

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GEOGRAFIA**

**Pietro Meirelles Brites**

**FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E CONECTIVIDADE NA MATA ATLÂNTICA DE  
TERESÓPOLIS, RJ**

Juiz de Fora

2023

**Pietro Meirelles Brites**

**FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E CONECTIVIDADE NA MATA ATLÂNTICA DE  
TERESÓPOLIS, RJ**

Monografia, na forma de artigo,  
apresentada ao Curso de Geografia da  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharel em Geografia

Orientador: Dr. Roberto Marques Neto

Juiz de Fora  
2023



## FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E CONECTIVIDADE NA MATA ATLÂNTICA DE TERESÓPOLIS, RJ

Pietro Meirelles Brites<sup>1</sup>

### RESUMO

O artigo aborda a avaliação da fragmentação e conectividade dos fragmentos florestais em Teresópolis, RJ, no bioma Mata Atlântica. Com objetivos de identificar e caracterizar esses fragmentos, avaliar seu isolamento considerando parâmetros de paisagem e identificar áreas para corredores ecológicos. Utilizando métricas de paisagem, o município se destaca pela presença de grandes fragmentos bem distribuídos, fruto de esforços de planejamento ambiental e Unidades de Conservação. O estudo ressalta desafios, como a falta de fragmentos ao longo do Rio Paquequer, enfatizando a necessidade de ações como a criação de corredores alinhados às matas ciliares. E ainda, aponta áreas críticas e intermediárias baseado na análise dos índices calculados: Tamanho dos fragmentos, Forma e Densidade de Bordas. Em suma, o estudo contribui com subsídios para a conservação ambiental, destacando a importância da conectividade ecológica em Teresópolis e orientando ações futuras para a preservação da biodiversidade na região.

Palavras-chave: Fragmentação florestal. Conectividades. Mata Atlântica. Ecologia da Paisagem.

### ABSTRACT

The article discusses the evaluation of fragmentation and connectivity of forest fragments in Teresópolis, RJ, in the Atlantic Forest biome. The objectives are to identify and characterize these fragments, assess their isolation considering landscape parameters, and identify areas for ecological corridors. Using landscape metrics, the municipality stands out for the presence of large, well-distributed fragments, the result of environmental planning efforts and Conservation Units. The study highlights challenges, such as the lack of fragments along the Paquequer River, emphasizing the need for actions such as the creation of corridors aligned with riparian forests. Furthermore, it points out critical and intermediate areas based on the analysis of calculated indices: Fragment Size, Shape, and Edge Density. In summary, the study contributes with subsidies for environmental conservation, highlighting the importance of ecological connectivity in Teresópolis and guiding future actions for biodiversity preservation in the region.

Keywords: Forest Fragmentation; Connectivities; Atlantic Forest; Landscape Ecology;

Aprovado em: 06/12/2023.

Ata disponível em: <<https://www2.ufjf.br/geografia/trabalhos/atas/>>

---

<sup>1</sup> Discente em Bacharelado em Geografia. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: pietrombrites@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O Bioma Mata Atlântica tem sido incessantemente devastado ao longo da história do Brasil (DEAN, 2004). Essa degradação contínua apenas reforça a necessidade de implementar estratégias eficazes de conservação para proteger os remanescentes florestais desse bioma, uma responsabilidade compartilhada com as unidades de conservação (RIBEIRO et al., 2009). A vegetação nativa encontra-se em estado crítico em grande parte da Mata Atlântica, e o processo de degradação tem se intensificado devido a queimadas, pressão humana e desmatamento, resultando em diversos impactos negativos na qualidade de vida e no meio ambiente. A cobertura vegetal original da Mata Atlântica está reduzida a 12,4 % de florestas maduras e bem preservadas (SOS Mata Atlântica, 2023).

O aumento da fragmentação florestal compõe a criação de cenários com escassa diversidade de ambientes, fragmentos desconexos e de tamanho reduzido (CALEGARI et al., 2010). A fragmentação de habitats leva à diminuição da biodiversidade e prejudica processos essenciais dos ecossistemas, como a reciclagem de nutrientes, a redução da biomassa de árvores e a perda de diversidade, sobretudo devido à perda e ao isolamento de habitats (HADDAD et al., 2015). Como medida para combater essas mudanças, a criação de corredores ecológicos é adotada como uma estratégia de conservação com o propósito de restabelecer a conectividade em paisagens fragmentadas (THIAGO; MAGALHÃES; SANTOS, 2020; SEOANE, 2010).

A fragmentação florestal envolve a separação de áreas naturais em fragmentos isolados, resultando na redução dos tipos de habitat e na subdivisão dos remanescentes em unidades menores e isoladas, o que prejudica a conectividade entre essas áreas (VALERI, 2004). Isso ocorre quando áreas de vegetação natural são interrompidas por barreiras, sejam elas de origem humana ou natural, como estradas, assentamentos, terras agrícolas, pastagens, montanhas, lagos ou represas, o que afeta o movimento de animais, o fluxo gênico e a variabilidade genética e de sementes. Esses impactos podem ser reduzidos se as populações ficarem em conexão, destacando a importância de ações para promover a conectividade entre os fragmentos (THIAGO et al, 2020).

O conceito de fragmentação florestal também se baseia na teoria de biogeografia de ilhas, como formulada por Macarthur e Wilson (1967). Essa teoria

desempenha um papel essencial na formulação de muitos dos princípios atuais da conservação biológica (VALERI, 2004). Examina como o tamanho e o isolamento dos fragmentos de habitat afetam as populações. Em resumo, ilhas menores costumam abrigar menos espécies em comparação com ilhas maiores. A conectividade entre essas "ilhas", ou seja, os fragmentos ou remanescentes florestais, melhora a capacidade das espécies se movimentarem entre essas áreas, o que incrementa o fluxo de flora e fauna e, assim, contribui para a preservação das espécies.

A fragmentação florestal acarreta diversas consequências, sendo que, no que se refere aos fatores abióticos, provoca alterações no microclima, afetando a umidade do solo e do ar, temperatura e radiação solar. Além disso, amplia os riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água e a progressiva diminuição dos recursos hídricos, uma vez que o solo retém menos água das chuvas e o escoamento se torna mais rápido. No que diz respeito aos fatores bióticos, a fragmentação resulta na perda da biodiversidade microbiológica do solo, da flora e da fauna. Ela também leva à redução da diversidade genética, à diminuição da densidade populacional, à alteração na estrutura da vegetação e ao aumento das chances de invasões por espécies não nativas (CALEGARI, et al., 2010; CUNHA; GUEDES, 2013; HADDAD et al., 2015).

Além disso, os efeitos de borda são problemáticas inerentes à essa fragmentação. Referem-se às consequências decorrentes como a exposição a fatores externos, como poluição e invasão de espécies, muitas vezes aumenta nas áreas de borda, tornando-se uma preocupação ambiental (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006).

Nesse sentido, o presente artigo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: Qual é o estado da fragmentação e conectividade dos fragmentos florestais no município de Teresópolis, RJ? Para abordar essa questão, três objetivos principais são adotados: identificar e caracterizar os fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica localizados no município de Teresópolis/RJ, com o propósito de fornecer subsídios para a conservação ambiental; avaliar o grau de isolamento dos remanescentes florestais nativos, levando em consideração parâmetros de paisagem, como tamanho, forma, área interior e conectividade; e identificar áreas com potencial para a formação de corredores ecológicos na região de estudo. Dessa forma, as métricas da paisagem são utilizadas como meio para alcançar esses objetivos,

contribuindo assim com o poder público na definição de ações de conservação e preservação florestal.

As Unidades de Conservação da Natureza são áreas de notável beleza cênica, destacando-se por seus atributos ecológicos e culturais relevantes. São criadas por meio de legislação específica, estabelecendo limites bem definidos e sob a administração especial de um órgão ambiental (BRASIL, 2000).

Os parques fazem parte de uma das categorias de Unidades de Conservação, inseridos no grupo de manejo de proteção integral, onde apenas o uso indireto dos recursos naturais é permitido. Esta categoria tem o propósito de contribuir para a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica, proporcionando espaço para pesquisa científica, turismo ecológico, além de possibilitar visitas com foco em educação e interpretação ambiental (JESUS, 2021).

É relevante destacar que as maiores áreas contínuas de Mata Atlântica conservadas estão localizadas no interior do Estado do Rio de Janeiro, particularmente na região serrana. Esta região engloba, principalmente, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, o Parque Estadual dos Três Picos e o Parque Natural Municipal das Montanhas de Teresópolis, os quais fazem parte do Corredor Ecológico Central da Mata Atlântica (SOS MATA ATLÂNTICA, 2023). No município de Teresópolis, essas áreas representam cerca de 31% de todos os remanescentes florestais existentes. Se a classificação fosse baseada no estágio de sucessão, sem dúvida, essas áreas abrigariam a maior parte desses remanescentes, pois muitas vezes apresentam condições ambientais mais preservadas e estáveis, favorecendo a manutenção de ecossistemas mais maduros e complexos.

## **2. METODOLOGIA**

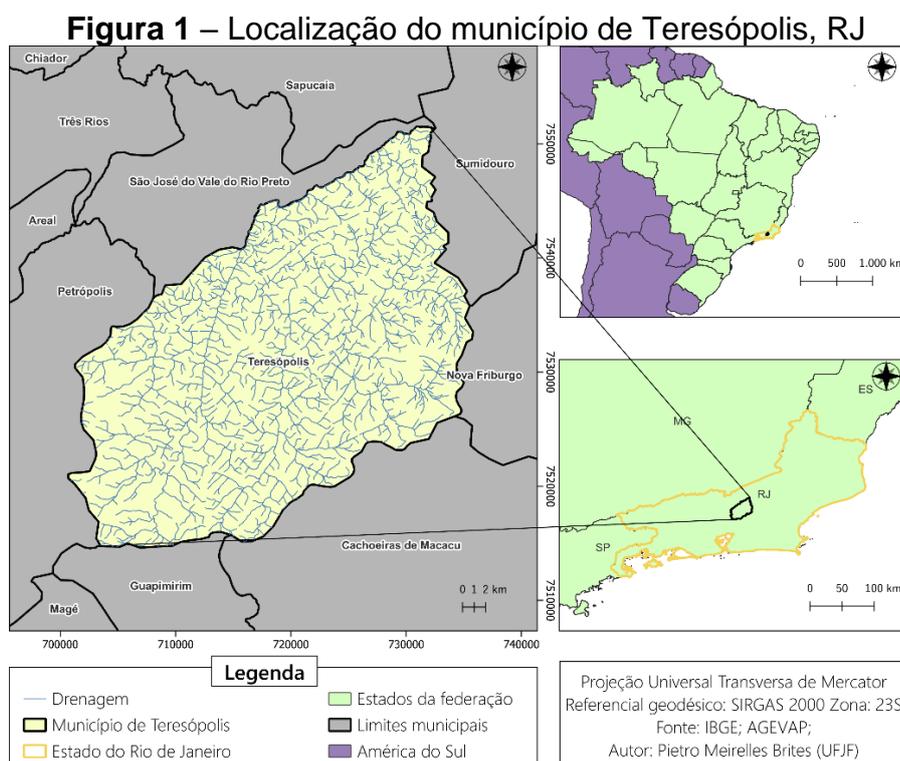
A metodologia se divide em quatro etapas: (1) organização e inventário do banco de dados; (2) quantificação dos fragmentos florestais existentes na área do município de Teresópolis, RJ; (3) qualificação e classificação dos fragmentos florestais em relação aos índices e métricas da paisagem; (4) qualificação das áreas com potencial para a formação de corredores ecológicos.

### **2.1 Área de estudo**

Teresópolis é um município na região serrana do estado do Rio de Janeiro (**Figura 1**), com uma população de 165.123 habitantes, conforme dados do IBGE (2022). A cidade é dividida em três distritos: Teresópolis, que é a sede municipal, Vale do Paquequer e Vale de Bonsucesso. Estes últimos são distritos rurais que se estendem ao longo das rodovias BR-116 (Rodovia Santos Dumont) e RJ-130 (Rodovia Teresópolis-Friburgo), respectivamente.

O município de Teresópolis possui características físicas marcantes, sendo notável por sua topografia montanhosa e sua exuberante cobertura vegetal. Abriga algumas das áreas mais acidentadas da Serra do Mar, com escarpas íngremes, picos e elevações (ASF, 2011). A bacia do rio Paquequer abriga os Primeiro e Segundo Distritos de Teresópolis, que concentram a maior população urbana do município, conforme informações do IBGE de 2022.

Em termos de altitude, Teresópolis varia desde cerca de 680 metros nas partes mais baixas até mais de 2200 metros nos picos mais elevados. A precipitação média anual oscila entre 1500 mm nas áreas de menor altitude e 1850 mm nas regiões mais elevadas. A temperatura média anual da região é de aproximadamente 18,6°C, com as partes mais altas registrando temperaturas próximas de 0°C durante o inverno, de acordo com dados do WORLDCLIM (2023).



Fonte: Elaboração do autor

Encontra-se dentro do bioma Mata Atlântica, que é reconhecido por sua rica biodiversidade e relevância ambiental. Além disso, Teresópolis abriga três Unidades de Conservação (UC) de proteção integral: o Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis (PNMMT), o Parque Estadual dos Três Picos (PETP) e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). Essas unidades desempenham um papel fundamental na preservação da biodiversidade e na manutenção dos recursos hídricos da região. Essas protegem alguns dos remanescentes do bioma Mata Atlântica, um dos cinco *hot spots* de biodiversidade mais ameaçados do planeta (MMA, 2002; MYERS, 2000) e de importância reconhecida internacionalmente (RBMA, 1996).

## **2.2 Organização e inventário do banco de dados**

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se em pesquisas conduzidas pelos autores, que incluem trabalhos de referência, como os de Santos (2017), Thiago, Magalhães e Santos (2020) e Metzger et al (2008). A primeira fase do processo consistiu em realizar um levantamento bibliográfico, concentrando-se em estudos que abordam questões ambientais, conservação, preservação, fragmentação florestal, corredores ecológicos e conectividade, com ênfase nas perspectivas da ciência geográfica. Priorizaram-se trabalhos que adotam uma abordagem teórico-metodológica sólida e que se dedicam à pesquisa ambiental, visando obter uma compreensão mais profunda das interações entre sociedade e natureza.

Uma etapa essencial envolveu a aquisição de dados cartográficos e a determinação da escala apropriada para o mapeamento das diversas variáveis. Optou-se por utilizar uma escala de mapeamento de 1:50.000 para elementos vetoriais e 30 metros para elementos matriciais, considerando a extensão territorial do município em estudo.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) adotado é proveniente da missão Alos Palsar, obtido no Alaska Satellite Facility (ASF, 2011) (<https://search.asf.alaska.edu/>), com uma resolução de 12,5 metros. A partir do MDE, foram gerados mapas que incorporaram informações sobre a declividade e a hipsometria da região.

Os dados referentes ao uso e cobertura da terra foram adquiridos por meio da plataforma do MapBiomas (<https://mapbiomas.org/>), abrangendo os anos de 1985 e

2022. Essa plataforma utiliza imagens de satélite da coleção Landsat, com uma resolução de 30 metros.

No que diz respeito à hidrografia da área de estudo, os dados foram obtidos junto à Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), especificamente da IV Região Hidrográfica, do Comitê Piabanha (<https://sigaaguas.org.br/sigaweb/apps/ceivap/>).

A elaboração dos mapas temáticos foi realizada no ambiente do Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software livre QGIS. Todos os mapas gerados tiveram como base os limites municipais, com destaque para Teresópolis, no estado do Rio de Janeiro, obtidos por meio do banco de dados do IBGE. Além disso, os limites das UCs foram obtidos junto a base do ICMBIO.

### **2.3 Quantificação dos fragmentos florestais existentes na área do município de Teresópolis, RJ**

Para quantificar os fragmentos florestais no município de Teresópolis, foram utilizadas imagens de satélite do ano de 1985, que são as mais antigas disponíveis gratuitamente, e a classificação da plataforma do Mapbiomas para o ano de 2022. Inicialmente, selecionamos apenas as formações florestais, excluindo todas as outras classes de uso e ocupação do solo. Em seguida, com o auxílio do plugin *Landscape Ecology* do software QGIS, calculou-se o número de fragmentos total.

Com o intuito de discutir a importância das três principais UCs localizadas dentro dos limites do município, calculou-se a densidade de fragmentos e a área total dos fragmentos para cada uma dessas, e relacionou-se com a área total e o número de fragmentos presentes no município.

O plugin *Landscape Ecology* calcula diversas métricas, muitas das quais não são relevantes para a presente pesquisa. Para quantificar a estrutura e composição dos fragmentos florestais, utilizou-se parâmetros específicos em função do objetivo do estudo: a quantificação e qualificação adequada dos remanescentes florestais (Tabela 1).

Tabela 1 – Métricas da paisagem

<b>Métricas</b>	<b>Descrição</b>
-----------------	------------------

Número de Fragmentos	Contagem de fragmentos
Área	Área da Classe (km <sup>2</sup> )
Índice de forma	Perímetro (m) dividido pela raiz quadrada da área (m <sup>2</sup> ) do fragmento, ajustado por uma constante para ter-se a equivalência a um círculo padrão.
Índice de proximidade	Distância euclidiana entre os fragmentos
Densidade de bordas	Representa a quantidade de bordas relativa à área da classe.

Fonte: Elaboração do autor

## 2.4 Qualificação e classificação dos fragmentos florestais em relação aos índices e métricas da paisagem

Neste estudo, adotou-se uma abordagem visualmente intuitiva para a representação de diferentes classes de forma, tamanho e densidade de bordas em fragmentos florestais. Com o intuito de destacar a importância das classificações, utilizou-se um sistema de cores que associa cada classe a um código de cor específico. As classes críticas foram representadas em vermelho, as classes intermediárias em amarelo e as classes estáveis em verde. Essa codificação cromática facilita a identificação rápida e intuitiva das condições e características dos fragmentos, proporcionando uma análise visual eficaz.

### Tamanho dos fragmentos

Para a classificação dos fragmentos florestais quanto ao tamanho, adotou-se o critério de Ribeiro et al. (2009), que dividiu os fragmentos em três categorias. Nesse sistema de categorização, os fragmentos com áreas superiores a 100 hectares foram agrupados na classe 'Grande', enquanto os menores que 50 hectares foram

designados como 'Pequenos', e aqueles com áreas entre 50 e 100 hectares receberam a denominação de 'Médios'.

### **Índice de Circularidade**

Seguindo os princípios da teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur e Wilson (1967), a conservação é mais eficaz em remanescentes florestais com uma menor relação entre perímetro e área. Isso se deve ao fato de que fragmentos de forma circular possuem uma baixa proporção de borda em relação ao interior, enquanto os fragmentos mais alongados e irregulares tendem a apresentar uma relação mais alta (DITT, 2002;).

O índice de circularidade, um valor que varia de 0 a 1, indica a tendência de um fragmento florestal em assumir uma forma mais arredondada à medida que se aproxima de 1. Para a classificação da forma, utilizou-se o critério de dividir o índice de circularidade em três categorias, com base nas pesquisas de Ditt (2002) e Teixeira et al. (2018): 'Circular' (índice > 0,66); 'Intermediária' (índice > 0,33 - ≤ 0,66); 'Alongada' (índice ≤ 0,33).

### **Índice de Proximidade**

Utilizando o raster que representa os tamanhos dos fragmentos classificados como pequenos, médios e grandes, calculou-se a distância euclidiana entre esses fragmentos. Para realizar esse cálculo, utilizou-se a caixa de ferramentas de processamento do QGIS, especificamente a ferramenta r.grow.distance, com uma resolução espacial de 30 metros.

### **Índice de Densidade de Bordas**

O índice de densidade de bordas, que é calculado como o comprimento total da borda dividido pela área total do fragmento, foi dividido em três classes. É importante destacar que valores mais altos indicam um maior impacto de borda. A classificação adotada baseou-se nas características específicas dos fragmentos na

área de estudo: 'Baixo' ( $\geq 0,006 - < 0,033$ ); 'Médio' ( $\geq 0,033 - < 0,066$ ); 'Alto' ( $\geq 0,066 - > 0,14$ ).

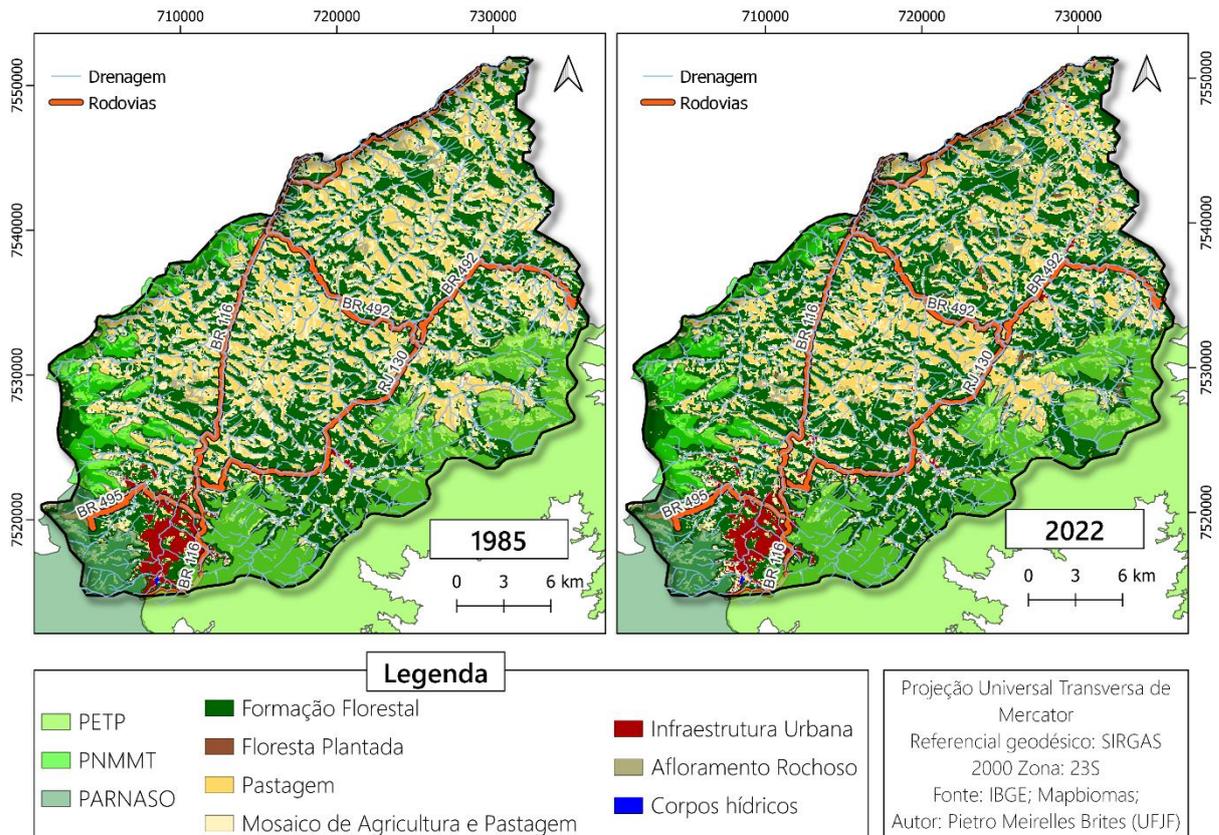
## **2.5 Qualificação das áreas com potencial para a formação de corredores ecológicos**

Para qualificar as áreas com potencial para a formação de corredores ecológicos, a análise se baseou principalmente na identificação das áreas que abrigam fragmentos florestais em situações críticas a médias, especialmente aqueles próximos aos grandes fragmentos. Essa abordagem visa identificar locais estratégicos que poderiam desempenhar um papel fundamental na criação de corredores ecológicos, promovendo a conectividade entre áreas de conservação e contribuindo para a preservação da biodiversidade.

## **3. DESENVOLVIMENTO**

Com base no mapeamento do uso e ocupação do solo para os anos de 1985 e 2022, podemos notar, ao analisar a Figura 2, um crescimento urbano significativo. Surpreendentemente, ao contrário do que ocorreu em inúmeros municípios no estado do Rio de Janeiro, em Teresópolis, houve um aumento das áreas de fragmentos florestais ao longo dos anos. Em 1985, a área total observada era de 39.894,01 hectares, enquanto em 2022, essa área total aumentou para 43.152,48 hectares.

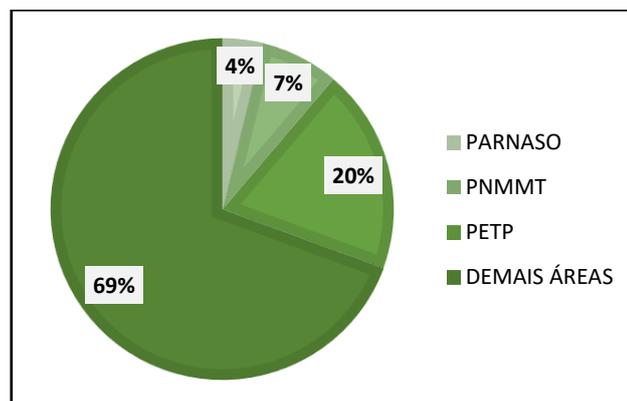
**Figura 2 – Uso e ocupação de Teresópolis, RJ (1985-2022)**



Fonte: Elaboração do autor

Foram calculadas as áreas totais dos fragmentos florestais para o ano de 2022 localizados em cada uma das UCs de proteção integral selecionadas, que incluem o PARNASO, PETP e PNMMT. Essas áreas foram relacionadas à área total de todo o município, como apresentado na Figura 3. Ao todo são aproximadamente 1665 fragmentos.

**Figura 3 – Gráfico da relação das áreas dos fragmentos florestais e as UCs**



Fonte: Elaboração do autor

## **Fragmentação florestal em Teresópolis, RJ**

Os princípios fundamentais que norteiam o estudo em questão incluem a conectividade, a prevenção, a educação ambiental e a proteção da biodiversidade. No artigo 225 da Constituição Federal do Brasil (CF), evidenciamos o princípio do desenvolvimento sustentável, em que a CF estabelece de forma clara que o desenvolvimento não deve ocorrer à custa da degradação do meio ambiente, o que impacta diretamente na qualidade de vida. Além disso, no artigo 170, inciso VI, a CF estipula que a ordem econômica, baseada na livre iniciativa, também tem como princípio fundamental a defesa do meio ambiente. Isso significa que o desenvolvimento econômico deve ser orientado pela sustentabilidade, em paralelo à preservação do meio ambiente (VALERI, 2004).

**Art. 225.** Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, capítulo VI).

Ademais, é importante ressaltar que o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido progressivamente eliminado de muitos discursos contemporâneos sobre ecologia. Isso ocorre porque é percebido como uma contradição, dado que o desenvolvimento, quando inserido no contexto do sistema econômico vigente - o capitalismo - é fundamentado na exploração contínua do meio ambiente, considerando-o meramente como um conjunto de recursos naturais.

O princípio da prevenção desempenha um papel fundamental na proteção do meio ambiente, uma vez que danos ambientais são frequentemente difíceis ou impossíveis de serem reparados, como no caso da extinção de espécies. Além disso, o princípio da proteção da biodiversidade assume um papel de extrema relevância no Brasil, visto que o país abriga a maior biodiversidade do planeta. Torna-se, assim, imperativo promover o uso sustentável de suas terras, integrando o desenvolvimento socioeconômico à preservação dos ecossistemas e da biodiversidade. Esse cuidado é crucial não apenas pelo seu valor ecológico, mas também pela sua importância para a qualidade de vida saudável e a própria sobrevivência da espécie humana no planeta, como estabelecido em nossa Constituição Federal de 1988 (VALERI, 2004).

A fragmentação e o isolamento exercem um impacto direto na diversidade de espécies, uma vez que reduzem a capacidade de migração, dependendo do arranjo espacial dos fragmentos e das características do ambiente entre eles. Muitas espécies necessitam de múltiplos locais para desempenhar suas atividades, principalmente para buscar alimentos. Além disso, é importante ressaltar que os recursos naturais não estão distribuídos de maneira uniforme na paisagem, tornando a fragmentação prejudicial e causando uma drástica diminuição em diversas populações. Os principais componentes da floresta evoluíram interdependentes, cada um sendo essencial para a existência do outro. A ausência de qualquer um desses elementos acaba por inviabilizar os demais. Portanto, é de extrema importância que haja um debate contínuo sobre a conectividade nos dias de hoje (KORMAN, 2003).

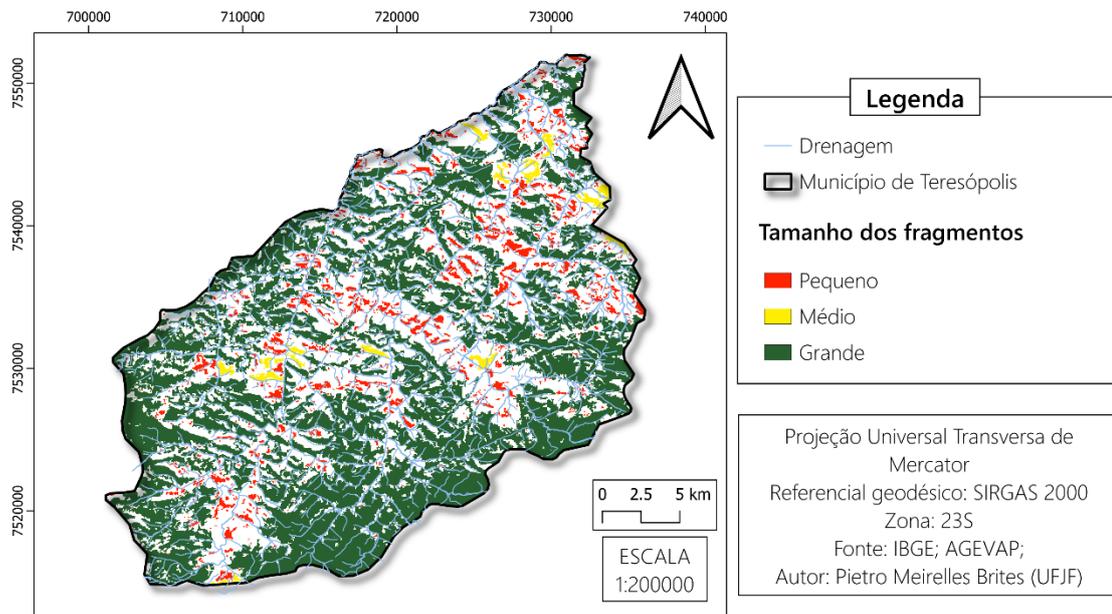
Além das unidades de conservação, as áreas de preservação permanente (APPs) em ambientes urbanos desempenham um papel essencial na manutenção do equilíbrio natural e na proteção do meio ambiente. A conservação das APPs em áreas urbanas não apenas contribui para a valorização da paisagem, mas também desempenha um papel crucial na preservação do solo, na proteção dos cursos d'água e nas nascentes, além de servir como refúgio para a fauna e flora.

No município de Teresópolis, foram obtidos resultados que apontam para um contínuo crescimento das áreas de fragmentos florestais. Contudo, ao analisar a classificação desses fragmentos com base em seu tamanho, torna-se evidente a identificação de áreas consideradas deficitárias (**Figura 4**).

No que se refere ao tamanho dos fragmentos, observa-se que:

- Os fragmentos categorizados como **pequenos**, com áreas de até **50 hectares**, representam **9%** da área total. Isso indica que, embora esses fragmentos sejam pequenos em tamanho individual, eles ainda compõem uma porção significativa do ambiente quando considerados coletivamente.
- Os fragmentos de tamanho **médio**, que possuem áreas entre **50 e 100 hectares**, correspondem a **2,3%** da área total.
- Finalmente, os fragmentos **grandes**, com áreas superiores a **100 hectares**, abrangem uma parcela impressionante de **88,7%** da área total. Isso destaca a importância desses grandes fragmentos para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos.

**Figura 4 – Classificação dos fragmentos quanto ao tamanho**



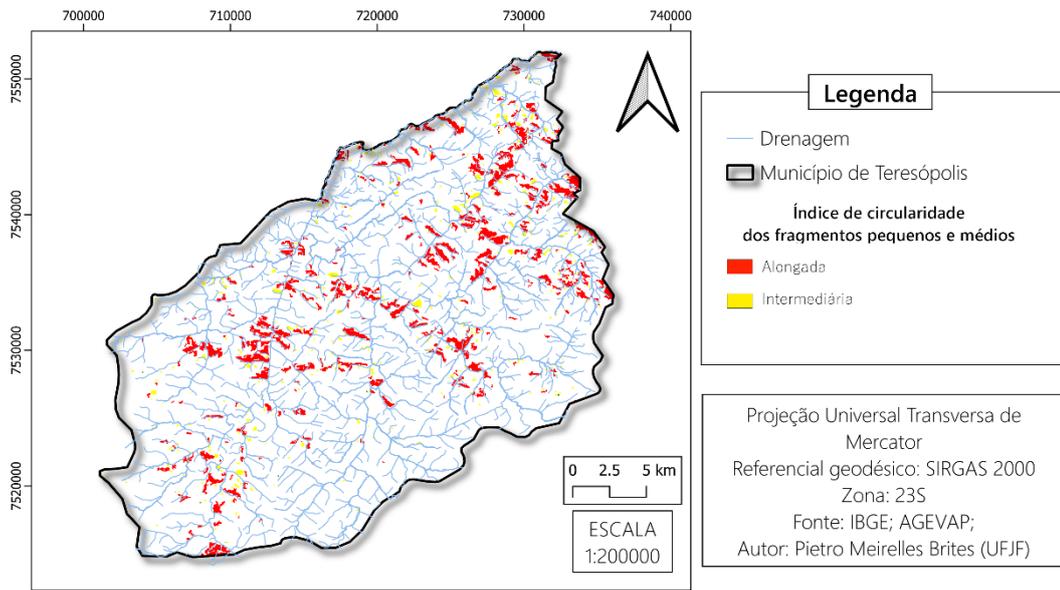
Fonte: Elaboração do autor

No cálculo do índice de circularidade, concentramo-nos nos fragmentos de tamanho pequeno e médio, excluindo os fragmentos maiores devido à incompatibilidade resultante do recorte dos fragmentos limitados ao município. Isso ocorre porque muitos dos fragmentos maiores são contínuos e ultrapassam os limites de Teresópolis, o que faria com que o índice de forma refletisse apenas sua forma recortada e não a configuração original completa.

Ao analisarmos o índice de circularidade dos fragmentos, observamos que a maioria deles apresenta índices menores, o que indica formatos mais alongados e irregulares. Os fragmentos com índices de circularidade intermediários abrangem a segunda maior área do estudo. Por outro lado, é importante notar que os fragmentos com índices de circularidade mais próximos de 1, sugerindo formas mais arredondadas, não estão presentes na área de estudo (**Figura 5**).

Essa análise evidencia a predominância de fragmentos com formas alongadas e irregulares na paisagem, indicando possíveis desafios relacionados à conectividade ecológica e à conservação da biodiversidade.

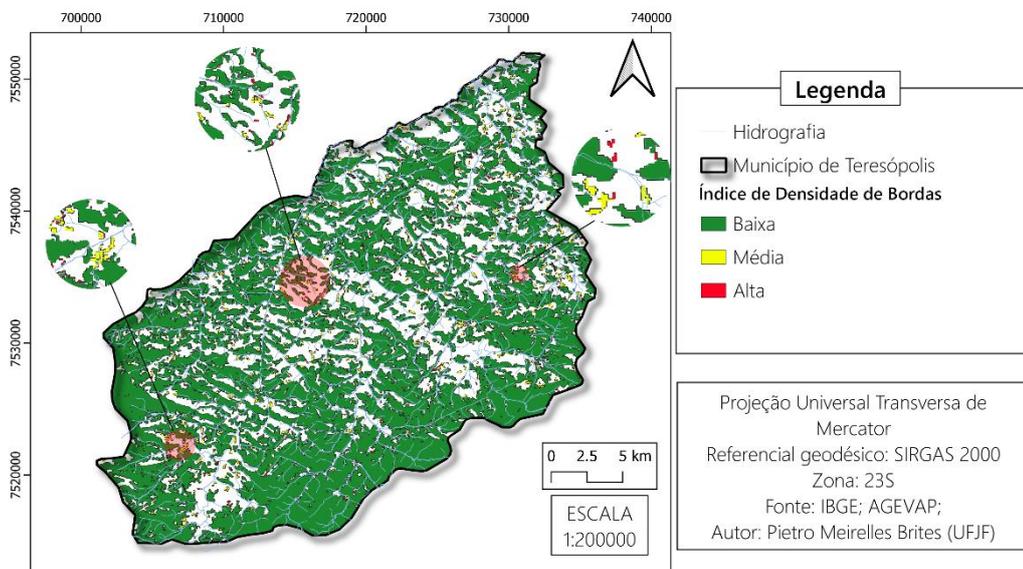
**Figura 5 – Classificação dos fragmentos quanto ao índice de circularidade**



Fonte: Elaboração do autor

Os cálculos do índice de densidade de borda para os fragmentos do município revelaram áreas compatíveis com os demais mapeamentos mencionados anteriormente. No entanto, as áreas classificadas como críticas e intermediárias nesse índice apresentam características mais compactas e concisas (**Figura 6**).

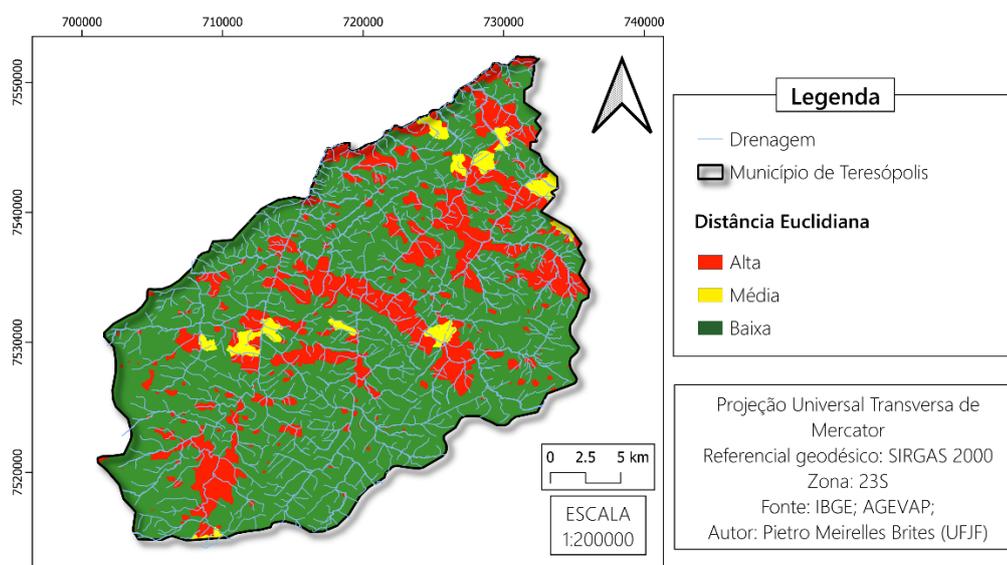
**Figura 6 – Classificação dos fragmentos quanto ao índice de densidade de bordas**



Fonte: Elaboração do autor

No que diz respeito aos cálculos da distância euclidiana entre os fragmentos florestais, como era esperado, as áreas mais distantes se concentram nas regiões urbanas e nos extensos mosaicos de agricultura e pastagem. Esses resultados são consistentes com as áreas classificadas como críticas e intermediárias pelos outros índices mencionados anteriormente (**Figura 7**).

**Figura 7** – Distância euclidiana dos fragmentos florestais



Fonte: Elaboração do autor

## Corredores ecológicos e a conectividade

O conceito de conectividade tem adquirido uma crescente relevância nos estudos ambientais e de paisagem. Esse conceito traz consigo uma reflexão fundamental sobre as oportunidades de estabelecer conexões ambientais entre diferentes usos e paisagens. Além disso, a conectividade acrescentou ao conjunto de ferramentas da geografia novas perspectivas para o planejamento, pois possibilita uma abordagem revitalizada na análise das paisagens (THIAGO; MAGALHÃES; SANTOS, 2020).

A noção de conectividade enfatiza a importância de manter corredores ecológicos, promover a interligação entre habitats naturais e permitir que as espécies possam se deslocar de forma mais livre e segura. Essa abordagem abre espaço para a preservação da biodiversidade, a restauração de ecossistemas e a mitigação de impactos negativos causados pelas atividades humanas (SEOANE, et al., 2010).

Portanto, o conceito de conectividade está intrinsecamente ligado à capacidade de fluxo da biodiversidade em uma paisagem, em diferentes escalas físicas e temporais. De acordo com autores como Hilty et al. (2006), esse fluxo ou deslocamento pode ocorrer de duas maneiras distintas: de forma linear, ao longo de trajetos, ou por meio de manchas dispersas na paisagem. O fluxo linear pode se transformar em um corredor ecológico, representando uma das formas de estabelecer a conectividade. Os corredores ecológicos são uma tipologia frequentemente discutida quando se busca promover a conectividade na paisagem.

O autor Goodwin (2003) conceitua a conectividade em dois tipos distintos: a conectividade estrutural e a conectividade funcional. A primeira refere-se às relações físicas entre as manchas, como as distâncias que as separam e a existência de corredores que as ligam. Ela é inteiramente fundamentada na estrutura física da paisagem, desconsiderando as respostas dos organismos. Por outro lado, a conectividade funcional aborda a conexão ativa e operacional entre os fragmentos, considerando as diretrizes de dispersão dos organismos entre esses fragmentos.

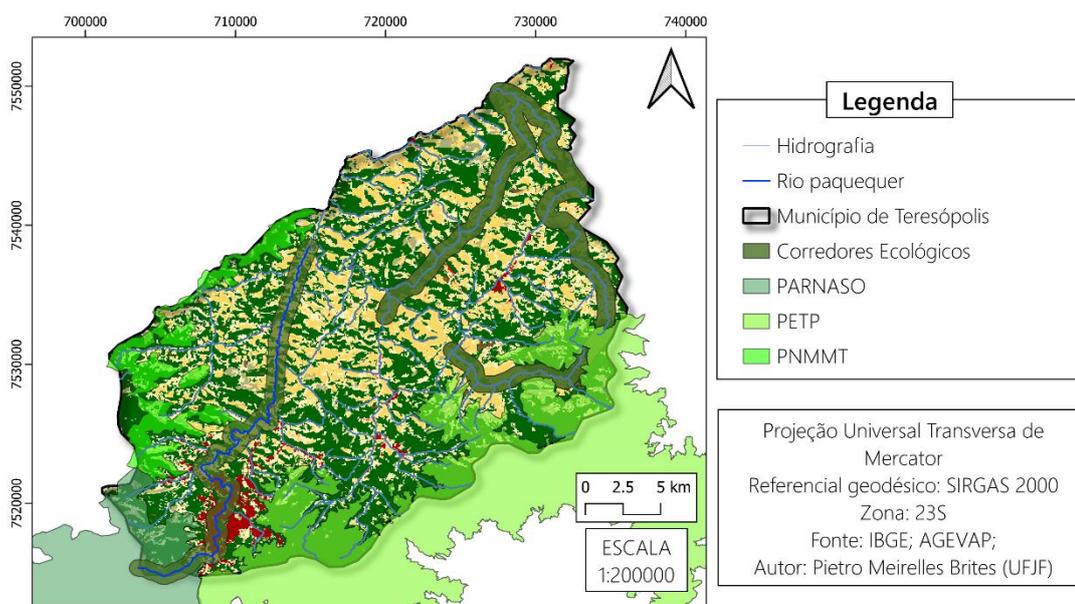
Além disso, com base nos mapas previamente apresentados, é possível identificar os potenciais corredores ecológicos no município de Teresópolis, como representado na Figura 8. A legenda de uso e ocupação da Terra pode ser conferida na Figura 2. É evidente que se trata de um município com grandes fragmentos florestais, o que naturalmente proporciona uma conectividade eficaz. No entanto, nas áreas onde esses fragmentos são mais compactos, surgem oportunidades para aprimorar essa conectividade e torná-la mais dinâmica e complexa.

Torna-se evidente ao analisarmos o mapa de uso e ocupação que o mosaico de agricultura e pastagem representa o maior fator de fragmentação florestal no centro do município, e essa constatação se torna ainda mais clara ao observarmos todos os índices conjuntamente. Esse mosaico de atividades agrícolas e pastagem exerce uma pressão significativa sobre os remanescentes florestais, impactando negativamente a conectividade ecológica na região.

Com o intuito de ser mais alinhado com a realidade local, o corredor ecológico proposto segue ao longo das bordas dos limites do município. Essa escolha se justifica pela proximidade das UCs, que representam os maiores fragmentos florestais da região. Dessa forma, o corredor ecológico pode conectar essas UCs de maneira mais eficiente, permitindo um fluxo contínuo por todo o município.

Ademais, é importante destacar a ausência de fragmentos ao longo do Rio Paquequer, característico do município devido à sua estrutura condicionada por falhas geológicas, o que o torna retilíneo a jusante. Diante desse cenário, propõe-se, em conformidade com a legislação que aborda as Áreas de Preservação Permanente (APPs) de margens de rios, a criação de um corredor ecológico alinhado com as matas ciliares. É inegável que a implementação de um corredor ecológico enfrenta grandes desafios, especialmente na região a montante do rio, que corresponde à área urbana da cidade de Teresópolis. Nessa região, muitas áreas têm o rio confinado em galerias e seu curso foi retificado de forma antropogênica. No entanto, é fundamental ressaltar a importância estratégica dessa localização para estabelecer uma conectividade eficaz no município.

**Figura 8 – Propostas de corredor ecológicos**



Fonte: Elaboração do autor

O corredor ecológico proposto atravessa espaços identificados como críticos e intermediários, conforme indicado pelos índices calculados neste estudo. Mesmo diante das dificuldades inerentes à área urbana, a criação desse corredor representa uma oportunidade valiosa para a restauração ecológica e a promoção da biodiversidade.

Essa iniciativa visa compensar a falta de fragmentação ao longo do rio, proporcionando um ambiente adequado para a biodiversidade e contribuindo para a

conservação dos recursos hídricos. A criação desse corredor ecológico ao longo do Rio Paquequer pode desempenhar um papel significativo na promoção da conectividade ecológica, conectando os fragmentos florestais existentes e permitindo a movimentação de espécies ao longo do curso d'água.

Essa abordagem estratégica não apenas promove a conectividade entre as áreas de maior importância para a conservação, como as UCs, mas também engloba as áreas identificadas como críticas em termos de conectividade. Isso contribui para garantir a mobilidade da biodiversidade em toda a extensão do município, favorecendo a preservação dos ecossistemas e a sustentabilidade ambiental.

Portanto, o corredor ecológico margeando os limites do município representa uma solução viável para promover a conectividade ecológica em Teresópolis, considerando a realidade das áreas de maior relevância para a conservação.

#### **4. CONCLUSÃO**

Em resumo, o município de Teresópolis se destaca como uma área com grandes fragmentos florestais que estão distribuídos de maneira relativamente equilibrada em sua extensão territorial. Essa distribuição reflete não apenas a riqueza natural da região, mas também o resultado de esforços municipais significativos, sobretudo em termos de planejamento ambiental. Além disso, a presença de UCs, como os parques, que abrangem boa parte do espaço do município, desempenha um papel fundamental na promoção da conservação e conectividade ecológica.

Os índices calculados ao longo deste estudo demonstraram ser ferramentas eficazes para identificar as áreas que requerem atenção prioritária em relação à conectividade ecológica. Eles forneceram diretrizes claras para a elaboração de propostas de corredores ecológicos que podem fortalecer ainda mais a integridade dos ecossistemas no município.

É possível argumentar, ainda, que a exploração das relações entre áreas contínuas e fragmentos pode abrir novos caminhos para a compreensão dos ecossistemas e da dinâmica ambiental. A distância entre essas áreas e os fragmentos pode desempenhar um papel crucial na determinação de como eles interagem e influenciam uns aos outros.

Por exemplo, os fragmentos podem servir como refúgios para a biodiversidade ou como corredores para a movimentação de espécies, enquanto as áreas contínuas podem fornecer o contexto ambiental maior no qual esses fragmentos operam.

No entanto, a natureza exata dessas relações e o papel da distância nelas ainda não são totalmente compreendidos. Portanto, seria interessante que pesquisas futuras se debruçassem sobre essa questão, explorando mais profundamente as interações entre áreas contínuas e fragmentos e o papel da distância nessas interações. Isso poderia levar a novas percepções e estratégias para a conservação e gestão do meio ambiente.

É importante salientar que trabalhos futuros podem se aprofundar na análise das Áreas de Preservação Permanente em todas as suas categorias, a fim de avaliar sua efetiva integração na paisagem do município e sua relação com os fragmentos florestais. Além disso, investigações adicionais podem se concentrar na maturidade dos fragmentos presentes no município, a fim de compreender de forma mais precisa as conexões ecológicas existentes. Abordagens biogeográficas e estudos sobre o fluxo de espécies também representam perspectivas valiosas para uma compreensão mais abrangente da biodiversidade e da ecologia da região.

Em última análise, Teresópolis demonstra ser um exemplo de como o planejamento ambiental e a preservação podem contribuir para a manutenção de ecossistemas saudáveis e a promoção da conectividade ecológica. O município continua a oferecer oportunidades significativas para a conservação da natureza e a pesquisa ecológica, empenhando-se na construção de um futuro sustentável e equilibrado.

## REFERÊNCIAS

ASF DAAC. **Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center**. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/about-palsar/>, 2011.

ATLÂNTICA, Consórcio Mata et al. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica**. Unicamp, 1992.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: Promulgada em 05 de outubro de 1988. 22. ed. São Paulo: Saraiva, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC**. Brasília/DF, 2000.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, 2004. 484 p. [1ª impressão 1996]

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, p. 871-880, 2010.

CUNHA, A. A.; GUEDES, F. B. (Ed.). **Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, 2013.

DITT, E. H. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Annablume; IPE; IIEB, 2002. 140 p.

GOODWIN, Brett J. Is landscape connectivity a dependent or independent variable?. **Landscape ecology**, v. 18, n. 7, p. 687-699, 2003.

HADDAD, N. M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's Ecosystems. **Science Advances**, Washington, v. 1, p. 1-9, 2015.

HILTY, Jodi A.; LIDICKER JR, William Z.; MERENLENDER, Adina M. **Corridor ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation**. Island press, 2012.

IBGE. Censo Demográfico, conhecendo o Brasil de 2022. Rio de Janeiro. IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/teresopolis/panorama>. Acesso em: 20 de out. 2023.

JESUS, F. L. C. Plano de manejo do Parque Natural Municipal das Montanhas de Teresópolis. **Teresópolis: Secretaria Municipal do Meio Ambiente**, 2021.

KORMAN, Vânia. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga** (Santa Rita do Passa Quatro, SP), Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

MACARTHUR R. H & WILSON E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press, Princeton, 1967.

METZGER, J. P. et al. **Uso de índices de paisagem para a definição de ações de conservação e restauração da biodiversidade do Estado de São Paulo**. Diretrizes para Conservação e Restauração da Biodiversidade no Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Fapesp, 2008.

MMA. **Biodiversidade brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

RBMA. **A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - roteiro para o entendimento de seus objetivos e seu sistema de gestão**. São Paulo, 1996. (Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2)

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.

RODRIGUES, Pablo José Francisco Pena; NASCIMENTO, Marcelo Trindade. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. **Rodriguésia**, v. 57, p. 67-74, 2006.

SANTOS, J. F. C. et al. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, 2017.

SEOANE, C. E. S. et al. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207-207, 2010.

SOS MATA ATLÂNTICA. 2023. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: Período 2020 -2021. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/> . Acesso em 20 out. 2023.

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

THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I A. L.; SANTOS, AR. Identificação de Fragmentos Florestais Potencias para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 595-612, 2020.

VALERI, S. V.; SENÔ, M. A. A. F. A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. In: **8º Congresso Internacional de Direito Ambiental**. 2004.

WORLDCLIM. **Historical climate data**. Disponível em: <https://www.worldclim.org/data/downscaling.html>. Acesso em: 24 out. 2023.