

ANÁLISE DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS PARA A SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS  
PARA CONSERVAÇÃO

*Analysis of forest fragments for the selection of priority areas for conservation*

Mayara De Oliveira Carrion<sup>1</sup>, Rogério Hartung Toppa<sup>2</sup>, Fernando ShinjiKawakubo<sup>3</sup>, Rúbia Gomes Morato<sup>4</sup> e Marcos Roberto Martines<sup>5</sup>

**Palavras-chave:**

Biogeografia; Ecologia da Paisagem; Fragmentação Florestal; Métricas da Paisagem; Análise Espacial; Conservação.

**Keywords:**

Biogeography;  
Landscape Ecology;  
Forest Fragmentation;  
Landscape Metrics;  
Spatial Analysis;  
Conservation

**Resumo:** A fragmentação da Mata Atlântica representa uma ameaça à biodiversidade característica desse bioma. A Ecologia da Paisagem, com auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica e do Sensoriamento Remoto, utiliza dados espaciais para caracterizar as condições atuais dos fragmentos florestais através de medidas que quantificam e avaliam a paisagem. Este estudo analisa os remanescentes de Mata Atlântica do município de Indaiatuba-SP utilizando as métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo para a geração de um indicador de prioridade para conservação como forma de subsidiar o processo de tomada de decisão referente ao planejamento territorial e à adoção de medidas conservacionistas. Foram mapeados 887 fragmentos, que correspondem a 10,56% do território estudado. As métricas computadas evidenciaram que 85,46% dos fragmentos possuem até 5 ha, que não há área núcleo em 51,41% dos remanescentes e que 72,83% dos remanescentes estão localizadas até 39 metros de outra mancha. O indicador de prioridade apontou três fragmentos com muito alta relevância para conservação. Os resultados obtidos evidenciam um alto nível de fragmentação e uma baixa cobertura florestal na maioria das sub-bacias do município, reforçando a necessidade de que o conjunto dos remanescentes seja alvo de ações de planejamento ambiental e restauração.

**Abstract:** The fragmentation of the Atlantic Forest represents a threat to the biodiversity characteristic of this biome. Biogeography uses spatial data to characterize the current conditions of forest fragments through measures that quantify and evaluate the landscape. This study analyzes the remnants of the municipality of Indaiatuba-SP using the metrics of area, core area and distance to the nearest neighbor, to generate a priority indicator for conservation as a way to support the decision-making process regarding planning and adoption of conservation measures. 887 fragments were mapped, which corresponds to 10.56% of the territory studied. The metrics showed that 85.46% of the fragments have up to 5 ha, in addition to the absence of a core area in 51.41% of the remnants, while 72.83% are within 39 meters of another patch. The priority indicator pointed to three fragments of very high relevance for conservation. The results obtained show a high level of fragmentation and a low forest cover in most of the municipality's sub-basins, reinforcing the need for the set of remnants to be the target of environmental planning actions.

<sup>1</sup>Graduação em Geografia, Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades, mayaracarrion@estudante.ufscar.br

<sup>2</sup>Doutor, Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade, toppa@ufscar.br

<sup>3</sup>Doutor, Universidade de São Paulo – Departamento de Geografia, fsk@usp.br

<sup>4</sup>Titulação – Doutor, Universidade de São Paulo – Departamento de Geografia, rubiagm@usp.br

<sup>5</sup>Doutor, Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades, mmartines@ufscar.br

## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um bioma caracterizado pelas suas grandes extensões latitudinal, altitudinal e longitudinal, atributos que a conferem uma significativa variedade de fitofisionomias, elevada riqueza de espécies e alto grau de endemismo (MUYLEAERT et al., 2018). Desta forma, pelo que representa em termos de biodiversidade e também pelos impactos sucessivos decorrentes das ações antrópicas sobre o meio, a Mata Atlântica foi apontada como um dos *hotspots* mundiais, o que a coloca como uma das regiões prioritárias para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (PINTO, et al., 2006).

Tendo o interesse econômico pelos seus recursos iniciado logo no período da colonização, a Mata Atlântica passou por diferentes ciclos de exploração que culminaram na devastação da maior parte de sua área florestal original, estimada em 1.350.000 km<sup>2</sup> de extensão, hoje restando apenas entre 11,4% a 16% desse total (RIBEIRO et al. 2009). As causas responsáveis por esta devastação são o desmatamento para fins de usos agropecuários, de plantações florestais e expansão urbana; neste bioma encontram-se os maiores núcleos urbanos e industriais do Brasil, que abrigam cerca 60% da população brasileira (PINTO et al., 2006).

Uma das principais consequências dessa destruição que tem se acelerado nas últimas três décadas é a fragmentação de habitats ou formação de “ilhas” de habitats remanescentes, o que consiste na divisão de uma área grande e contínua em dois ou mais fragmentos isolados (PRIMACK e RODRIGUES, 2001). A Mata Atlântica encontra-se, portanto, reduzida a um mosaico de pequenos fragmentos florestais em meio a matriz de culturas agrícolas, pastagens e áreas urbanizadas, apresentando até mesmo nas regiões mais conservadas a predominância de remanescentes com menos de 100 hectares (PINTO et al., 2006). O estudo de Ribeiro et al. (2009) que analisou os padrões de fragmentação dos remanescentes florestais do bioma aponta ainda que 80% de seus fragmentos florestais possuem áreas menores que 50 hectares.

Pela possibilidade de impacto na quantidade e na qualidade do habitat disponível e na sobrevivência de espécies (PINTO et al., 2006), a fragmentação florestal tem sido estudada no âmbito da Ecologia da Paisagem. Esta abordagem utiliza Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto para compreender e caracterizar as condições atuais, o desenvolvimento e a mudança temporal dos fragmentos florestais (SANTOS et al., 2017); assim, ela permite desenvolver estratégias de manejo, conservação e planejamento da paisagem.

Dentro da Ecologia da Paisagem, as métricas como tamanho, forma, área-núcleo e proximidade entre os remanescentes florestais ou de outros tipos de vegetação original, são usados para quantificar a fragmentação de uma paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009). Esta abordagem auxilia nas tomadas de decisão e no planejamento de medidas conservacionistas, como, por exemplo, para a identificação de áreas prioritárias para a conservação e a implementação de corredores ecológicos (TEIXEIRA et al., 2018; SANTOS et al., 2017; PEREIRA et al., 2019).

O Estado de São Paulo concentra atualmente 16,4% dos remanescentes de Mata Atlântica (INPE, 2023). Além do grande contingente populacional que abriga, as modificações no uso e ocupação da terra atreladas ao desenvolvimento econômico das suas diferentes regiões complexificam o quadro da fragmentação florestal no território estadual. Nesse contexto, considerando a área da Macrometrópole Paulista, a Região Metropolitana de Campinas (RMC) é a que apresenta a menor porcentagem de vegetação nativa, com 10,2% (IKEMATSU, 2022). Localizado na RMC, Indaiatuba se destaca quando analisados os índices de desenvolvimento socioeconômicos dos municípios paulistas de maior porte (FERRAZ et al., 2023). Entretanto, um estudo realizado por Gomes e Vitte (2017) aponta uma paisagem bastante degradada nesta localidade.

Segundo o Plano Municipal de Conservação e Restauração da Mata Atlântica de Indaiatuba (INDAIATUBA, 2018), o município contava, no período de 2015 a 2016, com apenas 5% de sua área total

recoberta por remanescentes deste bioma, total dividido entre 50 fragmentos florestais. Apesar de o estudo mapear e quantificar esses remanescentes, a abordagem não envolveu a análise dos fragmentos florestais por meio da utilização de métricas da paisagem.

Diante do exposto, esta pesquisa avaliou a fragmentação florestal no município de Indaiatuba-SP, através do mapeamento e da caracterização dos remanescentes por meio de métricas da paisagem, de forma a subsidiar estratégias conservacionistas, como a seleção de áreas prioritárias para conservação.

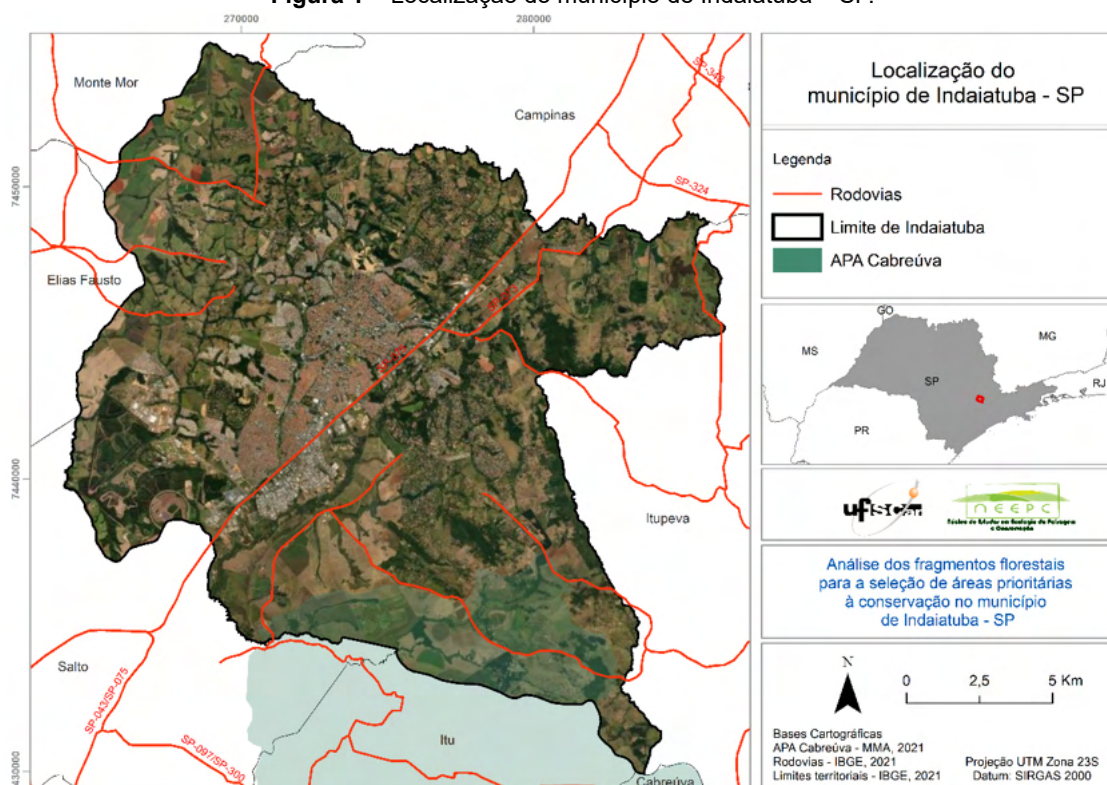
## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O município de Indaiatuba está localizado no interior do estado de São Paulo, à noroeste da capital do estado, e integra a Região Metropolitana de Campinas (Figura 1). De acordo com o IBGE, Indaiatuba possui uma área territorial de 311.545 km<sup>2</sup>. Desse total 24,05% correspondem à mancha urbana (MapBiomias, 2020).

Uma parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Cabreúva representa, sobretudo ao sul e sudoeste, um outro importante tipo de ocupação da terra, equivalendo a 13% do território do município. Esta Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCUS) tem como objetivo proteger um grande remanescente do bioma Mata Atlântica do interior de São Paulo, representado pelo maciço montanhoso da Serra do Japi. A APA foi criada em 1984 e, no ano de 2006, foram incorporadas aos seus limites partes dos municípios de Indaiatuba, Salto e Itu, totalizando uma área de 37.197 hectares (SILVA, 2011). Indaiatuba, junto com os outros dois municípios, compõe a Zona de Conservação Hídrica da UC, estabelecida para proteger a qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais utilizados para o abastecimento público (SÃO PAULO, 1998).

Figura 1 – Localização do município de Indaiatuba – SP.



## 2.2 Base de dados utilizadas

A macha urbana do município de Indaiatuba e os Limites de APA Cabreúva foram dados espaciais de fontes secundárias, sendo que a mancha urbana foi obtida diretamente na Plataforma MapBiomas, para o ano de 2020 (MapBiomas, 2020). Essa plataforma disponibiliza dados de Cobertura Vegetal e Usos do Terra do Brasil derivados de imagens da série Landsat a partir do ano de 1985. Os limites da APA de Cabreúva foram obtidos diretamente no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022).

De acordo com Santos (2004), a bacia hidrográfica é universalmente adotada como unidade de planejamento por configura-se como um limite nítido para a ordenação territorial, onde os recursos naturais se integram e são facilmente interpretados. Portanto, adotou-se as sub-bacias como unidade espacial de análise intra-municipal. O procedimento para a obtenção das sub-bacias em ambiente SIG baseou-se nas orientações descritas em Toppa et al. (2017). O processamento foi iniciado a partir da entrada do Modelo Numérico de Terreno (MNT) gerado a partir da imagem do Satélite ALOS de 12,5 metros de resolução espacial. Após o processamento automatizado, foi realizado um ajuste manual das feições poligonais geradas a partir da interpretação do MNT e da hidrografia vetorizada disponibilizada pelo IBGE (2010). Com isso, obteve-se a definição de 17 sub-bacias.

## 2.3 Processamento de dados

### 2.3.1 Mapeamento dos fragmentos florestais

O mapeamento dos fragmentos florestais foi realizado manualmente por meio da foteointerpretação e vetorização em tela de feições poligonais de imagens orbitais de alta resolução espacial disponibilizadas pela plataforma *Bing Maps Imagery*. Trata-se de um serviço online oferecido pela Microsoft que fornece mapas interativos e recursos de localização e imagens satélites em mosaicos (LESIV, 2018).

Assim, foram utilizados os mosaicos das imagens do satélite GEOEYE com resolução espacial multispectral 2,0 metros nas bandas do Azul, Verde, Vermelho (RGB). Nesta pesquisa foram utilizados os mosaicos dos meses de junho e julho de 2022 (ADMIM, 2020).

Para a interpretação dos fragmentos foram seguidos os critérios de forma, tamanho, padrões de arranjo espacial, tonalidade, textura e a localização (TEMBA, 2000), a fim de distinguir manchas de floresta nativa de outras tipologias de coberturas vegetal e usos da terra.

As manchas de florestas foram delimitadas em formato de vetor em escala 1:3.000, e foram conceituadas como o conjunto de estrutura florestal de vegetação nativa em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento (IBGE, 2013), ou seja, foram considerados na interpretação visual todos os fragmentos florestais de diversas formas, tamanhos e áreas que apresentavam estrutura vegetal arbórea rugosa, adensados, com tonalidade verde. Considerou-se ainda o padrão de contexto com as outras tipologias de usos do entorno.

### **2.3.2 Aplicação de métricas para a quantificação da paisagem**

Após o mapeamento dos remanescentes que resultaram, portanto, em vários polígonos gerados, onde cada polígono representa um fragmento florestal, foi realizada a análise dos remanescentes utilizando a extensão V-LATE 2.0 (*Vector-based Landscape Analysis Tools*) no software ArcGIS versão 10.3.1, que estimou as métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo. A partir destas estimativas, foram gerados mapas coropléticos com cinco classes temáticas. A amplitude de cada classe temática foi definida a partir do método estatístico de classificação *Natural Breaks Optimization* (Jenks, 1963), o qual procura as grandes lacunas no universo dos dados, ou as pausas naturais buscando maximizar a variância entre os dados aferidos e minimizar as diferenças dentro de cada classe temática.

A seleção da métrica de área explica-se por esta ser considerada a medida da estrutura da paisagem mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (METZGER, 1999), além de ser o elemento central da teoria da Biogeografia de Ilhas, proposta por MacArthur e Wilson em 1967. É também a métrica mais próxima e difundida e a que tem influência direta ou indireta sobre outras, dando-se pela soma de todas as áreas de manchas de uma determinada classe numa paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

A métrica de área núcleo, por sua vez, é compreendida como uma medida de qualidade do habitat (VIDOLIN et al., 2011). Esta medida calcula os espaços internos dos fragmentos florestais onde predominam outras condições bióticas ou abióticas, uma vez que estes não sofrem a influência do efeito de borda. Para isso, é necessário o estabelecimento de uma área de amortecimento ou buffer negativo direcionado para dentro do fragmento, o que corresponde à largura do efeito de borda (ZENG & WU, 2005). Os setores de borda apresentam potenciais perturbações mais evidentes nos primeiros 35 m para a estrutura da vegetação (PRIMACK e RODRIGUES, 2001). Assim, foi definida uma largura de borda de 35 m para cada fragmento, para obtenção da área em metros quadrados da métrica. Quanto maior for a área núcleo do fragmento, maior será a sua importância na seleção das manchas de interesse.

A distância desempenha um importante papel no alcance de habitats, o qual é decisivo para a sobrevivência de metapopulações (LANG e BLASCHKE, 2009). A métrica de distância ao vizinho mais próximo (*Nearest neighbor distance – Nndist*), portanto, é a medida de proximidade que calcula a distância euclidiana entre uma mancha a outra mancha mais próxima da mesma classe, nesse caso, os fragmentos florestais. Quanto menor o valor atribuído a um fragmento florestal a partir do cálculo, maior é a sua importância na análise (CARDILLE & TURNER, 2017). Por meio da aplicação dessa métrica, é possível localizar os fragmentos que se encontram mais distantes, além de identificar o fragmento

vizinho mais próximo a cada remanescente mapeado.

### 2.3.3 Indicador de prioridade para a conservação

Para a seleção de áreas de interesse à conservação, foi necessário utilizar um indicador sintético de fragmentos a partir das métricas acima mencionadas. Como forma de tornar os critérios adotados comparáveis e possíveis de efetuar combinações, foi realizada a normalização das variáveis em um mesmo intervalo numérico entre 0 (zero) e 1 (um). Para as métricas de área e área núcleo, cuja interpretação considera melhores os maiores valores apresentados, a normalização deu-se a partir da expressão eq. (1):

$$\text{Índice}_i = \frac{(v_i - V_{\min})}{V_{\max} - V_{\min}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:  $v_i$  = Valor da variável;  $V_{\min}$  = Valor mínimo da variável;  $V_{\max}$  = Valor máximo da variável;

A normalização da métrica de distância ao vizinho mais próximo, por sua vez, deu-se por meio de uma fórmula que considerou os menores valores como sendo aqueles de maior importância para a análise em questão, expressa pela eq. (2):

$$\text{Índice}_i = \frac{(v_i - V_{\max})}{V_{\min} - V_{\max}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:  $v_i$  = Valor da variável;  $V_{\max}$  = Valor máximo da variável;  $V_{\min}$  = Valor mínimo da variável;

A obtenção do indicador de prioridade dos fragmentos deu-se a partir da eq. (3)

$$I_{\text{FRAG}} = \sum_{i=1}^3 (V_i) \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:  $I_{\text{FRAG}}$  = valor sintético do indicador por fragmento;  $V_{(i)}$  = valor do critério<sub>(i)</sub> normalizado.

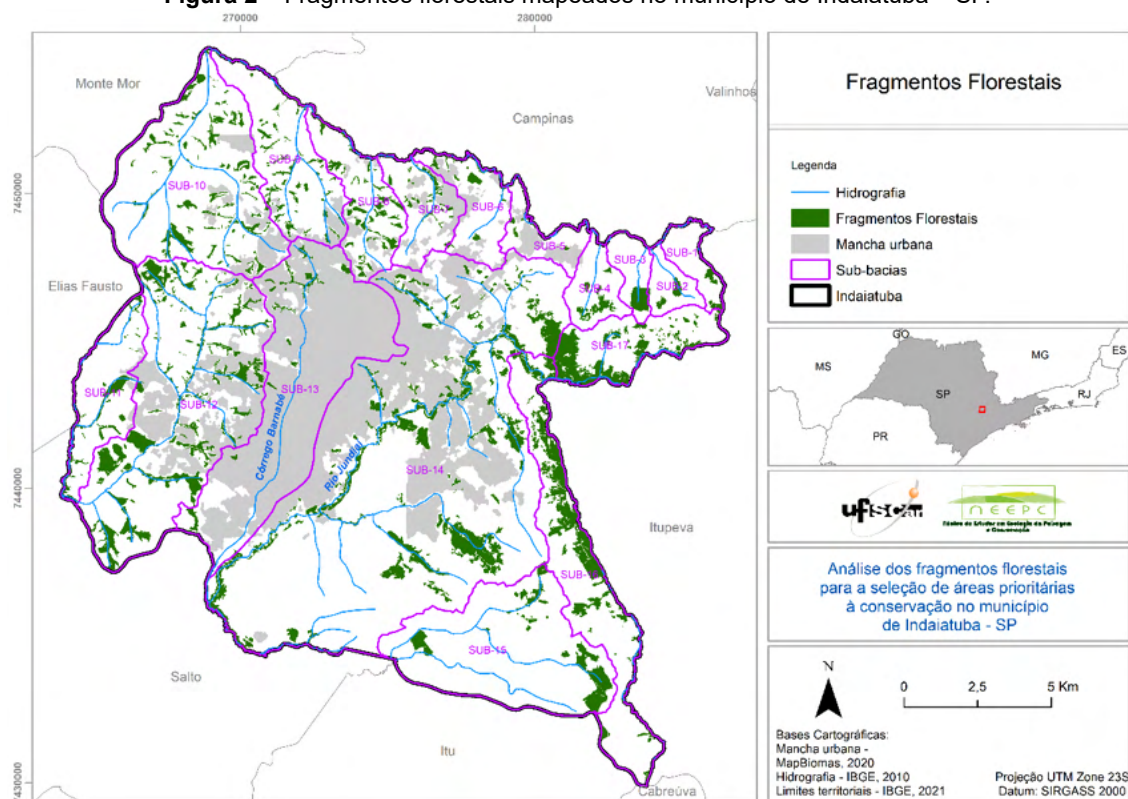
Por fim, após o cálculo do indicador de prioridade, os valores obtidos para cada fragmento foram agrupados em classes, seguindo o método de classificação de Jenks (1963), que resultou na ordenação dos fragmentos em cinco classes de interesse: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta relevância.

Cabe ressaltar que a classificação dos fragmentos em ordem de prioridade neste trabalho foi realizada a partir da soma das métricas de área, área núcleo e distância ao vizinho mais próximo. Os fragmentos que obtiveram os maiores valores quando analisados o conjunto das três métricas selecionadas foram, portanto, aqui considerados como de maior relevância para a conservação.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo, foram mapeados 887 fragmentos florestais, totalizando 3.288,69 ha de cobertura florestal (Figura 2). Este valor corresponde a aproximadamente 10,56% da área total de Indaiatuba. Embora essa porcentagem represente o dobro da cobertura florestal de 1.557,7 ha (5%) mapeada pelo Plano Municipal de Conservação e Restauração da Mata Atlântica (INDAIATUBA, 2018), ela é menor que os resultados obtidos por Silva et al. (2021) em outros municípios da RMC, como Campinas (12,51%), Valinhos (20,08%) e Vinhedo (24,28%).

Figura 2 – Fragmentos florestais mapeados no município de Indaiatuba – SP.



A sub-bacia 17 apresentou o maior percentual de cobertura florestal (28,79%), seguida das sub-bacias 16 (21,98%) e 12 (14,99%) (Tabela 1). Já as sub-bacias 1, 5 e 13 são as que apresentam os menores percentuais de cobertura florestal (Tabela 1), representando, respectivamente, 0,63%, 0,35% e 2,21% do total de cobertura florestal do município. Destaca-se que os dois menores percentuais de cobertura florestal dentro da área das sub-bacias são verificados nas sub-bacias 5 (2,88%) e 13 (2,24%) e são justificados pelo fato destas apresentarem a maior parte de suas áreas ocupadas pela mancha urbana (Figura 3).

Tabela 1 - Descrição das sub-bacias de Indaiatuba quanto à cobertura florestal.

Sub-bacia	Área total (ha)	Nº de . Fragmentos	Área dos fragmentos (ha)	Cobertura Florestal (%)
1	312,12	3	20,92	6,7
2	273,09	5	24,68	9,37
3	304,35	2	44,49	14,61
4	430,71	10	44,53	10,34
5	405,02	10	11,69	2,88
6	656,52	18	45,7	6,96
7	653,91	36	45,42	6,94
8	878,06	46	122,58	13,96
9	1311,33	70	109,85	8,37
10	2874,24	109	242,38	8,43
11	968,99	36	88,76	9,16
12	3956,37	150	593,41	14,99
13	3226,62	30	72,43	2,24
14	9649,33	233	<b>941,58</b>	9,75





105,86 - 256,44	256,44	7,8	1	0,11
<b>Total</b>	3.288,69		887	

Dessa maneira, a predominância de fragmentos de até 5 ha permite que se estabeleça um paralelo com o que foi observado por Mello (2021) em Araçoiaba da Serra - SP, onde as manchas menores que 5 ha correspondem a 88,30% do total de fragmentos. Em termos de análise da paisagem, um elevado número de fragmentos de área reduzida indica um alto grau de fragmentação, o que pode ter efeitos sob a diversidade biológica, uma vez que grandes áreas fornecem grandes vantagens a indivíduos e espécies a longo prazo (FORMAN, 1995), pois abrigam populações maiores e possuem maior variedade de habitats, além de estarem menos sujeitas aos efeitos de borda (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Outro importante indicador métrico da paisagem capaz de avaliar o efeito da fragmentação e inferir sobre a suscetibilidade das manchas aos efeitos de borda é a medida de área núcleo, que corresponde a quantificação dos espaços internos do habitat ecologicamente efetivos (LANG e BLASCHKE, 2009). Em Indaiatuba, foram encontradas 1.211 áreas núcleo, totalizando 1.079,90 hectares, valor que corresponde a 32,86% da cobertura florestal do município. Dos 887 fragmentos mapeados, 51,41% não apresentaram área núcleo em relação a uma distância da borda de 35 metros (Tabela 3), enquanto 18,49% possuem mais de uma área núcleo.

Com relação ao tamanho, a área núcleo nos fragmentos variou de 0,01 a 169,36 ha, sendo o maior valor encontrado (169,36 ha) correspondente a soma das áreas núcleo do maior remanescente do município (Tabela 3). A classe que apresenta maior porcentagem de fragmentos é a que compreende o intervalo entre o menor valor de área núcleo até 14,67 ha, com 46,56%. Através da frequência das classes é possível observar que apenas 3 fragmentos estão entre os maiores valores de área núcleo.

**Tabela 3** - Classificação das áreas núcleo do município de Indaiatuba.

<b>Classes de área núcleo (ha)</b>	<b>Qt. Fragmentos Florestais</b>	<b>%</b>	<b>% cumulativo</b>
Sem área-núcleo	456	51,41	51,41
0,01 - 14,67	413	46,56	97,97
14,68 - 36,47	15	1,69	99,69
36,48 - 70,40	2	0,23	99,89
70,41 - 169,36	1	0,11	100,00
<b>Total</b>	887	100,00	100,00

Assim, as elevadas porcentagens de remanescentes que não apresentaram área núcleo (51,41%) e daqueles que se encontram no intervalo com os menores tamanhos dessa métrica (46,56%) indicam que a maioria dos fragmentos florestais do município possui baixa integridade ecológica e pode estar sofrendo sobre toda a sua área forte influência de potenciais perturbações comuns aos microambientes da borda, tais como aumento nos níveis de luz, temperatura, umidade e vento (PRIMACK e RODRIGUES, 2001), o que implica diretamente na abundância e na distribuição das espécies (MURCIA, 1995).

O cálculo da distância ao vizinho mais próximo, demonstrou que 72,83% dos fragmentos estão próximos em até 39 m a outro remanescente. Os 0,68% mais distantes estão a uma distância acima de 575 m ao seu vizinho mais próximo, sendo a distância euclidiana entre a mancha mais distante a outra mancha mais próxima de 1.180 m (Tabela 4).

**Tabela 4** - Descrição dos resultados da métrica distância ao vizinho mais próximo dos remanescentes de Indaiatuba em classes de metro.

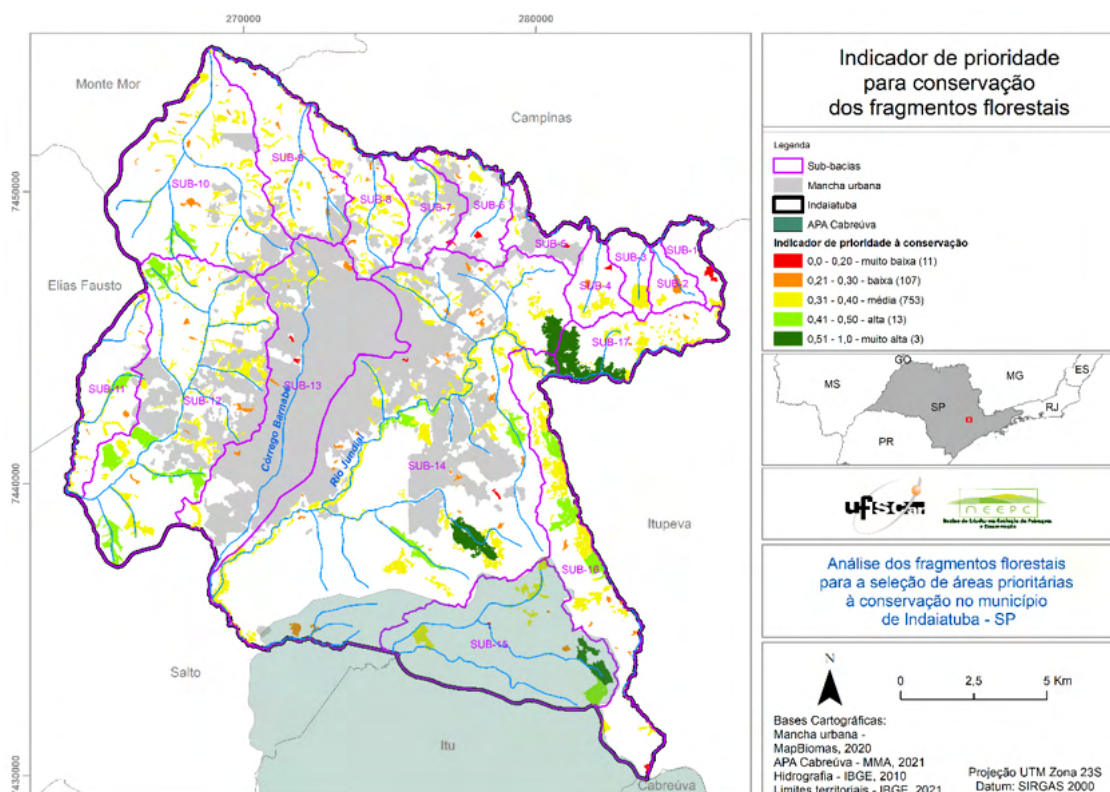
Classes de Nndist (m)	Qt. Fragmentos Florestais	%	% cumulativo
0,21 - 39	646	72,83	72,83
40 - 114	133	14,99	87,82
115 - 253	75	8,46	96,28
254 - 574	27	3,04	99,32
575 - 1180	6	0,68	100,00
<b>Total</b>	<b>887</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Embora o tamanho da área seja importante para explicar a riqueza de espécies (METZGER, 1999), a proximidade e o arranjo entre os remanescentes na paisagem também podem desempenhar um papel significativo na diminuição dos efeitos da fragmentação (LANG E BLASCHKE, 2009). Numa paisagem bastante fragmentada como a de Indaiatuba, os fragmentos pequenos dispostos entre manchas maiores podem atuar como elementos de conectividade, denominados trampolins ecológicos (*stepping stones*), assim facilitando a movimentação pela paisagem (BOSCOLO et al., 2008).

Nesse sentido, a aplicação da métrica de distância ao vizinho mais próximo na área de estudo mostrou que a proximidade entre as manchas na sub-bacia 14, cortada pelo Rio Jundiá, chama a atenção por apresentar uma quantidade significativa de fragmentos próximos uns aos outros localizados às margens do rio, a qual consiste em uma área de APP (INDAIATUBA, 2018) formando um corredor de vegetação, o que em paisagens fragmentadas pode aumentar a conectividade (TONETTI et al., 2019). Entretanto, apesar dos resultados obtidos representarem uma relativa proximidade no território em geral do município, vale ressaltar que o presente estudo não considerou os demais usos da terra, o que impossibilita um maior detalhamento da existência de possíveis outras barreiras para além da distância euclidiana borda a borda, as quais poderiam evidenciar um cenário mais crítico.

A distribuição dos remanescentes entre as classes de prioridade de conservação mostrou-se assimétrica. A classe com maior número de fragmentos foi a de média prioridade para conservação, representando 84,89% do total mapeado. Eles estão localizados dispersos por todo o território, formando a maior parte das áreas às margens do Rio Jundiá, além de comporem grande parte da cobertura florestal da maioria das sub-bacias (Figura 4).

**Figura 4** - Classificação dos fragmentos florestais de Indaiatuba-SP de acordo com os indicadores de prioridade para conservação.



Os fragmentos classificados como baixa prioridade foram encontrados em maior número na faixa central do município, ao longo da sub-bacia 14 (Figura 4), e compõem a segunda classe em maior número de manchas, totalizando 12,06%. Quanto à proximidade de outra mancha, o fragmento mais isolado nessa classe ultrapassa os 400 m de distância até o seu vizinho mais próximo e o maior valor de área núcleo entre os remanescentes da classe é inferior a 10 ha.

São 13 (1,47%) os remanescentes classificados como sendo de alta prioridade para conservação. Estes encontram-se em maior concentração a oeste e leste do município, apresentando um valor máximo de área núcleo inferior a 20 ha e uma distância máxima ao vizinho mais próximo de 121 m. Em relação à área, esta classe apresenta tamanho máximo superior a 50 ha e soma um total de 579,32 ha (17,62%).

Já os onze fragmentos classificados como de muito baixa prioridade não ultrapassam os 13 ha e totalizam apenas 40,57 ha (1,23%). Quando analisada a área núcleo desta classe, apresentam valores ainda menores (até 5,65 ha) e distância máxima ao vizinho mais próximo que ultrapassa os 1.100 metros, representando os fragmentos do município mais distantes dos seus vizinhos e estão localizados sobretudo ao norte da área de estudo.

Por fim, a classe de muito alta relevância contém apenas três fragmentos (0,34%) como prioritários para conservação (Figura 4). Quando somadas as áreas destes fragmentos, estas representam 13,18% da cobertura total dos remanescentes de Indaiatuba. Assim, os três fragmentos classificados como muito alta prioridade apresentam os melhores índices quando analisadas em conjunto suas características referentes a área (entre 70,99 a 256,44 ha), área núcleo (43,96 a 169,36 ha) e distância ao vizinho mais próximo (0,50 a 5 m).

Quando analisado o contexto em que os fragmentos de muito alta prioridade se inserem, a relevância dessas três manchas torna-se ainda maior. A primeira delas, com maior área (256,44 ha) e maior área núcleo (169,36 ha), localizada a nordeste do município, compõe a maior parte da sub-bacia 17,

que possui o maior percentual de cobertura florestal. A segunda maior mancha (105,85 ha) possui uma área núcleo equivalente a 70,40 ha e localiza-se a sudeste, dentro dos limites da sub-bacia 14, que apresenta a maior área de remanescentes em números absolutos entre as sub-bacias (941,58 ha). A terceira mancha entre as de muito alta prioridade (70,99 ha) possui uma área núcleo de 43,96 ha, e está localizada ao sul de Indaiatuba, na sub-bacia 15. Esta sub-bacia, apesar de possuir uma cobertura florestal equivalente a 8,13% de sua área, é parcialmente abrangida pela Zona de Conservação Hídrica da APA Cabreúva.

Desta forma, por se tratarem de grandes áreas e estarem introduzidas em um importante contexto hídrico, os esforços conservacionistas a elas direcionados devem garantir a manutenção de suas áreas de floresta onde o efeito de borda é reduzido ou até inexistente (LANG e BLASCHKE, 2009). Assim, além da integridade ecológica dos habitats, poderão ser mantidas as funções de proteção, filtragem e amortecimento que as vegetações nas APP ao longo dos cursos d'água desempenham a curto, médio e longo prazo (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Entretanto, cabe ressaltar a necessidade de atenção ao conjunto dos remanescentes mapeados, uma vez que o cenário evidencia um alto nível de fragmentação, com a predominância de manchas muito reduzidas e uma baixa cobertura florestal na maioria das sub-bacias do município. Os remanescentes classificados como de baixa e muito baixa prioridade, sobretudo pequenos e mais distantes de seus vizinhos, não devem ser negligenciados. Para que sua existência seja garantida, estes devem ser alvos de ações de restauração, para que possam desempenhar a importante função de gerar conectividade estrutural na paisagem.

#### **4. CONCLUSÕES**

Essa pesquisa versa sobre a fragmentação florestal no município de Indaiatuba revelando uma realidade marcada pela intensa degradação da cobertura florestal. Foi constatado que os remanescentes florestais, predominantemente de áreas bastante reduzidas, encontram-se altamente fragmentados e, em sua maioria, expostos às perturbações comuns aos microambientes de borda florestal, o que evidencia um cenário crítico de isolamento entre os fragmentos.

Ao desenvolver um indicador sintético de prioridade para a conservação, com base na interpretação das métricas selecionadas, foi possível classificar os fragmentos em diferentes categorias de relevância. A maior parte dos remanescentes foi classificada como de média prioridade, e apenas três fragmentos como sendo de muito alta relevância para a conservação, o que indica uma necessidade de aprimorar estratégias de conservação e manejo para proteger efetivamente essas áreas.

Desde modo, a pesquisa fornece subsídios valiosos para o desenvolvimento de estratégias conservacionistas em Indaiatuba, destacando a importância de preservar e restaurar a cobertura florestal remanescente. A abordagem adotada, que combina análises espaciais e métricas da paisagem, oferece uma visão abrangente da fragmentação florestal e pode orientar a tomada de decisões para promover a conservação da biodiversidade no município.

#### **5. REFERÊNCIAS**

ADMIN, D. Geolocation Data & More | Bing Maps API Features Overview. <https://www.microsoft.com/en-us/maps/licensing/bing-maps-api-features-overview>. 2020.

BOSCOLO, D. et al. Importance of Interhabitat Gaps and Stepping-Stones for Lesser Woodcreepers (Xiphorhyn-

chus fuscus) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica** 40:273-276. 2008.

CARDILLE, J A., & TURNER, M G. (2017, January 1). Understanding Landscape Metrics. Springer eBooks, 45-63. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6374-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6374-4_4).

FERRAZ, A. C. P. et al. Comparação do nível de desenvolvimento dos municípios paulistas de maior. – São Carlos, SP : RiMa Editorial, 2023. 82 p.

FORMAN, R.T.T. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período de 2018-2019**. São Paulo: INPE, 2020.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. DIAGNÓSTICO E FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS ÁREAS DE EXPANSÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE VIRACOPOS/CAMPINAS - SP. **Boletim de Geografia**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 45, 1 dez. 2017. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v35i2.29552>

GUSTAFSON, E.J.; PARKER, G.R. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. **Landscape Ecology**. v. 7, n. 2, p. 101-110, 1994.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indaiatuba**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/indaiatuba.html>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2021-2022**. São Paulo: 2023. 61 p.

JENKS , G. F. Generalization in statistical mapping. **Annals of the association of american geographers** , v. 53, n. 1, p. 15-26, 1963.

IKEMATSU, P. **Dinâmica espaço-temporal da oferta de serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista**. 2022. 126 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022

INDAIATUBA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. Indaiatuba: COMDEMA, 2018. 40 p.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 2020. 40 p.

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

Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Áreas Protegidas**: cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

MELLO, K. DE et al. Priority areas for forest conservation in an urban landscape at the transition between atlantic forest and cerrado. **CERNE**, v. 22, n. 3, p. 277–288, Set. 2016.

MELLO, M. G. M. Análise espacial para o planejamento da conectividade da avifauna. 2021. 72 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2021.

METZGER, J.P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 71, p.445-462, 1999.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree Review**, [S.l.], v. 10, p. 58-62, 1995.

MUYLAERT, R. L. et al. Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 302–211, 2018.

PINTO, L. P. et al. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um *hotspot* mundial. In: ROCHA, C. F. D. et al. (org.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 91-118.

PIRES, V. R. O. et al. Análise da estrutura da paisagem para o estabelecimento de estratégias conservacionistas em fragmentos de Mata Atlântica. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Uberaba, v.12, p. 765-774, nov., 2016.

PEREIRA, L. O. et al. **Indicadores métricos da paisagem como subsídio à seleção de áreas prioritária à conservação na APA de Itupararanga**. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Fortaleza: UFC, p. 1-13, 2019.

PEREIRA, M. A. S et al. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos, **Geografia**, v. 16, n. 2, p. 5-24, jul./dez., 2007.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.; **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001. 327 p.

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.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 43.284, 3 jul. 1998. Regulamenta a Lei nº 4.023, de 22 de maio de 1984. São Paulo.

SANTOS, J. F. C. dos et al. Fragmentação Florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, jul./set., 2017.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SILVA, A. L. K. R. et al. Análise da distribuição espacial dos fragmentos florestais na região metropolitana de Campinas (sp) para fins da gestão territorial. In: xxix congresso de Iniciação Científica da Unicamp, 29., 2021, Campinas. Anais [...]. Campinas: Unicamp, 2021. p. 1-5.

SILVA, D. C. **Restrições ao uso e ocupação do solo da APA Cabreúva/SP: conflitos sobre um território demarcado para a sustentabilidade**. 126f. Dissertação de mestrado – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SOUZA et. al. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine**. Remote Sensing, v.2, n.7, 2020.

TEIXEIRA, L. et al. Fragmentação da paisagem no município de Bragança Paulista – SP, **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 937-948, jul./set., 2018.

TEMBA, P. **Fundamentos da fotogrametria**. Belo Horizonte: UFMG, 2000

TONETTI, V. R. et al. Fragmentação de Habitat. In: DE ASSIS, L. A.; CAMPOS, M.; GIRÃO, V. J (org). **Manejo de fragmentos florestais degradados**. Campinas: The Nature Conservancy, 2019. p. 28-47.

TOPPA, R. H. et al. Geoprocessamento aplicado ao estabelecimento de unidades de planejamento como subsídio à gestão ambiental. In: BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; MIRANTE, M. H. P (org). **Geotecnologias aplicadas às questões ambientais**. Tupã: ANAP, 2017. p. 10-30.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. Estudos Avançados, São Paulo, v. 24, n. 68, p.147-160, 2010.

VIDOLIN, G.P. et al. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n. 3, p.515-525, 2011.