



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE
CURSO DE BACHARELADO EM ECOLOGIA**

Valquíria Alves da Silva

**ANÁLISE DA CONECTIVIDADE ECOLÓGICA E
CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM EM ÁREAS PROPOSTAS PARA
CONSERVAÇÃO MUNICIPAL NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA**

Valquíria Alves da Silva

**ANÁLISE DA CONECTIVIDADE ECOLÓGICA E
CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM EM ÁREAS PROPOSTAS PARA
CONSERVAÇÃO MUNICIPAL NO LITORAL NORTE DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentada à
Universidade Federal da
Paraíba como requisito para a
obtenção do título de
Bacharel em Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Wallace Beiroz Imbrosio da Silva

Rio Tinto
2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Valquíria Alves da.
Análise da conectividade ecológica e caracterização
da paisagem em áreas propostas para conservação
municipal no Litoral Norte da Paraíba / Valquíria Alves
da Silva. - Rio Tinto, 2026.
29 f. : il.

Orientação: Wallace Beiroz Imbrosio da Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CCAIE.

1. Ecologia da paisagem. 2. Conectividade. 3.
Unidades de Conservação. 4. Restauração ecológica. 5.
Fragmentação. I. Silva, Wallace Beiroz Imbrosio da. II.
Título.

UFPB/CCAIE

CDU 574:502.13(813.1)

Valquíria Alves da Silva

**Análise da Conectividade Ecológica e Caracterização da Paisagem em Áreas
Propostas para Conservação Municipal no Litoral Norte da Paraíba**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Bacharelado em Ecologia,
Universidade Federal da Paraíba, Campus IV, como
requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel
em Ecologia.

APROVADA EM: 28 / 07 / 2026

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 WALLACE BEIROZ IMBROSIO DA SILVA
Data: 28/07/2026 19:44:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wallace Beiroz Imbrosio da Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Departamento de Engenharia e Meio Ambiente
(DEMA)
Orientador

Documento assinado digitalmente
 MILENA DUTRA DA SILVA
Data: 29/07/2026 21:38:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Milena Dutra da Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Departamento de Engenharia e Meio Ambiente
(DEMA)
Examinador(a)

Documento assinado digitalmente
 SUENIA CIBELLE COSTA DE OLIVEIRA
Data: 29/07/2026 12:26:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Suênia Cibelle Costa de Oliveira
Analista da Gerência Executiva de Áreas Protegidas, Biodiversidade e Gestão Costeira da
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Sustentabilidade da Paraíba (SEMAS-PB)
Examinador(a)

**RIO TINTO
2026**

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio, incentivo e colaboração de algumas pessoas e da instituição, às quais expresso minha sincera gratidão. Primeiramente meus agradecimentos a Deus por ter chegado até aqui, e me fornecer sabedoria, perseverança e cuidado para poder continuar essa caminhada. Agradeço também a UFPB, por ter me proporcionado uma formação pública e de qualidade e assim me direcionando para um caminho de mais conhecimento.

A minha família meus altos agradecimentos, minha mãe (Edite) que sempre me mostrou o caminho da educação e me auxiliou para que eu pudesse seguir, meu pai que sempre acreditou em mim, a minha irmã (Vitória) que sempre foi e é a pessoa que mais acreditou em mim, e que mais cuidou e me incentivou para chegar até aqui, a quem tenho profunda admiração.

Também agradeço aos meus professores da graduação que me passaram tantos conhecimentos, e me ajudaram na minha vida acadêmica em pró da minha excelente formação. Agradeço muito ao meu Professor Dr. Wallace, por todo conhecimento e saberes repassado, por todo suporte acadêmico, pela amizade também gerada e todo auxílio que até aqui me ajudou de forma incondicional para que eu pudesse me tornar uma profissional mais qualificada. Também presto muitos agradecimentos a minha professora Dra. Milena que sempre me ajudou a ser uma ótima pesquisadora, e me mostrando excelentes direcionamentos que me tornaram melhor academicamente e como pessoa, sou muito grata por todos os momentos, ensinamentos, e correções, contribuindo assim, com meu desenvolvimento profissional e pessoal. A profa Dr. Nadjacléia, agradeço muito por todo conhecimento a mim repassado, por sua dedicação, competência e compromisso com o meio acadêmico e com o laboratório na qual faço parte, obrigada por me servir de exemplo e inspiração. Assim também agradeço a toda equipe do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento que me passaram muitos ensinamentos ao longo dessa trajetória.

Sou muito agradecida as amizades que fiz durante o curso, agradeço Janiele, Fernanda, Maria e Raimundo, com eles os dias na universidade se tornaram mais leves, as aulas se tornaram menos cansativas, o aprendizado se tornou mais fácil, os dias mais felizes, pois tinha o suporte de vocês. A minha amiga de curso, da vida e colega de quarto Laís, eu sou muito grata, sem você não teria como seguir nessa trajetória, sou muito grata pelo grande suporte que me foi dado, por todo convívio, e pelo todo grande apoio na minha vida pessoal e acadêmica. A minha amiga Greyce, por ter sido de extrema importância na minha vida, e sempre acreditar em mim e no meu potencial.

Além disso, também sou grata ao CNPQ, que me concedeu bolsa de iniciação científica e possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.

Sumário

Análise da conectividade ecológica e caracterização da paisagem em áreas propostas para conservação municipal no Litoral Norte da Paraíba.....	1
Resumo.....	1
Abstract.....	1
Introdução.....	2
Material e Métodos.....	3
Área de Estudo.....	3
Definição da Área de Avaliação no Entorno dos Fragmentos.....	5
Métrica da Paisagem.....	5
Análise da Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (ENN).....	6
Resistência da Paisagem e Fluxo dos Organismos.....	7
Resultados.....	8
Caracterização da Paisagem.....	8
Análise da Conectividade Ecológica.....	11
Distância Euclidiana (ENN).....	11
Resistência Potencial da Paisagem.....	14
Discussão.....	14
Categorização estrutural da paisagem.....	14
Conectividade estrutural e funcional potencial.....	16
Aplicações da conectividade ao planejamento ambiental municipal.....	17
Conclusões.....	18
Agradecimentos.....	19
Referências.....	19
ANEXO.....	24
Diretrizes para autores - Revista Brasileira de Geografia Física.....	24

Análise da conectividade ecológica e caracterização da paisagem em áreas propostas para conservação municipal no Litoral Norte da Paraíba

Valquiria Alves da Silva¹, Wallace Beiroz^{2,3}

¹Curso de Bacharelado em Ecologia da Universidade Federal da Paraíba-PB, Brasil. valquiria.alves@academico.ufpb.br; ²Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Sustentabilidade da Universidade Federal da Paraíba-PB, Brasil; ³Instituto Nacional de Coleoptera, INCT/CNPq, Brasil. wallace.beiroz@academico.ufpb.br

Resumo

A fragmentação da vegetação nativa da Mata Atlântica compromete a conectividade ecológica reduzindo a disponibilidade de habitats. Este estudo teve como objetivo, avaliar a conectividade ecológica e funcional nos fragmentos de Pindobal e Sertãozinho no Litoral Norte da Paraíba, visando subsidiar a criação de Unidades de Conservação. Foram utilizados dados de uso e cobertura da terra, métricas da paisagem, análise da distância euclidiana ao fragmento mais próximo (ENN) e modelagem da conectividade funcional potencial por meio da Teoria dos Circuitos em ambiente SIG. Os resultados evidenciaram uma paisagem fortemente antropizada com uma matriz de cana, elevada fragmentação, baixa disponibilidade de áreas núcleo e grande efeito de borda principalmente na Formação Savânica. Entretanto, os maiores remanescentes apresentaram maior proximidade ao fragmento mais próximo (ENN), indicando potencial para manutenção da conectividade estrutural. Contudo, a conectividade funcional mostrou-se limitada pela alta resistência da matriz antrópica, concentrando as rotas potenciais em áreas estratégicas e ressaltando a importância de fragmentos intermediários e corredores ecológicos. Conclui-se que a criação de Unidades de Conservação associada à restauração ecológica orientada por critérios de conectividade pode fortalecer a conservação da biodiversidade, aumentar a permeabilidade da paisagem e subsidiar o planejamento ambiental municipal.

Palavras Chave: Ecologia da paisagem; Conectividade; Unidades de Conservação; Restauração ecológica; Fragmentação.

Analysis of Ecological Connectivity and Landscape Characterization in Areas Proposed for Municipal Conservation in the Northern Coast of Paraíba

Abstract

The fragmentation of native Atlantic Forest vegetation compromises ecological connectivity by reducing habitat availability. The objective of this study was to assess ecological and functional connectivity in the Pindobal and Sertãozinho fragments on the northern coast of Paraíba, with the aim of supporting the creation of Conservation Units. Data on land use and land cover, landscape metrics, Euclidean distance analysis to the nearest fragment (ENN), and modeling of potential functional connectivity using Circuit Theory in a GIS environment were utilized. The results revealed a heavily anthropized landscape with a sugarcane matrix, high fragmentation, low availability of core areas, and a significant edge effect, particularly in the Savanna Formation. However, the largest remnant areas were closer to the nearest fragment (ENN), indicating potential for maintaining structural connectivity. Nevertheless, functional connectivity was found to be limited by the high resistance of the anthropogenic matrix, concentrating potential routes in strategic areas and highlighting the importance of intermediate fragments and ecological corridors. It is concluded that the creation of Conservation Units combined with ecological restoration guided by connectivity criteria can strengthen biodiversity conservation, increase landscape permeability, and support municipal environmental planning.

Keywords: Landscape ecology; Connectivity; Conservation areas; Ecological restoration; Fragmentation.

Introdução

A Mata Atlântica é um dos maiores hotspots de biodiversidade globais, dada a sua combinação de elevada riqueza, endemismo e perda de habitat (Lima *et al.*, 2025). A variedade de fitofisionomias, extensão latitudinal e altitudinal, contribuem para a diversidade de ambientes e biológica (Damstra; Banks-Leite, 2021). Sendo assim, ela contém uma enorme relevância ecológica, econômica e social, uma vez que proporciona importantes serviços ecossistêmicos, incluindo regulação climática, abastecimento de água, armazenamento de carbono, benefícios culturais e outros serviços que sustentam o bem-estar humano e a atividade econômica (Pires *et al.*, 2021).

No entanto, o bioma encontra-se altamente fragmentado, com uma cobertura de 23 a 24% de floresta e 36% de vegetação natural. Apesar de ações positivas nas últimas duas décadas que levaram à redução do desmatamento e aumento da vegetação nativa e número de fragmentos, a Mata Atlântica ainda segue no cenário fragmentado, por 97% dos fragmentos de vegetação serem menores que 50 ha (Vancine *et al.*, 2024). Apesar dos marcos legais de proteção, a Mata Atlântica permanece intensamente fragmentada e sujeita a efeitos de borda e perdas locais de cobertura nativa (Dias *et al.*, 2023; Vancine *et al.*, 2024). A proteção da vegetação nativa e das áreas de Preservação Permanente também é disciplinada pela Lei nº 12.651/2012 e a proteção da vegetação nativa da Mata Atlântica é regulamentada pela Lei nº 11.428/2006 (Brasil, 2006, 2012). A fragmentação subdivide coberturas anteriormente contínuas, reduz o tamanho das manchas e aumenta o isolamento e a influência da matriz entre remanescentes (Vancine *et al.*, 2024; Oettel *et al.*, 2025). Na ecologia da paisagem, a conectividade é definida como o grau em que uma paisagem facilita ou impede o movimento de organismos entre manchas de habitat ou recursos (Oettel *et al.*, 2025).

Nesse contexto, o bioma Mata Atlântica possui algumas regiões que requerem uma maior atenção para conservação devido à grande concentração de espécies endêmicas e ao seu grau de ameaça. Com destaque para o Centro de Endemismo de Pernambuco (CEP) que inclui a faixa do bioma imediatamente ao norte do Rio São Francisco, uma região como uma das porções mais degradadas, fragmentadas e menos protegidas da Mata Atlântica, com 60% da cobertura total influenciada por efeito de borda (Dias; Silveira; Francisco, 2023). Essa combinação entre elevada singularidade biológica, intensa fragmentação e baixa representatividade em áreas protegidas reforça

a necessidade de estratégias de conservação e planejamento da conectividade no CEP. A proteção legal do bioma Mata Atlântica em relação à importância da biodiversidade pode ser baixa, há uma estimativa de que 9,1% da área esteja sob proteção legal (Batista *et al.*, 2021). Enquanto a cobertura de áreas protegidas no CEP estima-se que seja apenas cerca de 1% (Carvalho *et al.*, 2021). Além do mais, uma área de 44.000 km² do CEP está protegida, restando uma cobertura original de apenas cerca de 12% (Da Costa Dias *et al.*, 2024).

A região não-costeira do norte da Paraíba foi identificada como um dos setores onde o desmatamento se concentra, apesar do litoral norte da Paraíba ainda conter um dos maiores blocos de floresta remanescentes na região (Dias; Silveira; Francisco, 2023). Os remanescentes florestais da região, encontram-se inseridos em um mosaico de usos cuja composição e configuração condicionam a conectividade e a permeabilidade da paisagem (Oettel *et al.*, 2025; Vancine *et al.*, 2024). Esses usos antrópicos, causam efeitos de fragmentação na paisagem alterando diretamente, características dos remanescentes quanto a área, isolamento, borda, dentre outros, o que gera impactos significativos na biodiversidade, como na redução da riqueza de espécies e degradação de funções ecossistêmicas centrais (Dias *et al.*, 2023; Vancine *et al.*, 2024; Saraiva-Maia *et al.*, 2026).

Nesse contexto, a proteção de áreas fragmentadas deve considerar sua contribuição para a conectividade da paisagem, uma vez que a manutenção de áreas espacialmente articuladas auxilia no papel da redução do isolamento, além de favorecer a dispersão e o fluxo gênico (Ayram *et al.*, 2016). A criação de áreas protegidas pode limitar novas perdas e deve ser articulada ao planejamento da conectividade entre remanescentes (Cameron *et al.*, 2022; Prima *et al.*, 2025). Entretanto, proteger a área sem o planejamento da conectividade pode ser insuficiente, uma vez que muitas redes de áreas protegidas permanecem desconectadas ou apresentam níveis de conectividade inferiores ao esperado (Prima *et al.*, 2025; Travers *et al.*, 2021). A conectividade estrutural descreve a disposição física e a continuidade espacial dos elementos de habitat, independentemente da resposta de uma espécie particular (Oettel *et al.*, 2025). Enquanto isso, a conectividade funcional considera a resposta dos organismos à configuração da paisagem e à resistência imposta pela matriz, podendo diferir substancialmente da conectividade estrutural (Oettel *et al.*, 2025).

Assim, o planejamento de novas áreas protegidas deve incorporar tanto a disposição espacial dos remanescentes quanto à resistência

imposta pelos diferentes usos da terra ao deslocamento dos organismos.

Para avaliar as condições da paisagem para proposta de áreas de UCs, tornam-se necessários alguns critérios, tendo como primeiro a representatividade ecológica, pois é essencial a identificação das áreas relevantes para a biodiversidade e mais sensíveis aos impactos e pressão antropogênica (Harutyunyan, 2022). Também devem ser incluídas as condições da paisagem relacionadas a estrutura e fragmentação (Janík; Romportl; Křenová, 2024). Além disso, é necessário avaliar as pressões e ameaças relacionadas ao uso antrópico da terra (Tiamgne *et al.*, 2022). Embora informações biológicas sobre espécies possam contribuir para uma avaliação mais completa da adequação das áreas (GÍLEA *et al.*, 2026), as informações e análises efetuadas para um planejamento paisagístico, colaboram para os planos de manejo de áreas protegidas (Harutyunyan, 2022).

As áreas de Pindobal e Sertãozinho representam importantes remanescentes florestais do Litoral Norte da Paraíba e vêm sendo discutidas como áreas prioritárias para a criação de Unidades de Conservação. Entretanto, ainda são escassos estudos que integrem métricas de fragmentação, conectividade estrutural e conectividade funcional potencial para subsidiar tecnicamente essas propostas.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi analisar a conectividade estrutural e a conectividade potencial funcional entre os remanescentes florestais das áreas propostas para conservação no Litoral Norte da Paraíba (Pindobal e Sertãozinho), considerando a configuração do uso e cobertura do solo ao redor dos fragmentos. Nesse contexto, este estudo busca fornecer subsídios técnicos para o

planejamento ambiental, promovendo a implementação de políticas públicas voltadas à conservação da biodiversidade e ao fortalecimento da conectividade da paisagem.

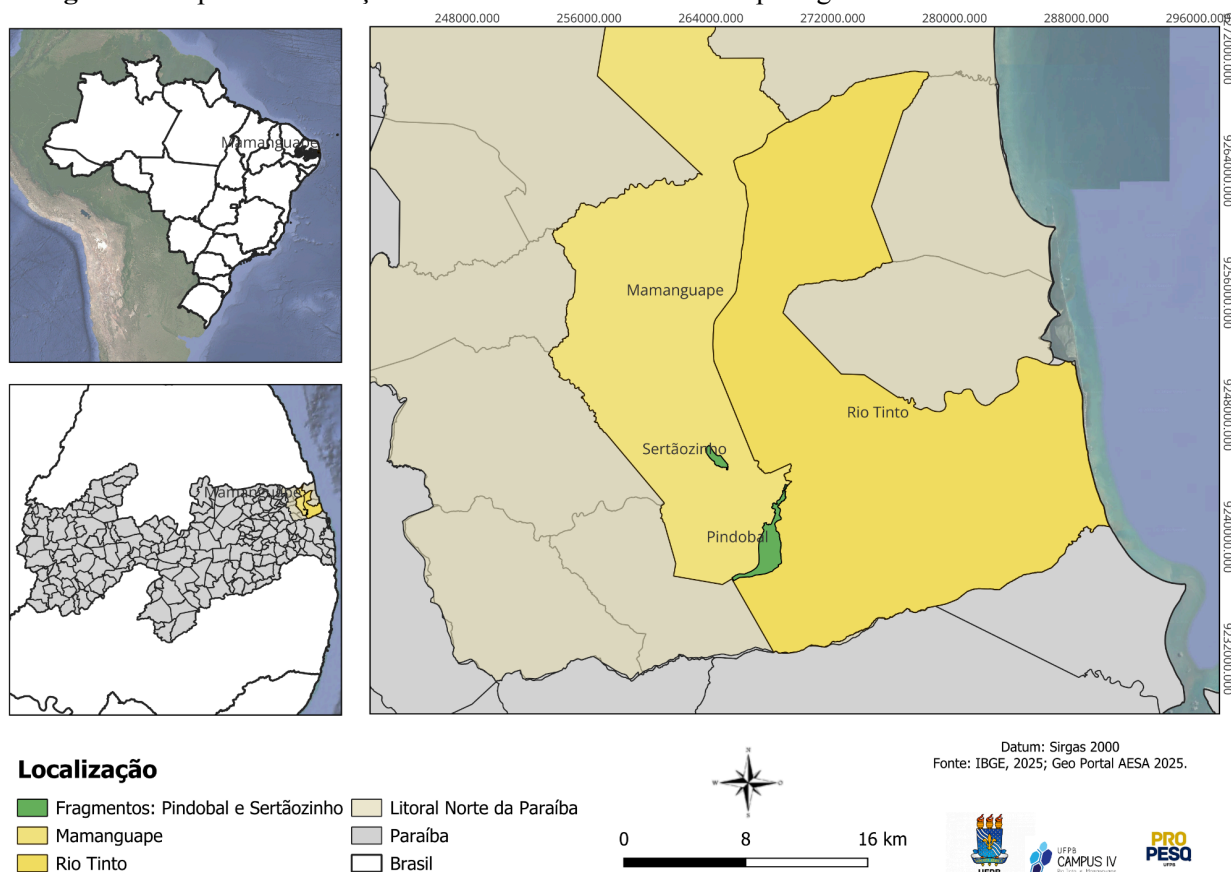
Material e Métodos

Área de Estudo

As áreas de Pindobal e Sertãozinho estão situadas sob o domínio do bioma de Mata Atlântica, no Litoral Norte da Paraíba (Fig. 1). Sendo Sertãozinho localizado na porção sul do município de Mamanguape (6°49'43,1"S e 35°07'22,8"W), e Pindobal na divisa entre o sul de Mamanguape e a porção Sudoeste de Rio Tinto (6°50'44"S e 35°05'46"W), ocupando ambos os municípios, porém com a maior parte do fragmento dentro do limite de Mamanguape (Fig. 1).

O clima é caracterizado pelo Tropical Nordeste Oriental, com temperaturas médias mensais acima de 18 °C e com um a dois meses de seca, exceto a região bem ao norte de Pindobal, onde pode chegar a 3 meses de estiagem (IBGE, 2002). Os meses com maior precipitação costumam ser abril a julho, obtendo maio os índices de precipitação mais elevados (AES, 2025). O solo é caracterizado por um argissolo amarelo, com textura mais arenosa em Sertãozinho e mais argilosa em Pindobal (IBGE, 2023a), onde a vegetação que se forma é caracterizada por ser uma Floresta Estacional Semidecidual, com características de Tensão Ecológica com a Caatinga (Savana Estépica) (IBGE, 2023b).

Figura 1. Mapa de localização de Pindobal e Sertãozinho na paisagem do Litoral Norte da Paraíba.



Fonte: Autores (2026)

Pindobal possui um grande fragmento florestal de aproximadamente 429 hectares, inserido em uma matriz de cana-de-açúcar e próximo a comunidades rurais tradicionais e instalações industriais relacionadas à produção sucroalcooleira (MAPBIOMAS, 2026) (Figura 2).

Existe uma relação histórica de uso da mata pela população para a retirada de madeira para construção civil e lazer, atualmente há pontos de descarte de resíduos, caça, e extração ilegal de madeira, além do conflito de uso da água para abastecimento da população e uso para irrigação pela usina.

Sertãozinho é uma área de transição entre o limite urbano e a zona rural, composta por um fragmento estimado em 73 ha, cercado pela paisagem urbana e também monocultura da

cana-de-açúcar (MAPBIOMAS, 2026). Segundo fonte local anterior de Moraes (2018) a área constitui o antigo Parque Urbano Bica do Sertãozinho (atual Parque Estadual da Bica do Sertãozinho), fundado em 1936 (Moraes, 2018), porém, apesar do nome, não é uma área protegida conforme previsto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/2000).

O Parque de Bica do Sertãozinho é consolidado na cidade, fazendo parte do convívio da população com uma área de lazer bastante popular, contando com uma infraestrutura de teatro, churrasqueiras, quadras e piscina. Outro ponto de interesse bastante relevante, é a presença do Rio Bandeira e sua respectiva nascente, bem como uma área verde que permite conforto térmico e proteção das margens do curso d'água.

Definição da Área de Avaliação no Entorno dos Fragmentos

O estudo considerou as áreas próximas aos fragmentos florestais, um buffer de 5 km para o entorno de Pindobal e Sertãozinho, na qual agrega os municípios de Mamanguape e Rio Tinto em sua maior parte, e uma pequena parte de Capim e Itapororoca.

O raio do buffer foi baseado em Kleemann et al. (2022), que afirmaram ser nos primeiros 5 km ao redor das áreas protegidas analisadas onde as maiores taxas de desmatamento ocorreram, enquanto uma proporção significativamente menor foi registrada em seus interiores. Os autores observaram também, que as áreas de entorno sofreram até 25,5% do desmatamento, evidenciando a importância de considerar a matriz da paisagem próxima na avaliação e no planejamento de estratégias de conservação. Dessa forma, a adoção de buffers de 5 km permite caracterizar as condições da paisagem circundante às áreas propostas para conservação, identificando padrões de uso e cobertura da terra, níveis de antropização e potenciais ameaças externas que podem comprometer a manutenção dos remanescentes florestais e a efetividade das futuras unidades de conservação.

Métrica da Paisagem

Foi realizada a aquisição dos dados de uso e ocupação do solo na plataforma Map Biomas coleção 10.1 (2026) usando a resolução 30 x 30 m, pelo software QGIS (versão 3.34.12). As métricas foram calculadas por meio do plugin LecoS (Landscape Ecology Statistics) (Jung, 2026). As métricas da paisagem utilizadas foram:

CA (Class Analysis): Tamanho da Área. Transformada em km², a métrica calcula a área total ocupada por cada classe de cobertura da terra na paisagem; NP (Number Patch): Está relacionado aos números de fragmentos por classe; LP (Largest Patch): Está relacionado a maior mancha da classe; SP (Smallest Patch): Representa a área de menor mancha da classe; TE (Total Edge): Comprimento de borda de todas as manchas de cada classe, sendo obtido pela soma dos comprimentos das bordas individuais de cada fragmento; MPS (Mean Patch Size): Representa o tamanho médio dos fragmentos de uma determinada classe.

Para calcular as métricas de conectividade, foram separadas somente as classes de vegetação (Formação Florestal, Formação Savânica e Manguezal). Sendo as métricas:

TCA (Total Core Area) ou Overall Core Area: Representa a soma da área núcleo de todos os fragmentos de uma classe removendo a distância de borda, indicando o total de habitat interior disponível, para avaliar a sensibilidade dos organismos ao efeito de borda, quanto mais elevado os valores, maior disponibilidade de habitat. A margem de borda usada para definir área núcleo é de 50 m, sendo um procedimento metodológico comum usado na ecologia de paisagem em alguns estudos como o de Saraiva-Maia et al., (2026). A implementação desse valor é observada em vários estudos e se baseiam na distância de influência (DEI - Distance of Edge influence. Foi adotada uma faixa de 50 m para delimitar a área núcleo, seguindo o critério operacional utilizado por Saraiva-Maia et al. (2026). Esse valor permite comparações internas, mas não representa uma distância universal de influência de borda; Like Adjacency Index (Como Adjacentes): Mede o grau de conectividade entre pixels de vegetação semelhantes (quanto maior, maior a conexão), os valores variam de 0 a 1, quanto mais próximo o valor for de 1 indica que as células estão altamente agrupadas, refletindo uma maior conectividade estrutural, quanto mais próximos a 0, indicam maior fragmentação; Landscape Division Index (Divisão da Paisagem): Calcula o grau de divisão e fragmentação da paisagem, mede a probabilidade de que dois pontos escolhidos ao acaso não sejam do mesmo fragmento, o valores também variam de 0 a 1, sendo os próximo a 0 uma menor fragmentação na paisagem e 1 uma paisagem altamente fragmentada. Ou seja, quanto menor o valor de divisão, maior a conectividade estrutural.

A interpretação integrada dessas métricas, colaboram para a análise de diferentes aspectos da conectividade estrutural da paisagem. Enquanto a Overall Core Area evidencia a disponibilidade de habitat interior livre dos efeitos de borda, o Like Adjacencies indica o grau de agregação espacial entre os remanescentes florestais e o Landscape Division expressa o nível de fragmentação da paisagem. Afirmando que, paisagens com maior área central e maior adjacência entre fragmentos, associadas a menores valores do índice de divisão, tendem a apresentar maior continuidade estrutural e potencial para o fluxo de organismos e processos ecológicos, refletindo uma paisagem mais conectada e menos fragmentada ou mais fragmentada caso for o oposto dos resultados.

Análise da Distância Euclidiana do Vizinho mais próximo (ENN)

Para a análise de conectividade estrutural foi utilizada a métrica ENN (Euclidean Nearest

Neighbor Distance), para avaliar a distância do vizinho mais próximo, focando no grau de isolamento entre fragmentos da classe “Formação Florestal” de toda a paisagem, calculando uma distância de borda a borda.

O processamento espacial foi realizado em R com estruturas de dados e operações descritas por Pebesma e Bivand (2023). Sendo assim, foram validadas as geometrias dos fragmentos para evitar algumas inconsistências topológicas, depois os polígonos foram individualizados para a independência dos fragmentos. Com isso, foi calculada a matriz de distância euclidiana borda a borda entre todos os fragmentos da paisagem. A partir dessa matriz, identificou-se, para cada fragmento, a menor distância em relação ao fragmento florestal mais próximo, utilizando esse valor como indicador do seu grau de isolamento espacial.

Posteriormente, classificou as áreas em muito altamente próximos estruturalmente (ENN entre 0–30 m), próximos (30–150 m), moderadamente isolados (150–500 m) e mais isolados (>500 m). Não existem limites de distância universalmente válidos para conectividade. As classes adotadas foram definidas para sumarização descritiva, enquanto a interpretação ecológica considera a dependência de espécie e escala (Bird *et al.*, 2023; Oettel *et al.*, 2025). Porém, os intervalos aqui definidos foram baseados em apontamentos da literatura para potenciais padrões de distâncias para deslocamento. A interpretação do ENN depende da capacidade de deslocamento, da escala de percepção e da permeabilidade da matriz, não existindo um limiar único aplicável a todos os organismos (Bird *et al.*, 2023; Oettel *et al.*, 2025).

Em distâncias de até 30 m os fragmentos ainda possuem uma boa proximidade uns com outros. Como a conectividade varia entre espécies e escalas, as faixas de ENN foram utilizadas somente para descrição dos padrões espaciais. As inferências principais devem se apoiar nos valores contínuos de ENN (Bird *et al.*, 2023; Oettel *et al.*, 2025). Além disso, pode-se considerar que distâncias entre 150 e 500 m representam uma condição intermediária, pois já começa a existir uma transição entre as respectivas distâncias de 150 a 500 m, visto que, a partir daí a conectividade já pode passar a depender mais das características ecológicas da espécie e da permeabilidade da matriz, considerando a síntese de que não há limiares universais para as distâncias. Além do mais, outro estudo aponta, que abaixo de 500m, a paisagem já está considerada como desconectada e com muitos fragmentos isolados em distâncias de até 6.500m (Bird *et al.*, 2023)

Após o cálculo da métrica ENN foi realizada a quantificação da frequência absoluta e

relativa de fragmentos em cada classificação gerados por meio de gráficos utilizando os pacotes sf, dplyr e ggplot2, com intuito de explorar as estatísticas descritivas, como valor mínimo, máximo, média, mediana e quartis, esse procedimento possibilitou avaliar a distribuição dos valores da distância euclidiana para a compreensão da conectividade estrutural da paisagem.

Além disso, para melhor compreender a distribuição dos fragmentos foi realizada a correlação de Spearman entre a área do fragmento e distância euclidiana (ENN) com o objetivo de verificar se existe associação entre o tamanho do fragmento e sua distância ao vizinho mais próximo. Para essa análise, foram considerados apenas fragmentos com valores de ENN maior que zero. Os valores iguais a zero indicam fragmentos contíguos ou que apresentam contato em pelo menos um ponto de suas bordas, podendo representar tanto continuidade espacial real quanto artefatos associados à resolução espacial e ao processo de vetorização dos dados. Dessa forma, a exclusão dos valores de ENN = 0 permitiu avaliar a relação entre área e distância apenas entre fragmentos efetivamente separados na paisagem.

Concomitantemente, foi realizada uma análise de sensibilidade sobre a exclusão de fragmentos com ENN = 0. Inicialmente, a base de fragmentos foi dividida em dois grupos: fragmentos com ENN = 0 e fragmentos com ENN > 0. Em seguida, foram calculadas estatísticas descritivas da área dos fragmentos para cada grupo, incluindo número de fragmentos, percentual em relação ao total, média, mediana, quartis, valor mínimo e valor máximo. Como a distribuição da área dos fragmentos apresentou forte assimetria, a área foi transformada em log10 para as análises comparativas. A diferença na distribuição da área entre os fragmentos com ENN = 0 e ENN > 0 foi avaliada por meio do teste não paramétrico de Wilcoxon.

Além disso, a correlação de Spearman também foi calculada considerando todos os fragmentos da paisagem, com o intuito de comparar com a correlação apenas com ENN > 0. Essa comparação permitiu verificar se a exclusão dos valores iguais a zero alterava o sentido, a magnitude ou a significância da associação entre o tamanho dos fragmentos e seu grau de isolamento espacial. Dessa forma, a análise com ENN > 0 foi utilizada especificamente para avaliar a relação entre área e isolamento apenas entre fragmentos efetivamente separados na paisagem.

As análises de potenciais corredores para avaliar conectividade funcional foram realizadas utilizando o software de modelagem de conectividade Circuitscapes, baseado na teoria dos circuitos. A Teoria dos Circuitos abordada por McRae et al (2008) e implementada e atualizada no Circuitscape contemporâneo (Hall *et al.*, 2021), afirma que pode-se representar a paisagem como superfície de resistência, na qual o fluxo potencial de organismos entre áreas de diferentes habitats é representada pela corrente elétrica simulada. Na perspectiva ecológica, a resistência da paisagem expressa a dificuldade relativa imposta pelas classes de cobertura ao movimento dos organismos e varia entre espécies e escalas (Oettel *et al.*, 2025).

Sendo assim, é possível representar a paisagem por uma superfície de resistência, na qual cada célula possui um custo associado ao deslocamento dos organismos de acordo com o valor de resistência proposto. De forma análoga ao fluxo de corrente elétrica em um circuito, a movimentação potencial dos organismos ocorre preferencialmente através de regiões de menor resistência. A modelagem permite identificar áreas com maior probabilidade de fluxo ecológico, bem como regiões estratégicas para a manutenção da conectividade entre remanescentes de habitat. Diferentemente das análises baseadas apenas em caminhos de menor custo, a Teoria dos Circuitos considera simultaneamente múltiplas rotas potenciais de deslocamento, proporcionando uma representação mais realista da conectividade da paisagem (McRae *et al.*, 2008).

Com base nisso, foram dados valores de resistência para cada classe da paisagem, sendo os valores para vegetação menores em relação ao uso antrópico e possíveis barreiras que aumentam a resistência ao deslocamento (Tabela 1). Os valores de resistência não representam medidas absolutas, mas sim relações relativas entre as classes da paisagem, que permite modelar a conectividade funcional e identificar áreas com maior ou menor facilidade de deslocamento ecológico.

A conectividade funcional depende da interação entre a capacidade de movimento dos organismos, a configuração dos habitats e a resistência da matriz (Oettel *et al.*, 2025; Hall *et al.*, 2021). A superfície de resistência ecológica deve ser dada através de integração de fatores naturais e antropogênicos (Kang, *et al.*, 2022). Regiões de estrada e áreas urbanas devem conter os maiores valores de superfície de resistência, pois atuam como barreiras maiores (Préau, *et al.*, 2021). Sendo assim, para a construção da superfície de resistência, o mapa de uso e cobertura do solo obtido a partir do MapBiomas foi reclassificado em valores relativos, atribuindo valores de resistência para cada classe da paisagem da área de estudo (Tabela 1).

Esse trabalho avalia a conectividade de toda a vegetação, a classe de Formação Florestal recebeu o menor valor de resistência, seguido de outras classes de vegetação nativa e ambientes naturais, por representarem áreas potencialmente mais permeáveis ao deslocamento ecológico. Em contraste, classes associadas a usos para agropecuária, como pastagem, cana de açúcar e outras lavouras temporárias receberam valores muito maiores, porém ainda menores do que áreas com predominância de uso e coberturas com predominância de áreas não-vegetadas, como corpos hídricos e áreas urbanizadas, por apresentarem maior dificuldade potencial ao fluxo de organismos.

Os fragmentos de vegetação foram utilizados como áreas-fonte ou nós de conexão na modelagem, representando remanescentes de habitat entre os quais foi estimado o fluxo potencial de conectividade. Antes da análise, os fragmentos foram individualizados e convertidos para o mesmo sistema de referência espacial e resolução do raster de resistência, garantindo compatibilidade espacial entre os arquivos de entrada. A análise foi realizada no modo all-to-all, no qual todos os fragmentos foram considerados simultaneamente como fontes e destinos de corrente, permitindo estimar o fluxo potencial de conectividade em toda a paisagem.

Tabela 1. Valores de Resistência rodados no Circuitscape para cálculo das rotas preferenciais e possíveis fluxos e corredores ecológicos.

Classe	Resistência sugerida	Justificativa ecológica
Formação Florestal	1	Habitat principal e classe de maior permeabilidade para organismos associados à vegetação florestal.
Mangue	2	Ambiente natural, mas estrutural e ecologicamente distinto da formação florestal; permeável para parte da fauna, mas não equivalente à floresta ombrófila/estacional.
Formação Savânica	4	Cobertura natural com vegetação, mas com menor equivalência estrutural à formação florestal.
Campo Alagado e Área Pantanosa	7	Ambiente natural, porém pode restringir o deslocamento de organismos terrestres não associados a áreas úmidas.
Mosaico de Usos	50	Matriz heterogênea, podendo incluir vegetação secundária, agricultura, quintais e áreas abertas; resistência intermediária.
Pastagem	60	Área aberta, com menor cobertura e maior exposição, dificultando o deslocamento de organismos florestais.
Cana-de-açúcar	75	Monocultura homogênea, com manejo periódico e baixa similaridade estrutural com habitat florestal.
Outras Lavouras Temporárias	80	Matriz agrícola sazonal, com alta instabilidade temporal e baixa previsibilidade como habitat ou rota de deslocamento.
Outras Áreas não Vegetadas	90	Baixa cobertura vegetal e elevada exposição, funcionando como barreira parcial.
Rio, Lago e Oceano	95	Para organismos terrestres, grandes corpos d'água podem representar barreira forte.
Área Urbanizada	100	Maior resistência por impermeabilização, tráfego, edificações, ruído, iluminação e baixa permeabilidade ecológica.

Os valores gerados pelo Circuitscape foram interpretados como valores relativos de corrente acumulada, e não medidas diretas de deslocamento real de organismos. Assim, foi gerado um mapa exibindo as áreas com maior densidade de corrente indicando regiões prioritárias para manutenção da conectividade funcional, por concentrarem maior probabilidade de fluxo ecológico entre fragmentos. Valores mais próximos de zero indicam maior corrente acumulada relativa, enquanto valores mais

negativos indicam menor intensidade de corrente, permitindo analisar as áreas com maiores valores de corrente acumulada representando regiões que concentram o fluxo potencial entre os fragmentos.

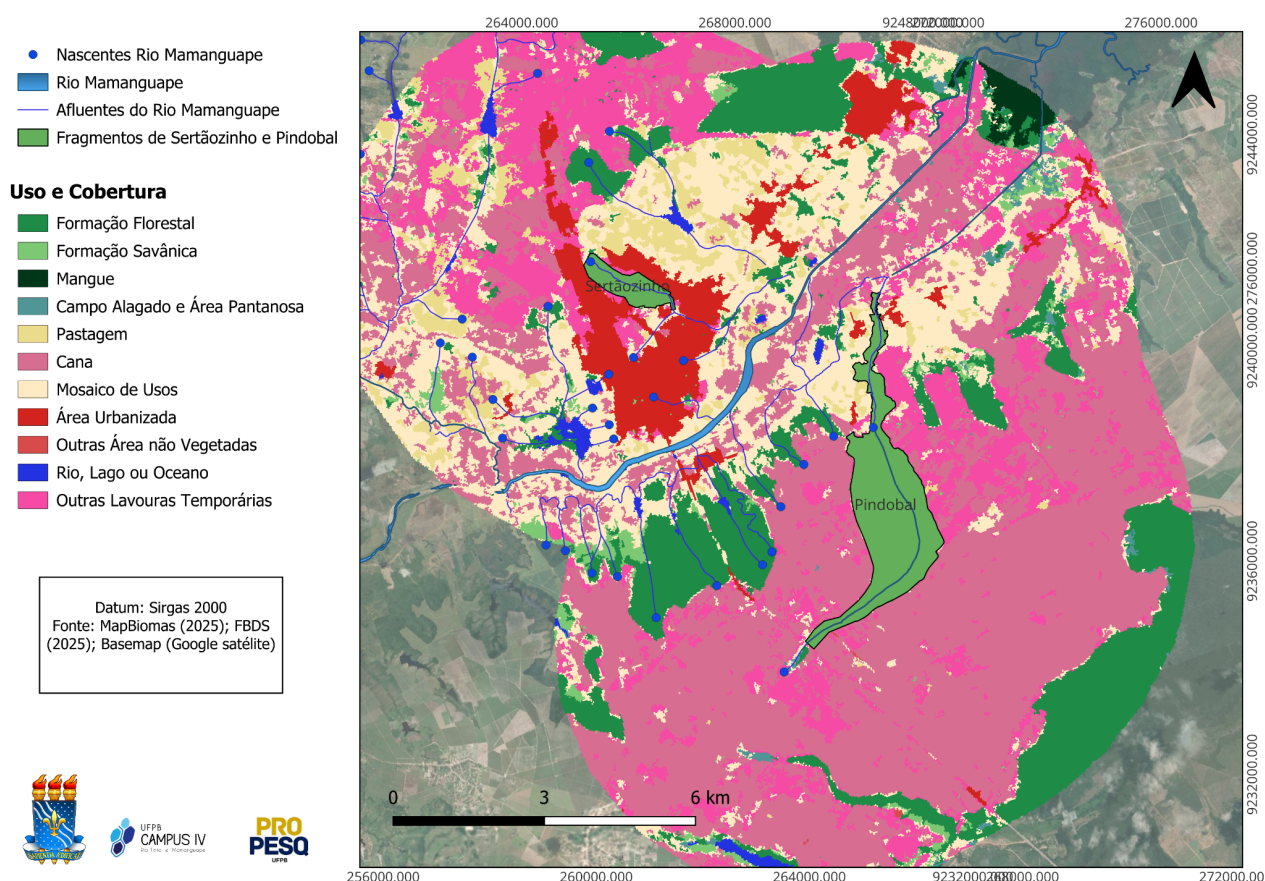
Resultados

Caracterização da Paisagem

Através da análise das métricas por meio do uso e ocupação do solo da paisagem nas áreas propostas para unidade de conservação (Pindobal e Sertãozinho) nos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, foram notados 11 classes dentro de um buffer circular de 5km de raio para cada unidade, sendo de

uso antrópico: “Pastagem”, “Monocultivo de cana-de-açúcar”, “Mosaico de usos”, “Área urbanizada”, “Outras áreas não vegetadas” e “Outras lavouras temporárias”. E de cobertura natural: “Formação Florestal”, “Formação Savânica”, “Manguezal”, “Campo Alagado e Área Pantanosa” e “Rio, lago ou oceano” (Figura 3). Ressalta-se que Pindobal e Sertãozinho se enquadram na classe “Formação Florestal”.

Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo no entorno (5 Km) dos fragmentos de Pindobal e Sertãozinho na paisagem do Litoral Norte da Paraíba.



Fonte: Autores (2026)

A área total calculada possui em torno de 220,08 km², tendo como matriz predominante as classes antrópicas, sendo Cana-de-açúcar a predominante (81,89 km²) e em seguida Mosaico de usos (42,14 km²) apresentando uma forte influência de usinas açucareiras que permeiam a região (Tabela 2). A maior área natural é a Formação Florestal (32,80 km²), enquanto a menor área é Manguezal (1,22 km²), concentrada próximo aos buffers de 5 km das áreas-alvo e dentro do município de Rio Tinto, além disso, se encontra também as classes de Formação Savânica (3,70 km²), Rio lago e Oceano

(1,92 km²) destacando a passagem do Rio Mamanguape entre as áreas de interesse e que obtém afluentes que passam pelo fragmento de Pindobal, e Campo Alagado e Área Pantanosa (1,31 km²) (Tabela 2). O fragmento de Pindobal é o maior (4,29 km²) enquanto Sertãozinho se encontra bem menor (0,73 km²). As classes florestadas na qual inclui Manguezal (0,56%), Formação Florestal (14,90%) e Savânica (1,68%), ocupam apenas 17,14% do uso total da terra, por outro lado, o uso antrópico ocupa 81,39% sendo 37,21% apenas de Cana-de-açúcar, e as áreas naturais apenas 18,61%.

Tabela 2. Métricas da paisagem calculadas a partir de um buffer de 5 Km ao redor das áreas de Pindobal e Sertãozinho, Litoral Norte-PB.

Classes	Área - km ² (CA)	Número de mancha (NP)	Maior mancha - km ² (LP)	Menor mancha - metros (SP)	Comprimento de borda - km (TE)
Formação florestal	32,80	222	7,82	900	386
Formação savânica	3,70	243	0,66	900	174,6
Mangue	1,22	4	1,13	900	17,88
Campo alagado e área pantanosa	1,31	87	0,34	900	68,64
Pastagem	8,98	276	1,22	900	282,96
Cana	81,89	374	58,64	900	1142,58
Mosaico de usos	42,14	749	13,6	900	1262,76
Área urbanizada	10,20	26	6,23	18000	119,88
Outras áreas não vegetadas	0,06	7	0,02	900	3,84
Rio, lago e oceano	1,92	32	0,50	900	48,86
Outras lavouras temporárias	35,86	562	11,51	900	1022,76

a

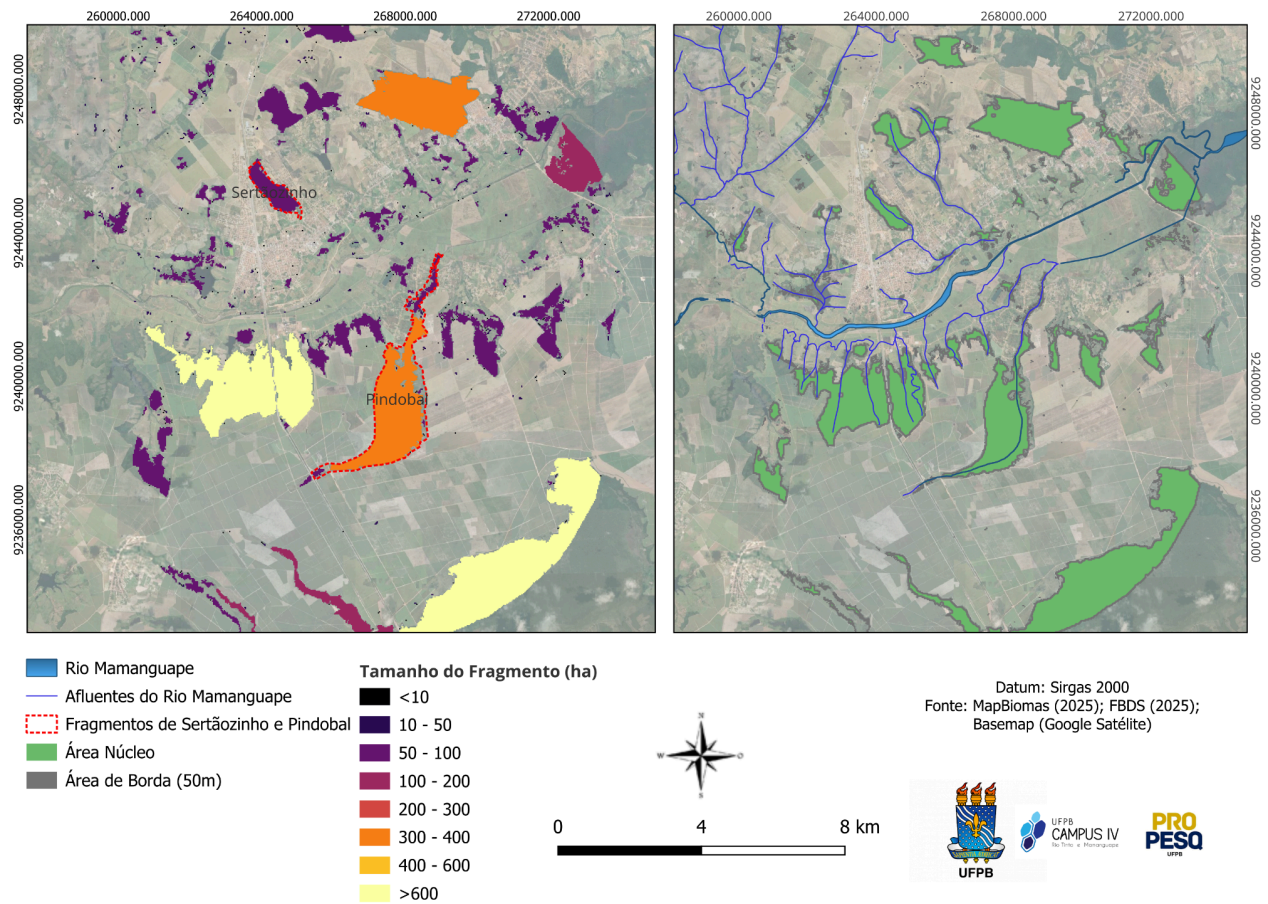
As áreas florestais possui um número de 469 fragmentos naturais, sendo 222 de Formação Florestal, 243 de Formação Savânica e 4 de Manguezal, isso sugere uma alta compartimentalização dos fragmentos sendo a maior parte deles pequenos (< 10 ha) e médios (10 á 100 ha) (Figura 4). A baixa representatividade das áreas naturais e principalmente das áreas florestadas, evidencia um cenário de elevada transformação da paisagem. A formação florestal apresenta tamanho médio aproximado de 0,148 km², enquanto a formação savânica possui fragmentos ainda menores, com média de 0,015 km².

A Formação Savânica apresentou um menor valor para área núcleo, com apenas 0,72 km² a área se encontra sob muito efeito de borda e muito pouca área central, em contraste com a Formação Florestal (23,74 km²) que possui uma área núcleo mais considerável obtendo a maior concentração dentre as outras classes de vegetação nativa. Além disso, o fragmento de Pindobal apresenta 3,31 km² de área núcleo, enquanto Sertãozinho apresenta apenas 0,56 km². Considerando o tamanho dos fragmentos, Pindobal apresenta maior comprimento de borda (41,7 km) incluindo dois tipos de vegetação, Formação Florestal e Savânica, já Sertãozinho possui menor borda (6 km) e contém apenas Formação Florestal. Na área total ao entorno, a Formação Florestal apresentou 386,1 km de borda e

Formação Savânica revelou 146 km, demonstrando valores de borda altos e potenciais efeitos de borda oriundos da fragmentação nesses remanescentes. Entretanto o Manguezal apresenta 17,88 km de borda, sendo as áreas menos recortadas.

A Formação Savânica apresentou um menor valor para área núcleo, com apenas 0,72 km² a área se encontra sob muito efeito de borda e muito pouca área central, em contraste com a Formação Florestal (23,74 km²) que possui uma área núcleo mais considerável obtendo a maior concentração dentre as outras classes de vegetação nativa. Além disso, o fragmento de Pindobal apresenta 3,31 km² de área núcleo, enquanto Sertãozinho apresenta apenas 0,56 km². Considerando o tamanho dos fragmentos, Pindobal apresenta maior comprimento de borda (41,7 km) incluindo dois tipos de vegetação, Formação Florestal e Savânica, já Sertãozinho possui menor borda (6 km) e contém apenas Formação Florestal. Na área total ao entorno, a Formação Florestal apresentou 386,1 km de borda e a Formação Savânica revelou 146 km, demonstrando valores de borda altos e potenciais efeitos de borda oriundos da fragmentação nesses remanescentes. Entretanto o Manguezal apresenta 17,88 km de borda, sendo as áreas menos recortadas.

Figura 4. Mapa de tamanho dos fragmentos mais a área núcleo no entorno imediato da paisagem do Litoral Norte da Paraíba.



Fonte: Autores (2026)

Análise da Conectividade Ecológica

O *like adjacente* confirmou que os valores de área mais conectados são os de Formação Florestal (0,838) e Mangue (0,802), pois contém uma maior conexão entre os remanescentes adjacentes, enquanto a Formação Savânica (0,477) possui um valor muito baixo, confirmando de modo

geral a conectividade local em algumas áreas, porém não sendo homogênea na paisagem (Tabela 3). A divisão da paisagem comprova fragmentação na Formação Savânica com seu valor sendo de 0,950 tendo fragmentos menores e mais isolados, sendo também os outros valores altos, 0,887 para formação Florestal e 0,142 para Manguezal, reafirmando se tratar de uma paisagem, no geral, fragmentada (Tabela 3).

Tabela 3. Métrica de conectividade estrutural da paisagem em áreas do Litoral Norte.

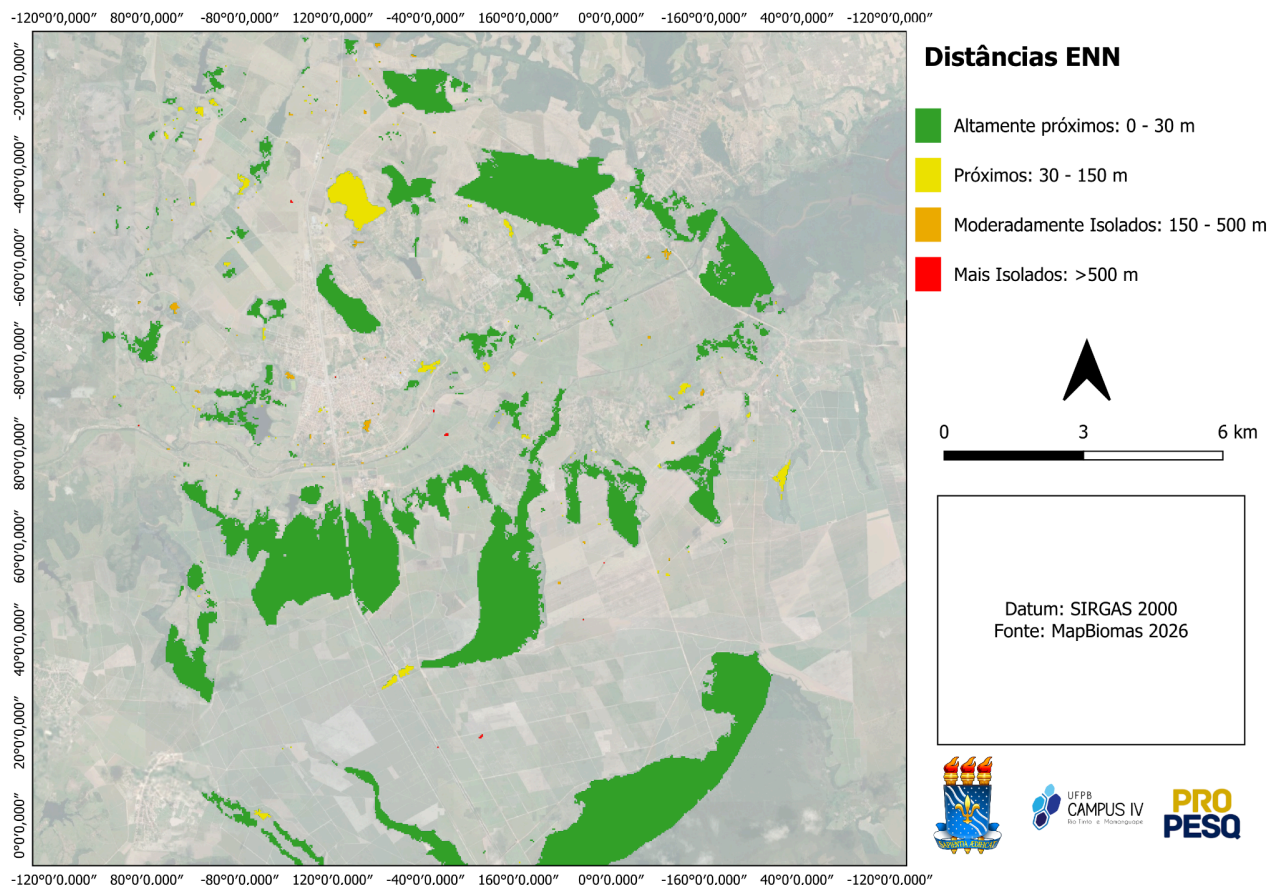
MÉTRICAS CONECTIVIDADE	Formação Florestal	Formação Savânica	Mangue
Overall core area (km²)	23,74	0,72	0,77
Like adjacentes (m)	0,838	0,477	0,802
Landscape Division (m)	0,887	0,9506	0,142

Distância Euclidiana (ENN)

A avaliação da distância Euclidiana entre áreas de vegetação mostrou que os maiores fragmentos se encontram com maior proximidade estrutural sendo classificados como altamente

próximos, isso devido a menor distância dessas manchas com outras entre 0 e 30 metros. Além disso, há presença de poucos fragmentos, classificados como próximos com distância de 30 a 150m do seu fragmento mais próximo (Figura 5).

Figura 5. Mapa da distância entre os fragmentos florestais.

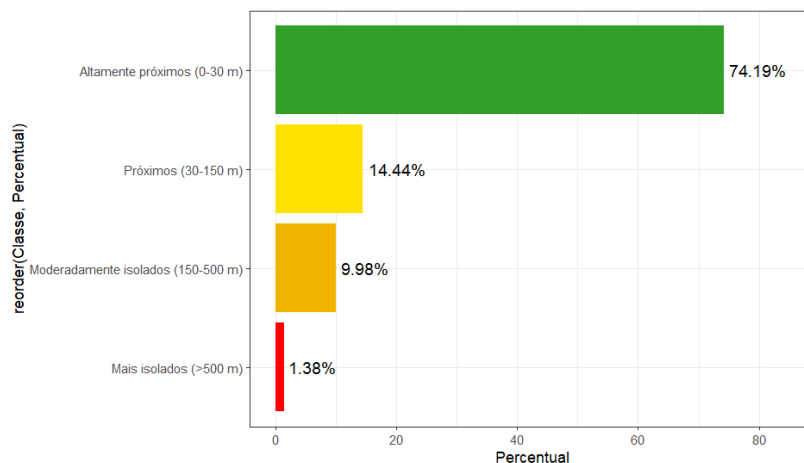


Fonte: Autores (2026)

Por outro lado, há pequenas manchas classificadas como moderadamente isoladas com distâncias moderadas, de 150 á 500 m (9,98%), esses fragmentos são extremamente pequenos e

distantes de seu vizinho mais próximo. Por último, 1,38% dos fragmentos são considerados mais isolados e com baixa conectividade (> 500m).

Figura 6. Gráfico de percentual de ENN dos fragmentos florestais no entorno imediato na paisagem do Litoral Norte da Paraíba.

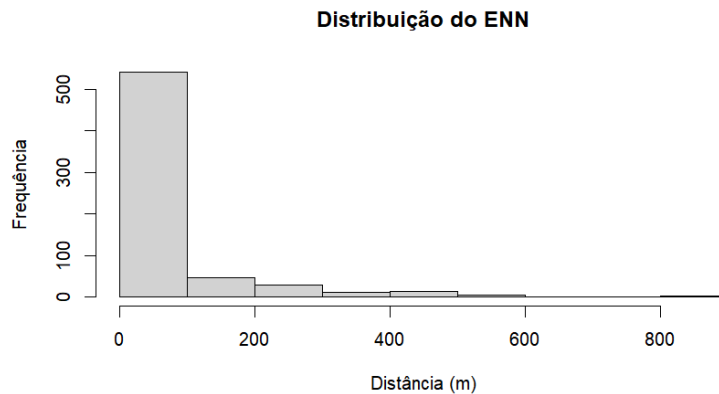


Fonte: Autores (2026)

Com isso, nota-se que 74,19% possui distanciamentos menores que 30 m, os fragmentos sendo 14,44%, enquanto 9,98% se encontram entre distâncias de 150 a 500m. Apenas 1,38% dos fragmentos apresentam maior isolamento, com distâncias superiores a 500 m. Indicando a boa proximidade estrutural nessa paisagem apesar do grande número de fragmentação.

A maior parte dos fragmentos possuem baixa distância euclidiana (ENN) tendo uma maior frequência de 500 fragmentos com distância de 0 á 100 m, e menos de 100 fragmentos com distâncias de 600 à 800 metros (Figura 7).

Figura 7. Histograma de distribuição dos valores de ENN dos fragmentos florestais no entorno imediato na paisagem do Litoral Norte da Paraíba.

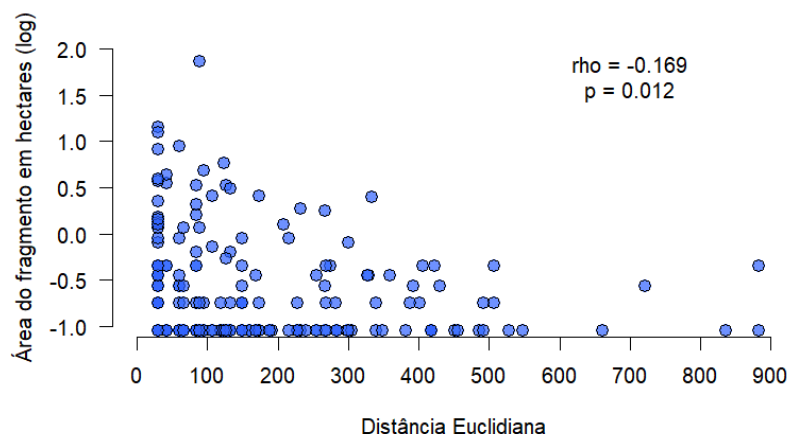


Fonte: Autores (2026)

Foi apontado uma correlação negativa fraca, porém significativa ($\rho = -0,169$, $p = 0,012$; Figura 8). A maior parte dos fragmentos maiores se concentram em distâncias menores aproximadamente abaixo de 200 m, enquanto isso, a distância aumenta para os fragmentos menores principalmente a partir dos 500 m à medida que a distância euclidiana está

aumentando, a área dos fragmentos tende a diminuir, mas essa tendência é pouco intensa. Fragmentos maiores tendem a estar ligeiramente mais próximos. A maior parte dos fragmentos apresenta contato estrutural ($ENN = 0$), sugerindo conectividade aparente elevada, possivelmente superestimada, pela resolução espacial dos dados.

Figura 8. Relação entre a distância euclidiana ao fragmento mais próximo (ENN) e a área dos fragmentos florestais (ha, escala logarítmica), com coeficiente de correlação de Spearman para avaliação dos fragmentos florestais no entorno imediato da paisagem do Litoral Norte da Paraíba.



Fonte: Autores (2026)

A análise de sensibilidade indicou que grande parte dos fragmentos apresentava contato estrutural direto, dos fragmentos avaliados, a maior parte dos fragmentos apresentaram valores de ENN = 0 (66,2% do total). A comparação entre os fragmentos com ENN = 0 e aqueles com ENN > 0 não indicou diferença significativa entre os grupos em relação à área ($W = 49146$, $p = 0,443$). No entanto, os fragmentos com ENN = 0 apresentaram maior valor máximo de área, chegando a 773 ha, enquanto entre os fragmentos com ENN > 0 o maior valor foi de 73,7 ha, indicando a presença de grandes remanescentes estruturalmente conectados a outros fragmentos. Já a correlação de Spearman, quando todos os fragmentos foram considerados, a correlação foi negativa, muito fraca e não significativa ($p = -0,051$; $p = 0,195$). Esse resultado mostra que a elevada quantidade de valores iguais a zero reduzia a capacidade da análise de detectar a relação entre o tamanho dos fragmentos e o isolamento espacial entre remanescentes efetivamente separados.

Dessa forma, a exclusão dos fragmentos com ENN = 0 foi considerada adequada para a análise da relação entre área e isolamento espacial, pois permitiu avaliar apenas os fragmentos que apresentavam distância mensurável em relação ao vizinho mais próximo.

Resistência Potencial da Paisagem

O potencial fluxo de organismos sob menor resistência entre os fragmentos de Pindobal e Sertãozinho não ocorre por um único corredor contínuo em linha reta, devido a formação de áreas de alta resistência, mas por alguns caminhos laterais obtendo algumas áreas de estrangulamento (*Pinch Points*), formados por manchas de menor resistência, criando assim, alguns potenciais fluxos de organismos através da paisagem, sendo ambas as rotas citadas envolvendo Pindobal, e a rota à oeste também relacionada com Sertãozinho (Figura 9). Além disso, é nítido uma ocorrência de rede com vários potenciais caminhos nas regiões mais ao norte, que potencialmente conecta a Sema II da Reserva Biológica (Rebio) Guaribas com os fragmentos ao redor das áreas objeto deste estudo (Figura 9).

Percebe-se também uma região entre o Fragmento da Rebio Guaribas (Sema III) e o fragmento de Pindobal, essa área possui pequenos fragmentos que não formam correntes devido a uma

baixa resistência em virtude da concentração de algumas barreiras antrópicas nessa paisagem.

Os resultados evidenciaram uma baixa densidade de correntes acumuladas (Figura 10), isso mostra uma paisagem no geral potencialmente inóspita ao fluxo de organismos, segundo os critérios aqui adotados.

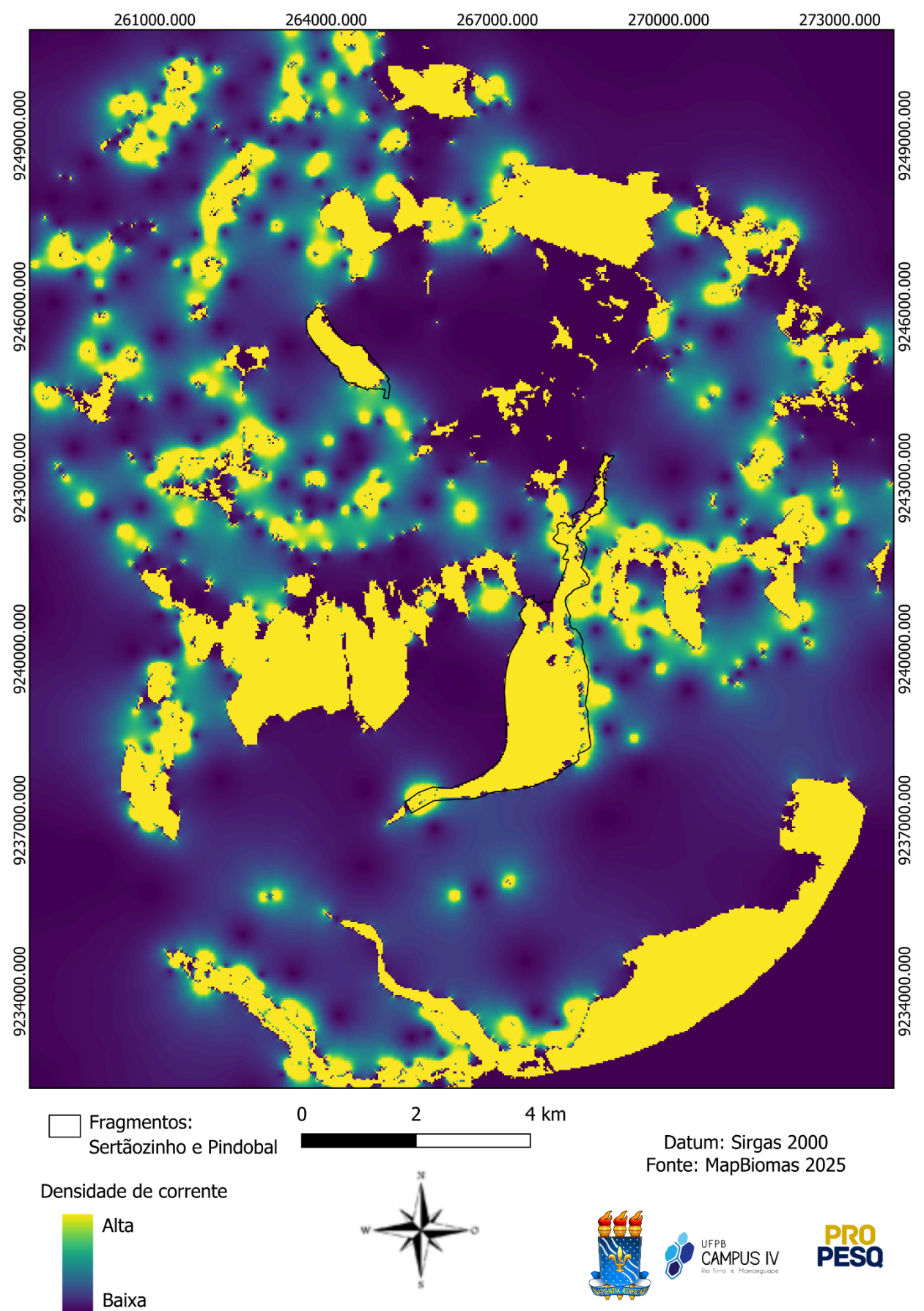
Discussão

Os resultados indicam que Pindobal e Sertãozinho estão inseridos em uma paisagem fortemente antropizada e fragmentada, dominada por uma matriz de usos agropecuários, especialmente cana-de-açúcar e mosaico de usos. Porém, apesar da baixa representatividade em termos de área ocupada, os remanescentes florestais encontram-se relativamente próximos, principalmente os fragmentos maiores, sugerindo uma relativa conectividade estrutural de fragmentos com maior potencial de servir como áreas-fonte de biodiversidade, caso em que as áreas focos se encaixam, principalmente Pindobal. Entretanto, a modelagem de conectividade funcional potencial indica uma matriz antrópica que impõe muita resistência ao fluxo ecológico potencial, fazendo com que as possíveis rotas de conexão se concentrem em setores específicos da paisagem. Assim, o principal resultado do estudo é que a paisagem é estruturalmente fragmentada e dominada por usos antrópicos, mas ainda conserva elementos espaciais estratégicos para a manutenção e a restauração da conectividade, incluindo as duas áreas propostas para conservação.

Categorização estrutural da paisagem

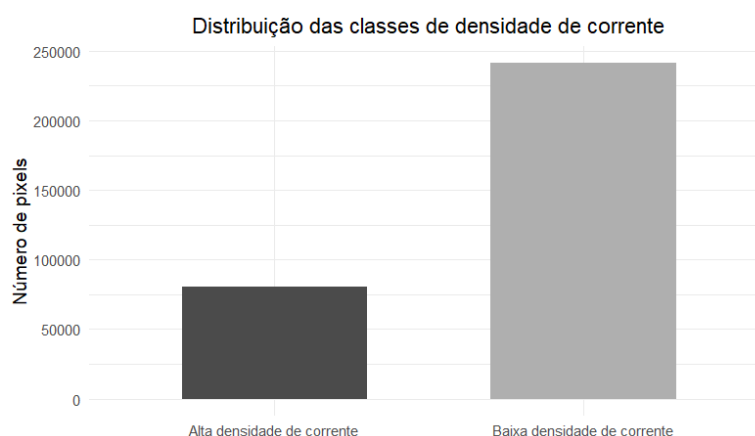
A análise integrada indica que os remanescentes apresentam alto grau de fragmentação. Mesmo obtendo áreas conectadas de acordo com os valores de adjacência, há uma heterogeneidade concentrada em cada classe florestal da paisagem entre Pindobal e Sertãozinho. Além disso, os valores de área núcleo mostram uma baixa disponibilidade de habitats apontando que as áreas estão sob influência de efeito de borda, caracterizando a paisagem como fragmentada estruturalmente.

Figura 9. Mapa de fluxo de corrente acumulada para análise da conectividade dos fragmentos florestais no entorno imediato de.



Fonte: Autores (2026)

Figura 10. Histograma de distribuição dos valores de corrente acumulada na paisagem próximo aos fragmentos de (Pindobal e Sertãozinho) na paisagem do Litoral Norte da Paraíba.



Fonte: Autores (2026)

A caracterização estrutural da paisagem indica que Pindobal e Sertãozinho estão inseridos em um contexto onde os remanescentes, apesar da heterogeneidade entre as classes, apresentam alto grau de fragmentação e forte influência da matriz antrópica. Embora a Formação Florestal apresente maior área núcleo, a paisagem como um todo é marcada por grande número de manchas, elevado comprimento de borda e baixa representatividade das áreas naturais, o que pode reduzir a diversidade, afetando a biomassa e o ciclo de nutrientes (Dias *et al.*, 2023; Vancine *et al.*, 2024; Saraiva-Maia *et al.*, 2026). Portanto, a conservação das áreas-foco não depende apenas da proteção dos fragmentos principais, mas também da composição e configuração do uso da terra no entorno, que modulam a exposição às bordas e a permeabilidade da matriz (Dias *et al.*, 2023; Saraiva-Maia *et al.*, 2026).. O manguezal presente na área, está situado dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do Rio Mamanguape. A associação do elevado número de manchas e o grande comprimento de borda, indicam redução de áreas contínuas de habitat e maior influência dos efeitos de borda.

Nesse contexto, Pindobal e Sertãozinho apresentam papéis distintos na paisagem. Por apresentar maior área total e área núcleo, Pindobal tem maior potencial para funcionar como nó de habitat e apoiar a conectividade com remanescentes menores do entorno (De La Sancha *et al.*, 2021; Cameron *et al.*, 2022). Sertãozinho, por sua vez, apresenta menor extensão de área total e núcleo e está inserido em uma zona de transição entre áreas urbanas e rurais, o que aumenta a vulnerabilidade ecológica podendo comprometer o efeito de borda (Trevisan & Moschini, 2023; Saraiva-Maia *et al.*, 2026). Portanto, a relevância de Sertãozinho deve

ser avaliada pelo seu contexto na paisagem, mas também pelo seu papel socioambiental, pela presença de recursos hídricos, pelo potencial de uso público e pela possibilidade de integrar ações de conservação, educação ambiental e restauração urbana (Alferes; Longo, 2024).

Destaca-se que a inserção dos fragmentos em uma matriz dominada por cana-de-açúcar a inserção em uma matriz agrícola amplia a exposição das bordas e pode intensificar alterações estruturais e pressões antrópicas sobre os remanescentes (Dias *et al.*, 2023; Saraiva-Maia *et al.*, 2026). Dessa forma, a redução dos efeitos de borda e a manutenção de fragmentos intermediários são fundamentais para aumentar a resiliência ecológica da paisagem, uma vez que conservar núcleos florestais contínuos, manter corredores ripários e restaurar áreas degradadas aumenta a resiliência, porém isso depende de um planejamento de paisagem considerando a conectividade estrutural e funcional da paisagem (Malaperdas; Soler, 2026).

Conectividade estrutural e funcional potencial

A análise ENN não incorpora a influência de barreiras ou da resistência da matriz, mas avalia a distância de seu vizinho mais próximo, sendo assim, os fragmentos classificados como muito conectados apresentaram distâncias menores ao fragmento mais próximo, obtendo remanescentes de tamanhos pequenos e intermediários. A proximidade entre manchas não elimina a fragmentação do conjunto da paisagem, que também depende da área, da borda, da configuração e da matriz (Trevisan & Moschini, 2023; Saraiva-Maia *et al.*, 2026)).

Os maiores fragmentos concentram-se principalmente nas porções sul e leste da área, com destaque para Pindobal funcionando como um nó conectando fragmentos menores. Além do mais, há presença de algumas manchas de tamanho intermediário potencialmente atuando como *Stepping Stones* que ligam remanescentes maiores podendo ter uma importância desproporcional na conectividade (De La Sancha, *et al.*, 2021). Mesmo fragmentos pequenos podem contribuir para a conectividade estrutural quando estão próximos entre si ou posicionados entre remanescentes maiores (Trevisan; Moschini, 2023).

Os fragmentos menores tendem a ser mais vulneráveis quando inseridos em matriz agrícola, pois menor qualidade de habitat dada a maior proporção de borda, além disso a separação em relação a outros remanescentes, podem reduzir sua qualidade estrutural e sua contribuição para a conectividade. Essa realidade se repete globalmente, onde 70% dos remanescentes florestais não contém área núcleo e estão entre 500 m e 1 km da borda dos outros fragmentos. A predominância de fragmentos de pequeno porte favorece os efeitos de borda, enquanto a distância entre remanescentes, mesmo com extensa área núcleo, intensifica os processos de isolamento.

Neste estudo o alto percentual e a distribuição de baixos valores ENN indica que a maior parte das manchas se encontram mais próximas umas das outras. Mesmo que a elevada frequência de valores ENN iguais a zero possa representar tanto contato estrutural real entre fragmentos quanto efeitos associados à resolução espacial do dado e ao processo de vetorização das manchas, a análise removendo fragmentos em contato (ENN = 0) foi importante para considerar remanescentes efetivamente separados na paisagem. Esta análise corroborou a elevada proximidade estrutural entre remanescentes maiores. Sendo assim, os grupos de fragmentos grandes podem contribuir com a dinâmica de resgate de populações entre si, como corroborado pelos resultados de conectividade ecológica (Ryser, *et al.*, 2021).

Apesar da proximidade estrutural entre muitos remanescentes, a paisagem ainda é dominada por matriz antrópica muito grande na região, principalmente formada pelo uso agrícola e agropecuário. Mesmo fragmentos pequenos podem contribuir para a conectividade quando estão próximos ou posicionados entre remanescentes maiores, funcionando como elementos intermediários da rede (De La Sancha *et al.*, 2021; Trevisan & Moschini, 2023).

A modelagem por teoria dos circuitos representa a paisagem como uma superfície de resistência e integra múltiplas rotas potenciais de

fluxo entre áreas de habitat (Hall *et al.*, 2021; Oettel *et al.*, 2025). A predominância de baixos valores de corrente acumulada revela a permeabilidade heterogênea da matriz, com poucas áreas com condições favoráveis ao fluxo ecológico potencial entre os principais fragmentos.

Observa-se também que há uma região entre Pindobal e Sertãozinho que contém pequenos remanescentes na qual esperaria-se ter formado uma conexão mais direta entre eles. Porém, nessa região há uma ocorrência de altos valores de resistência, formado principalmente por mosaico de usos, pastagem, e cana de açúcar, além de uma pequena área urbanizada. Estas classes de uso não necessariamente impedem o fluxo, mas podem restringir, desviar ou concentrar a corrente em rotas mais estreitas, pois se mostram muito fragmentadas e quanto mais a paisagem for fragmentada menor é a conectividade entre seus elementos (Trevisan; Moschini, 2023). Embora muitos remanescentes estejam próximos, os usos agrícolas e urbanos aumentam a resistência da matriz, desviam ou concentram o fluxo potencial e limitam a conectividade funcional (Oettel *et al.*, 2025; Manes *et al.*, 2025). No entanto, apesar de uma paisagem fragmentada, ainda mantém rotas potenciais de conexão onde há fragmentos intermediários ou classes de menor resistência.

Segundo a teoria dos circuitos, áreas com maior corrente acumulada podem ser interpretadas como regiões prioritárias potenciais para manutenção da conectividade, pois conectam múltiplas rotas de deslocamento simultaneamente já que, fatores como a pequena perda de um habitat pode comprometer significativamente toda a conectividade ecológica (Préau, *et al.*, 2021).

Aplicações da conectividade ao planejamento ambiental municipal

Ainda que os resultados das análises de distância euclidiana indiquem elevada proximidade estrutural focado nos padrões espaciais da paisagem, a paisagem não pode ser considerada funcionalmente favorável, pois a matriz antrópica atua como barreiras limitantes no fluxo ecológico e na conservação (Oettel *et al.*, 2025). A conectividade estrutural descreve a configuração física dos habitats, enquanto a conectividade funcional incorpora a resposta dos organismos e a permeabilidade da matriz (Oettel *et al.*, 2025; Gilea *et al.*, 2026).

Essas áreas com maiores concentrações de fluxo potencial podem ser consideradas prioritárias para conservação, uma vez que funcionam como rotas preferenciais tanto para o deslocamento de espécie como para manutenção e funcionamento dos ecossistemas (Cameron, *et al.*, 2022). É

essencial a proteção nessa região, pois a perda dos fragmentos menores estrategicamente posicionados, pode colocar em risco a conectividade da paisagem, e por consequência, aumentar o isolamento dos habitats.

Sendo assim, a criação das Unidades de Conservação (UC 's) envolvendo as áreas de Pindobal e Sertãozinho representa uma estratégia importante para a gestão ambiental local. As UC 's propostas podem atuar diretamente na conservação dos fragmentos, reduzindo os efeitos de ações de supressão dos remanescentes de vegetação nativa. Essas áreas maiores, especialmente Pindobal pode atuar como grande nó de habitat na rede local, desde que sua conectividade com remanescentes menores e áreas restauradas do entorno seja mantida ou ampliada (Cameron *et al.*, 2022; Manes *et al.*, 2025). Por isso é viável a implementação de instrumentos de gestão direcionados à recuperação de áreas degradadas, teria maior potencial para viabilizar a conservação na paisagem, considerando que sejam baseadas em algumas abordagens como o zoneamento e priorização espacial, técnicas de restauração adequadas ao grau de destruição e monitoramento governado por instituições e indicadores (Lenz, 2023; Liu, 2023). Além disso, a recuperação de áreas que apresentam maior potencial para o fluxo ecológico, fortalecendo a viabilidade de conectividade funcional, seja por corredores ecológicos ou aumento da permeabilidade da matriz.

As instituições de UCs ajudaria a integrar a conservação da biodiversidade ao planejamento territorial dos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, auxiliando na proteção das áreas para a conectividade e na conservação dos corredores ecológicos e *stepping stones* para a manutenção do fluxo da biodiversidade regional e serviços ecossistêmicos dos remanescentes florestais no Litoral Norte da Paraíba.

Pindobal pode ser um remanescente estratégico para a manutenção de habitat com maior qualidade e área-fonte da biodiversidade da região, por se tratar de um fragmento relativamente grande comparado com os demais ao redor, e cercado por monoculturas de cana-de-açúcar. A presença de nascentes, trilhas e áreas de lazer indica potencial para atividades de uso público e turismo de natureza, desde que compatíveis com os objetivos de conservação e com o futuro plano de manejo (Pires *et al.*, 2021; Alferes & Longo, 2024). Para Sertãozinho a proximidade com a área urbana e a infraestrutura existente favorecem ações de educação ambiental e uso público, desde que integradas aos objetivos de conservação e ao plano de manejo (Alferes & Longo, 2024; Pires *et al.*, 2021). Além disso, a restauração pode favorecer a

recuperação de populações e comunidades de aves, embora os resultados dependem do contexto e do tempo de recuperação (Bernardes *et al.*, 2026).

Por meio dos resultados deste estudo, é possível afirmar que a restauração da vegetação nativa pode gerar benefícios significativamente maiores quando orientada por critérios de conectividade da paisagem. A recomposição dos fragmentos estrategicamente posicionados, bem como a restauração de áreas que sofreram supressão da vegetação, pode ajudar a reverter a degradação e pode favorecer o fluxo gênico e manutenção dos processos ecológicos em escala de paisagem, além contribuir para o aumento da cobertura vegetal total (Vancine *et al.*, 2024; Manes *et al.*, 2025).

O trabalho também se alinha à Agenda 2030, especialmente ao ODS 15 (Organização das Nações Unidas, 2015) que ressalta a necessidade da recuperação da funcionalidade ecológica dos ecossistemas e a conectividade entre habitats. Sob esse olhar, o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg - Decreto nº 8.972/2017), estabelece a meta de 12 milhões de ha de vegetação nativa restaurados até 2030, como uma estratégia para reduzir efeitos negativos nas estratégias de conservação da biodiversidade. Posteriormente, foi instituído, por meio da Resolução CONAVEG nº 4, de 25 de novembro de 2024, um novo marco estratégico instituindo o período de 2025 a 2028 (Brasil, 2017; Brasil, 2024).

Nesse contexto, os resultados deste estudo, contribuem com a definição de áreas prioritárias para conservação e restauração no entorno dos fragmentos de Pindobal e Sertãozinho. A criação das unidades de conservação e ações de restauração ecológica podem, assim, ir além de um instrumento de aumento da cobertura florestal, passando a contribuir para formação de corredores ecológicos, redução da fragmentação e aumento da resiliência da paisagem frente às mudanças climáticas.

Conclusões

1. A caracterização da paisagem das áreas propostas para conservação municipal evidenciou o predomínio da matriz antrópica, especialmente da monocultura de cana-de-açúcar, que reduz a permeabilidade da paisagem e intensifica o isolamento dos remanescentes florestais. Apesar desse cenário, a presença de fragmentos de vegetação nativa e da rede hidrográfica demonstra a existência de elementos estratégicos capazes de sustentar a conectividade ecológica e orientar ações de conservação em escala de paisagem.

2. As métricas de conectividade estrutural revelaram uma paisagem fragmentada, marcada pela predominância de pequenos remanescentes e diferentes graus de isolamento entre os fragmentos. Entretanto, Pindobal se destacou por apresentar um maior habitat e melhores condições para atuar como área-fonte de espécies, enquanto Sertãozinho, embora mais suscetível aos efeitos da fragmentação, apresentou potencial para fortalecimento da conectividade funcional mediante ações de restauração ecológica e manejo da matriz em rotas específicas que conectam os principais remanescentes florestais, evidenciando áreas estratégicas para a manutenção e o restabelecimento da conectividade da paisagem.

3. Os remanescentes de Pindobal e Sertãozinho apresentam elevada relevância ecológica, não apenas por sua contribuição para a manutenção da conectividade regional, mas também pelo potencial de integrar ações de conservação, recuperação ambiental, planejamento territorial, abastecimento de água e serviços culturais.

4. Dessa forma, este estudo demonstra que a integração entre métricas da ecologia da paisagem e a conectividade funcional e estrutural constitui uma ferramenta eficiente para subsidiar a tomada de decisão em políticas públicas de conservação. Ao fornecer uma avaliação espacial da estrutura e da funcionalidade da paisagem, os resultados contribuem para o planejamento de uma rede municipal de áreas protegidas mais conectada, resiliente e capaz de promover a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos no Litoral Norte da Paraíba.

Agradecimentos

VAS agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFPB). Os autores agradecem ao Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento, a Leonardo Bandeira, secretário adjunto de Turismo de Mamanguape, e a Whalamys Lourenço de Araújo, ex-secretário de Meio Ambiente de Mamanguape, pelo apoio e colaboração.

Referências

- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). (2025). *Atlas Climatológico da Paraíba*. João Pessoa: AESA. Disponível em: <https://www.aesa.pb.gov.br/biblioteca/atlas-pluviometrico-da-paraiba/>. Acesso em: 15 Julho. 2026.
- Alferes, M. P., & Longo, R. M. (2024). Potenciais serviços ecossistêmicos fornecidos por remanescentes florestais. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, 12(38). <https://doi.org/10.17271/23178604123820245455>
- Ayram, C. C. C., Mendoza, M. E., Etter, A., & Salicrup, D. R. P. (2016). Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography*, 40(1), 7–37. <https://doi.org/10.1177/0309133315598713>
- Batista, C. B., Lima, I. P., Arruda, R., & Lima, M. R. (2021). Downscaling the Atlantic Forest biodiversity hotspot: Using the distribution of bats to find smaller hotspots with conservation priority. *Biological Conservation*, 263, Article 109331. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109331>
- Bernardes, M. M., Braz, V. S., & França, F. G. R. (2026). Restoration effects on avian populations and communities: An integrative review. *Biota Neotropica*, 26(2), e20251865. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2025-1865>
- Bird, K. I. T., Uden, D. R., & Allen, C. R. (2023). *A conectividade funcional varia em diferentes escalas em uma paisagem fragmentada*. Lincoln, NE, Estados Unidos da América.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. (s.d.). *Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)*. <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg>
- Brasil. (2006). *Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006: Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm
- Brasil. (2012). *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências*. Diário Oficial da União. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm
- Brasil. Comissão Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (CONAVEG). *Resolução CONAVEG nº 4, de 25 de novembro de 2024*. Estabelece o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – Planaveg 2025–2028. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2 dez. 2024
- Cameron, R. D., Schloss, C., Theobald, D. M., & Morrison, S. A. (2022). Uma estrutura para selecionar estratégias para conservar e restaurar a conectividade do habitat em paisagens complexas. *Conservation Science and Practice*, 4. <https://doi.org/10.1111/csp2.12698>

- Carvalho, C. S., Martello, F., Galetti, M., Pinto, F., Francisco, M. R., Silveira, L. F., & Galetti Junior, P. M. (2021). Environmental heterogeneity and sampling relevance areas in an Atlantic Forest endemism region. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(3), 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.05.001>
- D'Anunciação, P. E. R., Silva, M. F. V., Ferrante, L., Assis, D. S., Casagrande, T., Coelho, A. Z. G., Amâncio, B. C. S., Pereira, T. R., & Silva, V. X. (2013). Forest fragments surrounded by sugar cane are more inhospitable to terrestrial amphibian abundance than fragments surrounded by pasture. *International Journal of Ecology*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/183726>
- Da Costa Dias, T., Silveira, L. F., & Francisco, M. R. (2024). Endemic and threatened birds as surrogates for identifying conservation priority areas and ecological corridors in the America's most endangered habitat. *Scientific Reports*, 14(1), Article 21923. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72948-1>
- Damstra, E., & Banks-Leite, C. (2021). Ecology of the Atlantic Forest. In *Oxford bibliographies*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/obo/9780199830060-0233>
- De La Sancha, N. U., Boyle, S., & McIntyre, N. (2021). Identifying structural connectivity priorities in eastern Paraguay's fragmented Atlantic Forest. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95516-3>
- Dias, T. C., Silveira, L. F., & Francisco, M. R. (2023). Spatiotemporal dynamics reveals forest rejuvenation, fragmentation, and edge effects in an Atlantic Forest hotspot, the Pernambuco Endemism Center, northeastern Brazil. *PLOS ONE*, 18(9), e0291234. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291234>
- Hall, K. R., Anantharaman, R., Landau, V. A., Clark, M., Dickson, B. G., Jones, A., Platt, J., Edelman, A., & Shah, V. B. (2021). Circuitscape in Julia: Empowering dynamic approaches to connectivity assessment. *Land*, 10(3), 301. <https://doi.org/10.3390/land10030301>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2002). *Clima* – 1:5.000.000. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023a). *Pedologia* 1:250.000. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023b). *Vegetação* 1:250.000. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html> 459. <https://doi.org/10.3390/land9110459>
- Janík, T., Romportl, D., & Křenová, Z. (2024). Applying landscape ecological principles in comprehensive landscape protection: Šumava National Park as a case study. *Nature Conservation*, 55, 297–320. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.55.119797>
- Jung, M. (2026). *LecoS – Landscape Ecology Statistics* [Software]. GitHub. <https://github.com/Martin-Jung/LecoS>
- Kang, J., Li, C., Li, M., Zhang, T., & Zhang, B. (2022). Identifying priority areas for conservation in the lower Yellow River basin from an ecological network perspective. *Ecosystem Health and Sustainability*, 8. <https://doi.org/10.1080/20964129.2022.2105751>
- Kleemann, J., Zamora, C., Villacis-Chiluisa, A. B., Cuenca, P., Koo, H., Noh, J. K., Fürst, C., & Thiel, M. (2022). Deforestation in continental Ecuador with a focus on protected areas. *Land*, 11(2), Article 268. <https://doi.org/10.3390/land11020268>
- Kong, F., Wang, D., Yin, H., Dronova, I., Fei, F., Chen, J., Pu, Y., & Li, M. (2021). Coupling urban 3-D information and circuit theory to advance the development of urban ecological networks. *Conservation Biology*, 35(4), 1140–1150. <https://doi.org/10.1111/cobi.13682>
- Lenz, E. R. S., Bastos, L. F. M., & Almeida, J. R. (2023). Monitoramento de recuperação de áreas degradadas. *Revista Internacional de Ciências*, 13(1), 19–21. <https://doi.org/10.12957/ric.2023.72396>
- Lima, V. R. S., Maciel, J. R., Torres, A. M., & Athiê-Souza, S. (2025). Distribution patterns, richness, endemism and conservation of Phyllanthaceae in the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 97(2), e20240912. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202520240912>
- Liu, W., Cheng, Y., & Li, Y. (2023). Towards an integrated approach for land spatial ecological restoration zoning based on ecosystem health assessment. *Ecological Indicators*, 147, 110016. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110016>
- Malaperdas, G., & Soler, M. (2026). Landscape structure, hydrological ecosystem services, and regional resilience: A GIS-based vegetation plot assessment of the Panama Canal Watershed, Panama. *Urban Resilience and Sustainability*, 4(2), 111–128. <https://doi.org/10.3934/urs.2026007>

- Manes, S., Rocha, D. S. B., Oliveira, L., Liévano-Latorre, L. F., Almeida-Rocha, J. M., Capellão, R., Cordeiro, C. L., Dib, V., Lacerda, E., Latawiec, A., Niemeyer, J., Resende, F., & Loyola, R. (2025). Planning for the restoration of functional connectivity in Brazil. *Journal of Biogeography*. <https://doi.org/10.1111/jbi.15269>
- MapBiomias. (2026). *Coleção 10.1 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil*. <https://mapbiomas.org/>
- McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10), 2712–2724. <https://doi.org/10.1890/07-1861.1>
- Moraes, L. B. L. de. (2018) Análise socioambiental do parque urbano da Bica de Sertãozinho, Mamanguape/PB/Brasil. 2018. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)-Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira.
- Nações Unidas Brasil. (s.d.). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Oettel, J., Sachser, F., Martínez-Richart, A. I., & Kumar, M. (2025). Concepts, measures, and models for assessing connectivity. In K. Lapin, J. Oettel, M. Braun, & H. Konrad (Eds.), *Ecological connectivity of forest ecosystems* (pp. 3–21). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82206-3_1
- Organização das Nações Unidas. (2015). *Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Pebesma, E., & Bivand, R. (2023). Spatial data science: With applications in R (1st ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>
- Pires, A. P. F., Shimamoto, C. Y., Padgurschi, M. C. G., Scarano, F. R., & Marques, M. C. M. (2021). Atlantic Forest: Ecosystem services linking people and biodiversity. In M. C. M. Marques & C. E. V. Grelle (Eds.), *The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse forest* (pp. 347–367). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_16
- Prima, M.-C., Oliveira-Cruz, L., Miele, V., Si-Moussi, S., Rouveyrol, P., Suarez, L., & Thuiller, W. (2025). Multilayer network analysis reveals connectivity synergies between protected area levels across various taxonomic groups. *Conservation Letters*, 18(5), e13148. <https://doi.org/10.1111/conl.13148>
- Préau, C., Dubos, N., Lenormand, M., Denelle, P., Louarn, L. M., Alleaume, S., & Luque, S. (2021). Dispersal-based species pools as sources of connectivity area mismatches. *Landscape Ecology*, 37, 729–743. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01371-y>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ryser, R., Hirt, M. R., Häussler, J., Gravel, D., & Brose, U. (2021). Landscape heterogeneity buffers biodiversity of simulated meta-food webs under global change through rescue and drainage effects. *Nature Communications*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24877-0>
- Saraiva-Maia, J. J. O., Silva, M. D. da, Beiroz, W., & Almeida, N. V. (2026). Configurational fragility of forest landscapes under multiple anthropic uses. *Ecology and Evolution*, 16(6), e73460. <https://doi.org/10.1002/ece3.73460>
- Measuring connectivity in heterogenous landscapes: A review and application. *[Periódico não informado]*, 21(3), 391–407. <https://doi.org/10.14249/EIA.2012.21.3.391>
- Tiamgne, X. T., Kalaba, F. K., Nyirenda, V. R., & Phiri, D. (2022). Modelling areas for sustainable forest management in a mining and human dominated landscape: A Geographical Information System (GIS)-Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approach. *Annals of GIS*, 28(2), 215–231. <https://doi.org/10.1080/19475683.2022.2026469>
- Travers, T. J. P., Alison, J., Taylor, S. D., Crick, H. Q. P., & Hodgson, J. A. (2021). Habitat patches providing south–north connectivity are under-protected in a fragmented landscape. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1950), Article 20211010. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1010>
- Trevisan, D. P., & Moschini, L. E. (2023). Analysis of the vegetation fragments connectivity. *Revista Territórios e Fronteiras*. <https://doi.org/10.22228/rtf.v16i1.1209>
- Vancine, M. H., Muylaert, R. L., Niebuhr, B. S., Oshima, J. E. F., Tonetti, V. R., Bernardo, R., De Angelo, C. D., Rosa, M. R., Grohmann, C. H., & Ribeiro, M. C. (2024). The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. *Biological Conservation*, 291, Article 110499. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110499>

ANEXO

Diretrizes para autores - Revista Brasileira de Geografia Física

(Disponível em <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/diretrizesautores>. Acesso 20/07/2026)

Preparação de originais: Os artigos, revisões de literatura, notas CIENTÍFICAS devem ser encaminhados, exclusivamente, via online, editados nos idiomas Português ou Inglês. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2 cm (superior, inferior, esquerda e direita), texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 14 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido seguindo o modelo da RBGF. Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser incluídas no corpo do texto e também submetidas em separado e isoladamente (uma a uma) em documentos suplementares. As figuras para documentos suplementares devem possuir 300dpi. O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe. Os Artigos, Revisões de Literatura, Notas científicas deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto. O artigo deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords, Introdução com revisão de literatura e objetivos; Material e Métodos; Resultados, Discussão; Conclusão, Agradecimentos e Referências. Os capítulos de Resultados e Discussão poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das Referências. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 14 e apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: "Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)", com exceção dos nomes científicos e autores das espécies. As referências deverão ser atualizadas e publicados nos últimos cinco anos.

A REVISÃO DE LITERATURA deverá conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências. Os agradecimentos devem aparecer antes das Referências.

A NOTA CIENTÍFICA deverá conter os seguintes tópicos: Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Texto (sem subdivisão, porém com Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão (podendo conter Tabelas ou Figuras); Conclusão; Agradecimentos e Referências. Os Agradecimentos devem aparecer antes das referências. As seções devem ser constituídas de: TÍTULO – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em Agradecimentos, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os RESUMO e ABSTRACT devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos métodos utilizados para a realização do estudo), Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do RESUMO para o inglês constituirá o ABSTRACT, seguindo o limite de até 250 palavras. Ao final do RESUMO, citar até cinco Palavras-chave, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao ABSTRACT em Inglês para as Keywords.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;

b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e Métodos.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 μ m), e com o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escrito por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir: Figura 1. Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de Material e Métodos ou de Resultados e/ou Discussão devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se ...

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Referências e citações seguem as regras da APA. Referências - Seguir instruções abaixo.

Citação no texto

Todas as referências citadas no texto devem também está presente na lista de referências e vice-versa. As citações podem ser feitas diretamente ou entre parênteses:

Segundo Pimentel (2018), ...

Moura (2018) e Galvêncio (2018) constataram... Galvêncio e Moura (2018), trabalhando com ...

Galvêncio et al. (2008) constataram...

No final ou no meio de uma sentença:

(Pimentel, 2018) (Galvêncio e Moura, 2018) (Galvêncio et al., 2008)

Grupos de referências devem ser listadas em ordem cronológica:

...como demonstrado por alguns autores (Galvêncio et al., 2015; Galvêncio e Moura, 2016; Pimentel, 2018).

Referências:

Periódicos

Autor, Ano. Título. Periódico volume, páginas.

Foley, J.A., Botta, M.T., Coe, M.H.C., 2002. The el niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon. Global Biogeochemical Cycles 2, 1-5.

Periódicos eletrônicos

Autor, Ano. Título. Periódico [Online] volume. Disponível: URL. Acesso: Dat.

Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia oriental utilizando análise multivariada. Revista Brasileira de Meteorologia [online] 27. Disponível: [http:// dx.doi.org/ 10.1590/ s0102 – 77862012000400006](http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006). Aceeso: 23 jun. 2014.

Instituição

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Caracterização de Ambientes na Chapada dos Veadeiros/Vale do Rio Paranã: uma contribuição para a Classificação Brasileira de Solos. Planaltina.

Não se recomenda citações em livros, teses e dissertações. Essas citações só serão aceitas com autorização do editor.

Recomenda-se no mínimo 30 citações por artigo. As citações precisam ser atualizadas e publicadas nos últimos cinco anos.