

ANÁLISE DO *DESIGN* DAS RESERVAS BIOLÓGICAS FEDERAIS COMO INDICADOR PARA ZONAS DE AMORTECIMENTO

Flávia Alves Moreira¹

Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)
São João Del Rei, MG, Brasil



Geraldo Majela Moraes Salvo²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF SUDESTE MG)
Barbacena, MG, Brasil



Gabriel Pereira³

Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)
São João Del Rei, MG, Brasil



Enviado em 17 mar. 2023 | Aceito em 6 nov. 2023

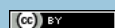
Resumo: As Áreas Protegidas são a estratégia de conservação da natureza mais efetiva até então empregada. Na etapa de planejamento do sistema de conservação, fatores como proximidade de fragmentos e forma são de extrema importância, pois expressam a pressão externa que o fragmento recebe e o que pode ser feito para diminuí-la. Um dos princípios da Biologia da Conservação é que formas de fragmentos mais regulares tendem a receber menos com pressões externas. Nesse sentido, as métricas de paisagem se mostram pertinentes para determinar a complexidade da forma, efeito de borda e, conseqüentemente, a qualidade do fragmento. Desta maneira, sobre o desenho de reservas, o trabalho teve o propósito de avaliar as Reservas Biológicas federais quanto ao formato, utilizando de programas de métricas de paisagem para obtenção dos resultados. Foram utilizadas as ferramentas *Patch Analyst* e o *Fragstats* para os cálculos de forma. Os resultados demonstraram que algumas Reservas Biológicas federais possuem formatos preocupantes, o que indica conseqüências desagradáveis na conservação de espécies e grande dependência com a qualidade do entorno. Utilizar as métricas de paisagem para avaliar o formato de Unidades de Conservação deve ser aprimorado, de maneira a desdobrar discussões das implicações da forma nas espécies ali presentes.

Palavras-chave: Fragstats; Geoprocessamento; Biologia da Conservação; Efeito de Borda.

1. Mestra em Geografia pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) e especialista em Planejamento e Gestão de Áreas Naturais Protegidas pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus Barbacena*. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2613-9399>. E-mail: flaviandr12@hotmail.com.

2. Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras e professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus Barbacena*. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3953-1349> E-mail: geraldo.majela@ifsudestemg.edu.br.

3. Doutor em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013), pós-doutor no *Goddard Space Flight Center da National Aeronautics and Space Administration* (GSFC/NASA, 2017) e professor da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2093-9942> E-mail: pereira@ufsj.edu.br.



ANALYSIS OF THE DESIGN OF FEDERAL BIOLOGICAL RESERVES AS AN INDICATOR FOR BUFFER ZONES

Abstract: Protected Areas are the most effective nature conservation strategy ever employed. In the planning stage of the conservation system, factors such as proximity to fragments and shape are extremely important, as they express external pressure that the fragment receives and what can be done to shrink it. One of the principles of Conservation Biology is that more regular fragment forms tend to receive less with external pressures. In this sense, landscape metrics are relevant to determine the complexity of the shape, edge effect and, consequently, the quality of the fragment. Thus, on the design of reserves, the work had the purpose of evaluating the federal Biological Reserves regarding the format, using landscape metrics programs to achieve results. The tools Patch Analyst and Fragstats were used for the shape calculations. The results showed that some federal Biological Reserves have worrying formats, which indicates unpleasant consequences for the conservation of species and great dependence on the quality of the surroundings. Using landscape metrics to assess the format of Conservation Units should be improved, in order to unfold discussions of the implications of the shape on the species present there.

Keywords: Fragstats; Geoprocessing; Conservation Biology; Edge Effect.

ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LAS RESERVAS BIOLÓGICAS FEDERALES COMO INDICADOR DE ZONAS DE PROTECCIÓN

Resumen: Las Áreas Protegidas son la estrategia de conservación de la naturaleza más efectiva empleada hasta ahora. En la etapa de planificación del sistema de conservación, factores como la proximidad de los fragmentos y la forma son extremadamente importantes, porque expresan la presión externa que recibe el fragmento y lo que se puede hacer para disminuirla. Uno de los principios de la biología de la conservación es que las formas de fragmentos más regulares tienden a recibir menos de las presiones externas. En este sentido, las métricas de paisaje son pertinentes para determinar la complejidad de la forma, efecto de borde y, en consecuencia, la calidad del fragmento. Así, en cuanto al diseño de reservas, el propósito del estudio fue evaluar las Reservas Biológicas federales en términos de formato, utilizando programas de métricas de paisaje para obtener los resultados. Se utilizaron las herramientas de Patch Analyst y Fragstats para el cálculo de formas. Los resultados mostraron que algunas Reservas Biológicas federales tienen formas preocupantes, esto indica consecuencias desagradables en la conservación de las especies y una gran dependencia de la calidad del medio ambiente. Utilizar métricas de paisaje para evaluar el formato de las Unidades de Conservación debe mejorarse, con el fin de desarrollar discusiones sobre las implicaciones de la forma en las especies presentes allí.

Palabras clave: Fragstats; Geoprocurement; Biología de la Conservación; Efecto frontera.



Introdução

As Áreas Protegidas (AP) representam a estratégia de conservação da natureza mais efetiva até então encontrada (BENSUSAN, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2011; DE AGUIAR; MOREAU; FONTES, 2012; PRATES; IRVING, 2015). Dentre as tipologias de AP no Brasil, as Unidades de Conservação (UC) são definidas como espaços territoriais e seus recursos, com características naturais relevantes, que devem ser instituídas pelo Poder Público, com objetivos e limites definidos (BRASIL, 2000).

Para cumprir com a função de conservação, as UC precisam apresentar características que atendam suas finalidades, das quais cita-se: a cobertura de habitats de espécies ameaçadas, o valor estético da paisagem, possíveis usos, entre outras. Ou seja, avaliar e definir de maneira correta seus objetivos e limites se torna uma das ferramentas mais importantes. Nesse sentido, devem ser bem manejadas, delimitadas e protegidas, dado ao grande investimento no seu estabelecimento (VARELA; CARVALHO, 2009).

Entre as categorias de UC, as Reservas Biológicas são consideradas as mais restritivas, visto que em seus objetivos gerais, só são permitidas ações de manejo para recuperar ou preservar os processos ecológicos, e não é permitida a presença humana para fins de recreação (BRASIL, 2000). Por isso devem receber atenção especial a todos os fatores que possam agregar mais efetividade na sua função de proteção.

Dentre estes fatores, pode-se citar a forma, proximidade entre fragmentos florestais ou outras UC, a paisagem do entorno, onde esses influenciam no efeito de borda que pode afetar a área (VARELA; CARVALHO, 2009). Dadas as características restritivas quanto à proteção integral da biodiversidade presente, é importante destacar o efeito que a borda exerce sobre o fragmento ou área, no que se refere a parâmetros microclimáticos e estrutura de vegetação (BASTIAN *et al.*, 2002).

A porção externa da UC, chamada de borda, é acometida mais diretamente com os impactos dos arredores. Isso contribui para a degradação florestal e perda de biodiversidade. Como a fragmentação florestal cresce cada vez mais, grande parte da paisagem possui influência de borda (HARPER *et al.*, 2005).

Nesse sentido, as métricas de paisagem se mostram importantes para determinar o habitat, a fragmentação, os efeitos de borda e a complexidade de forma (FLOWERS; HUANG; ALDANA, 2020). As métricas ajudam a compreender como os possíveis impactos influenciam no fragmento de acordo com sua forma. O fragmento que tem a forma tendendo a um círculo, ou seja, mais regular, e com menor borda em relação à área total, reduz os efeitos de perturbações externas (LOCH, *et al.*, 2012; ETTO *et al.*, 2013; SAITO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2019).

Muitas ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) auxiliam na análise da paisagem, contribuindo na tomada rápida de decisões por órgãos públicos ou organizações civis (LÖFFER *et al.*, 2002; PAUDEL; YUAN, 2012; FRANÇA *et al.*, 2020).

Dentre as ferramentas de avaliação de fragmentação e, conseqüentemente, sua qualidade, pode-se citar o *Patch Analyst* e o *Fragstats*. Ambos quantificam o nível de fragmentação florestal de acordo com a complexidade da forma, tamanho e localização. Avaliar o impacto que os fragmentos florestais ou as UC recebem, se torna tarefa importante para determinar o quanto é preciso ser feito para amenizar tais efeitos e conseqüentemente atingir objetivos de conservação da natureza.

Neste sentido, a proposta exposta é avaliar o nível de complexidade da forma das UC da categoria Reserva Biológica e sua dependência com as Zonas de Amortecimento. Além disso, também propor metodologia para avaliar os formatos e classificação dos mesmos que possam ser replicados para outras categorias de UC. Para o trabalho, foram utilizados parâmetros relacionados à forma para avaliação preliminar da situação das REBIO federais quanto à forma.

Um avanço na pesquisa é utilizar para a metodologia, ferramentas de métricas de paisagem para avaliar preliminarmente as Reservas Biológicas geridas em âmbito federal, que antes eram aplicadas quase que exclusivamente para avaliação de fragmentos florestais.

Materiais e métodos

Foram utilizados os arquivos cartográficos dos limites oficiais das Reservas Biológicas federais constantes no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC. Estes arquivos foram obtidos no sítio eletrônico oficial do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.

O tratamento dos dados foi feito em ambiente SIG, com utilização do *software* ArcGis, com padronização do Datum SIRGARS 2000 e Sistema de Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000.

Após isso, os arquivos vetoriais foram processados na extensão do ArcGis, *Patch Analyst*. Os índices relacionados à forma mais utilizados na literatura e, conseqüentemente, avaliados no trabalho, para discussão de melhores formas quanto a conservação, são: *Mean Shape Index* (MSI) e *Mean Patch Fractal Dimension* (MPFD).

O *Mean Shape Index* (MSI) é o indicador médio de forma, que expressa o quanto a mancha está próxima de um círculo. A métrica efetua a soma do perímetro de todas as manchas e a divide pelo quadrado da área da classe de uso. Expressa que quanto mais próximo de 1 for o valor, mais próxima

ao formato circular é a mancha analisada (McGARIGAL e MARKS, 1995; FRANÇA *et al.*, 2020; THIAGO; MAGALHÃES; SANTOS, 2020).

O *Mean Patch Fractal Dimension* (MPFD) é a dimensão fractal média da mancha. Trata-se de uma métrica que expressa a complexidade de forma da mancha. Os valores próximos a 1 representam perímetros simples e valores próximos a 2 indicam perímetros complexos, baseados na forma (FRANÇA *et al.*, 2020; THIAGO; MAGALHÃES; SANTOS, 2020).

Para o *software* Fragstats, os arquivos foram transformados de vetoriais para matriciais no ArcGis. Após isso, os mesmos foram processados no *software* Fragstats que é utilizado para quantificar a configuração da paisagem no que se refere a complexidade da forma, em níveis de fragmentos, classe e paisagem (McGARIGAL, 2015). A maioria dessas métricas de forma é baseada em relacionamentos de perímetro-área. Os índices relacionados à forma mais utilizados no *software* são: PARA, SHAPE e CIRCLE.

O parâmetro Razão Perímetro-Área (PARA) é calculado pela razão direta entre o perímetro e a área (McGARIGAL; MARKS, 1995). O parâmetro Índice de Forma (SHAPE), mede a complexidade da forma do fragmento em comparação a uma forma padrão, o quadrado. Por isso que, se analisada como teste, uma forma quadrada terá SHAPE igual a 1. Quanto maior o valor deste parâmetro, mais alongada é a forma do fragmento (DE JESUS *et al.*, 2019).

O parâmetro Círculo Circunscrito Relacionado (CIRCLE), considera o menor círculo circunscrito presente na área do fragmento. Tal índice é útil para distinguir fragmentos que são lineares e alongados (McGARIGAL; MARKS, 1995).

Os dados que foram tabulados em planilha eletrônica, posteriormente foram adicionados na tabela de atributos dos arquivos vetoriais dos limites das REBIO.

Para a classificação dos dados gerados pelos *softwares* foi utilizada a ferramenta *Natural Break Jenks*, também conhecida como *Godness of Variance Fit* (GVF), do ArcGis. Estas foram normalizadas e divididas em cinco classes, com faixas de valores 0 - 0,20; 0,21 - 0,40; 0,41 - 0,60; 0,61 - 0,80 e 0,81 - 1.

Após a tabulação dos dados gerados pelos *softwares*, foi efetuada a normalização dos mesmos para padronizar o intervalo dos índices entre 0 e 1. Quando o desvio padrão dos dados é pequeno, a normalização é uma escolha a ser tomada.

Após normalizados, alguns dos valores dos parâmetros, como o MSI, MPFD e SHAPE foram invertidos para que fosse padronizado, facilitando assim a discussão acerca dos mesmos. Tal inversão foi realizada para que os valores mais próximos de 1 representassem formas mais regulares, e mais distantes de 1, formas mais complexas.

Resultados

Os resultados dos parâmetros MSI, MPFD, PARA, SHAPE e CIRCLE estão distribuídos como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Resultados tabelados dos parâmetros MSI, MPFD, PARA, SHAPE e CIRCLE para cada REBIO

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

REBIO	MSI	MPFD	PARA	CIRCLE	SHAPE
ATOL DAS ROCAS	0,96	0,90	0,99	0,53	0,91
AUGUSTO RUSCHI	0,81	0,52	0,97	0,45	0,77
BOM JESUS	0,68	0,51	0,99	0,56	0,79
CONTAGEM	0,79	0,49	0,96	0,60	0,72
MATA ESCURA	0,77	0,63	0,99	0,80	0,72
ARAUCÁRIAS	0,00	0,00	0,96	0,18	0,00
PEROBAS	0,94	0,79	0,99	0,72	0,88
COMBOIOS	0,66	0,19	0,00	0,29	0,81
PEDRA TALHADA	0,95	0,79	0,98	0,86	0,91
POÇO DAS ANTAS	0,93	0,75	0,98	0,74	0,89
SALTINHO	0,98	0,73	0,95	0,50	0,93
SANTA ISABEL	0,53	0,21	0,95	0,00	0,41
SERRA NEGRA	0,95	0,66	0,95	0,40	0,90
SOORETAMA	0,89	0,77	0,99	0,33	0,84
UNA	0,86	0,70	0,99	0,56	0,81
ABUFARI	0,89	0,87	1,00	0,74	0,85
CÓRREGO DO VEADO	0,96	0,77	0,98	0,52	0,93
CÓRREGO GRANDE	0,95	0,73	0,97	0,51	0,90
GUAPORÉ	0,87	0,87	1,00	0,45	0,83
GURUPI	0,89	0,87	1,00	0,37	0,83
JARU	0,90	0,89	1,00	0,47	0,85
LAGO PIRATUBA	0,96	1,00	1,00	1,00	0,93
MANICORÉ	0,90	0,89	1,00	0,46	0,86
RIO TROMBETAS	0,93	0,96	1,00	0,62	0,90
TAPIRAPÉ	0,73	0,63	0,78	0,20	0,74
TINGUÁ	0,81	0,64	0,99	0,27	0,75
UATUMÃ	0,93	0,98	1,00	0,65	0,88
GUARIBAS	0,66	0,35	0,95	0,44	0,87
MARINHA DO ARVOREDO	1,00	0,97	0,99	0,78	1,00
NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO	0,93	0,95	1,00	0,84	0,91
UNIÃO	0,45	0,20	0,96	0,32	0,41

Para o parâmetro MSI, 70,97% das REBIO foram classificadas na classe de boa forma, ou seja, na porção mais próxima de 1. A Tabela 1 mostra a distribuição das REBIO com relação à classificação.

Tabela 1 - Distribuição dos valores de forma das Reservas Biológicas federais quanto a classe, quantidade e porcentagem para o parâmetro MSI

Parâmetro MSI		
Classes	Quantidade	Porcentagem
0,81 - 1	22	70,97 %
0,61 - 0,80	6	19,36 %
0,41 - 0,60	2	6,45 %
0,21 - 0,40	0	-
0 - 0,20	1	3,22 %

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O parâmetro MSI mede a complexidade da forma, se o valor é igual a 1, não significa que a forma é necessariamente circular, e sim, menos complexa. No que se refere a este parâmetro, a REBIO que teve o valor igual a 1 foi a REBIO Marinha de Arvoredo. Seguindo a ordem de proximidade do índice 1, a REBIO de Saltinho já corresponde ao resultado, já que é uma das formas que mais tende a um círculo, seguida também da REBIO de Atol das Rocas e Lago Piratuba. De acordo com tal parâmetro, a forma menos ideal para um fragmento ou Unidade de Conservação é da REBIO das Araucárias. Foi o valor mais baixo do conjunto de dados. Outra REBIO que teve resultado preocupante quanto ao parâmetro MSI é a REBIO União.

No que se refere ao parâmetro MPFD, as REBIO se distribuíram entre as faixas de valores mostrados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Distribuição dos valores de forma das Reservas Biológicas federais quanto a classe, quantidade e porcentagem para o parâmetro MPFD

Parâmetro MPFD		
Classes	Quantidade	Porcentagem
0,81 - 1	11	35,49%
0,61 - 0,80	12	38,70%
0,41 - 0,60	3	9,68%
0,21 - 0,40	3	9,68%
0 - 0,20	2	6,45%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Analisando de forma isolada tal índice, as REBIO federais possuem uma distribuição quase igualitária nas porções acima do quartil de 0,60, indicando então que a maioria das REBIO possuem uma menor complexidade de forma.

Novamente, a REBIO das Araucárias mostra resultado preocupante com relação à sua forma, acompanhada da REBIO de Comboios. A primeira possui formato complexo, enquanto que a segunda possui formato linear e alongado. Tal complexidade leva em conta a quantidade de vértices que o polígono do limite possui.

Nesse caso, formatos quadrados, como da REBIO Marinha de Arvoredo, se enquadram como boa forma, mesmo que distante de um círculo. Ou seja, este índice tem outro método de análise de forma.

Para o parâmetro PARA, as REBIO compreenderam em sua maioria na classe de boa forma, ou seja, na porção mais próxima de 1. Mais precisamente, 93,56% das REBIO foram classificadas nessa classe. Apenas a REBIO de Comboios foi classificada na pior forma, com valor igual a 0. A tabela 3 a seguir mostra a distribuição das REBIO.

Tabela 3 - Distribuição dos valores de forma das Reservas Biológicas federais quanto a classe, quantidade e porcentagem para o parâmetro PARA

Parâmetro PARA		
Classes	Quantidade	Porcentagem
0,81 - 1	29	93,56%
0,61 - 0,80	1	3,22%
0,41 - 0,60	0	-
0,21 - 0,40	0	-
0 - 0,20	1	3,22%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Como o parâmetro PARA leva em consideração a razão entre o perímetro e área, a REBIO de Comboios ficou como a pior forma. Tal fato se deve ao seu formato alongado e linear.

Outra REBIO que ficou fora do quartil superior do parâmetro PARA, foi a REBIO do Tapirapé, que possui uma forma alongada, no entanto, menos estreita que a REBIO de Comboios. Um fato curioso, é que a REBIO de Santa Isabel, que possui características parecidas com ambas, não ficou classificada como ruim neste parâmetro.

Como mencionado, o parâmetro CIRCLE implica na distribuição de círculos circunscritos na área do fragmento ou UC, fornecendo informações sobre o alongamento de sua forma. Os resultados das REBIO tiveram as distribuições conforme a Tabela 4. Os mesmos apresentam um comportamento de distribuição mais uniforme, se comparado aos outros parâmetros.

Tabela 4 - Distribuição dos valores de forma das Reservas Biológicas federais quanto a classe, quantidade e porcentagem para o parâmetro CIRCLE

Parâmetro CIRCLE		
Classes	Quantidade	Porcentagem
0,81 - 1	3	9,68%
0,61 - 0,80	7	22,58%
0,41 -0,60	12	38,70
0,21 - 0,40	6	19,36
0 - 0,20	3	9,68%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

O melhor formato teve como exemplo a REBIO do Lago Piratuba, que visualmente possui um formato mais arredondado. O formato menos ideal foi da REBIO de Santa Isabel, que possui um formato linear e alongado, o que diminui a possibilidade de incluir círculos circunscritos em seu interior.

No que se diz respeito ao parâmetro SHAPE, que na forma matricial, compara os limites do fragmento ou UC com uma forma padrão, o quadrado, a REBIO Marinha de Arvoredo teve a melhor forma, já que por ser em mar, tem delimitações simples, formando um quadrado.

No entanto, A REBIO do Lago Piratuba possui a melhor forma, segundo este parâmetro, seguida pela REBIO Atol das Rocas, Pedra Talhada e Nascentes da Serra do Cachimbo, onde todas visualmente possuem um formato menos complexo. A Tabela 5 apresenta a distribuição destes valores.

Tabela 5 - Distribuição dos valores de forma das Reservas Biológicas federais quanto a classe, quantidade e porcentagem para o parâmetro SHAPE

Parâmetro SHAPE		
Classes	Quantidade	Porcentagem
0,81 - 1	22	70,97%
0,61 - 0,80	6	19,36%
0,41 -0,60	2	6,45%
0,21 - 0,40	0	-
0 - 0,20	1	3,22%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Neste sentido, fica evidente que exemplos como a REBIO das Araucárias, de Comboios e de Santa Isabel, são formatos que devem ser revistos e evitados no momento de delimitação de uma Unidade de Conservação, principalmente do grupo de Proteção Integral.

Discussão

A fragmentação possui diferentes efeitos em manchas de florestas ou, como no caso do trabalho, nas UC, pois afetam a distribuição e composição dos habitats. Um dos fatores é o aumento da proporção de borda da UC. Essa borda é influenciada com maior facilidade, além das características naturais, também pelas atividades antrópicas (LÖFFER *et al.*, 2002).

Como o efeito de borda é fortemente influenciado pela forma do fragmento, os resultados possibilitam verificar preliminarmente a situação das Reservas Biológicas federais quanto aos efeitos que as mesmas recebem do entorno. Os resultados encontrados sugerem que para cada parâmetro analisado, a delimitação das REBIO se comportou de diferentes formas.

Trazer uma discussão conjunta entre os parâmetros analisados, não seria o mais correto, pois Löffer *et al.* (2002) concordam que analisar apenas tamanho de área e fatores de isolamento não são suficientes para explicar completamente os efeitos da fragmentação. Neste sentido, abordar índices que utilizam de metodologias diferentes, não é o mais indicado para se elencar qual melhor delimitação de área. Por isso, é indicado analisar de forma particular, cada índice trabalhado na metodologia.

Com relação aos parâmetros MSI e MPFD, analisados de forma isolada, trazem uma perspectiva de que a maioria das REBIO apresentam formato regular, levando somente os mesmos em consideração. Tal resultado sugere que as REBIO correspondem ao que se espera de uma delimitação ideal para UC, refletindo numa maior área central livre de efeito de borda, o que proporciona um habitat favorável às espécies, exercendo papel importante na manutenção e conservação da biodiversidade (BISPO; MATOS; DE JESUS, 2022).

Os parâmetros PARA, SHAPE e CIRCLE, também demonstram que a maioria das REBIO possuem boa forma, exceto para aquelas que, já visivelmente, possuem forma alongada, linear ou muito irregular. Tal forma alongada, assim como a irregular, também implica na diminuição de habitats livres de transtornos dos arredores, onde estes são fundamentais para a manutenção das espécies (SILVA *et al.*, 2013).

Neste sentido, resultados encontrados sugerem que a maioria das REBIO federais possuem o formato adequado dentro das premissas da Biologia da Conservação, que preconiza que fragmentos com formato tendendo a um círculo possuem mais área central livre de borda, já que possuem um formato menos complexo, que implica na diminuição da profundidade do efeito de borda (LAURENCE, YENSEN, 1991; *et al.*, 2011; BISPO; MATOS; DE JESUS, 2022).

No entanto, para os casos das REBIO das Araucárias e União, os resultados se mostram preocupantes. Seus formatos mostram grande dependência de fatores que garantem o mínimo de impacto possível do entorno, no caso, das Zonas de Amortecimento. Suas delimitações resultam num formato que não facilita a diminuição do efeito de borda, já que o mesmo adentra muito a UC, facilitado pelo formato (BISPO; MATOS; DE JESUS, 2022; MORAES *et al.*, 2015), o que implica no aumento de temperatura e luminosidade, facilitando estabelecimento de espécies invasoras, o que acarreta competição por recursos (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

A vulnerabilidade do grau de exposição ao efeito de borda e seus efeitos foram destacados por Bispo, Matos e de Jesus (2022), em seu estudo, quando propuseram um grau de vulnerabilidade relativa, levando-se em conta o quão exposto à pressão da borda o fragmento estaria. Em seu trabalho, os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Catu possuíam, em sua maioria, alto grau de vulnerabilidade, devido ao tamanho, formato e posição geográfica, o que implica na perda de habitat livre de borda e, conseqüentemente, na sobrevivência de espécies sensíveis.

Moraes, Mello e Toppa (2015), concordam que fragmentos isolados são dependentes do tamanho e formas, já que estes influenciam na perda de habitat ocasionada pela alta razão de borda/área.

Tal dinâmica entre o efeito de borda e a diminuição do tamanho de habitats, juntamente com a importância do tamanho dos mesmos para manutenção de populações maiores foi discutida no trabalho de Bispo, Matos e de Jesus (2022), onde o mesmo chegou à conclusão de que habitats com áreas favoráveis comportam populações maiores. Resumidamente, formatos ruins, possuem habitats menores, o que influencia diretamente na distribuição de espécies.

Espécies mais sensíveis às condições do ambiente, e que se encontram perto da borda do fragmento, são altamente influenciadas pela forma. Mesmo que a perda de área não seja grande, suas implicações na funcionalidade dos ecossistemas já são consideráveis (BASTIAN *et al.*, 2002; BISPO; MATOS; DE JESUS, 2022).

A forma do fragmento tem influência nos processos do mesmo, como na migração de pequenos mamíferos, colonização de plantas e até no forrageamento dos animais. Por exemplo, várias espécies de aves são sensíveis a intrusões da paisagem circundante (McGARIGAL; MARKS, 1995). Numa rede de reservas, a conectividade funciona como ferramenta de reconexão de aspectos funcionais (BASTIAN *et al.*, 2002).

A forma da mancha tem diferentes efeitos na abundância de espécies. Por exemplo, o estudo de Yamaura *et al.* (2008) mostra que a circularização e tamanho das manchas tiveram diferentes efeitos nos grupos de borboletas, aves e plantas presentes no ambiente. Já o trabalho de Silva *et al.* (2013) conclui que quanto maior o habitat, mais chances de atender a espécies de grande porte.

As implicações entre as características do fragmento e a conservação de espécies vão desde mecanismos de dispersão e a capacidade de cruzar as barreiras de distribuição, até o tamanho da área, que influencia na diversidade de habitats, que são fatores cruciais para manutenção da biodiversidade (BASTIAN *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2013).

Neste sentido, um formato linear e alongado, como o das REBIO de Comboios e a REBIO de Santa Isabel, são formatos que devem ser evitados no momento de delimitação de uma Unidade de Conservação. Nesses casos, os limites da UC ficam sempre em contato com a área afetada pelo efeito de borda, o que reflete na conservação das espécies (McGARIGAL; MARKS, 1995).

As implicações na conservação das áreas destas UC são preocupantes. Pois a REBIO de Comboios faz parte de dois corredores ecológicos e foi criada para proteção de biomas da Mata Atlântica e de seus recursos florestais. A mesma é inserida em uma região com atividades agropecuárias e de especulação imobiliária (ICMBIO, 2018), o que acaba por aumentar a pressão externa.

Retomando o exemplo da REBIO de Araucárias, onde a mesma possui formato irregular, obtendo um dos piores resultados, sua situação se mostra preocupante, pois a UC foi criada com objetivos de proteção de remanescentes de Floresta Ombrófila Mista e Várzeas (BRASIL, 2006). Seu formato não é ideal justamente pelo grande grau de efeito de borda que a mesma apresenta, já que dentre os diversos efeitos no meio biofísico, se destaca também a facilidade de incidência de espécies invasoras, as quais podem inibir a regeneração de espécies nativas (SILVA; SOUZA, 2014). Outro efeito é a diminuição de área efetivamente protegida (HARRIS, 1988; MURCIA, 1995; RIES; SISK, 2004).

Os fragmentos com formato irregular, como os limites as REBIO das Araucárias, reduzem a área central livre de efeito de borda, dividindo em múltiplos núcleos, nos quais a abundância de espécies se torna menor (YAMAURA *et al.*, 2008; BISPO; MATOS; DE JESUS, 2022). Silva e Souza (2014), em seu estudo na Floresta Nacional do Ibura, também chegaram ao consenso de que o

fragmento da UC, que possuía forma linear e alongada, é a forma menos recomendada para a conservação da biodiversidade.

A forma da mancha define a composição e distribuição das espécies no seu interior. Formas tendendo a círculos perfeitos têm maior relação de espécies no interior do que aqueles fragmentos com forma irregular, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda, principalmente para áreas pequenas (McGARIGAL, MARKS, 1995; SILVA, SOUZA, 2014).

Dessa maneira, é importante destacar que o tamanho e forma do fragmento estão intimamente ligados. Quanto menor e mais alongado o fragmento, maior será o efeito de borda. Dessa forma, mesmo com formato irregular, quanto maior o fragmento ou UC, menor será o efeito de borda (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Yamaura *et al.* (2008), chegaram à conclusão de que a ampliação de uma área para a conservação pode ser mais importante do que a circularização da mesma. No entanto, algumas espécies são mais abundantes em áreas circulares, principalmente de borboletas identificadas em seu estudo. As espécies do interior da área tendem ser de grande preocupação para conservação, por isso, os autores chegaram à conclusão de que as áreas para conservação, ou no caso do trabalho as UC, precisam ser grandes e circulares.

Silva e Souza (2014), também concordam que avaliar a forma dos fragmentos, aliado ao tamanho dos mesmos, é de suma importância para o desenvolvimento de estratégias de conservação, pois a depender destes fatores, aumenta a tendência de perda da área central, que é vital para a manutenção da biodiversidade.

Neste sentido, se faz necessário a coerente delimitação de uma UC, promovendo formatos mais regulares, e também a avaliação da Zona de Amortecimento. Os resultados revelam a dependência das UC pelas Zonas de Amortecimento. Tais zonas visam atenuar formas complexas de modo a diminuir o efeito de borda, já que são cruciais na manutenção da biodiversidade, implicando na qualidade do fragmento, reduzindo as invasões humanas e de espécies exóticas (TAMBOSI, 2008).

A necessidade de ZA no entorno das UC, em especial as de Proteção Integral, também foi considerada por Beiroz (2015), quando o mesmo avaliou a demanda de ZA em UC. O autor concluiu que as ZA são indispensáveis para as UC, devido aos conflitos territoriais, fundiários e de uso do solo existentes em tais áreas.

Apesar de a legislação exigir a criação das ZA na maioria das categorias, poucas unidades de Conservação possuem tais áreas. Tal fator se deve, além da falta de trabalhos com modelos de criação, também por se tratar de uma ferramenta e conceito mais recente do que a criação de UC no Brasil (TAMBOSI, 2008).

Tambosi (2008), utilizou tal discussão para fornecer um diagnóstico da paisagem na qual estão inseridas três UC. Tal medida teve propósito de auxiliar os gestores durante o processo de delimitação, regulamentação e elaboração de programas de recuperação da ZA. A implantação do trabalho forneceu o diagnóstico sobre a situação das áreas de entorno das UC e a indicação de fragmentos chave na conservação do local.

Beiroz (2015), menciona que os fatores que exercem pressão nas Unidades de Conservação dificultam o manejo e o alcance dos objetivos das mesmas, visto que causa mudanças nas interações das espécies, abundância, distribuição, entre outros processos ecológicos (MURCIA, 1995; KNÖRR; GOTTSBERGER, 2012).

Dessa maneira, do ponto de vista da Ecologia da Paisagem, em acordo com os princípios da Biologia da Conservação, as Reservas Biológicas federais brasileiras possuem emergente dependência de suas Zonas de Amortecimento, devido sua fragilidade apresentada no que se diz

respeito à forma. Os Planos de Manejo e o entorno das UC, precisam estar interligados com os objetivos da categoria de UC, para efetiva proteção dos atributos da mesma (SILVA; SOUZA, 2014).

Considerações finais

A concepção de uma Unidade de Conservação, vai desde a percepção da necessidade de criação da mesma, até a elaboração e aplicação de seu Plano de Manejo. A responsabilidade técnica e científica no momento de definir objetivos, modo de administração, possíveis usos e os limites da UC são fatores primordiais e determinantes na qualidade da mesma.

O trabalho apresentou uma forma preliminar de avaliar a efetividade da Reservas Biológicas quanto à forma. Tal iniciativa abre oportunidade de aprofundar discussões e chamar a atenção para outras categorias de UC, auxiliando na avaliação daquelas que não possuam formato ideal para a conservação da biodiversidade e seus atributos.

Também se vislumbra a possibilidade de aumentar a utilização de recursos de métricas de paisagem para avaliação de Unidades de Conservação. Os estudos neste sentido ainda são focados em fragmentação florestal dentro de UC.

A metodologia apresentada pode servir de triagem para programas de avaliação de UC, que em primeiro momento tem a finalidade de avaliar fatores espaciais. Após esse primeiro momento, é indicado também conciliar a avaliação de forma juntamente com outros fatores, como tamanho, proximidade com outras UC, diferenças entre condições topográficas, entre outros.

Se torna necessário que futuros estudos sejam replicados a outras áreas. As métricas apontam a interdependência entre as mesmas, o que enriqueceria estudos futuros na mesma temática.

Tal iniciativa de avaliação também auxilia na tomada de decisões quanto à UC, principalmente no que se refere à gestão e delimitação de Zonas de Amortecimento. É evidente a influência que o entorno tem sobre os fragmentos e, no caso do trabalho, das UC.

A análise levando-se em conta somente o fator de forma, não é o suficiente para concluir que uma UC está ou não isolada de fatores do entorno, mas é um ponto de entrada para voltarmos os olhos para determinada área e avaliar mais profundamente a mesma.

Referências

- BASTIAN, O., BEIERKUHNLEIN C., KLINK H.J., LÖFFLER J., STEINHARDT U., VOLK M., WILMKING M. (2002) Landscape structures and processes. In: In: BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. (ed.). *Development and perspectives of landscape ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- BEIROZ, H. (2015) Zonas de amortecimento de áreas protegidas em áreas urbanas sob a ótica do território: reflexões, demandas e desafios. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [online], v. 35, p. 275-286.
- BENSUSAN, N. (2006). *Conservação da biodiversidade em áreas protegidas*. Rio de Janeiro: FGV Editora, 176 p.
- BISPO, A. L. S.; MATOS, M. R. B.; DE JESUS, E. N. (2022) Análise da fragmentação florestal da bacia hidrográfica do Rio Catu, Estado da Bahia-Brasil. *Revista Equador*, v. 11, n. 1, p. 1-18.
- BRASIL. Decreto s/n, de 23 de março de 2006. *Cria a Reserva Biológica das Araucárias, no Estado do Paraná, e dá outras providências*. Brasília, DF, 2006.
- 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] República Federativa do Brasil, Brasília, 19 jul, 2000. Seção 1, DF.
- DE AGUIAR, P. C. B.; MOREAU, A. M. S. dos S.; FONTES, E. de O. (2012) Áreas naturais protegidas: um breve histórico do surgimento dos parques nacionais e das reservas extrativistas. *Revista Geográfica de América Central*, Heredia, v. 1, n. 50, p. 195-213.
- DE JESUS, J. B., GAMA, D. C., NASCIMENTO JÚNIOR, J. M. do, FERNANDES, M. R. de M., FERNANDES, M. M. (2019) Fragmentação florestal em região semiárida no Nordeste do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 39, p. 1-10.
- ETTO, T. L., LONGO, M., ARRUDA, D. da R., INVENIONI, R. (2013) Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras - Campinas - SP. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1063-1071.
- FLOWERS, B.; HUANG, K. T.; ALDANA, G. O. (2020) Analysis of the habitat fragmentation of ecosystems in Belize using landscape metrics. *Sustainability*, v. 12, n. 7, p. 3024.
- FRANÇA, L. C. de J., MENEZES, E. S., DA SILVA, M. D., MUCIDA, D. P. (2020) Análise estatística espacial de métricas da paisagem utilizando o Patch Analyst. In:
- FELSEMBURGH, C. A. (Org.) *A produção do conhecimento na engenharia florestal*. Ponta Grossa, Atena, p. 1–13.
- HARPER, K. A., MACDONALD, E., BURTON, P. J., CHEN, J., BROSOFSKE, K. D., SAUNDERS, C. S., EUSKIRCHEN, E. S., ROBERTS, D., JAITEH, M. S., ESSEN, P. (2005) Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation biology*, v. 19, n. 3, p. 768-782.
- HARRIS, L. D. (1988) Edge effects and conservation of biotic diversity. *Conservation Biology*, v. 2, n. 4, p. 330-332.
- JUVANHOL, R. S., FIEDLER, N. C., DOS SANTOS, A. R., PIROVANI, D. B., LOUZADA, F. L. R. de O., DIAS, H. M., TEBALDI, A. L. C. (2011) Análise espacial de fragmentos florestais: caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 353-364.
- KNÖRR, U. C.; GOTTSBERGER, G. (2012) Differences in seed rain composition in small and large fragments in the northeast Brazilian Atlantic Forest. *Plant Biology*, v. 14, p. 811-819.
- LAURANCE, W. F.; YENSEN, E. (1991) Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological conservation*, v. 55, n. 1, p. 77-92.
- LOCH, C. REBOLLAR, P. B. M., ROSENFELDT, Y. A. Z., RAITZ, C. S., OLIVEIRA, M. O. (2012) Definição de áreas para formação de corredores ecológicos através da integração de dados em um Sistema de Informação Geográfica. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65, n. 3, p. 455-465.

- LÖFFLER, J. STEINHARDT, U., VOLK, M., WALZ, U. (2002) Landscape investigation methods/tools. In: BASTIAN, O.; STEINHARDT, U. (ed.). *Development and perspectives of landscape ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McGARIGAL, K.; MARKS, B. J. (1995) *Fragstats*: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.
- McGARIGAL, K. (2015) *FRAGSTATS help*. University of Massachusetts: Amherst, MA, USA, 182 p.
- MEDEIROS, R., YOUNG, C. E. F., PAVESE, H. B., ARAÚJO, F. F. S. (2011) *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional: Sumário Executivo*. Brasília: UNEP-WCMC, 44p.
- MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. (2015) Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 39, p. 1-8.
- MORAES, M. E. B., PIMENTA, F. de S., DE SANTANA, L. B., MENDES, I. B. (2015) Análise Métrica da Paisagem na Microbacia do Rio Água Preta do Mocambo, Uruçuca, Sul da Bahia. *REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA*. Fortaleza, v. 9, n. 1, nov.
- MURCIA, C. (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, v. 10, n. 2, p. 58-62.
- PAUDEL, S.; YUAN, F. (2012) Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 16, p. 66-76.
- PRATES, A. P. L.; IRVING M. de A. (2015) Conservação da biodiversidade e políticas públicas para as áreas protegidas no Brasil: desafios e tendências da origem da CDB às metas de Aichi. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, v. 5, n. 1, p. 27-57.
- PRIMACK R. B.; RODRIGUES E. (2001) *Biologia da Conservação*. Londrina: Planta. 327 p.
- RIES, L.; SISK, T. D. (2004) A predictive model of edge effects. *Ecology*, v. 85, n. 11, p. 2917-2926.
- SAITO, N. S., MOREIRA, M. A., DOS SANTOS, A. R., EUGENIO, F. C., FIGUEIREDO, A. C. (2016) Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 201-210.
- SILVA, A. C. da C., PRATA, A. P. do N., SOUTO, L. S., DE MELLO, A. A. (2013) Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na Caatinga, em Sergipe. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, p. 479-490.
- SILVA, A. L. da, LONGO, R. M., BRESSANE, A., DE CARVALHO, M. F. H. (2019) Classificação de fragmentos florestais urbanos com base em métricas da paisagem. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1254-1269.
- SILVA, F. M.; SILVA, M. D. da. (2017) Análise do estado de decomposição e fragmentação da paisagem costeira (abordagem geográfica) do Rio Grande do Sul - Brasil. *Geographia Meridionalis*, v. 3, n. 3, p. 321-348.
- SILVA, M. do S. F.; SOUZA, R. M. (2014) Padrões espaciais de fragmentação florestal na FLONA do Ibura–Sergipe. *Mercator*, Fortaleza, v. 13, p. 121-137.
- TAMBOSI, L. R. (2008) *Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para a criação da zona de amortecimento*. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANTOS, A. R. dos. (2020) Identificação de Fragmentos Florestais Potenciais para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 02, p. 595-612.
- VARELA, M. C.; CARVALHO, R. G. (2009) Viabilidade ambiental para a criação de Unidades de Conservação na Ilha da Coroa, Mossoró-RN. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 21, p. 7-21.
- YAMAURA, Y., KAWAHARA, T., IIDA, S., OZAKI, K. (2008) Relative importance of the area and shape of patches to the diversity of multiple taxa. *Conservation Biology*, v. 22, n. 6, p. 1513-1522.