parques estudados, por serem UC com nível de proteção integral, não deveriam trazer áreas com usos antrópicos dentro de seus limites (BRASIL, 2000). Ocorrem, contudo, problemas no interior destas áreas protegidas, com pendências na regularização fundiária potencialmente impactando as áreas naturais. Todos os parques estudados possuem pendências na questão fundiária (Tabela 15), o que poderia explicar áreas no interior das UC com usos antrópicos.

Tabela 15 – Situação fundiária nas UC.

PARNA	Ano de criação	Situação fundiária	Área particular (%)	Área devoluta (%)	Área da União (%)
Alto Cariri	2010	Não regularizada	100	-	-
Serra do Gandarela	2014	Não regularizada	100	-	-
Aparados da Serra	1959	Parcialmente regularizada	38	2	60
Serra Geral	1992	Parcialmente regularizada	73	21	6

Fonte: Prefeitura Municipal de Guaratinga (2016); Ministério do Meio Ambiente (2022b, 2022c, 2022d). Elaboração: a autora.

O conflito existe em virtude do impasse no atendimento aos direitos das comunidades tradicionais e proprietários que habitavam a área protegida antes da criação da UC frente aos seus objetivos ambientais. De acordo com Souza et al. (2020), dirigentes públicos criam UC sem necessariamente planejar sua implementação, sem informações da viabilidade da desapropriação de propriedades da comunidade local, criando expectativas de conservação do ambiente sem, contudo, um estudo de captação de recursos para a área.

Mesmo com a carência de dados sobre pendências fundiárias, conforme consta no Informe Nacional sobre Áreas Protegidas no Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007), esta questão é considerada uma das maiores dificuldades para a implementação e a gestão de áreas protegidas. Com esse Informe, a regularização fundiária das UC federais está relacionada a proprietários privados com documentação legalizada e pessoas ou comunidades que detêm a posse, mas não possuem o título de propriedade.

No caso de proprietários privados com documentação legalizada, para realizar a devida regularização fundiária, devem ser adquiridos os imóveis incidentes sobre a unidade, o

que é dificultado pela escassez de recursos e acaba resultando em um passivo para o órgão gestor. Com relação às pessoas e às comunidades que habitam a UC, sem títulos de propriedade, a legislação vislumbra a possibilidade de sua presença temporária dentro dos limites da área protegida por meio de um termo de compromisso assinado pelo gestor da unidade e pela população residente, até que se adotem medidas como reassentamentos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Um exemplo de compatibilização refere-se a um conflito enfrentado por mais de década pela gestão de um PARNA na Bahia, com sobreposição de áreas em um Território Indígena. Por meio de um termo de compromisso, foram definidas regras de uso para, dentro do possível, atender tanto ao objetivo de conservação dos recursos naturais da UC, como ao atendimento às necessidades e direitos dos indígenas (ICMBIO, 2018a). As regras envolvem a definição de zonas de uso intensivo, considerando o etnozoneamento da área de sobreposição, englobando especificações de cultivos e permissão para criação de pequenos animais, dentre outros detalhes.

Frente à dificuldade na obtenção de dados amplos e atualizados sobre a situação fundiária das UC federais, são apresentadas informações compiladas por Rocha, Drummond e Ganem (2010), considerando os problemas fundiários em PARNA. O levantamento pontua a gravidade do impasse, onde a presença de propriedades privadas no interior dos parques compromete os objetivos de manejo, ao passo que a atividade produtiva das populações residentes é prejudicada em função da instabilidade gerada.

Ainda considerando os dados de PARNA criados até o ano 2000 apresentados por Rocha Drummond e Ganem (2010), em um total de 44 parques, 66% possuíam registro de problemas fundiários e 34% apresentavam menos da metade de sua área sob domínio público. No mesmo levantamento, contudo, considerando os dados compilados do ICMBIO pelos autores referentes aos parques criados até o ano de 2008, de 52 PARNA, nenhum apresentava situação fundiária regularizada: 58% apresentavam-se parcialmente regularizado e 42% não possuíam regularização. As incongruências relatadas corroboram a dificuldade na obtenção de dados sobre o assunto, conforme mencionado também no Informe Nacional sobre Áreas Protegidas no Brasil (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Outro ponto a ser discutido refere-se à sobreposição de imóveis rurais com os limites das UC ora estudadas, conforme dados obtidos do SICAR (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021). A Figura 14 ilustra e a Tabela 16 detalha as informações, constatando-se a sobreposição de diversos imóveis rurais com os limites das UC estudadas, cadastrados em todos os municípios que as integram.

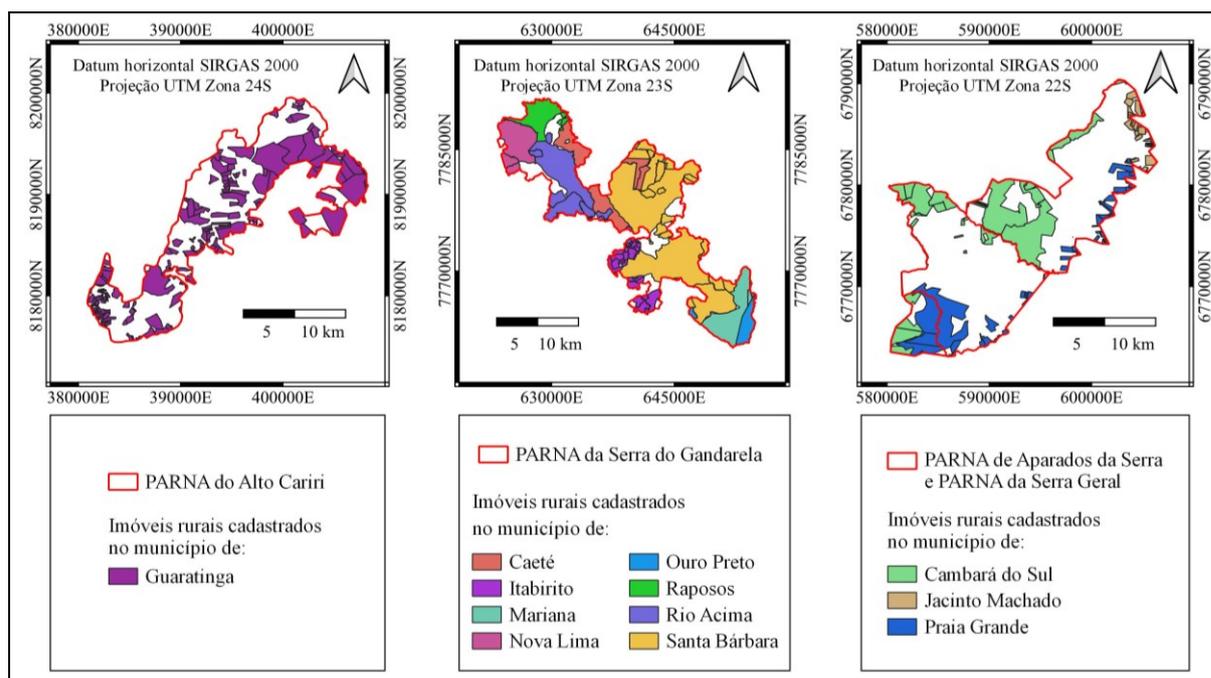


Figura 14 – Imóveis rurais cadastrados nos municípios dos parques.

Fonte: Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), SICAR (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021). Elaboração: a autora.

Tabela 16 – Área dos imóveis rurais nas UC.

PARNA	Nº de imóveis rurais na UC	Área total da UC (ha)	Área da UC ocupada por imóveis rurais	
			(ha)	(%)
Alto Cariri	192	19.238	8.929	46,4
Serra do Gandarela	104	31.270	30.822	98,6
Aparados da Serra	47	13.148	3.194	24,3
Serra Geral	117	17.301	7.687	44,4

Fonte: Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), SICAR (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021). Elaboração: a autora.

Observando os dados, percebe-se que o parque mais antigo possui menor área de sobreposição, enquanto o parque criado mais recentemente é o que apresenta sobreposição de praticamente toda a sua área com imóveis rurais. Em uma situação ideal, de acordo com o relato de Dias (2018) considerando dados de um PARNA no Paraná criado em 1939, a gestão da UC é facilitada quando não há conflitos territoriais, não havendo moradores dentro dos limites da área protegida. Para UC criadas mais recentemente, o problema da regularização fundiária não é exceção, conforme constatado nos quatro parques ora estudados. Mesmo PARNA mais antigos permanecem com pendências no quesito de regularização fundiária. De fato, depreende-se do levantamento de Rocha, Drummond e Ganem (2010) que não necessariamente um parque antigo tenha mais chance de estar livre de pendências fundiárias, ou seja, mesmo com o avanço do tempo, os problemas persistem, evidenciando o aspecto

crônico do problema, afetando não somente os parques criados recentemente, mas também os criados há décadas.

Outro problema envolvendo a sobreposição de imóveis rurais em UC refere-se ao uso do SICAR para legitimar ocupações irregulares, conforme mencionam Duarte et al. (2019) em trabalho realizado em UC no sul do estado do Amazonas. Mesmo considerando que o registro no SICAR não se presta à comprovação de propriedade ou posse do imóvel rural, ocupantes irregulares podem valer-se do cadastro de imóveis rurais dentro de UC de modo a, posteriormente, utilizar-se de tal informação em uma tentativa de legitimar a posse, cabendo ao poder público, portanto, conduzir a devida fiscalização para evitar desvios deste tipo.

Além disso, habitantes locais eventualmente desconhecem o status de UC da região próxima a sua moradia, o que dificulta o engajamento na preservação da área protegida (OLIVEIRA et al., 2020). Uma maneira de mitigar tal situação passa por investir em ações de educação ambiental, conforme preconizado na Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999). O normativo apresenta quatro linhas de atuação interrelacionadas a serem desenvolvidas não somente na educação escolar, mas também, junto à comunidade, tais como capacitação de gestores e profissionais na área ambiental, desenvolvimento de estudos e pesquisas, produção e divulgação de material educativo, além de acompanhamento e avaliação contínuos das iniciativas propostas. Não é possível ignorar, contudo, que a resolução da questão passa pela obtenção de recursos para a obtenção de informações atualizadas, bem como para viabilizar a devida regularização fundiária, com a consequente desapropriação e indenização relacionadas.

Nesse sentido, já preconiza o SNUC que a regularização fundiária e a demarcação de terras em UC é a primeira prioridade para o recebimento de recursos oriundos de compensação ambiental (BRASIL, 2002), tais como os devidos por empreendimentos de significativo impacto ambiental (BRASIL, 2000). Considerando as pendências fundiárias que persistem há décadas, a legislação existente que estabelece o recurso e/ou a gestão destes pode ser considerada ineficiente.

5.2. Fragmentação florestal

Após analisar as interferências e relações entre áreas naturais e antrópicas nas UC e ZA dos parques estudados, é necessário verificar a situação da paisagem da área de estudo. A Tabela 17 traz informações sobre as métricas de área em nível de classe para os fragmentos florestais, agrupados por tamanho.

No interior das UC, percebe-se que a maioria dos fragmentos é pequeno (< 5 ha), representando mais de 90% do total de fragmentos observados, ocupando, contudo, menos de 5% da área total. O inverso é observado com os fragmentos grandes (> 50 ha), que ocupam percentuais de área próximos a 90% na área de estudo, ainda que representem menos de 3% do número de fragmentos.

Tabela 17 – Métricas de área em nível de classe nas UC e suas ZA, agrupadas por tamanho dos fragmentos.

PARNA	TAM ¹	UC				ZA			
		NP	NP (%)	CA (ha)	CA (%)	NP	NP (%)	CA (ha)	CA (%)
Alto Cariri	Pequeno	857	94,3	409	4,1	3.127	94,3	1.618	15,5
	Médio	43	4,7	778	7,8	170	5,1	2.291	22,0
	Grande	9	1,0	8.793	88,1	19	0,6	6.504	62,5
	Total	909	100,0	9.980	100,0	3.316	100,0	10.413	100,0
Serra do Gandarela	Pequeno	941	92,1	437	3,1	5.361	93,4	2.879	4,1
	Médio	58	5,7	826	5,9	313	5,5	4.679	6,7
	Grande	23	2,3	12.816	91,0	66	1,1	62.692	89,2
	Total	1.022	100,0	14.079	100,0	5.740	100,0	70.250	100,0
Aparados da Serra e Serra Geral	Pequeno	1.742	97,1	673	4,3	6.570	96,8	2.950	12,7
	Médio	46	2,6	563	3,6	188	2,8	2.626	11,3
	Grande	6	0,3	14.351	92,1	27	0,4	17.596	75,9
	Total	1.794	100,0	15.587	100,0	6.785	100,0	23.172	100,0

¹ Classificação por tamanho segundo proposto por Pirovani et al. (2014): pequeno (< 5ha), médio (entre 5 ha e 50 ha) e grande (> 50 ha). TAM (tamanho do fragmento); NP (número de fragmentos); CA (área total). Elaboração: a autora.

Nas ZA, com o aumento da área de análise, aumenta também o número de fragmentos detectados, e sua proporção segue semelhante, com os fragmentos pequenos representando mais de 90% da contagem, enquanto os fragmentos grandes representam menos de 2% da contagem. A diferença é observada, contudo, na área da ZA ocupada por estes fragmentos pequenos: enquanto no PARNA da Serra do Gandarela, a área percentual exibe um discreto aumento, partindo de 3,1% na UC para 4,1%, índices maiores são exibidos pelos PARNA de Aparados da Serra e Serra Geral, passando de 4,3% na UC para 12,7% na ZA, seguido pelo PARNA do Alto Cariri, com 4,1% na UC e 15,5% na ZA.

Ainda considerando os resultados para a ZA, com relação aos fragmentos médios, da mesma forma como observado para os fragmentos pequenos, aumentam em número, e sua proporção segue semelhante, quando comparados com a UC. As alterações nos valores de área, contudo, são mais impactadas: enquanto no PARNA da Serra do Gandarela, a área

percentual exibe um leve aumento, partindo de 5,7% na UC para 6,7%, índices maiores são exibidos pelos PARNA de Aparados da Serra e Serra Geral, passando de 3,6% na UC para 11,3% na ZA, seguido pelo PARNA do Alto Cariri, com 7,8% na UC e 22,0% na ZA.

Considerando os fragmentos grandes observados na ZA, também aumentaram em número quando comparado com os valores da UC, conforme observado para os fragmentos médios e pequenos. A área ocupada pelos mesmos, contudo, apresentou uma redução, como consequência do aumento das proporções exibidas pelos fragmentos menores. Enquanto no PARNA da Serra do Gandarela, a área percentual exibe uma leve redução, de 91,0% na UC para 89,2% na ZA, índices mais amplos são exibidos pelos PARNA de Aparados da Serra e Serra Geral, passando de 92,1% na UC para 75,9% na ZA, seguido pelo PARNA do Alto Cariri, com 88,1% na UC e 62,5% na ZA.

Os resultados descritos acima, onde a área percentual ocupada pelos fragmentos pequenos e médios aumenta e a ocupada pelos fragmentos grandes diminui, demonstra um ambiente mais fragmentado na ZA quando comparado com a respectiva UC. A Figura 15 ilustra a relação descrita, mais acentuada nos parques das regiões Nordeste e Sul.

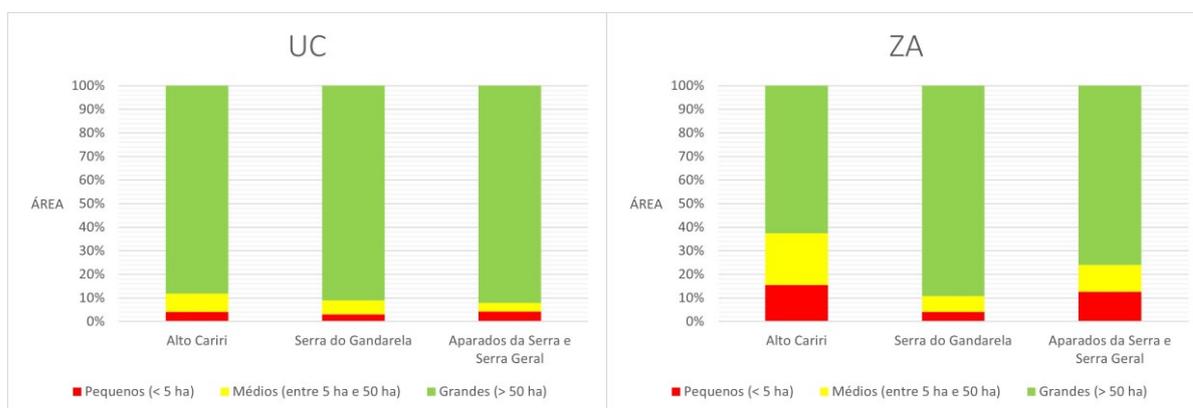


Figura 15 – Relação entre área percentual ocupada pelos fragmentos florestais por tamanho na UC e na ZA.

Elaboração: a autora.

Da mesma forma, observando a distribuição espacial dos fragmentos florestais por tamanho apresentada para as UC e ZA do PARNA do Alto Cariri (Figura 16), da Serra do Gandarela (Figura 17) e de Aparados da Serra e Serra Geral (Figura 18), percebe-se um gradiente de aumento na fragmentação florestal no sentido do interior da UC em direção à ZA.

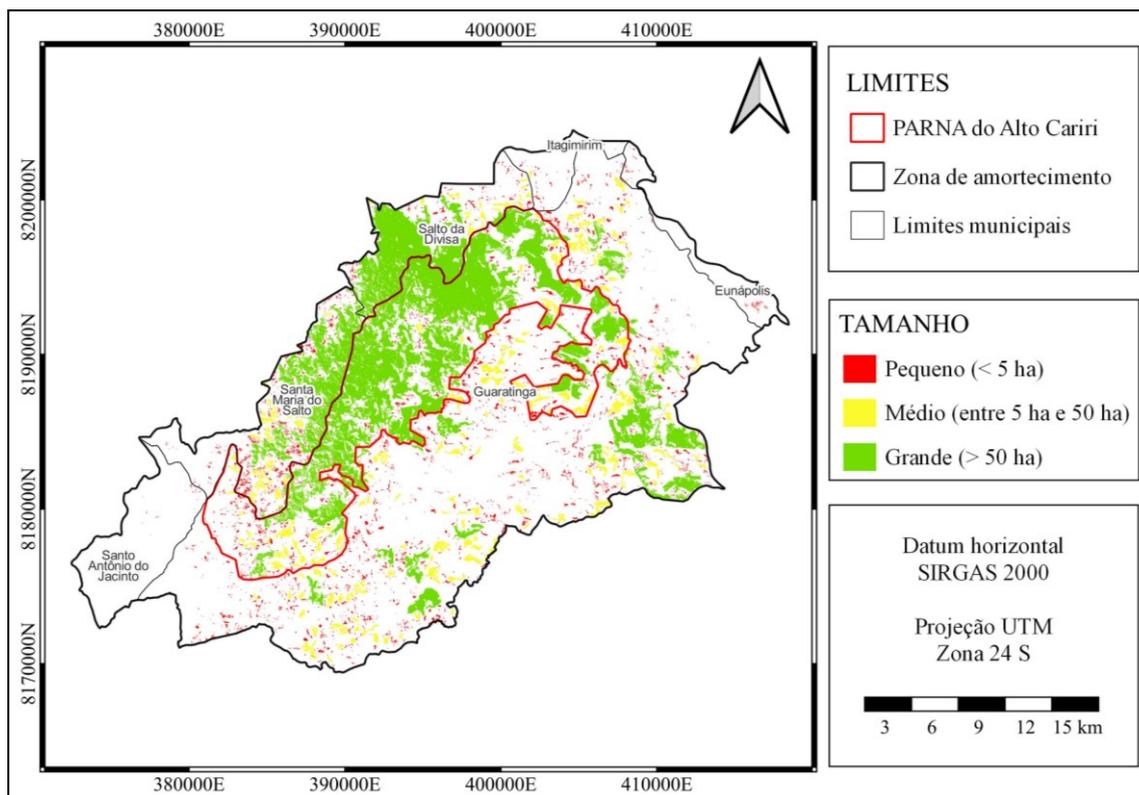


Figura 16 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Elaboração: a autora.

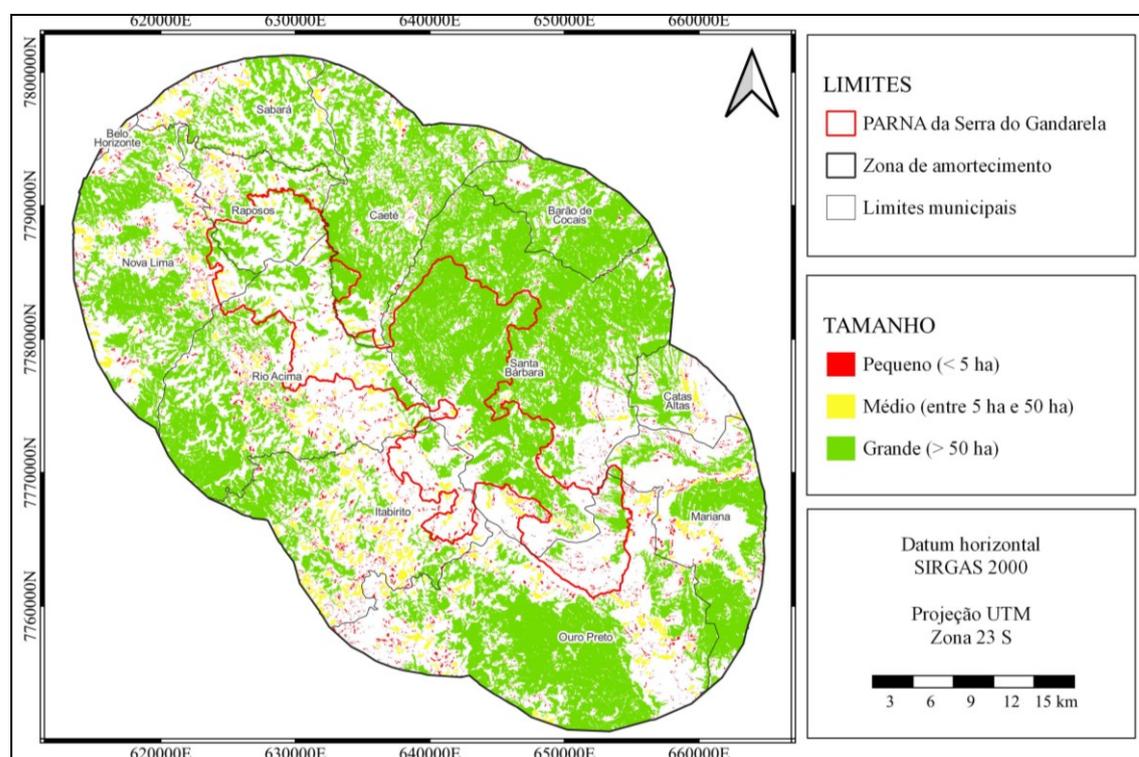


Figura 17 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Elaboração: a autora.

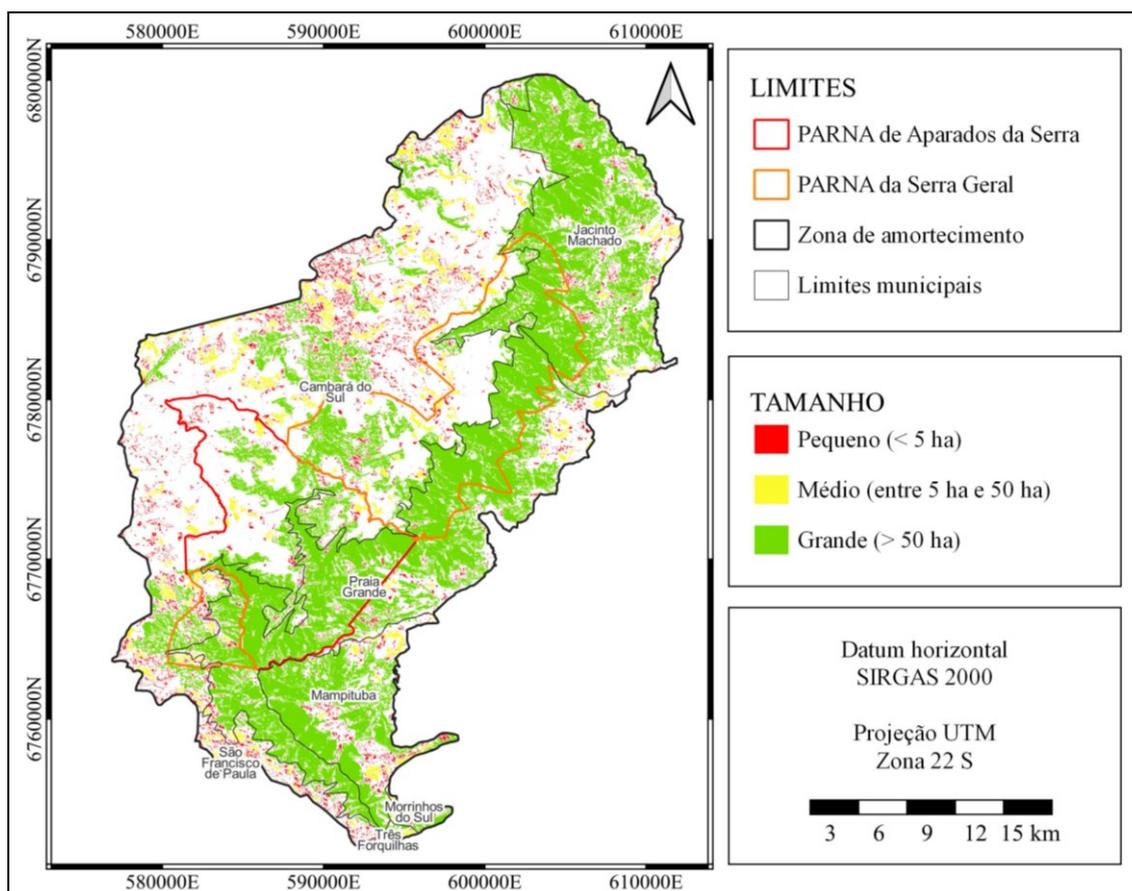


Figura 18 – Distribuição de fragmentos florestais por tamanho nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Elaboração: a autora.

Conforme pode ser depreendido dos dados apresentados, há uma relação inversa entre o número de fragmentos e sua respectiva área: fragmentos pequenos são numerosos, contudo, ocupam a menor área relativa, ao passo que fragmentos grandes, em número reduzido, ocupam a maior parte da área de estudo. Relação inversa entre número de fragmentos e área também foi observada em outros estudos, conduzidos em UC e bacias hidrográficas na Mata Atlântica (JUVANHOL et al., 2011; SILVA et al., 2015; LOPES et al., 2020).

Resultados semelhantes com relação ao número de fragmentos e seus tamanhos no entorno de UC são relatados por Rusca et al. (2017) ao analisarem dados em uma ESEC, UC de proteção integral. Apenas 5% dos fragmentos observados no entorno da UC são maiores que 50 ha. Na mesma linha, Juvanhol et al. (2011) constataram que 83% dos fragmentos eram menores que 5 ha ao avaliarem dois parques estaduais. Ambos os estudos apontam a alta fragmentação florestal, sendo tal cenário frequentemente observado na Mata Atlântica.

A Tabela 18 compila as métricas em nível de classe e a Tabela 19 traz as métricas de em nível de fragmento, onde os resultados são agrupados para a UC e para a ZA.

Tabela 18 – Métricas de área, borda e forma dos fragmentos em nível de classe nas UC e ZA.

PARNA			Alto Cariri		Serra do Gandarela		Aparados da Serra e Serra Geral	
Grupo	Métrica	Unidade	UC	ZA	UC	ZA	UC	ZA
Área	NP	-	909	3.316	1.022	5.740	1.794	6.785
	CA	ha	9.979	10.412	14.079	70.250	15.587	23.172
Borda	TE	m (x 10 ⁶)	3,0	5,4	3,3	20,7	6,1	13,0
	ED	m/ha	156	88	106	144	201	216
Forma	PAFRAC	-	1,4213	1,4449	1,3568	1,4341	1,5064	1,5792

NP (número de fragmentos); CA (área total); TE (soma das bordas); ED (densidade das bordas); PAFRAC (dimensão fractal perímetro-área). Elaboração: a autora.

Tabela 19 – Métricas de área, forma e proximidade em nível de fragmento nas UC e ZA.

PARNA	ED	Área		Borda		Forma		Proximidade	
		AREA (ha)	PERIM (m)	PARA	SHAPE	ENN (m)			
Alto Cariri	UC	MIN	0,0021	18	148	1,00	9,14		
		M	10,9784	3,3 x 10 ³	2.056	2,41	36,52		
		MAX	6.406	1,6 x 10 ⁶	8.755	49,89	568,05		
		SD	216	5,4 x 10 ⁴	1.486	2,04	48,98		
	ZA	MIN	0,0021	18	115	1,00	9,14		
		M	3,1399	1,6 x 10 ³	1.938	2,55	52,44		
		MAX	3.483	1,1 x 10 ⁶	8.755	46,38	4.440,15		
		SD	63	2,0 x 10 ⁴	1.187	1,49	114,85		
Serra do Gandarela	UC	MIN	0,0020	18	132	1,00	8,94		
		M	13,7756	3,2 x 10 ³	2.222	2,30	44,85		
		MAX	9.049	1,5 x 10 ⁶	8.951	40,41	676,02		
		SD	286	4,9 x 10 ⁴	1.960	1,73	64,64		
	ZA	MIN	0,0020	18	126	1,00	8,94		
		M	12,2388	3,6 x 10 ³	1.794	2,46	34,61		
		MAX	26.054	6,6 x 10 ⁶	8.951	102,24	656,64		
		SD	389	9,4 x 10 ⁴	1.203	2,13	43,60		
Aparados da Serra e Serra Geral	UC	MIN	0,0017	17	215	1,00	8,33		
		M	8,6884	3,4 x 10 ³	2.380	2,57	24,83		
		MAX	7.160	2,9 x 10 ⁶	9.606	86,07	675,85		
		SD	231	7,7 x 10 ⁴	1.546	2,63	46,74		
	ZA	MIN	0,0017	17	298	1,00	8,33		
		M	3,4151	1,9 x 10 ³	2.004	2,55	25,77		
		MAX	6.940	2,4 x 10 ⁶	9.606	73,31	662,91		
		SD	109	3,8 x 10 ⁴	1.069	1,98	36,63		

TAM (tamanho); ED (estatística descritiva); MIN (mínimo); M (média); MAX (máximo); SD (desvio padrão). AREA (área); PERIM (perímetro); PARA (relação perímetro-área); SHAPE (índice de forma); ENN (distância do vizinho mais próximo). Elaboração: a autora.

Com relação às métricas de área, percebe-se uma redução no tamanho médio dos fragmentos na ZA, quando comparados com os observados no interior da UC, reforçando a identificação de um ambiente mais fragmentado no entorno. Os valores obtidos para as medidas de dispersão para a métrica AREA são impactados pela amplitude de valores no tamanho dos fragmentos: em todos os parques, seja na UC como na ZA, observam-se fragmentos pequenos, a diferença na variação observada reside na presença de fragmentos

grandes e de sua magnitude, gerando uma distribuição mais heterogênea nos locais onde se observam fragmentos maiores. Resultado semelhante é relatado por Juvanhol et al. (2011), com área média de fragmentos por volta de 10 ha, sem agrupar por tamanho, e SD de aproximadamente 200. Isto ocorre pela presença de fragmentos com valores muito afastados do valor médio, gerando uma distribuição heterogênea onde há fragmentos maiores.

Com relação às métricas de borda, três cenários diferentes foram observados nos parques e suas ZA. No PARNA do Alto Cariri, a área total (CA) ocupada pelos fragmentos florestais tem um pequeno aumento da UC para a ZA (variando em torno de 10 mil ha), além de ser observado um aumento de menos de duas vezes no valor absoluto de TE (passando de $3,0 \times 10^6$ para $5,4 \times 10^6$), mas o tamanho médio (AREA) dos mesmos reduz, sendo observados fragmentos menores na ZA. Esse conjunto de valores impacta no resultado de ED, que reduziu de 156 m/ha para 88 m/ha, onde os fragmentos na ZA tornam-se menores e mais simples em comparação com a UC, resultando em um ambiente mais fragmentado no entorno, pois como observado, fragmentos menores, ainda que tenham bordas simples, não favorecem a manutenção da biodiversidade na paisagem.

Um segundo cenário se apresenta no PARNA da Serra do Gandarela, onde a área total (CA) ocupada pelos fragmentos florestais tem um aumento importante da UC para a ZA, (14 mil ha para 70 mil ha), além de ser observado um aumento de seis vezes no valor absoluto de TE (passando de $3,3 \times 10^6$ para $20,7 \times 10^6$). O tamanho médio (AREA) dos mesmos reduz discretamente, apesar de o maior fragmento ser observado no entorno. Esse conjunto de valores impacta no resultado de ED, que aumentou de 106 m/ha para 144 m/ha, onde os fragmentos na ZA não reduzem de modo importante seu tamanho médio, e adquirem maiores valores para borda, em parte devido a um aumento na complexidade do perímetro, outra devido à relativa conservação do tamanho médio do fragmento entre a UC e a ZA. Assim, ainda que a complexidade do perímetro na ZA tenha aumentado, a pequena variação no tamanho médio do fragmento entre a UC e a ZA traz um menor impacto ao ambiente do entorno, quando comparado com os outros PARNA.

Nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral, um terceiro cenário é observado, onde a área total (CA) ocupada pelos fragmentos florestais tem um aumento da UC para a ZA (de 15 mil ha para 23 mil ha), e o valor absoluto de TE aumenta pouco mais de duas vezes (passando de $6,1 \times 10^6$ para $13,0 \times 10^6$), mas o tamanho médio (AREA) dos mesmos reduz, sendo observados fragmentos menores na ZA. Esse conjunto de valores impacta no resultado de ED, que aumentou discretamente de 201 m/ha para 216 m/ha, onde os fragmentos na ZA

tornam-se menores e um pouco mais complexos na ZA em comparação com a UC, resultando em um ambiente mais fragmentado no entorno.

Avaliando a métrica de forma PAFRAC (Tabela 18), percebe-se que os três parques apresentam formas mais simples no interior da UC e mais complexas na ZA, caracterizando um gradiente de fragmentação da UC para a ZA. Em estudo realizado no entorno de uma UC, Rusca et al. (2017) relatam que o ambiente fragmentado observado é resultado de usos antrópicos, predominantes na ZA, como monoculturas e pastagens. Além disso, a maior parte dos fragmentos observados são pequenos, os quais apresentam-se vulneráveis às pressões exercidas pela expansão de atividades agropecuárias.

Com base nos resultados obtidos para a métrica de forma SHAPE (Tabela 19), e considerando que valores próximos à unidade representam formas mais simples, verifica-se que, tanto na ZA como na UC, os valores médios encontram-se no intervalo entre 2,3 e 2,6, indicando formas mais complexas dos fragmentos, com bordas irregulares, mais suscetíveis, portanto, ao efeito de borda. É importante salientar que os valores encontrados de SHAPE aumentam com o tamanho do fragmento, onde os fragmentos menores possuem formatos mais regulares que os grandes fragmentos, conforme exposto na Tabela 20.

Tabela 20 – Métrica de forma SHAPE nas UC e ZA, agrupada por tamanho do fragmento.

SHAPE		Alto Cariri		Serra do Gandarela		Aparados da Serra e Serra Geral	
TAM	ED	UC	ZA	UC	ZA	UC	ZA
Pequeno	MIN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	M	2,16	2,36	2,03	2,20	2,36	2,36
	MAX	5,68	7,73	6,45	7,23	7,64	8,22
	SD	0,77	0,82	0,68	0,71	0,92	0,94
Médio	MIN	2,34	1,71	1,71	1,69	2,51	1,98
	M	4,99	4,89	4,03	4,57	6,49	6,75
	MAX	11,04	12,85	7,89	11,02	14,60	14,25
	SD	1,84	2,00	1,49	1,53	2,81	2,60
Grande	MIN	4,56	5,15	2,89	3,14	16,13	5,94
	M	14,03	12,50	8,98	13,91	34,04	20,93
	MAX	49,89	46,38	40,41	102,24	86,07	73,31
	SD	14,09	9,56	7,49	13,70	27,61	16,16

TAM (tamanho); ED (estatística descritiva); MIN (mínimo); M (média); MAX (máximo); SD (desvio padrão). SHAPE (índice de forma). Elaboração: a autora.

Diversos estudos com resultados semelhantes concluem, entretanto, que apesar de valores de SHAPE maiores em fragmentos grandes, o que indicaria um cenário menos favorável, estes não sofrem tanto o efeito de borda quanto os fragmentos pequenos, com menores valores de SHAPE. Isto ocorre devido ao seu maior tamanho, que contribui com uma

maior área nuclear, compensando, assim, a forma complexa de seu perímetro e minimizando o efeito de borda (PIROVANI et al., 2014; ABDALLA; CRUZ, 2015; SILVA et al., 2015; JESUS et al., 2019).

A medida de proximidade, dada pela métrica ENN (Tabela 19), traz os valores em metros da distância para o fragmento mais próximo onde seu valor médio considera a relação de proximidade do fragmento com seus vizinhos da mesma classe, e o seu desvio padrão indica a variabilidade na distribuição destes fragmentos na paisagem. Valores baixos de desvio padrão com relação ao valor médio indicam uma distribuição mais uniforme dos fragmentos, e valores altos refletem uma distribuição irregular (MCGARIGAL, 2015).

Os resultados mostram, portanto, uma distribuição irregular no padrão de proximidade dos fragmentos, com valores médios inferiores a 60 metros em todos os parques e respectivas ZA. Este resultado representa um grau de isolamento baixo, conforme classificação proposta por Almeida (2008) e corroborada por diversos autores (SOUZA et al., 2014; MASSOLI JUNIOR; STATELLA; SANTOS, 2016; RUSCA et al., 2017; FERNANDES; BATISTA, 2021), ou seja, ainda que a paisagem seja fragmentada, existe uma proximidade benéfica entre os fragmentos, viabilizando iniciativas para conectá-los: atuação conjunta na formação de corredores ecológicos para indicar os locais para pagamento de débitos florestais, incentivos econômicos, reflorestamento, integração com áreas agroflorestais, dentre outros (SILVÉRIO NETO et al., 2015; REZENDE et al., 2018).

Nesse sentido, avaliações com uma periodicidade de, por exemplo, dez anos, auxiliariam no monitoramento de áreas em processo de recuperação florestal (CARVALHO-RIBEIRO et al., 2020), onde a identificação dos fragmentos potencialmente conectáveis deve ser alvo de atuação conjunta entre a comunidade e gestores locais, em iniciativas de médio e longo prazo. Outra forma poderia envolver o monitoramento de métricas como ENN, subsidiando os gestores a buscar um aumento na conectividade (OLIVEIRA; CARVALHO-RIBEIRO; MAIA-BARBOSA, 2020).

A restauração ecológica dos fragmentos menores poderia ser alcançada com o plantio de espécies nativas ou com sistemas agroflorestais, favorecendo uma melhora na conectividade com os fragmentos maiores e, conseqüentemente, melhorando a locomoção da fauna silvestre entre os fragmentos (JESUS et al., 2019). Rusca et al. (2017) sugerem a recomposição da vegetação para aumento da conectividade, a ser conduzida na ZA fragmentada, além de estender os limites da UC para partes do entorno, aumentando assim o nível de proteção da ZA.

Por fim, os resultados obtidos mostram que o parque menos impactado é o PARNA da Serra do Gandarela, o que é corroborado com estudo da vegetação na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais conduzido por Camargos, Rocha e Moura (2020). Os autores separaram as regiões analisadas em dois grupos, vegetação com paisagem notável e vegetação com maior vulnerabilidade para transformação, a depender dos resultados das métricas da paisagem, onde a região da Serra do Gandarela foi classificada no primeiro grupo. Baseada nesta análise, Camargos, Rocha e Moura (2020) concluem que a manutenção de UC é fundamental para a proteção dos recursos naturais.

5.3. Desmatamento

5.3.1. Caracterização dos alertas de desmatamento

De posse do diagnóstico no que concerne ao uso e cobertura da terra, à fragmentação florestal, e aos dados de imóveis rurais nas UC, são apresentados na Tabela 21 os resultados relacionados aos polígonos de desmatamento, obtidos na plataforma Planet (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Dentre os quatro tipos de alertas de desmatamento pesquisados, não foram observadas áreas de corte seletivo nos parques e em suas ZA. O tipo de alerta com maior ocorrência é o corte raso, e alertas na modalidade de extração mineral somente foram observados na ZA da Serra do Gandarela, único dos parques que possui mineração como classe de uso e cobertura da terra identificada nos mapeamentos.

Tabela 21 – Alertas de desmatamento por tipo e localização.

	Alto Cariri		Serra do Gandarela		Aparados da Serra e Serra Geral		
	Nº de alertas	Área (ha)	Nº de alertas	Área (ha)	Nº de alertas	Área (ha)	
UC	Corte raso	31	21,78	107	192,57	139	70,17
	Degradação	-	-	1	5,41	-	-
ZA	Corte raso	21	29,69	407	157,49	22	13,06
	Degradação	-	-	-	-	2	21,23
	Extração mineral	-	-	165	99,74	-	-
	Total	52	51,47	680	455,21	163	104,46

Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).
Elaboração: a autora.

O PARNA da Serra do Gandarela, que possui a maior cobertura florestal da área de estudo, é também o que apresenta a maior área de alertas na UC, com quase 200 ha de área

desmatada dentro de seus limites. Em lado oposto encontra-se o PARNA do Alto Cariri, com a menor cobertura florestal, trazendo a menor área de alertas, com pouco mais de 20 ha de áreas desmatadas no interior da UC. Já os parques da região Sul, apesar de apresentarem o maior número de alertas dentro de seus limites, apresentam uma área desmatada de aproximadamente 70 ha, menos da metade do observado no PARNA da Serra do Gandarela.

Com relação aos quantitativos de alertas na ZA dos parques estudados, o entorno da Serra do Gandarela apresenta a maior quantidade de alertas, com uma área desmatada de 257,23 ha. As ZA dos parques de Aparados da Serra e da Serra Geral, bem como a do Alto Cariri, apresentam menor área de alertas, respectivamente 34,29 ha e 29,69 ha.

Na área de estudo, o parque com o maior quantitativo de alertas, PARNA da Serra do Gandarela, é justamente a UC que não aprovou seu plano de manejo, bem como ainda não tem sua ZA estabelecida. Além disso, o alto quantitativo de áreas naturais observado na UC e ZA da região Sudeste acaba por viabilizar a extração de recursos naturais por ocuparem uma maior área, quando comparado com o restante da área de estudo.

A Tabela 22 traz a estatística descritiva dos valores de área dos alertas de desmatamento, agrupados por UC e ZA. Nos parques das regiões Sul e Sudeste, a área média dos alertas é maior na ZA, mais que o dobro da área média observada nas UC, e os alertas com maior área são observados na ZA. Na Serra do Gandarela, a situação é o oposto: a área média dos alertas é maior na UC, quatro vezes maior que a área média observada na ZA, e o alerta com maior área é observado na UC.

Tabela 22 – Estatística descritiva para o parâmetro área dos alertas de desmatamento.

ÁREA (ha)	Alto Cariri		Serra do Gandarela		Aparados da Serra e Serra Geral	
	UC	ZA	UC	ZA	UC	ZA
MIN	0,07	0,15	0,05	0,02	0,02	0,09
M	0,70	1,41	1,83	0,45	0,50	1,43
MAX	2,58	11,81	25,72	4,51	3,50	15,05
SD	0,65	2,59	3,45	0,58	0,62	3,17

MIN (mínimo); M (média); MAX (máximo); SD (desvio padrão). Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

Ao avaliar a sobreposição dos polígonos de alertas de desmatamento dentro dos limites das UC estudadas com os imóveis rurais cadastrados, percebe-se que os parques das regiões Sudeste e Sul apresentam sobreposição superior a 90% (Tabela 23). Esses dados evidenciam a importância da regularização fundiária nos parques para um melhor controle do uso de recursos naturais dentro das áreas protegidas.

Tabela 23 – Sobreposição de alertas de desmatamento com imóveis rurais nas UC.

PARNA	Alto Cariri	Serra do Gandarela	Aparados da Serra e Serra Geral
Área de alertas de desmatamento na UC (ha)	21,78	197,98	70,17
Área de alertas de desmatamento sobrepostas imóveis rurais (ha)	5,92	180,28	66,08
Área de alertas de desmatamento sobrepostas a imóveis rurais (%)	27	91	94

Fonte: Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das UC Federais (ICMBIO, 2020), SICAR (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2021). Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

5.3.2. Pontos de pressão antrópica no PARNA do Alto Cariri e sua ZA

A estimativa de densidade de alertas de desmatamento no PARNA do Alto Cariri e sua ZA é apresentada na Figura 19, onde é possível verificar os pontos de pressão antrópica dentro dos limites do parque, bem como na ZA.

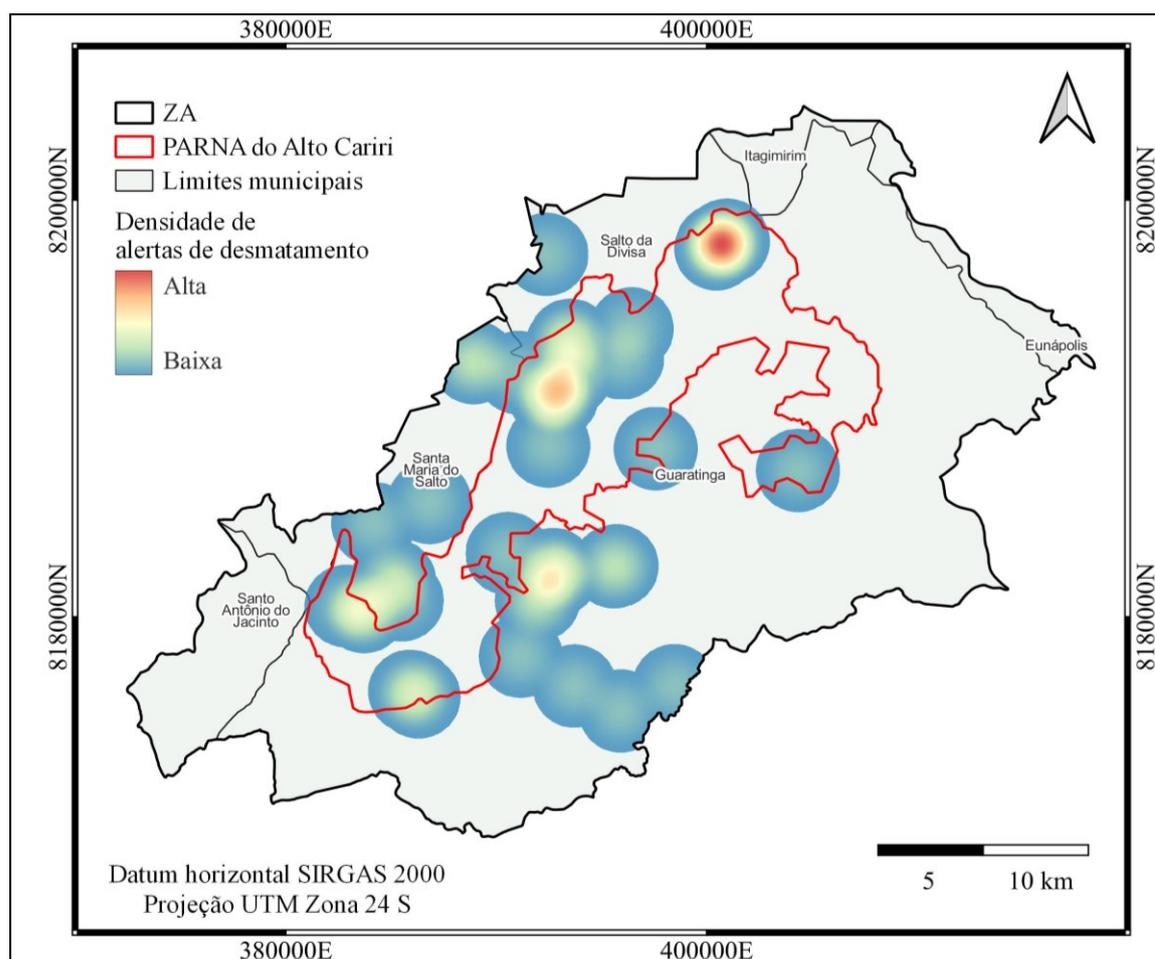


Figura 19 – Estimativa de densidade de alertas no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

A Tabela 24 traz informações sobre as quatro regiões com maior ocorrência de alertas. Consta-se no Alto Cariri uma área reduzida de alertas em comparação aos demais parques, com três pontos principais abrangendo o interior do parque, bem como UC vizinha. A principal classe de pressão antrópica refere-se a áreas de agricultura e pastagens, e os alertas atingem principalmente fragmentos florestais de tamanho grande e, em menor escala, os de tamanho médio e pequeno.

Tabela 24 – Principais pontos de pressão antrópica no PARNA do Alto Cariri e sua ZA.

Região	Tipo	Alertas na UC	Imóveis rurais	Alertas na ZA	UC vizinhas	Uso e cobertura da terra	Fragmento florestal (tamanho)
Guaratinga próximo à divisa Salto da Divisa e Itagimirim	CR	9,85 ha (45,2%)	Sem sobreposição	-	Sem sobreposição	Agricultura e pastagem	Grandes
Guaratinga e Santa Maria do Salto, próximo à divisa Salto da Divisa	CR	4,27 ha (19,6%)	Sobreposição parcial	0,49 ha (1,6%)	Sobreposição total alertas ZA (Parque Estadual do Alto Cariri)	Agricultura e pastagem	Grandes
Guaratinga e Santa Maria do Salto, próximo à divisa Santo Antônio do Jacinto	CR	4,34 ha (19,9%)	Sobreposição parcial	4,98 ha (16,8%)	Sobreposição parcial alertas ZA (REVIS Mata dos Muriquis)	Agricultura e pastagem	Pequenos e médios
ZA em Guaratinga, próximo ao limite UC	CR	-	-	23,76 ha (80,0%)	Sem sobreposição	Agricultura e pastagem	Pequenos e médios

CR (corte raso). Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

A influência da agricultura e pastagem no interior do parque, ocupando espaços em uma área de proteção integral, não só impede a regeneração das áreas florestais, como também, reduz suas áreas dentro do parque, levando a um ambiente mais fragmentado. Apesar de a sobreposição com imóveis rurais ser a menor observada dentre os parques estudados, segue sendo necessário proceder à devida regularização fundiária para minimizar este tipo de ocorrência.

5.3.3. Pontos de pressão antrópica no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA

A estimativa de densidade de alertas de desmatamento no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA é apresentada na Figura 20, onde é possível verificar os pontos de pressão antrópica dentro dos limites do parque, bem como na ZA.

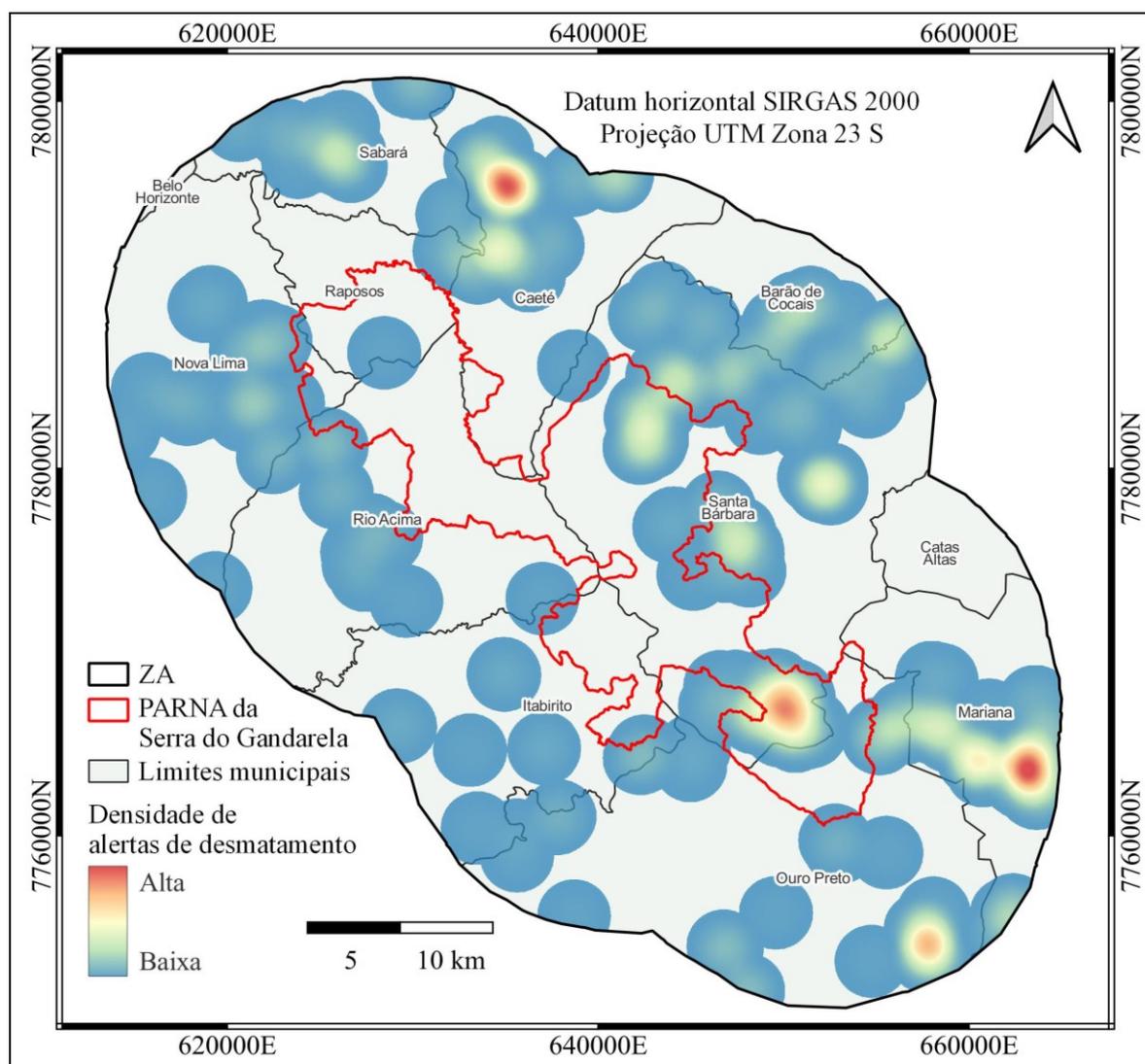


Figura 20 – Estimativa de densidade de alertas no PARNA do Serra do Gandarela e sua ZA. Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

A Tabela 25 traz informações sobre as oito regiões com maior ocorrência de alertas. Constata-se na Serra do Gandarela o pior cenário em termos de alertas de desmatamento, considerando os parques estudados, com a observação de vários pontos de pressão antrópica. A região com o foco principal de alertas, na região sul do município de Santa Bárbara, está localizada em área predominantemente ocupada por florestas e campos junto a afloramentos

rochosos, cuja área desmatada afeta fragmentos de tamanho grande, dentro dos limites de apenas um imóvel rural. Outros focos importantes apresentam áreas de extração mineral na ZA em Ouro Preto e Mariana.

Tabela 25 – Principais pontos de pressão antrópica no PARNA da Serra do Gandarela e sua ZA.

Região	Tipo	Alertas na UC	Imóveis rurais	Alertas na ZA	UC vizinhas	Uso e cobertura da terra	Fragmento florestal (tamanho)
Região sul de Santa Bárbara, próximo à divisa Ouro Preto	CR	141,88ha (71,6%)	Sobreposição total	12,67 ha (4,9%)	Sobreposição total (APA Sul-RMBH)	Afloramento rochoso	Médios e grandes
Mariana, próximo à divisa Ouro Preto	EM CR	-	-	103,82 ha (40,4%)	Sem sobreposição	Mineração	Pequenos, médios e grandes
Ouro Preto, próximo à divisa Mariana	EM CR	-	-	28,16 ha (10,9%)	Sobreposição parcial (APA Cachoeira das Andorinhas)	Agricultura, pastagem, mineração e área urbanizada	Pequenos e grandes
Ouro Preto, Itabirito, Rio Acima e Nova Lima	EM CR	-	-	20,81 ha (8,1%)	Sobreposição parcial (APA Sul-RMBH e APA Cachoeira das Andorinhas)	Diversos	Pequenos, médios e grandes
Sabará	CR	-	-	6,96 ha (2,7%)	Sem sobreposição	Agricultura, pastagem e área urbanizada	Pequenos, médios e grandes
Caeté	CR	-	-	30,84 ha (12,0%)	Sem sobreposição	Campestre e afloramento rochoso	Grandes
Barão dos Cocais e região norte Santa Bárbara	CR D	29,99 ha (15,1%)	Sobreposição total	43,07 ha (16,7%)	Sobreposição parcial (APA Sul-RMBH)	Mineração, campestre e afloramento rochoso	Grandes
Região central Santa Bárbara	CR	26,02 ha (13,1%)	Sobreposição parcial	8,90 ha (3,5%)	Sobreposição total (APA Sul-RMBH)	Campestre e afloramento rochoso	Grandes

CR (corte raso); EM (extração mineral); D (degradação). Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

A presença de alertas sobrepostos a regiões com fragmentos de tamanho grande acarreta não somente a redução de áreas naturais, mas contribui também para um aumento na fragmentação florestal. Nesse caso, a aprovação do plano de manejo e o estabelecimento de uma ZA é fundamental para auxiliar o controle do uso dos recursos naturais na região. Além

disso, a alta sobreposição de alertas em áreas de imóveis rurais também expõe a necessidade de proceder à regularização fundiária na área de estudo.

5.3.4. Pontos de pressão antrópica nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA

A estimativa de densidade de alertas de desmatamento nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA é apresentada na Figura 21, onde é possível verificar os pontos de pressão antrópica dentro dos limites do parque, bem como na ZA.

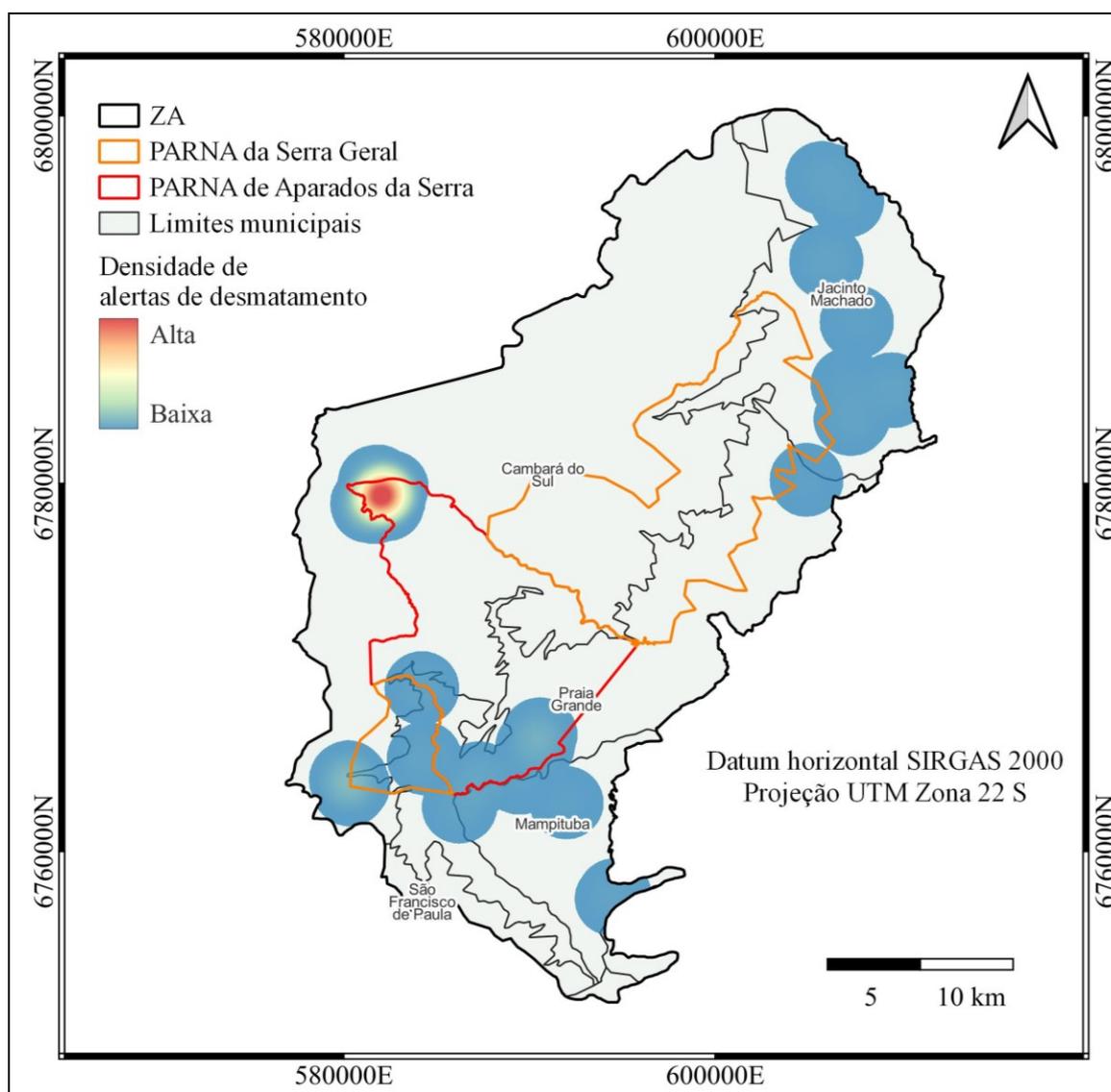


Figura 21 – Estimativa de densidade de alertas nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022).
Elaboração: a autora.

A Tabela 26 traz informações sobre as três regiões com maior ocorrência de alertas. Constata-se nos parques da região Sul a concentração de alertas em uma pequena área dentro do PARNA de Aparados da Serra, responsável por 90% da área desmatada nas duas UC, sobreposta a imóveis rurais em área de silvicultura.

A influência da silvicultura no interior do parque, ocupando espaços no interior de uma UC de proteção integral, não só impede a regeneração das áreas florestais, como também, reduz estas áreas dentro do parque. Mesmo em área onde predominam fragmentos florestais de tamanho pequeno, sua eliminação dificulta iniciativas para um aumento na conectividade. O fato de estas regiões estarem sobrepostas a imóveis rurais, da mesma forma, evidencia a necessidade de proceder à regularização fundiária nos parques para minimizar este tipo de ocorrência.

Tabela 26 – Principais pontos de pressão antrópica nos PARNA de Aparados da Serra e da Serra Geral e sua ZA.

Região	Tipo	Alertas na UC	Imóveis rurais	Alertas na ZA	UC vizinhas	Uso e cobertura da terra	Fragmento florestal (tamanho)
Região norte PARNA Aparados da Serra, em Cambará do Sul	CR	63,84 ha (91,0%)	Sobreposição total	-	Sem sobreposição	Silvicultura	Pequenos
Região sul UC e ZA, em Praia Grande, Mampituba e Cambará do Sul	CR D	6,33 ha (9,0%)	Sobreposição parcial	29,14 ha (85,0%)	Sem sobreposição	Agricultura, pastagem e silvicultura	Grandes
Jacinto Machado e região norte Praia Grande	CR	-	-	5,14 ha (15,0%)	Sem sobreposição	Agricultura, pastagem e silvicultura	Grandes

CR (corte raso); D (degradação). Fonte: Alertas de desmatamento (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA, 2022). Elaboração: a autora.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, percebe-se o importante papel exercido pelo plano de manejo e pela ZA na proteção de áreas naturais e na regulação das atividades desenvolvidas no entorno. Sua ausência ou baixa efetividade contribui, portanto, para menores valores de áreas naturais na ZA de áreas protegidas, além de prejudicar o controle e a fiscalização no entorno, onde não há regramento específico para o uso de recursos naturais,

contribuindo com a observação de alertas de desmatamento em maior quantidade nos locais onde tais instrumentos reguladores não estão estabelecidos.

Outra relação negativa foi observada ao confrontar a área de alertas dentro das UC e sua sobreposição aos imóveis rurais cadastrados nos municípios que compõem os parques. A regularização fundiária, pendente em todos os parques estudados, poderia reduzir ou mesmo eliminar a observação de novas áreas antrópicas dentro destas áreas de proteção integral. A sobreposição de alertas de desmatamento com imóveis rurais evidencia a urgência em proceder à devida regularização fundiária para minimizar este tipo de ocorrência.

Além disso, a influência de atividades como agricultura e pastagem no Alto Cariri, silvicultura em Aparados da Serra e Serra Geral e mineração na Serra do Gandarela não só impede a regeneração das áreas florestais, como também, reduz a área ocupada pelas classes florestal e campestre, levando a um ambiente mais fragmentado. Por outro lado, uma influência positiva encontra-se relacionada à presença de outras UC sobrepostas ou vizinhas à área de abrangência dos parques estudados, contribuindo para a proteção de recursos naturais e minimizando no parque os impactos negativos do entorno.

Considerando o exposto, vislumbram-se diversas ações que poderiam contribuir para o êxito das UC na conservação dos recursos naturais de sua área de abrangência. Inicialmente, estudos trazendo informações sobre uso e cobertura da terra devem ser estimulados e constantemente conduzidos de modo a fornecer informações do estado de degradação dessas áreas protegidas. Da mesma forma, pesquisas envolvendo métricas da paisagem geram informações no sentido de identificar zonas impactadas e de localizar áreas potencialmente favoráveis para iniciativas envolvendo o aumento da conectividade entre os fragmentos florestais e a formação de corredores ecológicos.

Outro aspecto relevante refere-se ao atendimento da legislação da SNUC, de modo que seja conduzida a elaboração e a aprovação do plano de manejo, bem como o estabelecimento da ZA. Intenta-se, com isso, regular o uso dos recursos naturais no entorno dos parques, eliminando, potencialmente, a ocorrência de áreas de desmatamento nestes locais e protegendo, por conseguinte, a própria UC circundada. Tal medida justifica-se ao rever o caso do PARNA da Serra do Gandarela, o qual possui o melhor quantitativo em áreas florestais, porém, sem ZA e plano de manejo, exibiu a maior ocorrência de alertas, o que, mantido o ritmo, poderá ficar rapidamente em situação ambientalmente desfavorável, com redução de suas áreas naturais e aumento na fragmentação florestal.

A preservação do bioma Mata Atlântica também passa pela manutenção das UC já criadas, bem como a criação de novas UC, pois foi constatado que auxiliam na proteção de

áreas naturais dentro de suas áreas de abrangência. Para tanto, é crítico o planejamento do local, a captação de recursos e o levantamento de informações técnicas, de modo a criar ou manter áreas efetivamente protetoras, além de garantir orçamento para a condução da regularização fundiária.

Nesse sentido, a presença de imóveis rurais no interior das UC prejudica sua efetividade. Problemas antigos na regularização fundiária devem ser enfrentados, buscando recursos, por exemplo, em processos de compensação ambiental, prioritariamente direcionados para este fim.

Se o planejamento da criação destas UC falhou em prever este tipo de problema, bem como foi incapaz de conferir a devida indenização aos habitantes de seu interior, tais impasses devem ser acomodados com urgência, com a participação ativa de todos os atores envolvidos, analisando individualmente cada caso. Para evitar novos impasses, a criação de novas UC já deve trazer a previsão orçamentária para evitar estes problemas, além de ponderar a importância da definição da área da UC por meio de critérios técnicos, mas levando em consideração também eventuais habitantes da área e contando com a participação da comunidade nesta etapa inicial.

Finalmente, considerando que a fiscalização e a manutenção das áreas são ações permanentes, deve haver avaliação contínua da situação destas áreas protegidas, onde uma ferramenta importante envolve o monitoramento ambiental, com efetivo treinado, avaliando alertas de desmatamento. Os polígonos assim identificados devem passar por uma validação de modo a identificar potenciais ações lesivas ao ambiente, com a consecutiva instauração do devido processo nas esferas administrativa, cível e penal.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 1, p. 169–184, 2015.
- AGRA FILHO, S. S. **Planejamento e gestão ambiental no Brasil: os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente**. 1ªed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- ALMEIDA-ROCHA, J. M.; PERES, C. A. Nominally protected buffer zones around tropical protected areas are as highly degraded as the wider unprotected countryside. **Biological Conservation**, v. 256, p. 109068, 2021.
- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. 72 f. 2008. - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2008.
- ALVES, G. H. Z. et al. Misguided policy may jeopardize a diverse South Brazilian environmental protection area. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 1, p. 1–7, 2018.
- BARBOSA, G. L.; LOURENÇO, R. W. Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 2, p. 145–151, 2010.
- BEIROZ, H. Zonas de amortecimento de Unidades de Conservação em ambientes urbanos sob a ótica territorial: reflexões, demandas e desafios. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, p. 275–286, 2015.
- BELLÓN, B. et al. Integrated Landscape Change Analysis of Protected Areas and their Surrounding Landscapes: Application in the Brazilian Cerrado. **Remote Sensing**, v. 12, n. 9, p. 1413, 2020.
- BRANDÃO, M. L. S. M. et al. O papel das zonas de amortecimento na efetividade da proteção ambiental da Floresta Nacional de Palmareis, Piauí, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1789–1811, 2021.
- BRASIL. **Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. Regulamenta os artigos da Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 2002.
- BRASIL. **Decreto nº 47.446, de 17 de dezembro de 1959**. Cria o Parque Nacional de Aparados da Serra, no município de São Francisco de Paula, no Estado do Rio do Grande Sul. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro: 1959.
- BRASIL. **Decreto nº 531, de 20 de maio de 1992**. Cria, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o Parque Nacional da Serra Geral. Diário Oficial da União, Brasília: 1992.
- BRASIL. **Decreto nº 70.296, de 17 de março de 1972**. Altera os artigos 1º e 2º do Decreto nº 47.446, de 17 de dezembro de 1959 e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 1972.
- BRASIL. **Decreto s/n, de 11 de junho de 2010**. Cria o Parque Nacional do Alto Cariri, no Município de Guaratinga, no Estado da Bahia, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 2010.
- BRASIL. **Decreto s/n, de 13 de outubro de 2014** Diário Oficial da União, Brasília: 2014.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e a proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 2006.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 2012.

BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília: 1993.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 1999.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: 2000.

CABRAL, A. I. R. et al. Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. **Applied Geography**, v. 100, p. 101–115, 2018.

CAMARGOS, L. M.; ROCHA, N. A.; MOURA, A. C. M. Use of Landscape Metrics and Multi-criteria Analysis to Identify Landscape Units Concerning of Vegetation of Quadrilátero Ferrífero - MG. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 12253 LNCS, p. 381–393, 2020.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; PARANHOS FILHO, A. C. Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 38, n. 1, p. 147–156, 2015.

CARIS, E. A. P. et al. Vegetation cover and land use of a protected coastal area and its surroundings, southeast Brazil. **Rodriguésia**, v. 64, n. 4, p. 747–755, 2013.

CARVALHO-RIBEIRO, S. M. et al. A spatially explicit index for mapping Forest Restoration Vocation (FRV) at the landscape scale: Application in the Rio Doce basin, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 744, n. July, p. 140647, 2020.

CERQUEIRA, M. C. et al. Fragmentação da paisagem no entorno e na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Nascentes das Gerazeiras, Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 607–633, 2021.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 13, de 6 de dezembro de 1990.**1990.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 428, de 17 de dezembro de 2010.** Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. 2010.

CONGEDO, L. Semi-automatic classification plugin: a python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021.

- CROWLEY, M. A.; CARDILLE, J. A. Remote Sensing's Recent and Future Contributions to Landscape Ecology. **Current Landscape Ecology Reports**, v. 5, n. 3, p. 45–57, 2020.
- CUNNINGHAM, C.; BEAZLEY, K. F. Changes in Human Population Density and Protected Areas in Terrestrial Global Biodiversity Hotspots, 1995–2015. **Land**, v. 7, n. 4, p. 136, 2018.
- DAVID, H. C. et al. Natural vegetation dynamics around the irati national forest, Brazil, in response to environmental policies and agricultural expansion from 1992 to 2017. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 31, n. 4, p. 377–383, 2019.
- DIAS, E. S. Conflitos no processo de constituição e regularização do Parque Nacional do Iguaçu - PR. **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 1, p. 83–102, 2018.
- DIEGUES, A. C. **O Mito Moderno da Natureza Intocada**. 6ªed. São Paulo: Hucitec: Nupaub/USP, 2008.
- DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS IBGE; EMBRAPA - SOLOS. **Mapa temático: Solos do Brasil (1:5.000.000)**. 2018. Disponível em: https://dados.gov.br/dataset/cren_solos_5000. Acesso em: 11 jun. 2022.
- DUARTE, M. et al. Pressões Ambientais em Unidades de Conservação: estudo de caso no sul do Estado do Amazonas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 18, p. 78–107, 2019.
- FERNANDES, B.; BATISTA, L. Spatial-Temporal Analysis of the Forest Fragments Surrounding a Conservation Unit in the Southern Region of Brazil. **Environmental Sciences Proceedings**, Basel Switzerland, v. 3, n. 48, p. 1–8, 2021.
- FERREIRA, G. H. C.; SILVA, L. A. P. Uso e Ocupação da Terra no Parque Nacional da Serra da Canastra: uma Análise a Partir da Regularização Fundiária. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 1–14, 2019.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório Anual 2019**. São Paulo: 2019.
- GONTIJO, B. M. et al. Áreas Protegidas e Turismo na Serra do Espinhaço : Dez anos de atuação do Grupo Integrado de Pesquisas do Espinhaço - UFMG / UFVJM. **Revista do Espinhaço**, v. 10, n. 1, 2021.
- GOOGLE. **Google Satellite**. 2022. Disponível em: <https://mt1.google.com/vt/lyrs=s&x=%7Bx%7D&y=%7By%7D&z=%7Bz%7D>. Acesso em: 29 maio 2022.
- HERCULANO, R. M. C. S. **Unidades de paisagem e fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uru (Goiás)**. 112 f. 2022. - Universidade Estadual de Goiás, 2022.
- IBAMA. **Plano de Manejo PARNA de Aparados da Serra e Serra Geral: Resumo executivo**. 2004a.
- IBAMA. **Portaria nº 46, de 28 de abril de 2004**. Aprovar plano de manejo do Parque Nacional de Aparados da Serra e Serra Geral. 2004b.
- IBAMA; ICMBIO. **Plano de Manejo dos Parques Nacionais Aparados da Serra e Serra Geral**. 2019.

IBGE. **Base cartográfica contínua do Brasil (escala 1:250.000) - Versão 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 24 jan. 2022.

IBGE. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019a. v. 45

IBGE. **Contas de ecossistemas: o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000 - 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101753.pdf>

IBGE. **IBGE Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>.

IBGE. **Informações Ambientais: Biomas (1:250.000)**. 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 3 fev. 2022.

IBGE. **Macrocaracterização dos recursos naturais do Brasil: províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos, regiões fitoecológicas e outras áreas**. 2019c.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3ªed. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2013.

ICMBIO. **Dados Vetoriais de Unidades de Conservação Federais (1.250.000)**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/servicos/geoprocessamento/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>. Acesso em: 30 jul. 2022.

ICMBIO. **ICMBIO e Pataxós firmam Termo de Compromisso**. 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/icmbio-e-pataxos-firmam-termo-de-compromisso-2>.

ICMBIO. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I**. 1ªed. Brasília: ICMBio/MMA, 2018b.

ICMBIO. **PARNA da Serra do Gandarela**. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomass/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-da-serra-do-gandarela/informacoes-sobre-visitacao-parna-da-serra-do-gandarela/informacoes-sobre-visitacao-parna-da-serra-do>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ICMBIO. **PARNA do Alto Cariri**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomass/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-do-alto-cariri>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ICMBIO. **Parque Nacional de Aparados da Serra**. 2022c. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/parnaaparadosdaserra/>. Acesso em: 23 maio 2022.

ICMBIO. **Portaria nº 405, de 16 de agosto de 2019**. Altera o Plano de Manejo dos Parques Nacionais Aparados da Serra e Serra Geral nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2019.

ICMBIO. Proposta de criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela. 2010.

ICMBIO. **Relatório de Aplicação do Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão - SAMGe (PARNA da Serra do Gandarela)**. 2021a.

ICMBIO. **Relatório de Aplicação do Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão - SAMGe (PARNA da Serra Geral)**. 2021b.

ICMBIO. **Relatório de Aplicação do Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão - SAMGe (PARNA de Aparados da Serra)**. 2021c.

ICMBIO. **Relatório de Aplicação do Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão - SAMGe (PARNA do Alto Cariri)**. 2021d.

ICMBIO. **Sistema de Análise e Monitoramento de Gestão (SAMGE)**. 2022d.

INPE. **Coordenação-Geral de Observação da Terra**. 2021. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter>. Acesso em: 11 jul. 2021.

JESUS, J. B. et al. Fragmentação florestal em região semiárida no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 1–10, 2019.

JUVANHOL, R. S. et al. Análise Espacial de Fragmentos Florestais: Caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 353–364, 2011.

KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro-SP**. 53 f. 2012. - Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, 2012.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159–174, 1977.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LLANO, X. C. **AcATaMa - QGIS plugin for Accuracy Assessment of Thematic Maps**. Versão 19.11.21B. 2019.

LOPES, A. L. O.; TRENTIN, G.; SIMON, A. L. H. Análise da dinâmica de coberturas e usos da terra como subsídio ao planejamento ambiental de unidades de conservação: aplicações no Parque Estadual do Camaquã (RS-Brasil). **RA'E GA O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 2, p. 152–170, 2019.

LOPES, E. R. N. et al. Spatial Dynamics of Atlantic Forest Fragments in a River Basin. **Floresta**, v. 50, n. 1, p. 1053–1062, 2020.

LOPES, M. S.; VEETIL, B. K.; SALDANHA, D. L. Buffer zone delimitation of conservation units based on map algebra and AHP technique: A study from Atlantic Forest Biome (Brazil). **Biological Conservation**, v. 253, n. July 2020, p. 108905, 2021.

MACHADO, C. C. C. et al. Protected areas and their multiple territorialities: a social and environmental reflection on Catimbau National Park - Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. XX, n. 1, p. 239–260, 2017.

MANGABEIRA, J. A. C.; AZEVEDO, E. C.; LAMPARELLI, R. A. C. **Avaliação do levantamento do uso das terras por imagens de satélite de alta e média resolução espacial (Comunicado Técnico 11)**. Campinas/SP: 2003.

MARQUES, M. C. M. et al. The Atlantic Forest: an introduction to the megadiverse forest of South America. *In*: THE ATLANTIC FOREST: HISTORY, BIODIVERSITY, THREATS AND OPPORTUNITIES OF THE MEGA-DIVERSE FOREST. Springer International Publishing, 2021. p. 3–24.

MARQUES, A. L.; COSTA, C. R. G.; MOURA, D. C. Parque Estadual Mata do Pau Ferro (Areia-Paraíba): zona de amortecimento e espaços de conflitos. **Geoambiente On-Line**, n. 34, p. 1–18, 2019.

- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.
- MARTINS, A. P.; DAMASCENO, C. E.; OLIVEIRA, B. J. S. Análise da paisagem na zona de amortecimento do Parque Nacional das Emas - Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, n. 2015, p. e48, 2020.
- MASSOLI JUNIOR, E. V.; STATELLA, T.; SANTOS, V. S. Estimativa da fragmentação florestal na Microbacia Sepotubinha, Nova Marilândia - MT, entre os anos de 1990 a 2014. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 60, p. 48–60, 2016.
- MASULLO, Y. A. G.; GURGEL, H. C.; LAQUES, A.-E. O passado e o presente das unidades de conservação do Maranhão, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, p. 250–268, 2018.
- MCGARIGAL, K. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure (user guide)**. 2015.
- MCGARIGAL, K.; ENE, E. **Fragstats - A spatial pattern analysis program for categorical maps**. Versão 4.2.598. 2014.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. 1994.
- MEDEIROS, N. C. G. et al. Avaliação da eficiência do plano de manejo para zona de amortecimento. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e133101421775, 2021.
- MICROSOFT CORPORATION. **Microsoft Excel**. Versão 2107. 2021.
- MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. **Programa Brasil MAIS**. 2022. Disponível em: <https://plataforma-pf.scon.com.br/#/>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Dados Geográficos**. 2021a. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: 6 jun. 2021.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Informe Nacional sobre Áreas Protegidas no Brasil**. Brasília: 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. 2021b. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/>. Acesso em: 2 maio 2021.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. Brasília, 2022a. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao.html>. Acesso em: 27 mar. 2022.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação (PARNA da Serra do Gandarela)**. 2022b. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=3136>. Acesso em: 19 maio 2022.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação (PARNA da Serra Geral)**. 2022c. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=153>. Acesso em: 19 maio 2022.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação (PARNA de Aparados da Serra)**. 2022d. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=158>. Acesso em: 19 maio 2022.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Parametrizado - Unidade de Conservação (PARNA do Alto Cariri)**. 2022e. Disponível em: <http://sistemas.mma.gov.br/cnuc/index.php?ido=relatorioparametrizado.exibeRelatorio&relatorioPadrao=true&idUc=1910>. Acesso em: 19 maio 2022.
- MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Protected areas and agricultural expansion: Biodiversity conservation versus economic growth in the Southeast of Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 188, p. 73–84, 2017.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ªed. Viçosa: Editora UFV, 2011.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.
- OLIVEIRA, B. R. et al. Land use dynamics and future scenarios of the Rio Doce State Park buffer zone, Minas Gerais, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 1, p. 39, 2020.
- OLIVEIRA, B. R.; CARVALHO-RIBEIRO, S. M.; MAIA-BARBOSA, P. M. A multiscale analysis of land use dynamics in the buffer zone of Rio Doce State Park, Minas Gerais, Brazil. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 63, n. 5, p. 935–957, 2020.
- PAIVA, P. F. P. R. et al. Deforestation in protect areas in the Amazon : a threat to biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, p. 19–38, 2020.
- PIROVANI, D. B. et al. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 271–281, 2014.
- PIVOTO, A. S. “Aqueles que ainda resistem”: um olhar sobre as disputas territoriais associadas ao processo de regularização fundiária do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 57, p. 420–440, 2019.
- PLANET LABS INC. **Planet Basemap Viewer**. 2021. Disponível em: <https://www.planet.com/basemaps/#>. Acesso em: 4 jul. 2021.
- PONTES, E. J.; FERNANDES, G. W.; PEREIRA NETO, P. A. Fatores a serem observados na criação de Áreas Protegidas: o caso do Parque Nacional do Descobrimento (Prado/BA). **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 1–16, 2020.
- PRADO, D. S. et al. Participação Social nos Conselhos Gestores de Unidades de Conservação: Avanços normativos e a visão de agentes do ICMBio. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, p. 1–23, 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARATINGA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Guaratinga**. 2016.
- PROJETO MAPBIOMAS ALERTAS. **Sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento com imagens de alta resolução (Versão 2.0.76)**. 2022. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org/>. Acesso em: 4 fev. 2022.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.22.05 LTR. Open Source Geospatial Foundation Project, 2022.

- REIS, M. P.; UMBELINO, L. F.; NASCIMENTO, M. T. Vegetation assessment in management plans of Brazilian conservation units in restinga areas. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 51, p. 3–16, 2021.
- REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.
- RIBEIRO, M. P.; MELLO, K.; VALENTE, R. A. How can forest fragments support protected areas connectivity in an urban landscape in Brazil? **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 74, n. June, p. 127683, 2022.
- RIBEIRO, S. et al. Land use in Brazilian continental wetland Ramsar sites. **Land Use Policy**, v. 99, n. May 2019, p. 104851, 2020.
- ROCHA, L. G. M.; DRUMMOND, J. A.; GANEM, R. S. Parques Nacionais Brasileiros: problemas fundiários e alternativas para a sua resolução. **Revista de Sociologia e Política**, v. 18, n. 36, p. 205–226, 2010.
- RODRIGUES, M. et al. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472–482, 2015.
- RODRIGUES, M. T. et al. Comparação de desempenho dos Sistemas de Informação Geográfica TerrSet e TerraView por meio de processamento digital de imagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70804–70816, 2020.
- RUDKE, A. P. et al. Impact of mining activities on areas of environmental protection in the southwest of the Amazon: A GIS- and remote sensing-based assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 110392, 2020.
- RUSCA, G. G. et al. Análise espacial dos fragmentos florestais no entorno de uma unidade de conservação de proteção integral. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 44, p. 85–94, 2017.
- SANTOS, A. R. et al. Fuzzy concept applied in determining potential forest fragments for deployment of a network of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 115, n. December 2019, p. 106423, 2020.
- SCHREINER, G. M.; TAGLIANI, C. R. A.; SILVA, C. P. Critérios para definição de zona de amortecimento de impactos para uma reserva da Biosfera no sul do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 10, n. 1, p. 21–30, 2015.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)**. 2021. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- SILVA, R. U.; MELLO, A. H. Conflitos socioambientais em unidades de conservação: direitos fundamentais das populações tradicionais versus meio ambiente. **Agroecossistemas**, v. 13, n. 2, p. 135–154, 2021.
- SILVA, S. F. et al. Spatial analysis of forest fragments of the Rio da Prata subwatershed in Ibirapu and Aracruz, ES, Brazil. **Revista Vértices**, v. 17, n. 1, p. 121–132, 2015.
- SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Padrões espaciais de fragmentação florestal na FLONA do Ibura - Sergipe. **Mercator**, v. 13, n. 3, p. 121–137, 2014.

- SILVÉRIO NETO, R. et al. Caracterização da Cobertura Florestal de Unidades de Conservação da Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 32–41, 2015.
- SOLEN, L. C. et al. Impacts of agricultural practices and individual life characteristics on ecosystem services: a case study on family farmers in the context of an Amazonian pioneer front. **Environmental Management**, New York, v. 61, n. 5, p. 772–785, 2018.
- SOUSA, J. S.; SANTOS, E. M. Dinâmica da mudança do uso e cobertura da terra em uma paisagem da Caatinga protegida e sua zona de amortecimento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 219–234, 2020.
- SOUZA, C. G. et al. Análise da fragmentação florestal da Área de Proteção Ambiental Coqueiral, Coqueiral – MG. **Ciencia Florestal**, v. 24, n. 3, p. 631–644, 2014.
- SOUZA, W. et al. Análise multitemporal do uso da terra na Reserva Biológica do Jaru, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geografica Venezolana**, v. 61, n. 2, p. 411–430, 2020.
- TRINDADE, S. P.; RODRIGUES, R. A. Mudanças de uso do solo na zona de amortecimento do Parque Estadual Serra de Caldas: influência pedológica na preservação da vegetação. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 72, p. 1–14, 2019.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape Ecology in Theory and Practice**. 2nd.ed. New York: Springer, 2015.
- VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 23–29, 2010.
- WANG, Y. et al. Remote Sensing Applications in Monitoring of Protected Areas. **Remote Sensing**, v. 12, n. 9, p. 1370, 2020.
- WARREN, D. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Tradução: Cid Knipel Moreira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- ZANOTTA, D.; ZORTEA, M.; FERREIRA, M. P. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.