

ANÁLISE ESPACIAL DE ISOLAMENTO E PROXIMIDADE DOS FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL

Spatial analysis of isolation and proximity of fragments of Atlantic Forest from southern Brazil

Juliana Gisele Gottschalk Petzinger

Mestranda em Ambiente e Sustentabilidade (PPGAS). Bacharel em Gestão Ambiental.

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-7698-3891>

juliana-petzinger@uergs.edu.br

Márcia dos Santos Ramos Berreta

Geógrafa, Doutora em Geografia. Professora do Programa de Pós-graduação Ambiente e Sustentabilidade da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, coordenadora do Laboratório de Gestão Ambiental e Negociação de Conflitos (GANECO)

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8302-091X>

marcia-berreta@uergs.edu.br

RESUMO

A fragmentação gera impactos cumulativos, sinérgicos e aditivos. Estratégias no monitoramento, manejo sustentável, conservação da biodiversidade e proteção de serviços ecossistêmicos são aspectos relevantes ao desenvolvimento regional. Este artigo é um recorte da pesquisa de trabalho de conclusão de curso do Bacharelado em Gestão Ambiental da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERG). O objetivo foi analisar o isolamento e proximidade dos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica no contexto da Unidade de Conservação do Parque Natural Municipal de Ronda (PNMR). A área de estudo está situada na sub-bacia do arroio Rolantinho da Areia (SBRA), uma das cabeceiras do Alto Sinos, situada a nordeste do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. A análise geoespacial do mapeamento de uso e cobertura da terra e fragmentos florestais usou geoprocessamento, sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os fragmentos florestais remanescentes foram submetidos ao *FRAGSTATS 4.2*[®] para cálculo das métricas da paisagem. Foram calculadas métricas de: área, borda, área-núcleo, proximidade, isolamento, conectividade, retalhamento e agregação. Os 310 fragmentos florestais mapeados na SBRA foram ranqueados por classe de tamanho, a saber: < 5 ha (muito pequeno), 5-25 ha (pequeno), 25-75 ha (médio), 75-150 ha (médio-grande) e >150 ha (grande). Contudo, o levantamento não identificou a classe de tamanho de 75-150 ha, como já mapeado para outras sub-bacias da região em condições e características semelhantes. Os resultados indicam que a maioria dos fragmentos são inferiores a 5 ha, orbitam em torno de um grande fragmento central com uma área acima de cinco (5) mil ha onde está inserido o PNMR. Os fragmentos muito pequenos e pequenos (até 25 ha) são os que apresentam a maior proximidade influenciando o alto grau de coesão, funcionando como trampolins ecológicos, estabelecendo a conectividade e manutenção entre fragmentos e com a Unidade de Conservação, bem como, promovendo a proteção edáfica e dos recursos hídricos dada a intrínseca relação dos remanescentes e cursos d'água. Os fragmentos médios 25-75 ha são aqueles mais isolados do PNMR localizados nas áreas de borda mais retalhada nos limites da SBRA. Observamos que pontos sensíveis como os que concentram os fragmentos menores e mais isolados, poderiam ter a distância euclidiana média reduzida ao assumir um cenário com áreas de Silvicultura como incremento, admitindo algumas áreas estratégicas para melhoria de conectividade com a Unidade de Conservação. Cabe pontuar a relevância da conexão dos fragmentos com *habitats* de sistemas biótopos dos Campos de

Altitude e das Áreas Úmidas, infraestruturas ecológicas como redes de ligação com menor resistência da paisagem.

Palavras-chave: Métrica da paisagem; Análise Geoespacial; Biodiversidade; Conectividade.

ABSTRACT

Fragmentation generates cumulative synergistic and additive impacts. Strategies for monitoring, sustainable management, biodiversity conservation and protection of ecosystem services are aspects relevant to regional development. This article is a clipping of a research work of course completion of the Bachelor in Environmental Management at the State University of Rio Grande do Sul (UERGS). The objective was to analyze the isolation and proximity of the remaining fragments of Atlantic Forest in the context of the Municipal Natural Park of Ronda (PNMR). The study area is located in the sub-basin of the Rolantinho da Areia stream (SBRA), one of the headwaters of the Alto Sinos, located northeast of Rio Grande do Sul, southern Brazil. The geospatial analysis of land use and coverage mapping and forest fragments used geoprocessing, remote sensing and geographic information system (GIS). The remaining forest fragments were submitted to FRAGSTATS 4.2® for calculation of landscape metrics. The following metrics were calculated: area, edge, core area, proximity, isolation, connectivity, shredding and aggregation. The 310 forest fragments mapped in SBRA were ranked by size class, namely: < 5 ha (very small), 5-25 ha (small), 25-75 ha (medium), 75-150 ha (medium-large) and >150 ha (large). However, the survey did not identify the size class of 75-150 ha, as already mapped to other sub-basins in the region under similar conditions and characteristics. The results indicate that most of the fragments are less than 5 ha, they orbit around a large central fragment with an area above five (5) thousand ha where the PNMR is inserted. The very small and small fragments (up to 25 ha) are those that present the greatest proximity influencing the high degree of cohesion, functioning as ecological trampolines, establishing connectivity and maintenance between fragments and with the PNMR, as well, promoting the protection of soil and water resources given the intrinsic relationship between remnants and watercourses. The 25-75 ha medium fragments are the most isolated of the PNMR located in the areas of edge more shredded in the limits of the SBRA. We observed that sensitive points such as those that concentrate the smaller and more isolated fragments, could have the average euclidean distance reduced when assuming a scenario with areas of Forestry as increment, admitting some strategic areas for improvement of connectivity with the PNMR. It is important to point out the relevance of the connection of fragments with habitats of biotope systems of the High Altitude Fields and Humid Areas, ecological infrastructures as connecting networks with less resistance of the landscape.

Keywords: Landscape metric; Geospatial analysis; Biodiversity; Connectivity.

1. INTRODUÇÃO

As paisagens tornam-se cada vez mais fragmentadas, prejudicando a capacidade de regeneração dos remanescentes, degradando a biodiversidade e comprometendo os serviços ecossistêmicos, refletindo o histórico de ocupação da Mata Atlântica. Uezu *et al.* (2021) consideram a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos no desenvolvimento socioeconômico como dois papéis fundamentais para subsidiar paisagens futuras sustentáveis.

A intervenção antrópica potencializa a fragmentação de vegetação nativa, gerando impactos que se acumulam. Em outras palavras, estes impactos não têm efeitos isolados, geram um efeito em

cascata de impactos ambientais cumulativos, aditivos e sinérgicos. Tal fenômeno é uma forma de acúmulo espaço-temporal de vários impactos por diferentes processos no ambiente biofísico e humano. São eles efeitos totais de múltiplas causas sobre determinados componentes, entre outros, ao longo do tempo em uma determinada área (Sánchez, 2023).

A dinâmica espaço-temporal da Mata Atlântica na América do Sul nas últimas três décadas e meia apresenta remanescentes de floresta com percentual de 22,9% e 36,3% de vegetação natural (ecossistemas associados como savanas, campos e áreas úmidas, etc.), numa franca redução de extensão destas coberturas vegetais nativas da ordem de 2,4% e 3,6%, respectivamente. A principal implicação deste fato são os mosaicos compostos por 97% de fragmentos pequenos (<50 ha). Aproximadamente 60% desta vegetação está a menos de 90 metros das bordas, diminuindo a quantidade de áreas-núcleo e sujeitas ao efeito de borda. Entretanto, a estabilização da cobertura vegetal a partir de 2005, está atrelada ao aumento do número de pequenos fragmentos, em particular aqueles em regeneração e devido às políticas ambientais a exemplo da implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e iniciativas como as do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica entre outros (Vancine *et al.*, 2024).

Vancine *et al.* (2024) alertam sobre a urgência de medidas de mitigação da fragmentação frente ao contexto de crise climática e seu impacto sob serviços ecossistêmicos, bem como, da importância de fragmentos de vegetação natural não florestais para promover a conectividade de pequenos fragmentos evitando o isolamento entre outras medidas a serem adotadas.

Fahrig (2003) conclui que, na maioria das vezes, a fragmentação exerce forte influência na perda de *habitat* assim como tem efeitos negativos sobre a biodiversidade. A pesquisadora *op.cit.* afirma que a área do fragmento incide sobre a colonização ou extinção de uma espécie e, seu isolamento e distância são aspectos determinantes para que os efeitos da fragmentação em si se configurem ou não em perda de *habitat*. As condições em que matriz está submetida, a relação de vizinhança e a conectividade dos remanescentes serão fatores decisivos para o alcance do *habitat* e a sobrevivência de metapopulações, da mesma forma para estabelecer fluxos de substâncias e materiais na paisagem (Lang; Blaschke, 2009).

O aquecimento global é inequívoco e o entendimento de que as atividades humanas o potencializam também. A mudança climática bate à porta e aumenta a gravidade dos impactos entre sistemas naturais e humanos, aumentando as diferenças regionais. Entre os principais riscos projetados estão a perda de espécies, impacto na produção de alimentos e pescados e risco do aumento da temperatura para saúde humana. Ademais, há uma projeção de tendência de aumento na precipitação e na frequência de eventos climáticos extremos (IPCC, 2023).

Diante do severo evento climático ocorrido no sul do Brasil, que resultou das intensas chuvas de maio de 2024, evidencia-se a necessidade urgente de um planejamento ambiental eficiente e integrado. Quase dois terços (61%) dos municípios do Rio Grande do Sul foram impactados, de forma mais ou menos severa, por essa calamidade. Estima-se que uma área de aproximadamente 15.778 km², representando cerca de 5,6% dos 281.748 km² do estado, tenha sido afetada por enxurradas, inundações, alagamentos e deslizamentos de terra. Trata-se do maior desastre de que se tem registro no estado, com perdas de vidas humanas, danos socioeconômicos e ambientais. De acordo com o mapeamento do *WebMapa* de Movimentos de Massa para equipes de apoio na situação de calamidade - RS - maio de 2024¹ são aproximadamente 18 mil km² de cicatrizes de movimento de massa na área de seis (6) bacias hidrográficas. Somente na Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos foram mapeados mais de 21 mil hectares entre áreas úmidas, formações campestres e florestais atingidas e danificadas na emergência climática (MAPBIOMAS *Toolkit* para Emergência no RS²).

Infere-se, a gravidade do persistente quadro de retalhamento do bioma somado ao cenário citado acima sobre os remanescentes do *hotspot* de biodiversidade. É um desafio estimar os efeitos deste grande evento sobre a composição e configuração da paisagem, e, de como afetará os processos funcionais do sistema hidrológico da bacia hidrográfica ou ainda sobre os impactos sobre a biodiversidade local devido ao tempo de latência entre distúrbios e perda de espécies (Uezu *et al.*, 2021). Frente a este cenário, o presente estudo pode dar parâmetros de antes do destrato para a área.

Para Lang e Blaschke (2009), o monitoramento e análise das mudanças na paisagem exigem observação e compreensão de como os processos acontecem no espaço e tempo para a determinação do cenário atual e o estabelecimento de prognósticos do cenário futuro. Desta forma, a utilização de métodos associados à abordagem da Ecologia da Paisagem vem sendo amplamente utilizados no planejamento ambiental, permitindo avaliações espaciais que utilizam como instrumentos imagens de sensores remotos, sendo eles passíveis da integração de dados por métodos qualitativos, quantitativos ou preditivos (Santos, 2004). A popularização das geotecnologias e pacotes de softwares contribuiu para análises espaciais, estatísticas de dados, cálculo de métricas de estrutura da paisagem entre outras tantas potencialidades somadas com a capacidade de alcance quando aplicados a partir de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). São ferramentas indispensáveis a harmonização e integração dos dados necessários a modelagem de sistemas naturais, agregando subsídio técnico aos tomadores de decisão e gestores (Lang; Blaschke, 2009).

¹ Disponível em <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=17a2432cbbd84ecf9be28bb8d3f4e450> . Acesso em 14 out. de 2024.

² Disponível em <https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit> . Acesso em 14 out. 2024.

A complexa natureza e dinâmica ecológica dos ecossistemas hídricos agregam funções como conectividade de manchas de recursos, manutenção dos ciclos biogeoquímicos e fluxos de energia na paisagem etc., os quais sofrem pressões dos sistemas antrópicos (Fernandes, 2021). Desta forma, as bacias hidrográficas são unidades espaciais de planejamento e gestão territorial capazes de expressar tal conexão entre os aspectos de seu ambiente físico e a sociedade, isto é, o comportamento da bacia é forjado tanto pela ordem natural como antrópica. Logo, a identificação dos impactos e o grau de deterioração ambiental são subsídios relevantes para propor medidas de minimização provocada por tais mudanças no uso e cobertura da terra, ao mesmo passo que organiza a gestão dos recursos hídricos (Ladwig *et al.*, 2023).

Neste contexto, assumimos como área de estudo a Sub-bacia do arroio Rolantinho da Areia (SBRA), uma das cabeceiras da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos da região Hidrográfica do Guaíba, para responder ao seguinte questionamento: Como avaliar a proximidade e isolamento de remanescentes de Mata Atlântica do sul do Brasil utilizando métricas da paisagem e ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG)? Qual (ais) elementos ou fatores são determinantes para a conectividade (ou não) dos remanescentes entre si e com Unidades de Conservação num mosaico altamente fragmentado?

Posto isto, o presente artigo objetiva apresentar a análise espacial por meio de índices de proximidade e isolamento de fragmentos florestais da SBRA. Para tal foram utilizadas métricas da paisagem, medida de dispersão espacial e cartografia temática.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A Sub-bacia do arroio Rolantinho da Areia (SBRA) é uma região de cabeceiras para o Alto Sinos, importante compartimento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos, com altitudes variando entre 800 a 1000 metros acima do nível do mar. A área desta sub-bacia localiza-se entre os municípios de São Francisco de Paula e Rolante no estado do Rio Grande do Sul, conforme Figura 1.

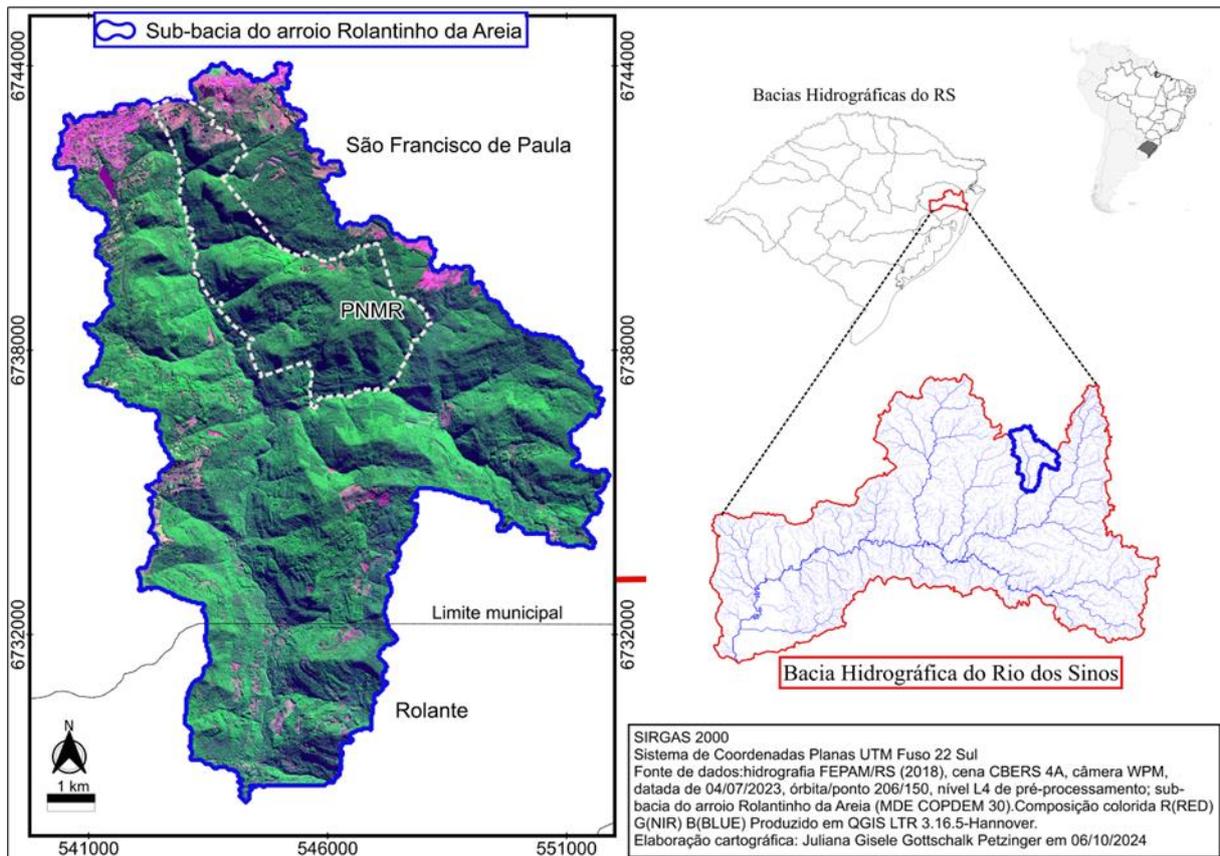


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Fonte: Petzinger (2024).

A SBRA tem aproximadamente 91,28 km² de área onde está inserido o Parque Natural Municipal da Ronda (PNMR). A área de estudo pertence exclusivamente ao Bioma Mata Atlântica. O clima temperado quente da região do tipo Cfb (Köppen) (Wreger *et al.*, 2012) molda uma paisagem de riqueza biodiversa (ainda não conhecida em sua totalidade) e beleza cênica ímpar conferindo características fisiográficas que dão suporte a vegetação de Campos de Altitude (Estepe Lenhosa), Floresta Ombrófila Mista (entremeada por mata com araucárias), Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, conforme descrito pelo Projeto RADAM BRASIL (IBGE, 2012).

2.2. Mapeamento dos Fragmentos Florestais e Usos da Terra

Utilizando a imagem do satélite sino-brasileiro CBERS 4A, instrumento imageador WPM, órbita ponto 206/150, nível L4 pré-processamento, datada de 04.07.2023, do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). Os dados foram processados no software livre, gratuito e de código aberto QGIS, versão LTR 3.16.5-Hannover.

A imagem da SBRA foi classificada de conforme o uso e cobertura da terra de acordo com a seguinte legenda: Fragmentos Florestais, Campos de Altitude, Áreas Úmidas, Corpos Hídricos, Agropecuária, Antrópico e Silvicultura. O arquivo contendo somente a classe de Fragmentos

Florestais foi extraído e isolado, sendo submetido ao software *FRAGSTATS 4.2®* (Mcgarigal *et al.*, 2012). Os fragmentos foram ranqueados por classe de tamanho, a saber: < 5 ha (muito pequeno), 5-25 ha (pequeno), 25-75 ha (médio), 75-150 ha (médio-grande) e >150 ha (grande). Na sequência pode-se verificar o Figura 2, fluxograma com as principais etapas metodológicas do mapeamento dos fragmentos florestais e usos da terra excetuadas a partir de ambiente SIG e do *FRAGSTATS*.

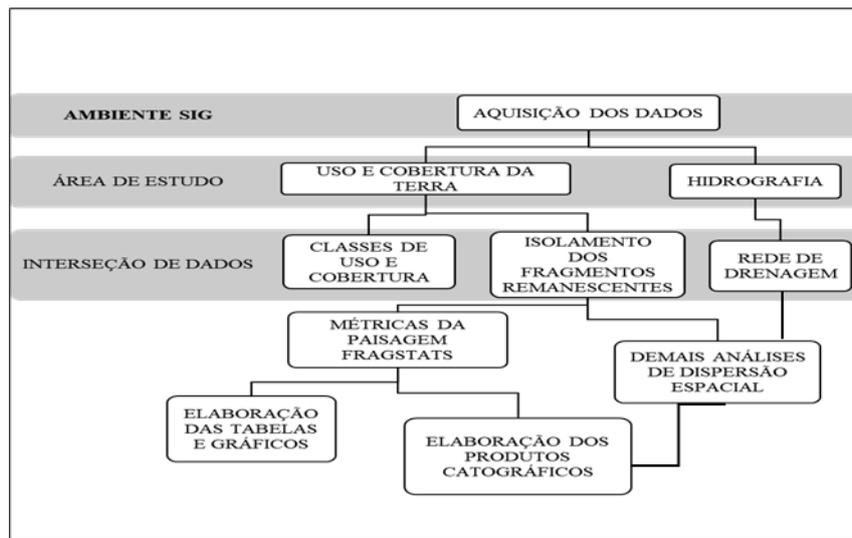


Figura 2 – Fluxograma das principais etapas metodológicas do mapeamento.

Fonte: Elaboração própria (2024).

2.3. Análise das Métricas

As métricas da paisagem foram obtidas a partir dos arquivos com as classes temáticas e Fragmentos Florestais isolados para o software de domínio público e igualmente gratuito, *FRAGSTATS 4.2®*. Os relatórios gerados foram exportados, manipulados e analisados por meio de planilha eletrônica, e os dados finais organizados e disponibilizados em tabelas e gráficos.

A avaliação da estrutura da paisagem da SBRA segue as proposições de Mcgarigal e Marks (1995), Lang e Blaschke (2009) e as considerações de Botequilha-Leitão e Ribeiro (2021), para uma abordagem focada na componente natural da paisagem expressando assim as métricas estruturais. A fragmentação da paisagem imprime um número infinito de valores, justificando a interpretação conjunta de várias métricas. O Quadro 1 descreve as métricas calculadas, consideradas apropriadas na abordagem proposta neste estudo.

Quadro 1: Métricas utilizadas na análise da estrutura da paisagem da SBRA.

MÉTRICA	SIGLA	UNIDADE	DESCRIÇÃO	GRUPO
Número de fragmentos	NP	$[0-\infty]$ adimensional	Indicador de fragmentação.	
Área total ocupada pela classe	CA	ha	Indica a heterogeneidade e dimensão das manchas com dependência.	
Índice de áreas-núcleo médio	CAI	$[0-100]$ %	Áreas-núcleo remanescentes, habitat efetivo para espécies mais sensíveis à borda	Área, borda, área-núcleo
Porcentagem ocupada do maior fragmento	LPI	%	Manchas maiores podem servir como áreas-fonte.	
Total de bordas (soma de bordas)	TE	km	Efeito de borda. Pode ser equiparada com riqueza, assim como significa retalhamento.	
Densidade de bordas	ED	m/ha	Quantidade de extremidades relativas às áreas da paisagem.	
Proximidade média entre as classes	PROX_MN	$[0-\infty]$ m	Proximidade de uma mancha ao seu entorno.	Proximidade e Isolamento
Distância euclidiana média do vizinho mais próximo	ENN_MN	m	Distância média do vizinho mais próximo da mancha da mesma classe.	
Grau de coerência	COEHSION	$[0-100]$ %	Grau de conectividade entre manchas	Conectividade
Índice de retalhamento	SPLIT	$[1-\infty]$ m ²	Quantas manchas de tamanho igual permanecem em um determinado grau de retalhamento.	Retalhamento
Índice de agregação	AI	%	Quão agregadas são as manchas.	Agregação

Fonte: Compilado de Lang; Blaschke (2009), Metzger (2012) e Botequilha-Leitão; Ribeiro (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A SBRA possui 310 fragmentos remanescentes de Mata Atlântica. Caracteriza-se pela grande quantidade de manchas inferiores a 5 ha e um fragmento central acima de 150 ha com grande extensão de bordas e altamente retalhado, onde situa-se o PNMR.

Plotando todos os fragmentos e suas respectivas distâncias euclidianas ao vizinho mais próximo, observa-se por meio da Figura 3E que as manchas diretamente adjacentes receberam valor zero (tons de azul) indicando não existir distância entre elas. Os locais mais afastados são destacados por tons mais quentes (laranja/vermelho). Sendo indicados por intervalos que variam de 125 até 631 metros para aqueles mais isolados entre si. A área que corresponde à parte superior da SBRA aos arredores do PNMR é o local mais conservado, menos subdividido e com as menores distâncias entre remanescentes.

Embora a fragmentação desta paisagem se apresente de forma anisotrópica, percebe-se uma intensificação no sentido de sul-norte SBRA, em direção Unidade de Conservação (UC). Todavia, mais estudos sobre fragmentação direcional seriam relevantes para determinar o peso de cada vetor de fragmentação local.

Sobre as análises da Figura 3D, o mapeamento evidencia a estreita relação entre a densa rede de drenagem e os remanescentes, indicando pontos especialmente críticos naqueles em que se localizam as Áreas de Proteção Permanente (APPS) de nascentes e cursos hídricos (mata ciliar). São mais de 8 km² de superfície de APPS, considerando um raio de 50 metros para nascentes e 30 metros para curso d'água de até dez metros, de acordo com o artigo 4º da Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012). Destas, cerca de 1,64 km² não correspondem à cobertura por vegetação natural nativa, mas sim, por usos antrópicos.

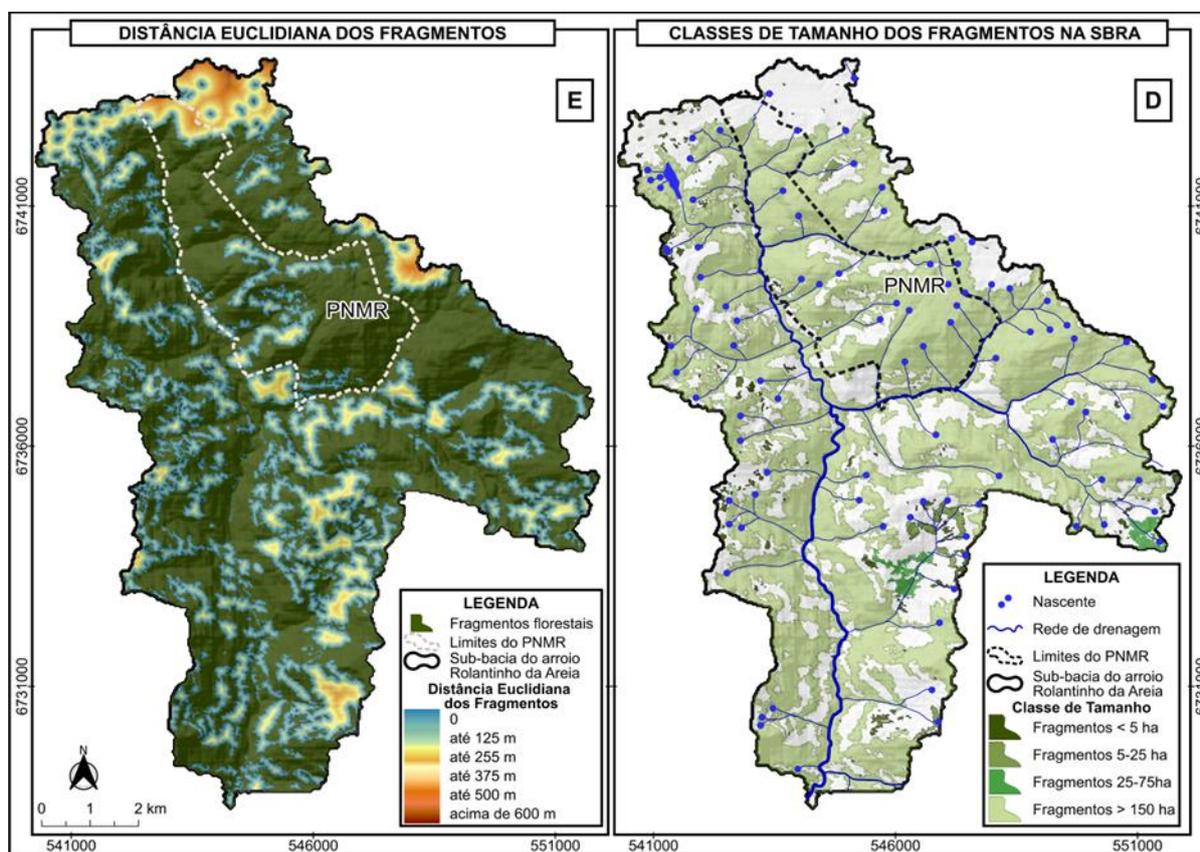


Figura 3 – (E) Fragmentos florestais plotados a partir da distância euclidiana e, (D) ranqueamento dos fragmentos florestais por classe de tamanho da SBRA com hidrografia.

Fonte: Petzinger (2024).

Identificamos 64 (sessenta e quatro) nascentes inseridas na classe de tamanho acima de 150 ha, uma (1) nascente em fragmentos de 25-75 ha e quatro (4) nascentes em fragmentos até 5 ha, representando 73% das nascentes mapeadas. Deste total, dez (10) nascentes foram vistoriadas in loco, sendo classificadas como sete (7) pertencentes à tipologia olho d'água ou ressurgência, uma (1) tipo

açudagem e duas (2) de banhado (Oliveira e Berreta, 2024). As vinte e cinco demais (25) demais nascentes encontram-se distribuídas entre classes de uso e cobertura de origem antrópica, como aqueles destinados especialmente à agricultura e silvicultura.

Estes dados são significantes tanto em relação à Unidade de Conservação em questão como para o desenvolvimento regional, uma vez que o arroio Rolantinho da Areia é a espinha dorsal deste ecossistema e, tem atualmente a classificação das condições de qualidade de suas águas ranqueada em classe 3 do trecho da nascente até a altura do município de Rolante, onde esta condição piora e passa a ser classe 4 de acordo com o Enquadramento das Águas Vigentes – “O Rio que temos” do Comitê Sinos³. Segundo avaliação de Costa *et al.* (2023) a conservação de mananciais hídricos e da biodiversidade são influenciados por matrizes do entorno, ou seja, os fragmentos florestais são mais suscetíveis ao efeito de borda onde atividades antropizadas são mais intensivas, depreende-se, então medidas de desfragmentação como estratégia.

O mosaico heterogêneo que forja a paisagem da SBRA apresenta a dinâmica da relação de vizinhança e proximidade dos fragmentos muito pequenos (<5 ha), pequenos (5-25 ha), médios (25-75 ha) e o grande fragmento (>150 ha) com coesão acima de 97% em todas as classes de tamanho, conforme descritos na Tabela 1. Não houve retorno de remanescentes cujas métricas estariam na classe de tamanho de 75-150 ha, como já mapeado para outras sub-bacias da região em condições e características semelhantes.

A configuração dos fragmentos em relação à disposição das manchas permitiu avaliar, a partir de um raio de busca de 100 metros, uma proximidade média satisfatória (PROX_MN) para as classes de fragmentos compreendidos até 25 ha (CA) (muito pequenos e pequenos). O resultado é parcialmente diferente dos achados de Fernandes e Fernandes (2017). Estes autores relatam que fragmentos muito pequenos (<5 ha), pequenos (5-10 ha) e grande (>100 ha) não tinham proximidade na mesma condição do raio de busca de 100 metros, e que apenas a classe considerada média (10-100 ha) retornara índice satisfatório na análise espacial dos remanescentes da bacia do rio Ubá/RJ.

Desta forma a proximidade dos fragmentos, pode ser considerada até certo ponto uma contiguidade da área, isto é, estes aglomerados esparsos na paisagem podem estar formando um complexo *habitat* ou ainda estarem servido de trampolins do tipo *stepping stones*, de grande valor ecológico para manutenção e conectividade de metapopulações (Lang; Blaschke, 2009; Botequilha-Leitão; Ribeiro, 2021). Isso não acontece com fragmentos médios ou com o grande central.

³ Disponível em [Enquadramento | Comitesinos](#). Acesso em 27 set. 2024.

Tabela 1: Métricas calculadas de acordo com as classes de tamanho dos fragmentos relativas à proximidade (PROX_MN), distância euclidiana do vizinho mais próximo (ENN_MN) e coesão dos remanescentes (COHESION).

FRAGMENTOS (ha)	RELAÇÃO DE VIZINHANÇA E PROXIMIDADE		
	PROX_MN≥0	ENN_MN (m)	COHESION (0<COHESION>100%)
< 5 (muito pequeno)	58,80	103,85	97,88
5-25 (pequeno)	34,77	2.036,59	99,43
25-75 (médio)	0,00	4.032,99	99,69
75-150 (médio-grande)	0,00	0,00	0,00
>150 (grande)	0,00	0,00	99,99

Fonte: Elaboração própria (2024).

Assim, foi observado as maiores distâncias para a classe de tamanho de 25-75 ha que praticamente dobra em relação aos considerados pequenos de 5-25 ha, indicando desta forma um maior isolamento dos fragmentos médios. Para Botequilha-Leitão e Ribeiro (2021) tais métricas com valores mais baixos significam conectividade alta e valores altos, conectividade baixa, influenciando, portanto, o grau de isolamento dos remanescentes.

Deste modo, os fragmentos inferiores a 5 ha (muito pequenos) são aqueles mais próximos uns dos outros, forte indicativo de que esta classe juntamente aos fragmentos de 5-25 ha (pequenos) exercem influência no grau de coesão e agregação dos remanescentes mapeados. Scussel *et al.* (2020) descreve num cenário hipotético de eliminação de fragmentos inferiores a 6,45 ha o aumento do isolamento dos remanescentes no dobro da distância em comparação ao cenário em que estes fragmentos estão presentes.

A SBRA compõe-se de fragmentos florestais de formato irregular com um grau de retalhamento SPLIT ($1-\infty[(m^2)]$) alto, grande extensão de bordas (TE) e, com índice de agregação (AI %) acima de 93% conforme descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Métricas de retalhamento e bordas calculadas conforme classes de tamanho. Em que MESH: tamanho efetivo da malha; SPLIT: índice de retalhamento; AI: índice de agregação; TE: soma de bordas; densidade de bordas.

FRAGMENTOS (ha)	RETALHAMENTO			BORDAS	
	MESH]0-1]	SPLIT [$1-\infty[(m^2)$	AI (%)	TE (Km)	ED(m/ha)
< 5 (muito pequeno)	0,02	516.612,89	93,25	133,96	14,68
5-25 (pequeno)	0,07	124.288,56	97,29	31,34	3,43
25-75 (médio)	0,26	35.272,39	97,51	36,12	3,96
75-150 (médio grande)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
>150 (grande)	3.238,74	2,82	98,97	1.114,70	122,12

Fonte: Elaboração própria (2024).

A análise estrutural-espacial da paisagem estudada apresenta um grande remanescente central, onde está inserido o PNMR, com a maior extensão de bordas (TE), assim como, a maior área (CA), representando 96% (LPI) do total da área ocupada pela classe dos remanescentes mapeados. Apresenta um índice de agregação de 98,97% e um índice de retalhamento de 2,82 m² (SPLIT), embora com tamanho efetivo da malha elevado, ou seja, o tamanho médio ponderado desta mancha. Lang e Blaschke (2009) consideram que índices de retalhamento mais baixos, próximos de 1, geralmente implicam em melhores características espaciais ou estruturais. Afirmam que os aspectos do retalhamento que envolvem a caracterização descritiva e analítica são de fato tópicos complexos.

Depreende-se, a complexidade das bordas sinuosas e trechos irregulares que apontam para questões de ambivalência nas quais incidem a riqueza da estrutura (Lang; Blaschke, 2009) e, a vulnerabilidade dos fragmentos potencializado pela alta densidade de bordas, já que mais estudos são necessários sobre a qualidade ambiental dos remanescentes e estimativas mais precisas de medidas sobre o efeito de borda (Gottschalk Petzinger e Berreta, 2024).

Do cenário em tela juntamente aos dados do gráfico da Figura 4, temos que o maior remanescente é circundado por 97,4% (NP%) de fragmentos inferiores a 5 ha; 1,6% daqueles entre 5-25 ha; 0,6% de 25-75 ha. Deste modo, concluímos que os fragmentos muito pequenos são basicamente constituídos de bordas por conta da proporção de borda/área.

A partir da Figura 5 E, é coerente pensar no alcance de *habitas* pela fauna silvestre na dinâmica deste mosaico, assim ao extrair a distância média do centroide (centro gravitacional geométrico espacial) de cada um dos 310 fragmentos em relação ao PNMR observamos que os fragmentos 25-75 ha são os que apresentam as maiores distâncias médias rumo a UC, seguido dos inferiores a 5 ha e, na sequência da classe 5-25 ha, Figura 5D. O fragmento acima de 150 ha tem a menor distância, dada a relação área/borda, apresentando um índice de área-núcleo (CAI %) de 72% considerando as áreas-núcleo disjuntas como agregadas.

A distância espacial dos centroides dos fragmentos remanescentes indica uma razão de vizinhança $R=0,45$, uma distribuição do tipo agrupada conforme percebemos na Figura 5 E. Os pontos B e C representam as maiores concentrações, correspondendo aos fragmentos até 25 ha localizados nas proximidades dos limites da SBRA, justamente locais mais distantes, chegando até 11 km nos pontos mais extremos em relação ao PNMR. A modelagem e o planejamento da paisagem exigem diversas estratégias a fim de mitigar as diferentes pressões sob os ecossistemas naturais numa abordagem integrada dos fragmentos e da sua conectividade.

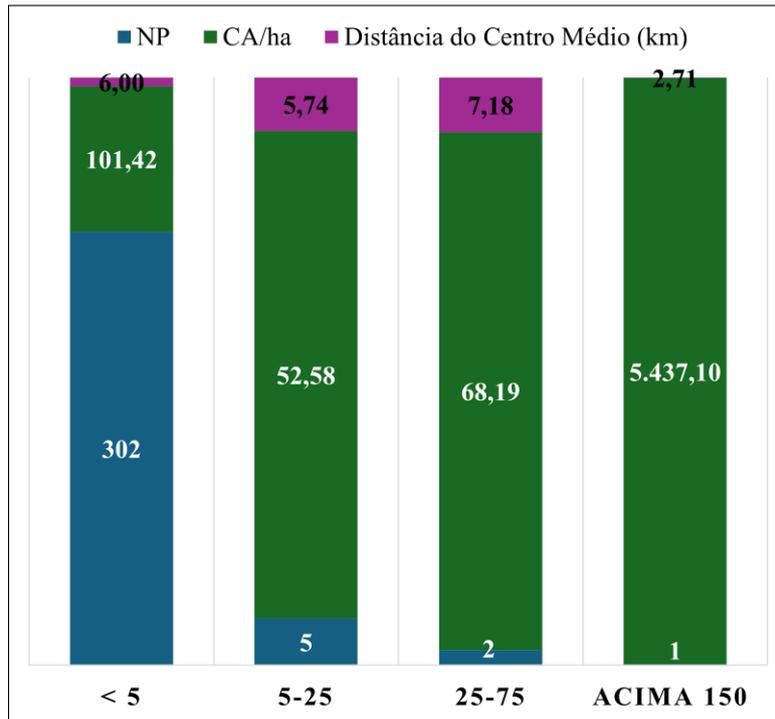


Figura 4 – Gráfico com métricas calculadas na distribuição da frequência das classes de tamanho dos remanescentes da SBRA. Em que NP: número de fragmentos, CA (ha): área ocupada pela classe e DCM: Distância do Centro Médio de todos os fragmentos (km) para o PNMR.

Fonte: Elaboração própria (2024).

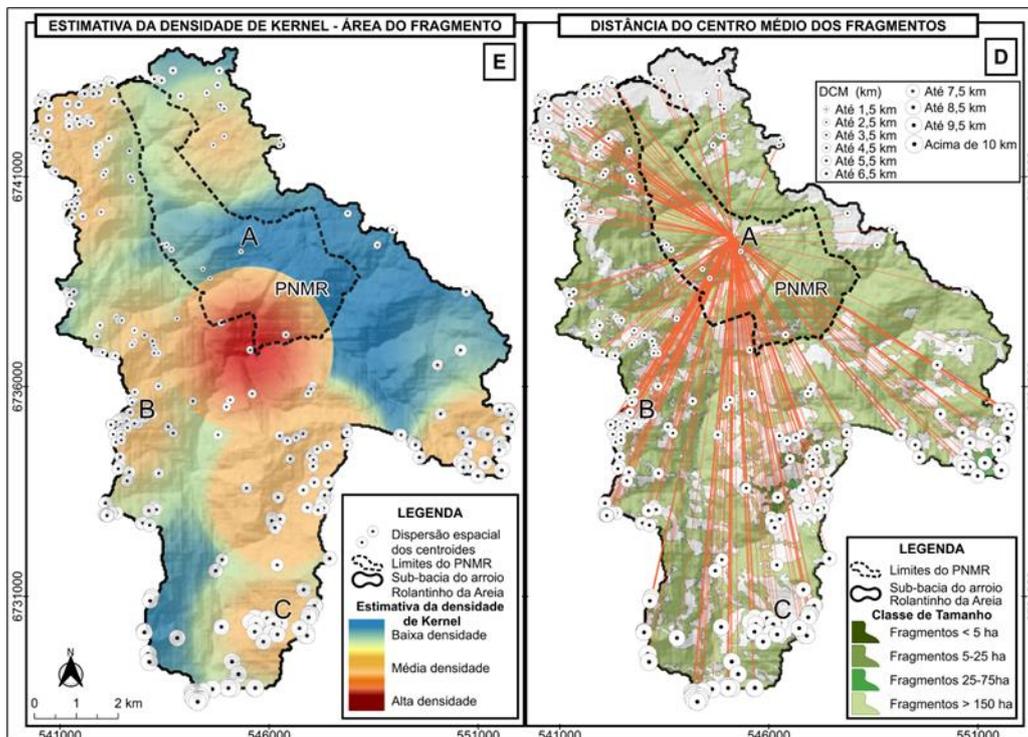


Figura 5 – (E) Estimativa da densidade de Kernel considerando como peso a área do fragmento (CA/ha); (D) distância do centro médio de cada fragmento para PNMR (km).

Fonte: Petzinger (2024).

A aplicabilidade disso se observa ao caso em tela, uma vez que dentro da própria SBRA há diferentes realidades. Na parte norte da SBRA temos a perspectiva dos Campos de Altitude e de Áreas Úmidas (banhados), expressa pela alta biodiversidade, como ecótonos imprescindíveis à conectividade com os remanescentes, Figura 6 E. Barbieri *et al.* (2023) em estudo recente registraram 104 espécies de 36 famílias botânicas, e, desta riqueza florística oito (8) espécies sofrem com algum grau de extinção. Muitas destas espécies apontadas no estudo citado não constavam, inclusive, da lista de espécies de flora da UC em questão.

Sistemas de biótopos conectados como os citados anteriormente são como redes de ligação tanto física como funcional, visto que imprimem menor resistência da paisagem, ambientes muito mais permeáveis para a mobilidade de diversas espécies entre fragmentos (Lang; Blaschke, 2009). Isto se verifica com base na Figura 6 (E), num incremento de 149 (NP) fragmentos de vegetação nativa entre Campos de Altitude e Banhados, praticamente estabelecendo uma infraestrutura ecológica específica da Mata Atlântica do sul do Brasil.

Verificam-se alguns pontos sensíveis a partir da Figura 6 (E) uma vez que são relevantes para conexão de *habitats* como um sistema sinérgico e coevoluído entre vegetação campestre e arbórea, os quais agregam elementos de suma importância para a manutenção da vida desta paisagem. Para além da associação de sistemas do ponto de vista ecológico tem influência direta sobre o fluxo de substâncias e materiais tais como controle de erosão, proteção e evolução pedológica, purificação da água, manutenção do microclima etc. (Lang; Blaschke, 2009; Fernandes, 2021; Longo *et al.*, 2024).

Em destaque, os pontos B e C da Figura 6 (E) demonstram o potencial conectivo destes ecossistemas associados da Mata Atlântica, com efeito, redutor de resistência da paisagem. Os dois locais em destaque estão entre aqueles com estimativa de densidade de Kernel média/alta para concentração de fragmentos muito pequenos e pequenos e, com maior isolamento do PNMR. A grande quantidade de pequenos fragmentos e como se distribuem no espaço é apontado em Santos e Machado (2021) como ponto-chave para o retorno de métricas com índices mais elevados de agregação entre formações florestais e campestres como as que relatam estudo conduzido nas Chapadas do Parque Nacional da Serra da Canastra/MG.

Klein e Berreta (2023) reiteram que a proteção da biodiversidade dos Campos de Altitude não é apenas uma questão de proteção de espécies, mas sim da proteção de ecossistemas. Implicando na manutenção de uma paisagem única, característica dos ecossistemas associados da Mata Atlântica do sul do país, inclusive na manutenção da identidade de grupamentos humanos e seu território (Klein e Berreta, 2023). Assim, quando o fragmento de campo natural nativo é convertido afeta diretamente a composição espacial do mosaico da SBRA influenciando na distribuição dos fragmentos florestais e no efeito de borda.

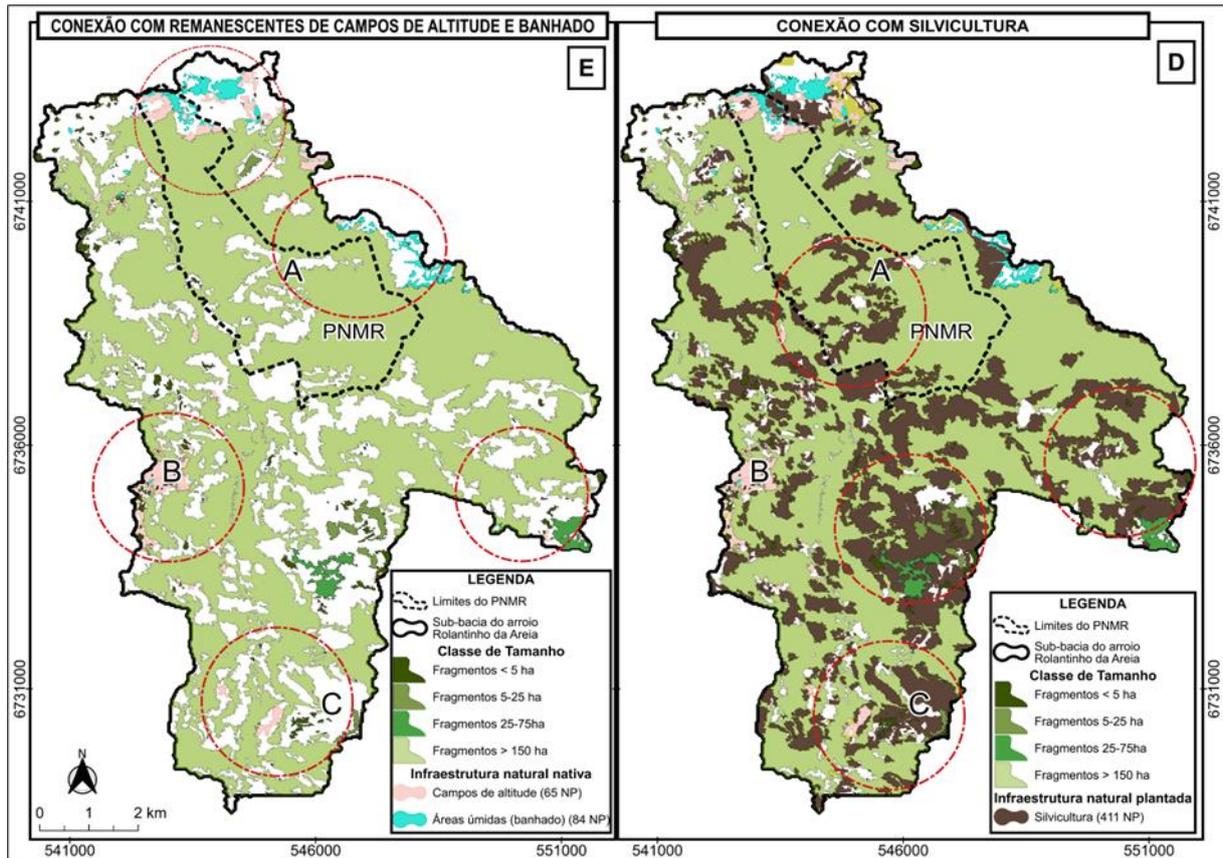


Figura 6 – (E) Paisagem com incremento de Campos de altitude e Áreas úmidas (banhado) e, (D) com incremento de Silvicultura. Em que NP: Número de fragmentos.

Fonte: Petzinger (2024).

A inserção da silvicultura nos Campos de Cima da Serra remonta a década de sessenta como alternativa a proibição do corte indiscriminado da *Araucaria augustifolia* para a produção de madeira e derivados e, até hoje a atividade silvícola é praticada como forma de renda para comunidade local (Klein e Berreta, 2023). Portanto, a silvicultura é uma realidade na paisagem, assim como a agricultura mecanizada e a recente introdução da soja nos solos rasos da região. Desenha-se aqui outro dilema preocupante: a conversão de novas áreas para uso agrícola, incluindo os próprios campos e aquelas com silvicultura ou investe-se num manejo em mosaico a fim de mitigar os impactos gerados pelos distúrbios antrópicos, focado na conservação da biodiversidade e de recursos hídricos do berço d’água (Oliveira e Berreta, 2024).

Neste contexto, é apresentado um comparativo da distância euclidiana (ENN_MN) em duas perspectivas, uma considerando todas as classes de tamanho dos fragmentos e outra com o incremento dos pontos de contato com a silvicultura observados na Figura 5(D). Valores maiores para a métrica ENN_MN representam maior isolamento do fragmento (NP) (Mcarigal *et al.*, 2012). As métricas retornaram 23,6 metros (ENN_MN) para a primeira e 18,3 metros para a segunda opção. A diferença percentual é de 28,96%, isto é, poderia indicar uma possível tendência de aumento da conectividade entre estes pontos com as manchas doadoras e receptoras, manchas de recursos ou ainda servindo de

passagem para *habitats* adequados. Ou seja, as áreas mais retalhadas e subdivididas onde estão os fragmentos na classe de 25-75 ha vistos na Tabela 1 são as que têm a maior distância euclidiana (ENN_MN), maior isolamento, em relação à UC, poderiam ser ligados por meio de alguns pontos estratégicos de silvicultura.

A silvicultura influencia a conectividade estrutural nas paisagens, auxiliando de algum modo na conservação biológica (Pádua; Chiaravalotti, 2012; Scussel *et al.*, 2020) e na viabilidade de metapopulações no longo prazo numa abordagem integrada da paisagem (Metzger, 2006; Lang; Blaschke, 2009). Embora empobrecida do ponto de vista da riqueza, as plantações florestais podem contribuir, até certo ponto, positivamente para a conservação de recursos hídricos e da biodiversidade. Se bem manejadas, diferencem-se de outras culturas agrícolas, dadas as características estruturais que oferecem condições de refúgio, abrigo e circulação para fauna silvestre, logo, são áreas mais permeáveis, ao mesmo tempo que fazem parte de estratégias que contribuem com as economias locais e regionais (Azevedo *et al.*, 2021).

De acordo com o Plano de Manejo do PNMR existem cerca de trinta e quatro espécies de interesse conservacionista na UC, entre aquelas consideradas raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção (RIO GRANDE DO SUL, 2012). A exemplo do único psitacídeo migrador do Brasil, o Papagaio-charão (*Amazona pretrei*) avaliado como Vulnerável (VU) A2a (CEMAVE, 2018); o gato-do-mato-pequeno (*Leopardus guttulus*) avaliado como Vulnerável (VU) C1 (Trigo *et. al*, 2018); o bugio-ruivo (*Alouatta guariba clamitans*) avaliado como Vulnerável (VU) A4ce (Bicca-Marques *et al*, 2018), entre outros. Há também registros do Leão-baio (*Puma concolor*) avaliado como Vulnerável (VU) C1 e, classificado na lista estadual como Em Perigo (EN) (Azevedo *et. al*, 2018).

São espécies com algum grau de dependência de estruturas florestais, com tendência populacional em declínio por conta da fragmentação de *habitats* naturais, isolamento de grupos e dificuldade de percolação em matrizes de paisagem mais hostis. Este fato se verifica nos estudos que apontam como a onça-parda tem usado cada vez mais mosaicos com cobertura de florestas nativas, ao longo de cursos d'água inseridas em áreas com silvicultura (Azevedo, *et. al*, 2018). Depreende-se a relevância da abordagem da paisagem e, de como os fragmentos se relacionam ou não com as possíveis metapopulações mediante os arranjos de suas estruturas físicas (Pádua; Chiaravalotti, 2012).

Existem vantagens e desvantagens no uso de mosaicos com silvicultura. Não há aqui nenhum incentivo ao plantio de espécies exóticas em detrimento da restauração com espécies nativas frente a recorrente fragmentação de *habitats*. Entretanto, é possível integrar métodos de análise e monitoramento da biodiversidade nestas situações. A qualidade e permeabilidade da matriz para determinadas espécies ou grupos está relacionada à similaridade estrutural ou de composição dessa

unidade em relação ao *hábitat* nativo (Metzger, 2006). A emergência climática é global, mas as ações devem ser na escala regional e local, são elas imprescindíveis respostas à conservação dos recursos naturais e da biodiversidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até aqui, as métricas referentes à relação de vizinhança e proximidade, apresentadas por meio dos índices de retalhamento e borda, permitem-se observar de forma integrativa a estrutura da paisagem. É uma forma de compilar as informações úteis e necessárias à gestão territorial em escala local, contribuindo para um desenvolvimento regional sustentado.

O mosaico heterogêneo da SBRA é forjado com a grande maioria de fragmentos abaixo de 5 ha (NP), orbitando em torno de um grande fragmento central com área (CA) de mais de cinco (5) mil ha de área (CA), o qual abriga o PNMR. Apresenta bordas sinuosas altamente retalhadas, com trechos irregulares. Há indicativo pelo retorno das métricas calculadas de áreas potencialmente vulneráveis influenciadas pelo efeito de borda. Trata-se um grande fragmento com função de área-fonte potencialmente amortecedora de impactos aos arredores do PNMR.

Os fragmentos médios 25-75 ha são os mais isolados do PNMR. A cartografia temática juntamente com os índices de agregação e coesão indicam que os fragmentos muito pequenos e pequenos (até 25 ha) são os que apresentam a maior proximidade. Infere-se, portanto, que funcionam como trampolins ecológicos imprescindíveis, alternativas viáveis para a conectividade e manutenção entre fragmentos e com a UC. A análise espacial do conjunto de todos os fragmentos remanescentes mapeados indica que é possível diminuir o isolamento (ENN_MN) entre eles ao incrementar no cenário a conservação e manutenção de infraestruturas naturais nativas como os Campos de Altitude e dos Banhados. Ademais, alguns pontos estratégicos de silvicultura poderiam ser considerados como possíveis estratégias conectivas.

Uma das principais implicações deste estudo é que ele oferece orientações robustas e úteis para o planejamento ambiental e o desenvolvimento regional do berço das águas. O uso de métricas da paisagem é uma abordagem que se mostra eficaz para lidar com a complexidade dos mosaicos.

Contudo, existem limitações a serem vencidas com futuras pesquisas sobre fragmentação direcional, qualidade ambiental dos remanescentes, estimativas mais precisas sobre o efeito de borda em remanescentes da Mata Atlântica subtropical, bem como, estimativas de diversidade funcional das espécies que ocorrem na SBRA e de áreas prioritárias para serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, F. C.; LEMOS, F. G.; ALMEIDA, L. B.; BEISEGEL, B. M.; PAULA, R. C.; CRAWSHAW JUNIOR, P. G.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; OLIVEIRA, T. G. *Puma concolor* (Linnaeus, 1771). In: ICMBio (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos**. Brasília: ICMBio. 2018. P. 358-366.
- AZEVEDO, J. C.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, F.; SILVA, G. M.; LANA, J. Ordenamento e Planejamento Florestal. In: RIBEIRO, S. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. (Orgs.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Editora: Appris, 2021. p. 53-76.
- BARBIERI, F.; STAHNKE, P.; GONZATTI, F.; ARAÚJO, F. P. Flora vascular dos banhados do Parque Natural Municipal da Ronda, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 78, p. 1-15, 2023.
- BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; RIBEIRO, S. C. Parte III. Métodos. Análise de Padrões. In: RIBEIRO, S. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. (Orgs.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p.223-263.
- BRASIL. **Lei n.º 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 3 out. 2024.
- BICCA-MARQUES, J. C.; ALVES, S. L.; INGBERMAN, B.; BUSS, G.; FRIES, B. G.; ALONSO, A.; CUNHA, R. G. T.; MIRANDA, J. M. D. *Alouatta guariba clamitans* (Cabrera, 1940). In: ICMBio (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos**. Brasília, ICMBio. 2018. p. 155-161.
- CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE AVES SILVESTRES/CEMAVE. *Amazona pretrei* (Temminck, 1830). In: ICMBio (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume III – Aves**. Brasília: ICMBio. 2018. p. 296-298.
- COSTA, A.; GALVÃO, A.; SILVA, L. G. Mata Atlântica Brasileira: Análise do Efeito de Borda em Fragmentos Florestais Remanescentes de um Hotspot para Conservação da Biodiversidade. **Revista GEOMAE**. v. 10, n. 1, p. 112-123, 2019.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** v. 34. p. 487–515. 2003.
- FERNANDES, J. P. Processos Ecológicos e Paisagem. In: RIBEIRO, S. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. (Orgs.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p. 151-186.
- FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M. Análise Espacial da Fragmentação Florestal da Bacia do Rio Ubá–RJ. **Ciência Florestal**, v. 27. n. 4. P. 1429-1439, 2017.
- GOTTSCHALK PETZINGER, J. G.; BERRETA, M. dos S. Fragmentação de habitat em remanescentes de Mata Atlântica no sul do Brasil: análise espacial baseada em métricas da paisagem. **Revista Ciência Geográfica**. v. 28. n. 2, p. 417–431, 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

KLEIN, I. J.; BERRETA, M. S. R. As Implicações Decorrentes das Mudanças no uso e Cobertura da Terra Sobre os Campos de Altitude no Município de São Francisco de Paula–RS, BRASIL. **Para Onde!?** Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 41–69, 2023.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423p.

LONGO, R. M.; SILVA, A. L.; RIBEIRO, A. I.; GOMES, R. C.; SPERANDIO, F. C.; NUNES, A. N. Evaluating the Environmental Quality of Forest Remnants Using Landscape Metrics. **Sustainability**, v. 15, n. 20, p. 1-16, 2024.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: Departamento de Agricultura dos EUA, Serviço Florestal, Estação de Pesquisa do Noroeste do Pacífico. 1995. 122p.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS v4: SPATIAL PATTERN ANALYSIS PROGRAM FOR CATEGORICAL AND CONTINUOUS MAPS**. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, 2012. Disponível em: <https://fragstats.software.informer.com/4.0/>. Acesso em: 04 out. 2024.

METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2, p. 11-23. 2006.

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN, L. J.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). **Métodos de estudos em Biologia da Conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2012.

OLIVEIRA, C. A. H.; BERRETA, M. S. R. O Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente como Instrumento de Desenvolvimento Regional Sustentável nos Campos de Cima da Serra, RS – Brasil. In: LADWIG, N, I.; SUTIL, T. **Planejamento e Gestão Territorial**. São Carlos: Pedro & João Editores. 2024.

PÁDUA, C. B. V.; CHIARAVALOTTI, R. M. Silviculture. In: PROCHNOW, M. (Org.). **Silviculture and Biodiversity**. Writings of the Dialogue. Rio do Sul: APREMAVI, 2012. p. 30-35.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura- SEMA. **Plano de Manejo Parque Natural Municipal da Ronda**. 2012. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201703/30102648-plano-de-manejo-ronda.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Cumulativos**. São Paulo. Oficina de Textos. 2023. 224p.

SANTOS, R. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo. Oficina de Textos. 2004. 150p.

SANTOS, A. A.; MACHADO, M. M. M. Ecologia da Paisagem Aplicada à Análise da Cobertura Florestal das Unidades de Paisagem do Parque Nacional Serra da Canastra – MG/Brasil. In: RIBEIRO, S. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. (Orgs.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p. 265-279.

SCUSSEL, C.; ZOCHE, J. J.; LADWIG, N. I.; CONTO, D. Fragmentação Florestal em área de Mata Atlântica no Sul do Brasil: uma análise baseada em métricas da paisagem. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, p. e45, 2020.

TRIGO, T.; OLIVEIRA, T.; TORTATO, M.; BIANCHI, R. *Leopardus guttulus* (Hensel, 1872). In: ICMBio (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos**. Brasília, ICMBio. 2018. Pág. 340-344.

UEZU, A.; CULLEN JÚNIOR, L.; LIMA, F.; VALLADARES-PADUA, C.; PAGLIA, A.; GODINHO, C.; SALGUEIRO, P.; LOURENÇO, R. Conservação da Biodiversidade. In: RIBEIRO, S. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N. (Orgs.). **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-brasileiro**. Curitiba: Editora: Appris, 2021. p. 77-111.

VANCINE, M. H. ; MUYLAERT, R. L. ; NIEBUHR, B. B. ; OSHIMA, J. E. F. ; TONETTI, V. ; BERNARDO, R. ; DE ANGELO, C. ; ROSA, M. R. ; GROHMANN, C. H. ; RIBEIRO, M. C. The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 291, p. 1-2, 2024.

WREGER, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2012. 334p.