

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANA BEATRIZ FREITAS SANTOS

**DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
MURICI, ALAGOAS**

RIO LARGO - AL

2026

ANA BEATRIZ FREITAS SANTOS

**DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
MURICI, ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marília Alves Grugiki.
Coorientador: Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares.

RIO LARGO - AL

2026

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos Santos

S586d Santos, Ana Beatriz Freitas.

Diagnóstico de degradação ambiental da Estação Ecológica de Murici, Alagoas. – Rio Largo - AL, 2026.

67 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Graduação em Engenharia Florestal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2026.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marília Alves Grugiki.
Coorientador: Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares.

Inclui Bibliografia

1. Áreas Protegidas. 2. Fragmentação Florestal. 3. Geomática. 4. Mata Atlântica.

CDU: 504.064.3

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANA BEATRIZ FREITAS SANTOS

DIAGNÓSTICO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MURICI, ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado à Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias - CECA, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel(a) Engenheiro(a) Florestal.

Data de Aprovação: 08/06/2026

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Marília Alves Grugiki
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Orientadora)

Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Coorientador)

Prof. Dr. Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida
Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
(Examinador Interno)

Paulo Santos Neto
Bacharel em Geografia - IGDema/UFAL
(Examinador Externo)

Dedico àqueles que buscam viver com virtude.
A verdadeira conquista está em manter a
serenidade diante das dificuldades e a firmeza
diante das incertezas.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a mim mesma por não ter desistido até aqui. Pela força que encontrei mesmo nos períodos mais conturbados, pela coragem de continuar apesar do cansaço, das inseguranças e dos desafios que surgiram ao longo dessa caminhada. Concluir esta etapa representa muito mais do que finalizar uma graduação, representa crescimento, resistência e a realização de um sonho construído com muito esforço.

Agradeço à minha família, que é a base de tudo o que sou e o alicerce que me sustentou durante toda a minha trajetória. Obrigada por todo incentivo, por celebrarem cada conquista ao meu lado e por nunca deixarem que eu perdesse a confiança em mim mesma.

À minha avó Vera, por ter me criado com tanto amor, cuidado e dedicação, sendo meu maior motivo para continuar seguindo em frente mesmo nos momentos mais difíceis. À minha mãe, Valeria, por ser um exemplo de bondade e generosidade, sempre buscando o melhor para todos ao seu redor e me ensinando diariamente o valor do cuidado. Ao meu pai, Hudson, por sua serenidade, apoio e por nunca me deixar desistir dos meus objetivos. Obrigada por ser alguém em quem sempre pude confiar e por me mostrar, através das suas atitudes, a importância da persistência e da calma diante da vida. Ao meu tio Benildo, por todo esforço e dedicação, motivando-me a estudar e encontrar maneiras de ajudar minha família assim como ele sempre fez, sendo para mim um grande exemplo de responsabilidade e força. E ao meu tio Josenildo, que carrega consigo a pureza de uma eterna criança. Obrigada por me ensinar, de forma tão simples e verdadeira, sobre carinho, sensibilidade e amor incondicional.

À minha prima Andressa, que mesmo não sendo minha prima de sangue, é de alma e nunca permitiu que eu me sentisse sozinha, por sempre aturar meus surtos e me fazer seguir em frente na base da pressão. À Chris, exemplo de dedicação e responsabilidade, sempre centrada e ajudando a manter o equilíbrio dessa união.

À turma Malvaceae, minha segunda família, que caminhou ao meu lado durante todos esses anos e sem a qual eu certamente não teria chegado tão longe. Agradeço ao Weverton por toda ajuda e paciência, por ser um parceiro incrível para mim e por sempre estar disposto a me apoiar nos períodos em que mais precisei. À Barbara, por compartilhar comigo os melhores e os piores momentos dessa jornada, sempre comigo, dividindo angústias, conquistas e tornando essa caminhada muito mais especial. À Elen e à Alinne, por toda convivência e companheirismo, por serem essas pessoas maravilhosas que eu tanto admiro e por deixarem essa trajetória muito mais feliz e cheia de boas lembranças. À Luciémilly, por

sempre transmitir confiança e ser um exemplo de pessoa e profissional. À Hanna, pela dedicação e responsabilidade que sempre inspiraram a turma a ser melhor. Ao Victor, por tornar tudo mais leve e por fazer esses anos mais suportáveis. E ao Mickael, por sempre me ouvir nos meus intermináveis momentos de desabafo. Obrigada por me fazer sentir ouvida.

Aos meus amigos, que também fizeram parte dessa caminhada e tornaram meus dias melhores. Ao Mychael, que se aproximou na metade da graduação e sempre trouxe alegria e alto astral para a turma. À Janayna, Maria Gabriela e ao Bruno Dario, que estiveram comigo durante meus anos no CAEF, sempre com muito esforço, apoio e companheirismo. Obrigada por dividirem comigo as responsabilidades, os desafios e também os momentos de leveza em meio ao caos.

Agradeço em especial ao Kevin, meu melhor amigo, com quem compartilho algumas das minhas maiores paixões e que está sempre lá quando preciso. Obrigada por todos esses anos de amizade, pelas conversas, pelo apoio constante e por sempre conseguir tornar tudo mais leve apenas estando presente. À Mariana, minha calourinha favorita, por ser uma amiga tão incrível e por sempre me acolher. Você é muito especial para mim. Obrigada pelo carinho, pela companhia e por sempre trazer alegria e conforto mesmo nos dias mais complicados.

Agradeço também a todos os professores do curso de Engenharia Florestal, que contribuíram para minha formação acadêmica e fortaleceram ainda mais minha paixão pela área. Cada ensinamento, conselho e experiência compartilhados ao longo da graduação tiveram grande importância na profissional e na pessoa que estou me tornando. Em especial, à professora Marília Grugiki, que foi minha orientadora em quase tudo, com quem aprendi muito ao longo da graduação. Obrigada pela paciência, pelos ensinamentos e por todas as oportunidades. Ao professor Arthur Tavares, meu coorientador, por toda assistência e apoio que me ajudaram a finalmente cruzar a linha de chegada. À professora Marília Freitas, pela orientação na monitoria e por sempre apoiar os alunos com tanta dedicação, paciência e carinho. E ao professor Eduardo Pagel, grande exemplo de engenheiro florestal, que me fez admirar ainda mais o curso e a profissão, reforçando ao longo da graduação o quanto escolhi a área certa para seguir.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte da minha trajetória e contribuíram para que este trabalho e esta etapa da minha vida fossem concluídos. Cada pessoa que passou pelo meu caminho deixou um aprendizado, uma lembrança ou um incentivo que foi importante para eu chegar até aqui.

“Das Nothwendige nicht bloss ertragen, noch
weniger verhehlen sondern es lieben.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

As pressões antrópicas têm comprometido os remanescentes de Mata Atlântica, mesmo em áreas protegidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). A expansão agropecuária, a urbanização e o isolamento florestal continuam favorecendo a degradação e a perda de conectividade entre habitats. O presente trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental da Estação Ecológica (ESEC) de Murici, localizada no estado de Alagoas, por meio da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, visando analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra, delimitar Áreas de Preservação Permanente (APPs) e identificar áreas prioritárias para conservação e recuperação ambiental. A pesquisa foi desenvolvida com base nos mapas temáticos do projeto MapBiomias Coleção 10.1, referentes ao período de 1994 a 2024, complementados por imagens de alta resolução espacial da constelação PlanetScope para os anos de 2024 e 2026. Os dados foram processados no software QGIS, com integração de informações espaciais relacionadas à hidrografia, declividade e áreas úmidas. Os resultados evidenciaram mudanças significativas na paisagem da unidade ao longo das últimas décadas, a partir da comparação entre os dados obtidos pelo MapBiomias e pelas imagens PlanetScope, marcadas principalmente pela expansão da formação florestal, que passou de 4.243,09 ha em 1994 para 4.362,65 ha em 2026, e da formação savânica, que aumentou de 65,06 ha para 506,11 ha no mesmo período. Também foi observada redução das áreas de pastagem, de 1.253,09 ha para 939,10 ha, além da diminuição expressiva das áreas classificadas como mosaico de usos, de 512,67 ha para 50,90 ha. As imagens PlanetScope possibilitaram maior detalhamento espacial da cobertura da terra, favorecendo a identificação de feições ambientais não detectadas nos produtos de menor resolução espacial. As APPs associadas às nascentes, cursos d'água, áreas úmidas e regiões de elevada declividade totalizaram 205,08 ha, apresentando elevada relevância ecológica, embora parte dessas áreas ainda apresente conflitos de uso e sinais de degradação ambiental. Destacaram-se como prioritárias para restauração ambiental áreas localizadas no entorno das nascentes dos rios Bulangi e Jitituba, devido à presença de trechos desmatados e à importância dessas regiões para a conectividade ecológica e manutenção dos recursos hídricos. Conclui-se que as ferramentas geomáticas utilizadas demonstraram elevada eficiência para o monitoramento ambiental da ESEC de Murici, contribuindo para o planejamento territorial, conservação da biodiversidade e definição de estratégias voltadas à recuperação ecológica em remanescentes da Mata Atlântica nordestina.

Palavras-chave: Áreas Protegidas; Fragmentação Florestal; Geomática; Mata Atlântica.

ABSTRACT

Anthrogenic pressures have increasingly compromised the remaining fragments of the Atlantic Forest, including areas protected under the Brazilian National System of Nature Conservation Units (SNUC). Agricultural expansion, urbanization, and forest isolation continue to promote environmental degradation and the loss of habitat connectivity. This study aimed to conduct an environmental assessment of the Murici Ecological Station (ESEC), located in the state of Alagoas, Brazil, through the application of remote sensing and geoprocessing techniques, in order to analyze land use and land cover dynamics, delineate Permanent Preservation Areas (PPAs), and identify priority areas for conservation and ecological restoration. The research was based on thematic maps from the MapBiomas Collection 10.1 project covering the period from 1994 to 2024, complemented by high-spatial-resolution imagery from the PlanetScope constellation for the years 2024 and 2026. The data were processed using QGIS software, integrating spatial information related to hydrography, slope, and wetlands. The results revealed significant landscape changes within the protected area over the last decades, based on the comparison between MapBiomas data and PlanetScope imagery. The most notable changes included the expansion of forest formation, which increased from 4,243.09 ha in 1994 to 4,362.65 ha in 2026, and savanna formation, which expanded from 65.06 ha to 506.11 ha during the same period. A reduction in pasture areas was also observed, decreasing from 1,253.09 ha to 939.10 ha, as well as a substantial decline in areas classified as land-use mosaics, from 512.67 ha to 50.90 ha. PlanetScope imagery provided greater spatial detail of land cover, enabling the identification of environmental features not detected by lower-resolution products. PPAs associated with springs, watercourses, wetlands, and steep-slope areas totaled 205.08 ha and showed high ecological relevance, although part of these areas still presents land-use conflicts and signs of environmental degradation. Areas surrounding the springs of the Bulangi and Jitituba rivers were identified as priorities for ecological restoration due to the presence of deforested stretches and their importance for ecological connectivity and water resource conservation. It is concluded that the geomatic tools employed proved highly effective for environmental monitoring of the Murici Ecological Station, contributing to territorial planning, biodiversity conservation, and the development of ecological restoration strategies in remnants of the northeastern Atlantic Forest.

Keywords: Protected Areas; Forest Fragmentation; Geomatics; Atlantic Forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Estação Ecológica de Murici, estado de Alagoas, Brasil...	26
Figura 2. Diagrama das etapas de processamento.....	28
Figura 3. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1994 e 2000 da ESEC de Murici, Alagoas.....	35
Figura 4. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2000 e 2006 da ESEC de Murici....	36
Figura 5. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2006 e 2012 da ESEC de Murici....	38
Figura 6. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2012 e 2018 da ESEC de Murici....	39
Figura 7. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2018 e 2024 da ESEC de Murici....	41
Figura 8. Mapas de uso e ocupação do solo da ESEC de Murici para comparação de dados do ano de 2024.....	44
Figura 9. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2024 e 2026 da ESEC de Murici....	47
Figura 10. Mapa de APPs presentes na ESEC de Murici.....	50
Figura 11. Mapa de localização da Estação de Floração e Cruzamento da Serra do Ouro.....	53
Figura 12. Mapa de localização da BR-101.....	56
Figura 13. Mapa dos imóveis cadastrados no SICAR.....	58
Figura 14. Mapa das áreas prioritárias para restauração ambiental na ESEC de Murici.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de classificação de pixel da Coleção 10 do Mapbiomas.....	29
Tabela 2. Imagens de satélite utilizadas para o mapeamento de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici.....	31
Tabela 3. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 1994 e 2000.....	36
Tabela 4. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2000 e 2006.....	37
Tabela 5. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2006 e 2012.....	39
Tabela 6. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2012 e 2018.....	40
Tabela 7. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2018 e 2024.....	41
Tabela 8. Comparação das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici em 2024..	45
Tabela 9. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2024 e 2026.....	48
Tabela 10. Áreas de Preservação Permanente identificadas na ESEC de Murici.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Principais desafios da conservação da Mata Atlântica.....	15
2.2 Impactos da degradação ambiental sobre a biodiversidade.....	17
2.3 Áreas protegidas como instrumentos de conservação.....	19
2.3.1 Efetividade das Estações Ecológicas na Mata Atlântica.....	21
2.3.2 Conectividade ecológica e restauração ambiental.....	22
2.4 Geomática aplicada ao diagnóstico ambiental.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Caracterização da área.....	26
3.2 Base de dados.....	27
3.3 Análise de uso e ocupação do solo.....	29
3.3.1 Pré-processamento das imagens.....	29
3.3.2 Classificação supervisionada.....	30
3.3.3 Validação e ajuste.....	31
3.3.4 Geração de mapas.....	32
3.4 Delimitação de Áreas de Preservação Permanente.....	32
3.5 Identificação dos Conflitos Socioambientais.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Dinâmica de uso e ocupação do solo na Estação Ecológica de Murici.....	34
4.1.1 Análise comparativa das imagens do MapBiomas e PlanetScope.....	43
4.2 Áreas de Preservação Permanente localizadas na Estação Ecológica de Murici.....	49
4.3 Principais conflitos socioambientais na Estação Ecológica de Murici.....	53
4.4 Áreas suscetíveis a restauração na Estação Ecológica de Murici.....	60
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

A intensificação das pressões antrópicas em remanescentes da Mata Atlântica compromete de forma significativa a integridade ecológica dos ecossistemas naturais, sobretudo em regiões historicamente afetadas pela expansão agropecuária e urbanização.

No âmbito das Unidades de Conservação (UCs) instituídas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), estabelecido pela Lei nº 9.985/2000 como principal instrumento jurídico de proteção da biodiversidade brasileira, o diagnóstico e o monitoramento ambiental assumem função estratégica. Do mesmo modo, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) também desempenha papel crucial na preservação da vegetação nativa, especialmente por meio das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs), consideradas indispensáveis para manutenção dos serviços ecossistêmicos e da estabilidade ambiental.

Apesar da existência desses instrumentos legais, diferentes remanescentes da Mata Atlântica continuam sujeitos a processos de degradação associados ao isolamento florestal, à expansão agropecuária, à ocupação desordenada e à redução da ligação entre habitats. A fragmentação representa uma das maiores ameaças à biodiversidade tropical, intensificando efeitos de borda, isolamento ecológico e perda de funcionalidade dos ecossistemas naturais (Parra-Sánchez e Banks-Leite, 2020; Dias et al., 2023). Em paisagens fortemente fragmentadas, mesmo pequenas alterações na vegetação podem provocar impactos significativos sobre os fluxos biológicos e a resiliência ambiental.

Essa problemática torna-se especialmente crítica no Centro de Endemismo Pernambuco (CEP), região que reúne as florestas localizadas ao norte do Rio São Francisco, abrangendo os estados de Alagoas e Rio Grande do Norte. O CEP apresenta um mosaico vegetacional formado por floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta, floresta estacional semidecidual, além de formações pioneiras e áreas de tensão ecológica distribuídas em terras baixas, submontanas e montanas (Veloso et al., 1991).

Reconhecido como uma das regiões mais ameaçadas da Mata Atlântica brasileira, o CEP destaca-se pelos elevados níveis de endemismo e pela intensa fragmentação florestal. Seus remanescentes encontram-se isolados e historicamente submetidos à pressão da monocultura canavieira, da expansão agropecuária e da ocupação territorial da Zona da Mata nordestina. Nesse cenário, a conservação desses fragmentos torna-se estratégica para a manutenção da biodiversidade regional e dos serviços ecossistêmicos associados.

Inserida nesse cenário, a Estação Ecológica (ESEC) de Murici destaca-se como uma

das principais áreas de proteção integral do estado de Alagoas, abrangendo cerca de 6.131 hectares distribuídos entre os municípios de Murici, Messias e Flexeiras. Localizada no CEP, a unidade abriga significativa diversidade biológica, incluindo espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, desempenhando papel central na preservação dos remanescentes florestais da Mata Atlântica nordestina.

A ESEC de Murici, apesar de sua elevada relevância, ainda enfrenta pressões ligadas às mudanças no uso e cobertura da terra, presença de atividades agropecuárias no entorno, isolamento florestal e permanência de práticas incompatíveis com os objetivos de proteção integral. Somado a isso, persistem limitações quanto à disponibilidade de pesquisas espaciais integradas voltadas ao acompanhamento multitemporal da dinâmica territorial e da degradação ambiental.

A geomática, por meio do sensoriamento remoto, geoprocessamento, cartografia digital e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), apresenta grande importância para o monitoramento ambiental de áreas protegidas. Essas ferramentas permitem análises multitemporais do uso e ocupação do solo, identificação de áreas vulneráveis, monitoramento da fragmentação e apoio ao planejamento territorial e à fiscalização. Além disso, sua aplicação integrada possibilita diagnósticos espaciais detalhados, contribuindo para estratégias de conservação e recuperação ambiental.

O uso de técnicas geomáticas em estudos ambientais também se mostra relevante para compreender as transformações espaciais em áreas fragmentadas da Mata Atlântica, especialmente diante da crescente disponibilidade de dados orbitais e ferramentas de análise. Produtos cartográficos derivados de imagens de satélite permitem identificar padrões de degradação, mudanças na cobertura vegetal e alterações na conectividade da paisagem, subsidiando ações de manejo e gestão territorial em unidades de conservação.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico ambiental da Estação Ecológica de Murici por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, visando analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra, identificar Áreas de Preservação Permanente e zonas vulneráveis, além de subsidiar estratégias de conservação, recuperação ecológica e ordenamento territorial em uma das regiões mais prioritárias para proteção da Mata Atlântica nordestina. Nesse sentido, o diagnóstico e o monitoramento ambiental em Unidades de Conservação, como a Estação Ecológica de Murici, configuram-se como instrumentos essenciais para compreender as transformações espaciais do uso e cobertura da terra e fornecer embasamento técnico-científico às políticas públicas voltadas à proteção da biodiversidade e ao ordenamento territorial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Principais desafios da conservação da Mata Atlântica

A Mata Atlântica é reconhecida como um dos biomas mais biodiversos do planeta e uma das áreas prioritárias para conservação em escala global. Classificada como hotspot de biodiversidade, essa formação vegetal caracteriza-se pela elevada riqueza de espécies e pelos altos níveis de endemismo associados à sua complexa história evolutiva e à heterogeneidade ambiental de sua paisagem (Rezende et al., 2018). Originalmente, sua cobertura estendia-se por aproximadamente 1,3 milhão de km² ao longo da costa brasileira, abrangendo diferentes formações florestais e ecossistemas associados, como restingas, manguezais e florestas estacionais. Atualmente, restam cerca de 12,4% de sua cobertura original, distribuídos de forma altamente fragmentada ao longo do território nacional (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2025).

A elevada diversidade biológica da Mata Atlântica resulta de processos históricos relacionados às oscilações climáticas, ao isolamento geográfico e às diferenças topográficas e edáficas que favoreceram a diversificação das espécies ao longo do tempo. Estima-se que o bioma abrigue aproximadamente 20 mil espécies de plantas, além de uma fauna extremamente diversa composta por mamíferos, aves, anfíbios, répteis e invertebrados, muitos deles endêmicos e ameaçados de extinção (Rezende et al., 2018). Essa diversidade está diretamente associada à complexidade estrutural da floresta, responsável por sustentar diferentes nichos ecológicos e interações biológicas fundamentais.

Além da relevância biológica, a Mata Atlântica desempenha funções ecológicas essenciais para a manutenção do equilíbrio ambiental e do bem-estar humano. Entre essas funções destacam-se a regulação do ciclo hidrológico, a manutenção da fertilidade dos solos, o controle de processos erosivos, a estabilidade climática regional e o armazenamento de carbono atmosférico (Gomes et al., 2020). A cobertura florestal exerce papel fundamental na interceptação da precipitação, na infiltração da água no solo e na recarga de aquíferos, influenciando diretamente a disponibilidade hídrica e a regularização das vazões dos cursos d'água.

Esses processos estão diretamente relacionados aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo bioma, compreendidos como os benefícios obtidos pela sociedade a partir do funcionamento dos ecossistemas. Tais serviços podem ser classificados em serviços de provisão, regulação, suporte e culturais. Os serviços de provisão incluem o fornecimento de água, alimentos, madeira e recursos medicinais. Os serviços de regulação abrangem processos

como regulação climática, captura de carbono, controle de enchentes e mitigação de processos erosivos. Já os serviços de suporte estão associados à ciclagem de nutrientes, formação do solo e manutenção da biodiversidade, enquanto os serviços culturais relacionam-se a aspectos recreativos, estéticos, espirituais e educacionais (Gomes et al., 2020; Rodrigues Santos et al., 2023). Dessa forma, a conservação da Mata Atlântica extrapola a dimensão ecológica, assumindo também relevância social, econômica e climática.

Apesar de sua importância ecológica, a Mata Atlântica encontra-se entre os biomas mais ameaçados do mundo. Desde o período colonial, sua ocupação esteve associada a processos intensos de exploração econômica, inicialmente relacionados à extração do pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H. C. Lima & G. P. Lewis) e posteriormente à expansão da agricultura, sobretudo da cana-de-açúcar e do café. Ao longo do século XX, a urbanização, a industrialização e a expansão da infraestrutura intensificaram ainda mais a supressão da vegetação nativa, promovendo profundas alterações na paisagem (Rezende et al., 2018). Como consequência, a fragmentação florestal tornou-se uma das principais características estruturais do bioma.

Atualmente, a maior parte dos remanescentes florestais encontra-se distribuída em pequenos fragmentos isolados inseridos em matrizes antrópicas. Essa configuração reduz a conectividade ecológica entre habitats, limita o fluxo gênico entre populações e compromete processos ecológicos fundamentais para promoção da biodiversidade (Siqueira et al., 2021). Além disso, os fragmentos florestais tornam-se mais suscetíveis aos efeitos de borda, caracterizados por alterações microclimáticas relacionadas ao aumento da temperatura, redução da umidade e maior incidência luminosa nas áreas periféricas dos remanescentes (Parra-Sánchez; Banks-Leite, 2020).

Os impactos da fragmentação variam conforme características estruturais do território, como tamanho dos fragmentos, qualidade da matriz antrópica e grau de conectividade funcional. De acordo com Dias et al. (2023), paisagens altamente fragmentadas tendem a apresentar simplificação das comunidades biológicas, redução da diversidade genética e comprometimento de processos ecológicos, como dispersão de sementes e polinização. Nesse contexto, abordagens voltadas à restauração ecológica e formação de corredores ecológicos tornam-se fundamentais para a conservação da biodiversidade.

No contexto da Mata Atlântica nordestina, destaca-se o Centro de Endemismo Pernambuco (CEP), considerado uma das regiões mais críticas para conservação da biodiversidade no Brasil. A região abrange áreas dos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, caracterizando-se pela elevada riqueza biológica e por altos

níveis de endemismo associados à heterogeneidade ambiental e aos processos históricos de isolamento ecológico. Contudo, o CEP também apresenta um dos maiores níveis de degradação do bioma, com intensa fragmentação da paisagem e predominância de pequenos remanescentes florestais inseridos em matriz majoritariamente agropecuária (Dias et al., 2023; França et al., 2020).

A elevada fragmentação observada no CEP compromete a conexão estrutural e funcional do ambiente e reduz a integridade ecológica dos fragmentos remanescentes. A predominância de áreas de borda e o isolamento funcional dos habitats afetam diretamente processos como dispersão de sementes, polinização, dinâmica populacional e manutenção da diversidade genética. Essas alterações favorecem espécies generalistas e tolerantes a distúrbios em detrimento de espécies especialistas, afetando a composição das comunidades biológicas e a estabilidade dos ecossistemas. Nesse cenário, estratégias voltadas à restauração ecológica, formação de corredores ecológicos e planejamento territorial tornam-se fundamentais para a conservação da biodiversidade regional (Dias et al., 2023; França et al., 2020).

Do ponto de vista legal, a proteção da Mata Atlântica é respaldada por um conjunto de instrumentos normativos que buscam garantir a conservação da vegetação nativa e o uso sustentável dos recursos naturais. Entre os principais instrumentos, destaca-se a Lei nº 11.428/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica, que estabelece critérios para a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma (Brasil, 2006). Essa legislação define regras específicas para supressão, recuperação e manejo da vegetação, considerando seu estágio sucessional e sua importância ecológica. Complementarmente, o Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651/2012, define mecanismos voltados à proteção de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), contribuindo para conservação da vegetação nativa em propriedades privadas (Brasil, 2012).

Além disso, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000, determina diretrizes para criação e gestão de áreas protegidas, fundamentais para a preservação dos remanescentes florestais e da biodiversidade (Brasil, 2000). Entretanto, apesar da existência de um arcabouço legal relativamente robusto, França et al. (2020) aponta limitações relacionadas à fiscalização, implementação efetiva das políticas públicas e integração entre conservação ambiental e planejamento territorial.

2.2 Impactos da degradação ambiental sobre a biodiversidade

A degradação ambiental pode ser compreendida como um processo de alteração

negativa das características físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas, comprometendo sua estrutura, funcionamento e capacidade de autorregulação (Brasil, 1981). Diferentemente das perturbações naturais, que integram a dinâmica ecológica dos ambientes e podem contribuir para sua renovação, a degradação associada às atividades humanas tende a ocorrer de maneira contínua e intensificada, frequentemente ultrapassando os limites de resiliência dos ecossistemas.

A biodiversidade, entendida como a variabilidade de organismos em níveis genético, específico e ecossistêmico, encontra-se diretamente associada à integridade ambiental dos habitats naturais. Assim, a degradação ambiental configura-se como um dos principais vetores da perda de biodiversidade em escala global ao alterar as condições necessárias à sobrevivência das espécies, promovendo simplificação estrutural dos ecossistemas e comprometendo processos ecológicos fundamentais (Newbold et al., 2015). A redução da heterogeneidade ambiental e a fragmentação da paisagem afetam não apenas a riqueza de espécies, mas também as interações ecológicas responsáveis pelo funcionamento dos ecossistemas, como polinização, dispersão de sementes e relações tróficas.

As principais causas da degradação ambiental relacionam-se às dinâmicas de uso e ocupação da terra, impulsionadas pela expansão agropecuária, urbanização, exploração de recursos naturais e implantação de infraestrutura. Essas atividades promovem remoção da cobertura vegetal, alterações hidrológicas, compactação dos solos e simplificação das comunidades biológicas. Além disso, limitações relacionadas à fiscalização e ao ordenamento territorial contribuem para manutenção de paisagens ecologicamente instáveis e severamente fragmentadas (Newbold et al., 2015; Dias et al., 2023).

A degradação ambiental manifesta-se de diferentes formas interdependentes. A degradação física envolve processos como erosão, assoreamento e compactação dos solos, comprometendo a dinâmica hidrológica e a estabilidade geomorfológica dos ambientes. A degradação química está associada à contaminação por poluentes e alterações na composição físico-química dos solos e corpos hídricos. Já a degradação biológica relaciona-se à perda de biodiversidade, substituição de espécies nativas por exóticas e simplificação funcional das comunidades ecológicas (IPBES, 2019).

Essas formas de degradação tendem a intensificar-se mutuamente, estabelecendo ciclos de retroalimentação ecológica. A perda da cobertura vegetal, por exemplo, favorece processos erosivos que reduzem a fertilidade dos solos e limitam a regeneração natural da vegetação, ampliando progressivamente os níveis de degradação ambiental. Nesse contexto, a redução da capacidade adaptativa dos ecossistemas aumenta sua vulnerabilidade frente às

mudanças climáticas e a outros distúrbios ambientais (IPBES, 2019; Newbold et al., 2020).

As consequências da degradação ambiental manifestam-se tanto em escala ecológica quanto social. No plano ecológico, destacam-se perda de habitats, redução da diversidade genética, simplificação das comunidades biológicas, comprometimento da conectividade ecológica e diminuição da capacidade adaptativa dos ecossistemas frente às mudanças ambientais. No âmbito social, os impactos incluem redução da disponibilidade hídrica, instabilidade climática regional, perda de produtividade agrícola e ampliação das vulnerabilidades socioambientais (Gomes et al., 2020; Dias et al., 2023).

No Centro de Endemismo Pernambuco, tais processos assumem proporções particularmente críticas em função do elevado grau de fragmentação da paisagem e da intensa pressão antrópica sobre os remanescentes florestais. Estudos indicam que a dinâmica de uso da terra na região influencia diretamente a integridade ecológica dos fragmentos e a efetividade das estratégias de conservação, reforçando a necessidade de abordagens integradas entre conservação, restauração ecológica e planejamento territorial (Magioli et al., 2021; Dias et al., 2023).

A relação entre degradação ambiental e políticas públicas tem sido amplamente discutida na literatura, especialmente no que se refere à necessidade de instrumentos voltados ao ordenamento territorial, à gestão de áreas protegidas e ao monitoramento ambiental. Embora esses mecanismos sejam fundamentais para a mitigação dos processos de degradação, sua efetividade está associada à articulação entre diferentes escalas de gestão, à integração institucional e ao uso de bases técnico-científicas no processo decisório (França et al., 2020; Magioli et al., 2021).

2.3 Áreas protegidas como instrumentos de conservação

As áreas protegidas constituem um dos principais instrumentos voltados à conservação da biodiversidade em escala global, desempenhando papel fundamental na proteção de espécies, habitats e processos ecológicos. Em biomas altamente ameaçados, como a Mata Atlântica, essas áreas assumem relevância estratégica na contenção da perda de cobertura florestal e na manutenção da conectividade ecológica da paisagem (Vieira et al., 2018).

No Brasil, a organização das áreas protegidas é estruturada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000, que estabelece diretrizes para criação, implementação e gestão das Unidades de Conservação (Brasil, 2000). Ao distinguir unidades de proteção integral e de uso sustentável, o sistema reconhece a necessidade de estratégias diferenciadas de conservação, considerando tanto a

proteção dos recursos naturais quanto a possibilidade de uso sustentável em determinados contextos socioambientais.

As áreas protegidas, ao atuarem como núcleos de conservação, exercem funções essenciais relacionadas à proteção de habitats críticos, conservação de espécies ameaçadas e manutenção de serviços ecossistêmicos fundamentais, como regulação climática, estabilidade hidrológica e conservação da biodiversidade (Gomes et al., 2020). Entretanto, sua efetividade depende não apenas da proteção legal interna, mas também da dinâmica espacial da região em que se inserem, na qual fatores como a integração de habitats e matriz antrópica influenciam na promoção de processos ecológicos (Vieira et al., 2018).

Em biomas altamente fragmentados, como a Mata Atlântica nordestina, muitas Unidades de Conservação encontram-se isoladas em meio a matrizes antrópicas dominadas por atividades agropecuárias e expansão urbana, o que limita sua capacidade de sustentar populações viáveis a longo prazo (Dias et al., 2023; D'Arrochella, 2020). Dessa forma, a conservação depende não apenas da proteção de áreas nucleares, mas também da conexão entre fragmentos.

Nesse contexto, a conectividade ecológica assume papel central nas estratégias de conservação, sendo promovida por meio da manutenção de corredores ecológicos, mosaicos florestais e áreas naturais intermediárias. Essas estruturas favorecem o deslocamento de espécies, o fluxo gênico e a dispersão biológica, reduzindo os impactos associados ao isolamento dos fragmentos florestais, aumentando a resiliência dos ecossistemas frente às pressões ambientais (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

Além das Unidades de Conservação, o Novo Código Florestal Brasileiro amplia o alcance das estratégias de conservação ao estabelecer instrumentos voltados à proteção da vegetação nativa em propriedades privadas, especialmente por meio das APPs e RLs (Brasil, 2012). Esses instrumentos contribuem para manutenção da cobertura vegetal, proteção dos recursos hídricos e na estabilidade dos ecossistemas, desempenhando papel complementar às áreas protegidas públicas, favorecendo a conservação de processos ecológicos e serviços ecossistêmicos (Gomes et al., 2020).

Apesar dos avanços institucionais observados nas últimas décadas, a efetividade das políticas de conservação ainda enfrenta limitações relacionadas à fiscalização, insuficiência de recursos para gestão e pressões associadas às dinâmicas de uso da terra (França et al., 2020). Em biomas como a Mata Atlântica, estratégias baseadas exclusivamente em áreas protegidas isoladas tendem a ser insuficientes, exigindo abordagens integradas que articulem conservação, restauração ecológica e planejamento territorial.

2.3.1 Efetividade das Estações Ecológicas na Mata Atlântica

As Estações Ecológicas (ESEC) constituem uma das categorias mais restritivas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, integrando o grupo de proteção integral e sendo destinadas prioritariamente à preservação da natureza e à realização de pesquisas científicas (Brasil, 2000). Essas unidades representam importantes instrumentos para conservação da biodiversidade, na medida em que restringem o uso direto dos recursos naturais e visam assegurar a integridade dos processos ecológicos, especialmente em biomas altamente ameaçados como a Mata Atlântica.

Entretanto, a efetividade das Estações Ecológicas não depende exclusivamente de seu status legal, estando diretamente relacionada às características do ambiente em que estão inseridas e à intensidade das pressões antrópicas existentes no entorno. Em regiões altamente fragmentadas, a capacidade das ESECs de manter a biodiversidade a longo prazo pode ser limitada pela configuração espacial da paisagem, visto que presença de matrizes antrópicas reduz a integração entre habitats e compromete processos ecológicos fundamentais à manutenção da biodiversidade (Dias et al., 2023; D'Arrochella, 2020).

A conectividade ecológica torna-se, portanto, elemento central para funcionamento dessas unidades, contribuindo para promoção do fluxo gênico, deslocamento das espécies e estabilidade das comunidades biológicas (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020). A degradação das áreas adjacentes e a ausência de estruturas de conexão funcional intensificam os efeitos de borda e favorecem alterações microclimáticas capazes de comprometer a integridade ecológica dos remanescentes florestais, reduzindo a capacidade dessas áreas de sustentar processos ecológicos complexos. Do ponto de vista funcional, tais alterações também repercutem na provisão de serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e climática (Gomes et al., 2020).

Além disso, limitações relacionadas à fiscalização, à disponibilidade de recursos financeiros e humanos para gestão e à integração entre políticas públicas e planejamento territorial reduzem a capacidade dessas unidades em garantir proteção efetiva da biodiversidade. Evidências indicam que, em paisagens antropizadas, estratégias baseadas exclusivamente em áreas protegidas isoladas tendem a ser insuficientes, reforçando a necessidade de abordagens integradas que articulem conservação, restauração ecológica e uso do território (França et al., 2020; Vieira et al., 2018).

Sob essa perspectiva, abordagens baseadas em análise espacial e monitoramento ambiental tornam-se fundamentais para compreensão das dinâmicas de uso e cobertura da

terra no entorno das áreas protegidas, subsidiando estratégias de manejo e conservação mais eficientes e políticas públicas voltadas à ampliação do desempenho das áreas protegidas (Magioli et al., 2021).

2.3.2 Conectividade ecológica e restauração ambiental

A conectividade ecológica representa um dos principais fatores associados à manutenção da biodiversidade em paisagens fragmentadas, especialmente na Mata Atlântica, onde os remanescentes florestais encontram-se distribuídos de forma isolada em matrizes predominantemente antrópicas. A conexão entre fragmentos favorece o deslocamento da fauna, o fluxo gênico entre populações e a dispersão de sementes, contribuindo para manutenção dos processos ecológicos e para redução dos efeitos negativos do isolamento ambiental (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

Em regiões de elevada fragmentação, a ausência de conectividade funcional compromete a integridade ecológica dos ecossistemas, intensificando efeitos de borda, simplificação biológica e perda de diversidade genética. Nesse contexto, corredores ecológicos e áreas de vegetação intermediária assumem papel estratégico na conservação, funcionando como elementos facilitadores da movimentação das espécies e da recomposição da dinâmica ecológica da paisagem (Dias et al., 2023). O trabalho de Parra-Sanchez e Banks-Leite (2020) demonstra que mesmo pequenas áreas restauradas podem atuar como “trampolins ecológicos”, reduzindo o isolamento entre fragmentos florestais e favorecendo a conectividade funcional da paisagem.

A restauração ecológica constitui uma das principais estratégias voltadas à recuperação da conectividade ambiental em áreas degradadas. Além da recomposição da cobertura vegetal, a restauração contribui para recuperação de serviços ecossistêmicos relacionados à proteção hídrica, estabilidade dos solos, regulação microclimática e conservação da biodiversidade (Gomes et al., 2020). Em áreas protegidas inseridas em regiões antropizadas, a recuperação de setores estratégicos da paisagem torna-se fundamental para ampliação da integridade ecológica e fortalecimento da efetividade das unidades de conservação (França et al., 2020).

Nesse contexto, o diagnóstico ambiental assume papel essencial no planejamento de ações de restauração, uma vez que permite identificar áreas prioritárias para recuperação ecológica, avaliar níveis de degradação e reconhecer setores relevantes para formação de corredores ecológicos. A análise integrada da paisagem possibilita compreender padrões de

fragmentação, conectividade e uso da terra, subsidiando estratégias mais eficientes de restauração ambiental e conservação da biodiversidade (Magioli et al., 2021).

Dessa forma, a integração entre conectividade ecológica, restauração ambiental e diagnóstico da paisagem constitui elemento fundamental para conservação da Mata Atlântica, especialmente em regiões críticas como o Centro de Endemismo Pernambuco, onde a elevada fragmentação compromete a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos essenciais.

2.4 Geomática aplicada ao diagnóstico ambiental

A geomática tem se consolidado como um conjunto de tecnologias fundamentais para o diagnóstico ambiental, ao possibilitar a aquisição, integração, análise e representação de dados espaciais provenientes de diferentes fontes e escalas. Abrangendo técnicas como sensoriamento remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), geoprocessamento e sistemas de posicionamento por satélite, essa abordagem permite uma análise integrada de variáveis físicas, biológicas e antrópicas da paisagem (Segantine e Silva, 2021). Nesse sentido, a geomática pode ser compreendida como um campo interdisciplinar voltado à produção e interpretação de dados espaciais, essenciais para o planejamento e a tomada de decisão.

O sensoriamento remoto destaca-se como uma das principais ferramentas para o monitoramento ambiental, possibilitando a obtenção sistemática de informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores orbitais, a partir da captura da energia refletida ou emitida pelos alvos. A variação na resolução espacial, temporal e espectral amplia as possibilidades de análise, permitindo desde avaliações em escala regional até estudos mais detalhados em nível local, sendo amplamente utilizada no monitoramento de mudanças ambientais (Dias et al., 2023). Imagens provenientes de satélites como Landsat e Sentinel possibilitam identificar padrões relacionados à cobertura vegetal, uso da terra e dinâmica ambiental em diferentes escalas espaciais e temporais.

A análise multitemporal constitui uma das principais aplicações da geomática no diagnóstico ambiental, permitindo a identificação de mudanças na paisagem ao longo do tempo. A comparação entre imagens obtidas em diferentes períodos possibilita detectar processos como desmatamento, regeneração florestal, expansão urbana e avanço agropecuário, contribuindo para compreensão da dinâmica ambiental e dos processos de degradação associados às atividades humanas (Dias et al., 2023). Nesse contexto, plataformas como o Google Earth Engine e bases de dados como o MapBiomias ampliaram

significativamente a capacidade de análise espaço-temporal da dinâmica ambiental em escala regional e nacional.

Sob essa perspectiva, o mapeamento de uso e cobertura da terra assume papel central na análise espacial. Por meio de técnicas de classificação de imagens orbitais, é possível discriminar diferentes classes de uso e cobertura, como áreas urbanas, agrícolas, corpos hídricos e formações vegetais, fornecendo subsídios para análises ambientais mais complexas. Esses produtos permitem identificar padrões de ocupação, alterações ambientais e impactos decorrentes das atividades antrópicas, sendo amplamente empregados em estudos ambientais (Dias et al., 2023).

A identificação de processos de degradação ambiental tem sido significativamente aprimorada com o uso de geotecnologias. O desmatamento pode ser detectado com elevada precisão por meio da análise temporal de imagens, enquanto a fragmentação pode ser avaliada a partir da configuração espacial dos remanescentes de vegetação. Esses processos comprometem a conectividade ecológica e a manutenção da biodiversidade, reforçando a importância de análises espaciais integradas no diagnóstico ambiental (D'Arrochella, 2020; Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

Além do mapeamento temático, a geomática permite a análise quantitativa da estrutura da paisagem por meio de métricas espaciais relacionadas ao tamanho, forma, isolamento e conexão dos fragmentos florestais. Indicadores como densidade de borda, área núcleo e conectividade funcional fornecem informações importantes sobre o estado de conservação dos ecossistemas e os impactos da fragmentação (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

Os índices espectrais também desempenham papel relevante no diagnóstico ambiental. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), por exemplo, permite avaliar vigor e densidade da vegetação a partir da resposta espectral dos alvos terrestres, sendo amplamente utilizado para identificação de áreas degradadas, monitoramento da cobertura vegetal e acompanhamento de processos de regeneração florestal (Gomes et al., 2020).

Os SIGs potencializam essas análises ao permitir a integração de diferentes camadas de informação em uma abordagem sistêmica e espacialmente referenciada. A geomática, ao integrar dados espaciais e técnicas analíticas, possibilita a produção de informações fundamentais para o planejamento e a gestão ambiental (Segantine e Silva, 2021; Vieira et al., 2018). Essa capacidade de integração permite compreender padrões espaciais complexos e identificar áreas prioritárias para conservação.

No contexto de áreas protegidas, a aplicação da geomática fortalece estratégias de monitoramento ambiental ao permitir a identificação de pressões antrópicas, a avaliação da

efetividade das medidas de conservação e a compreensão das dinâmicas espaço-temporais do território (Vieira et al., 2018; França et al., 2020).

Apesar de seu elevado potencial analítico, a aplicação da geomática apresenta limitações relacionadas à resolução espacial dos dados, erros de classificação e necessidade de validação em campo. Essas incertezas podem influenciar a interpretação dos resultados, exigindo rigor metodológico e integração entre diferentes abordagens analíticas (Magioli et al., 2021).

Dessa forma, a geomática consolida-se como ferramenta indispensável para o diagnóstico ambiental em biomas altamente pressionados, como a Mata Atlântica, contribuindo para compreensão das transformações espaciais e temporais da paisagem e para desenvolvimento de estratégias voltadas à conservação da biodiversidade e planejamento territorial (Dias et al., 2023).

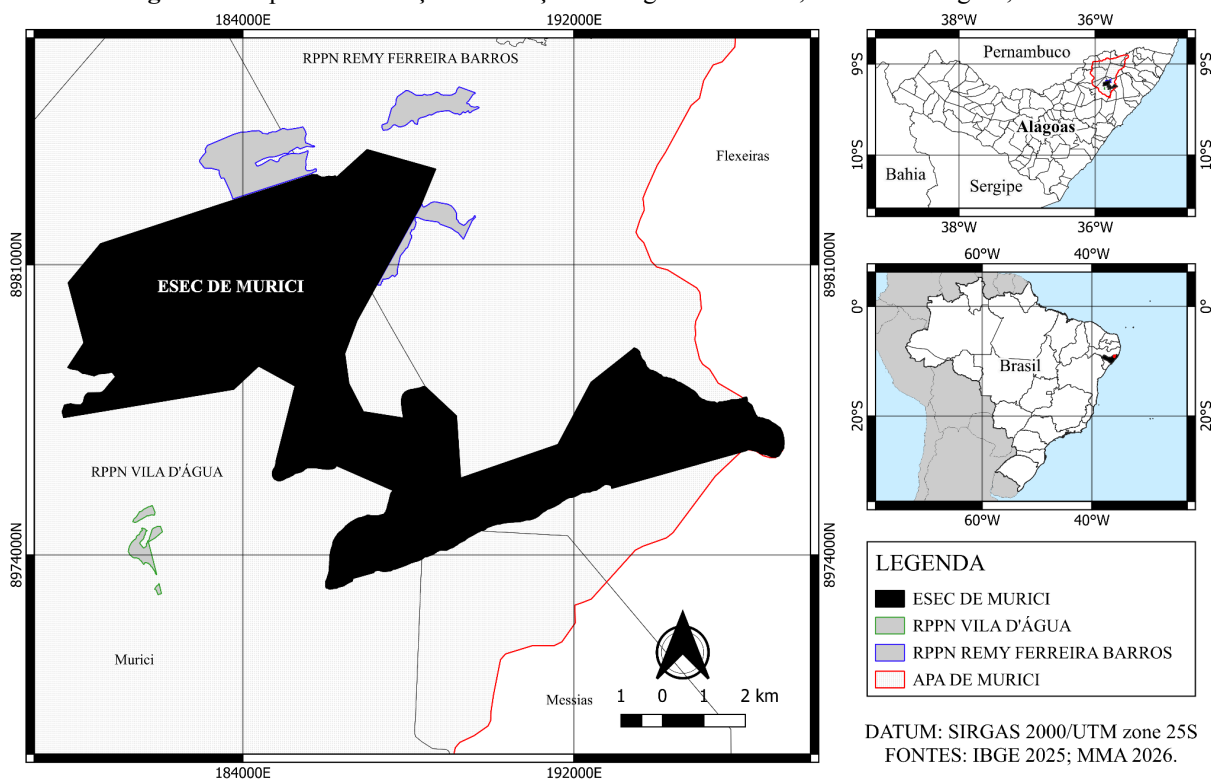
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

A Estação Ecológica (ESEC) de Murici está localizada na região nordeste do estado de Alagoas, no Nordeste do Brasil, abrangendo parte dos municípios de Murici, Flexeiras e Messias. Criada pelo Decreto Federal s/nº, de 28 de maio de 2001, a ESEC possui uma área de aproximadamente 6.131 hectares inseridos no bioma Mata Atlântica, sendo reconhecida como uma das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade do país, devido à elevada riqueza biológica e à presença significativa de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, sobretudo no que se refere à avifauna (Melo, 2021; Dubeux et al., 2022).

Toda a área da ESEC de Murici está incorporada à Área de Proteção Ambiental (APA) de Murici, instituída pela Lei Estadual nº 5.907, de 14 de março de 1997. Essas unidades de conservação, juntamente com algumas reservas particulares e outros fragmentos da região, compõem o Complexo Florestal de Murici (CFM), como demonstrado na Figura 1, considerado um dos principais conjuntos florestais remanescentes da Mata Atlântica nordestina e crucial para garantir a integridade ecológica regional, especialmente no Centro de Endemismo Pernambuco (Vasques, 2009; Moreira, 2023).

Figura 1. Mapa de localização da Estação Ecológica de Murici, estado de Alagoas, Brasil.



Fonte: Autora (2026).

Sob gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a ESEC tem como finalidade proteger e preservar partes do ecossistema local, além de fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas e programas de educação ambiental (Brasil, 2001). Apesar disso, seu entorno é marcado por atividades agropecuárias que historicamente contribuíram para a degradação da área (Dias et al., 2023).

O clima, classificado como Tropical Quente Semiúmido, apresenta sazonalidade pluviométrica bem definida, com período chuvoso concentrado principalmente entre os meses de abril e agosto. As precipitações anuais variam, em média, entre 800 mm e 1.800 mm, enquanto as temperaturas oscilam entre 23 °C e 26 °C (ICMBio, 2017; INMET, 2022).

O relevo, predominantemente ondulado, com altitudes variando entre 100 e 600 metros, favorece a formação de diferentes microambientes, influenciando diretamente a distribuição da vegetação, da umidade e dos processos geomorfológicos locais (Mendonça, 2005; ICMBio, 2017).

Os solos predominantes são representados principalmente por Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Latossolos Amarelos Distróficos, associados a afloramentos rochosos. Em setores de relevo mais acidentados, ocorrem solos desenvolvidos sobre sedimentos argiloarenosos e arenoargilosos do Grupo Barreiras, recobrimdo rochas cristalinas do embasamento Pré-Cambriano (Mendonça, 2005; EMBRAPA, 2025).

A vegetação original, constituída predominantemente por Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Submontana, encontra-se fragmentada e em diferentes estágios de regeneração natural, em decorrência do histórico de desmatamento e atividades antrópicas associadas principalmente à agropecuária, exploração madeireira e expansão urbana (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2025). A presença de nascentes e corpos d'água confere elevada importância hidrológica à unidade, atuando na conservação dos recursos regionais e na manutenção do equilíbrio hídrico local (ICMBio, 2017).

Dada sua relevância ecológica e os crescentes sinais de degradação ambiental identificados em imagens de satélite e registros de campo, a ESEC de Murici constitui um espaço prioritário para a realização de diagnósticos ambientais voltados ao monitoramento da dinâmica da paisagem, subsidiando ações de manejo, conservação e restauração (Souza Jr. et al., 2020; França et al., 2020; Poorter et al., 2021).

3.2 Base de dados

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados oriundos de imagens de satélite referentes aos anos de 1994 a 2024, selecionados em intervalos de seis anos, disponibilizados

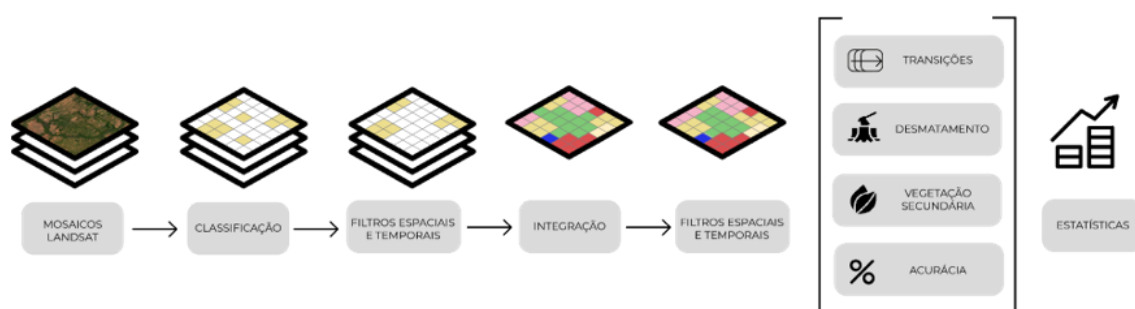
gratuitamente em formato GeoTIFF, ortorretificados e georreferenciados, provenientes do projeto MapBiomas Coleção 10.1, lançado em agosto de 2025 e atualizado em fevereiro de 2026. Essa coleção reúne quatro décadas de dados sobre cobertura e uso da terra no Brasil, mapeando cerca de 30 classes, abrangendo o período de 1985 a 2024, com resolução espacial de 30 metros, a partir da classificação pixel a pixel da série Landsat, acessíveis via Google Earth Engine e produzidas pela Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA) e pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) (MapBiomas, 2026).

Em setembro de 2025, foi lançada a plataforma MapBiomas, um portal que centraliza o acesso às coleções e ferramentas de análise, trazendo uma versão mais interativa e ágil para pesquisa, com recursos como navegação espacial em 3D, geração de animações temporais e ferramentas de inteligência artificial.

O projeto opera de forma colaborativa com diversas instituições, gerando dados detalhados sobre o uso e ocupação do solo, oferecendo informações valiosas sobre diferentes biomas e temas transversais. Através da plataforma Google Earth Engine, o processamento é distribuído e automatizado utilizando algoritmos extensivos de aprendizado de máquina (*machine learning*), garantindo acesso gratuito a uma vasta base de dados geoespaciais, aplicável em diversos países e contextos (MapBiomas, 2026).

O diagrama abaixo (Figura 2) ilustra as principais etapas do processo de geração de dados do MapBiomas, bem como os mapas de transição.

Figura 2. Diagrama das etapas de processamento.



Fonte: MapBiomas (2024).

Para complementar a análise, foram utilizadas imagens de 02 de abril de 2024 e 03 de fevereiro de 2026 da constelação PlanetScope, composta por aproximadamente 430 satélites, conhecidos como Doves e SuperDoves, que capturam imagens de alta resolução espacial, com cerca de 3 a 4 metros, diariamente (Planet, 2024). Esses dados, acessados através da plataforma Planet, permitem monitoramento quase em tempo real da superfície terrestre, com ferramentas avançadas de visualização, análise e download, facilitando a integração com

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e outras plataformas de análise geoespacial.

3.3 Análise de uso e ocupação do solo

O *software* QGIS 3.44.9 foi utilizado para localização espacial e reprojeção dos dados para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / UTM Zona 25S. As imagens foram classificadas conforme a legenda da Coleção 10 do MapBiomias, facilitando a interpretação dos valores de cada pixel identificado (Tabela 1). Na etapa seguinte, foi realizada uma validação comparativa utilizando imagens de referência no Google Earth Pro.

Tabela 1. Tabela de classificação de pixel da Coleção 10 do Mapbiomas.

Code ID	Hexacode Number	Color ID	Coleção 10 - Classes
3	#1f8d49		Formação Florestal
4	#7dc975		Formação Savânica
11	#519799		Campo Alagado e Área Pantanosa
15	#edde8e		Pastagem
20	#db7093		Cana-de-Açúcar
21	#ffefc3		Mosaico de Usos
22	#d4271e		Área Não Vegetada
29	#ffaa5f		Afloramento Rochoso
33	#2532e4		Corpos Hídricos

Fonte: MapBiomias (2026).

3.3.1 Pré-processamento das imagens

Para delimitar a área de interesse das imagens provenientes das plataformas MapBiomias e PlanetScope, utilizou-se uma camada de máscara correspondente a um polígono vetorial em formato *Shapefile*. Esse polígono representa os limites oficiais da unidade de conservação analisada, conforme estabelecido no decreto de criação da Estação Ecológica de Murici (Figura 1). A camada foi utilizada para recortar espacialmente as imagens, garantindo que apenas os pixels internos à ESEC fossem considerados nas análises.

As imagens oriundas do projeto MapBiomias, por já apresentarem classificação temática previamente estabelecida, dispensaram etapas adicionais de processamento espectral, como composição ou fusão de bandas. Dessa forma, o tratamento dos dados concentrou-se na aplicação de um recorte espacial utilizando como referência o limite vetorial da ESEC de

Murici. Posteriormente, os dados foram exportados da plataforma Google Earth Engine em formato GeoTIFF, mantendo a resolução espacial de 30 metros característica da coleção utilizada, e padronizados no SRC adotado para o estudo.

No *software* QGIS, a camada raster classificada foi convertida em vetor por meio da ferramenta *Raster > Conversão > Converter raster em vetor*. Esse procedimento gerou um arquivo no formato *Shapefile*, no qual cada feição representa uma classe distinta de uso e cobertura do solo. A estrutura de atributos da imagem original foi mantida, possibilitando a realização de análises espaciais mais detalhadas, como a quantificação de áreas por classe e a integração com outras informações geográficas.

Em contrapartida, as imagens adquiridas pela constelação de satélites PlanetScope consistem em produtos multiespectrais compostos por oito bandas, que necessitam de organização prévia antes da análise. Por esse motivo, foi necessário realizar a composição espectral e a mesclagem de bandas, de modo a gerar uma única imagem multibanda contendo todas as informações necessárias ao processamento.

Para a elaboração do mapa, optou-se pela utilização das bandas vermelho, verde e azul (RGB), que permitem uma visualização em cores naturais e facilitam a interpretação das diferentes classes de cobertura da área de estudo. Além disso, foi incorporada a banda do infravermelho próximo (NIR), que possibilita realçar a vegetação e distinguir áreas com diferentes níveis de vigor vegetativo, enriquecendo a interpretação dos padrões de uso e cobertura da terra.

Esse procedimento assegura que cada pixel da cena contenha o conjunto completo de valores espectrais, permitindo análises mais robustas da paisagem. Após a composição, a imagem resultante foi submetida ao recorte espacial utilizando a mesma máscara vetorial da unidade de conservação, garantindo a compatibilidade espacial entre os diferentes conjuntos de dados empregados na pesquisa.

A imagem final foi exportada em formato GeoTIFF, mantendo a resolução espacial nativa do PlanetScope (aproximadamente 3 metros), e georreferenciada no SRC SIRGAS 2000 / UTM Zona 25S.

3.3.2 Classificação supervisionada

A classificação supervisionada das imagens PlanetScope foi conduzida no QGIS, por meio do *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), que disponibiliza ferramentas específicas para análise de imagens multiespectrais.

Para a classificação, foi desenvolvido um arquivo de treinamento com amostras

representativas das diferentes classes de uso e cobertura da terra identificadas na área de estudo. As amostras foram selecionadas em regiões homogêneas da imagem, com base na interpretação visual da composição colorida, buscando representar adequadamente a variabilidade espectral de cada categoria mapeada.

O algoritmo adotado foi o *Maximum Likelihood* (Máxima Verossimilhança), método padrão de SCP no QGIS, amplamente empregado em análise de dados de sensoriamento remoto por considerar a variabilidade espectral interna das classes e assumir uma distribuição normal multivariada dos dados. O algoritmo avalia, para cada pixel, a probabilidade de pertencer às categorias previamente definidas, atribuindo-o àquela com maior probabilidade estatística.

3.3.3 Validação e ajuste

Concluída a classificação supervisionada, houve a realização de uma validação temática para avaliar a consistência do mapeamento. Nessa etapa, foram utilizadas imagens disponíveis no Google Earth Pro como referência visual independente, possibilitando a comparação entre as classes atribuídas pelo classificador e a cobertura observada por meio de interpretação visual (Tabela 2).

Tabela 2. Imagens de satélite utilizadas para o mapeamento de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici.

Classes	Imagem de Satélite	Classes	Imagem de Satélite	Classes	Imagem de Satélite
Formação Florestal		Pastagem		Área Não Vegetada	
Formação Savânica		Cana-de-Açúcar		Afloramento Rochoso	
Campo Alagado e Área Pantanosa		Mosaico de Usos		Corpos Hídricos	

Fonte: Autora (2026).

Após a validação, foram realizados ajustes pontuais na classificação com base na

análise visual das imagens de referência, visando aperfeiçoar a representação das classes de uso e cobertura da terra. Durante esse processo, foram identificadas pequenas inconsistências em áreas de borda e transição entre classes distintas, situação comum em classificações supervisionadas em razão da semelhança espectral entre determinados alvos. Dessa forma, procedeu-se à correção manual dessas áreas, contribuindo para aumentar a coerência temática e a correspondência do mapeamento com as características presentes na área de estudo.

3.3.4 Geração de mapas

Na etapa final, a simbologia e transparência das camadas classificadas foram ajustadas para garantir uma representação visual clara dos dados. Em seguida, foi estruturado o layout cartográfico, incluindo legenda, escala, título e demais elementos necessários à leitura adequada do mapa. O resultado constitui um produto visual que sintetiza a distribuição das classes de uso e cobertura da terra na área de estudo, oferecendo suporte à interpretação espacial e às análises subsequentes.

3.4 Delimitação de Áreas de Preservação Permanente

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi realizada em ambiente SIG, utilizando o *software* QGIS, com base nos critérios estabelecidos pela Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal Brasileiro). Para os cursos d'água, utilizou-se a base vetorial de drenagem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao ano de 2022, aplicando a ferramenta *Buffer* conforme as faixas marginais previstas na legislação. Nas nascentes e olhos d'água perenes, adotou-se raio mínimo de 50 m.

Devido às inconsistências apresentadas na aplicação da classificação semiautomática, as áreas úmidas foram mapeadas manualmente a partir da interpretação de imagens PlanetScope (2026), considerando feições hidromórficas como solos saturados, vegetação adaptada à alta umidade e zonas de acúmulo hídrico permanente ou sazonal, com apoio da banda infravermelha. A vetorização foi realizada diretamente no QGIS, levando em conta a dinâmica hidrológica local.

No caso das APPs de declividade, empregaram-se os dados do projeto TOPODATA, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), derivados da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 30 m. Os arquivos foram reprojetados para o Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 / UTM Zona 25S. Foram consideradas APPs as áreas com declividade superior a 100%, equivalente a 45° de inclinação, conforme o Código Florestal.

Após a delimitação de cada categoria, os dados vetoriais foram integrados para gerar o mapa final das APPs da unidade. Em seguida, relacionaram-se essas áreas às classes de uso e cobertura da terra obtidas nas análises multitemporais, possibilitando avaliar o estado de conservação, identificar conflitos de uso e definir zonas prioritárias para restauração ecológica.

3.5 Identificação dos Conflitos Socioambientais

A identificação dos conflitos socioambientais presentes na Estação Ecológica de Murici foi realizada por meio da integração de diferentes bases documentais e geoespaciais. Inicialmente, foram analisadas as informações contidas no Plano de Manejo (ICMBio, 2017), com o objetivo de identificar áreas reconhecidas como potenciais fontes de conflito relacionadas ao uso e ocupação da terra, à infraestrutura existente e às atividades desenvolvidas no interior da unidade.

Posteriormente, foram utilizadas imagens de alta resolução espacial da constelação PlanetScope, referentes ao ano de 2026, complementadas por imagens disponíveis no Google Earth Pro. A interpretação visual dessas imagens permitiu identificar elementos da paisagem associados à presença de atividades antrópicas, tais como edificações, vias de acesso e demais estruturas potencialmente incompatíveis com os objetivos de conservação da ESEC.

A identificação da influência da malha viária foi realizada a partir da Base Georreferenciada de Rodovias do Sistema Nacional de Viação (SNV/DNIT), edição 202604A, obtida junto ao Banco de Informações de Transportes (BIT), do Ministério dos Transportes. Os dados foram utilizados para localizar e mapear os trechos rodoviários situados no entorno e nas proximidades da unidade.

Para a análise dos conflitos fundiários, foram utilizados dados vetoriais do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), referentes ao ano de 2026, possibilitando a identificação e o mapeamento dos imóveis rurais cadastrados no interior ou em áreas sobrepostas à ESEC de Murici.

Por fim, todas as informações foram integradas em ambiente SIG no *software* QGIS, possibilitando a elaboração de mapas temáticos e a análise espacial dos principais conflitos socioambientais identificados na área de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dinâmica de uso e ocupação do solo na Estação Ecológica de Murici

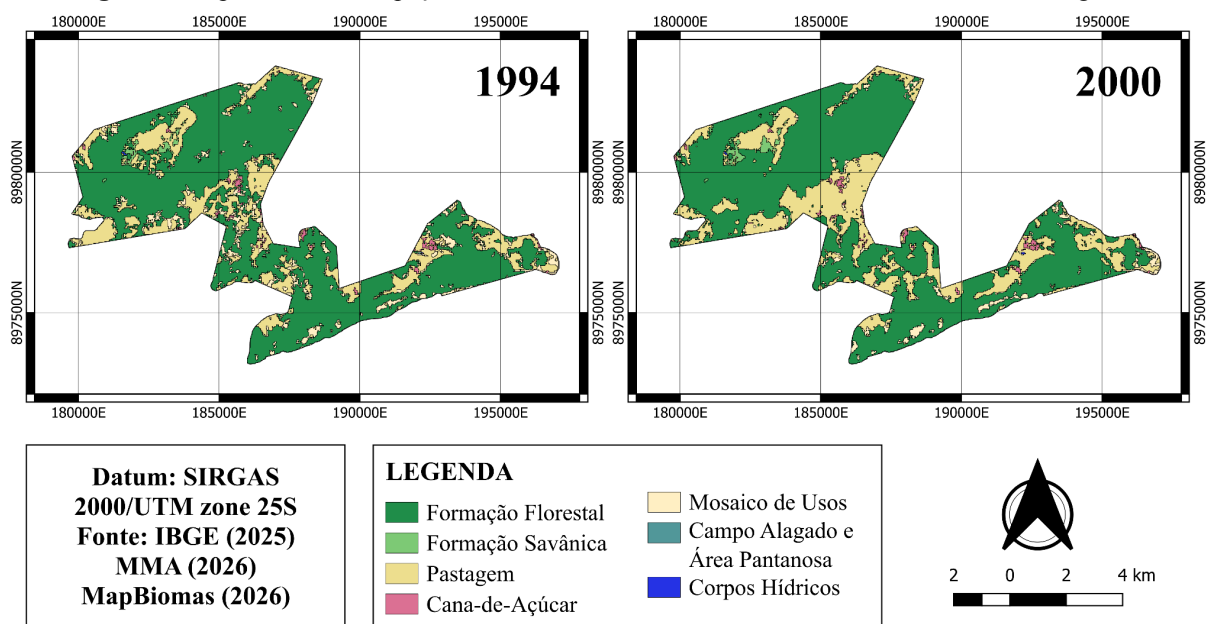
Com base nos dados disponibilizados pela plataforma MapBiomas, foram identificadas mudanças significativas na configuração da paisagem da Estação Ecológica de Murici ao longo de trinta anos. O estudo contemplou os anos de 1994, 2000, 2006, 2012, 2018 e 2024, permitindo compreender não apenas a evolução das principais classes de uso e cobertura da terra no interior da unidade de conservação, como também os processos ecológicos, socioeconômicos e institucionais que possivelmente influenciaram nessas mudanças.

No período avaliado, foram registradas as seguintes categorias: Formação Florestal, Formação Savânica, Pastagem, Cana-de-Açúcar, Mosaico de Usos, Campos Alagados e Área Pantanosa, além de Corpos Hídricos. Essas diferentes classes refletem uma paisagem dinâmica, resultante da interação entre processos naturais e pressões antrópicas.

A análise espacial dessas mudanças, apresentada por meio de mapas organizados em pares temporais comparativos, permitiu visualizar com maior clareza as transformações entre os períodos avaliados. Essa abordagem facilitou a identificação de processos de expansão, retração e substituição das classes de uso e ocupação do solo. Esses aspectos são particularmente relevantes em biomas altamente fragmentados como a Mata Atlântica, considerada um hotspot global de biodiversidade, com elevados níveis de endemismo e forte histórico de degradação. Nesse contexto, mesmo pequenas variações percentuais podem representar alterações significativas na conectividade da paisagem e na integridade ecológica dos remanescentes florestais, especialmente em áreas já reduzidas e isoladas (Dias et al., 2023; Siqueira et al., 2021; Parra-Sánchez e Banks-Leite, 2020).

O intervalo inicial (Figura 3), correspondente ao período entre 1994 e 2000, antecede a criação da ESEC de Murici, em 2001, coincide com importantes marcos institucionais, como a criação da Área de Proteção Ambiental de Murici, em 1997, e a instituição do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, em 2000, os quais podem ter influenciado as dinâmicas observadas. No entanto, esses instrumentos ainda não se encontravam efetivamente implementados, o que explica a persistência de intensas pressões antrópicas no período.

Figura 3. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1994 e 2000 da ESEC de Murici, Alagoas.



Fonte: Autora (2026).

Entre 1994 e 2000 (Tabela 3), observou-se um aumento expressivo da área de pastagem (24,39%), indicando a consolidação da pecuária como principal vetor de transformação ambiental na região. Esse padrão acompanha tendências observadas em diferentes áreas da Mata Atlântica, nas quais a expansão agropecuária representou um dos principais fatores responsáveis pela substituição da cobertura florestal nativa, sobretudo entre 1985 e meados dos anos 2000 (Souza Jr. et al., 2020).

A redução pela metade da classe mosaico de usos (-49,05%) sugere uma simplificação estrutural da paisagem, com diminuição da heterogeneidade ambiental, processo frequentemente associado à perda de funcionalidade ecológica e diminuição da conectividade entre habitats. A leve redução da formação florestal (-1,46%), embora pouco expressiva em termos percentuais, deve ser interpretada no contexto da intensa fragmentação do bioma, em que pequenas perdas podem ampliar significativamente os efeitos de borda e intensificar o isolamento entre fragmentos florestais (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

O aumento da formação savânica (9,36%), áreas de transição onde a vegetação possui árvores e arbustos esparsos em meio a gramíneas, está possivelmente associado a processos de degradação florestal que favorecem o surgimento de formações vegetais mais abertas, enquanto o desaparecimento das áreas alagadas pode indicar alterações hidrológicas relacionadas às mudanças no uso da terra, especialmente em função da substituição da cobertura vegetal natural por usos agropecuários. Contudo, essa interpretação requer prudência, considerando a ausência de dados hidrológicos específicos e as limitações

inerentes ao sensoriamento remoto em áreas úmidas pequenas e sazonalmente variáveis.

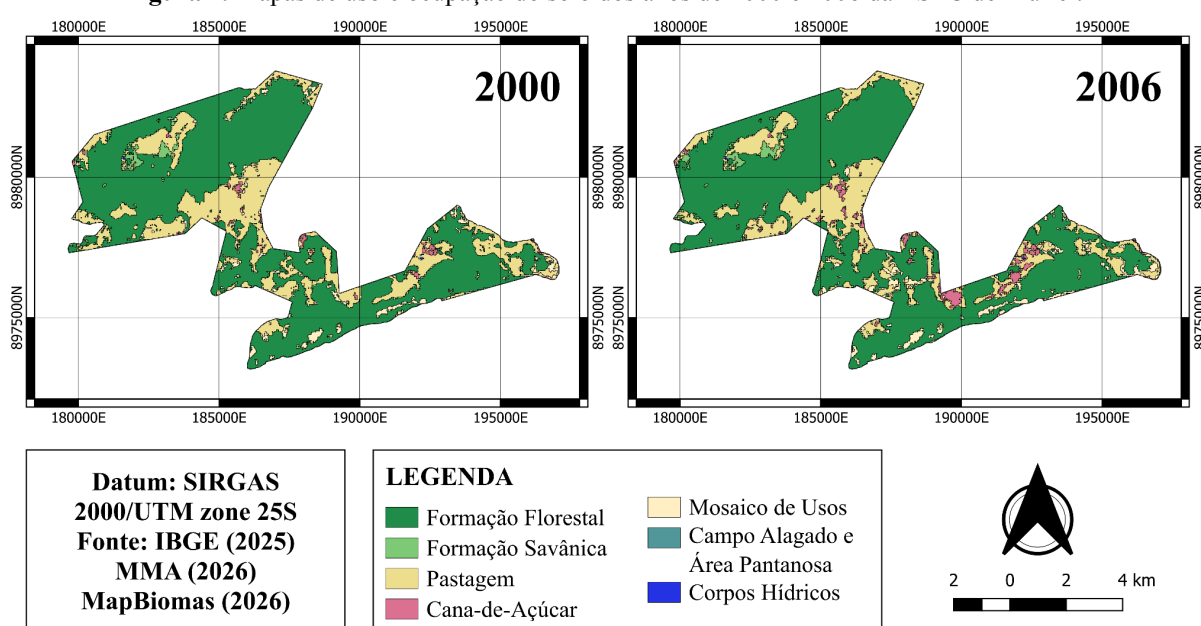
Tabela 3. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 1994 e 2000.

Classes	Área 1994 (ha)	1994 (%)	Área 2000 (ha)	2000 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4243,09	69,20	4181,04	68,19	-62,05	-1,46
Formação Savânica	65,06	1,06	71,15	1,16	6,09	9,36
Pastagem	1253,09	20,44	1558,77	25,42	305,68	24,39
Cana-de-Açúcar	55,79	0,91	57,99	0,95	2,20	3,94
Mosaico de Usos	512,67	8,36	261,19	4,26	-251,48	-49,05
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,62	0,01	0,00	0,00	-0,62	-100,00
Corpos Hídricos	1,50	0,02	1,68	0,03	0,18	12,00

Fonte: Autora (2026).

No período entre 2000 e 2006 (Figura 4), observa-se uma mudança na dinâmica da paisagem, decorrente da criação da ESEC em 2001 e da consolidação do SNUC. Esse intervalo corresponde a um momento de reorganização institucional e de fortalecimento das políticas ambientais, cujos efeitos começam a se refletir na configuração da unidade.

Figura 4. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2000 e 2006 da ESEC de Murici.



Conforme a Tabela 4, o aumento da formação florestal (1,40%), aliado à redução da

pastagem (-14,15%), indica o início de processos de regeneração natural, possivelmente associados à restrição de atividades humanas no interior da unidade. Esse comportamento sugere os efeitos iniciais da implementação do regime de proteção integral, fenômeno amplamente documentado em áreas protegidas, especialmente quando o uso anterior não foi intensivo e há disponibilidade de fontes de propágulos (Poorter et al., 2021). O aumento da formação savânica (21,10%) pode estar associado a estágios iniciais de regeneração secundária ou a áreas submetidas a degradação intermediária.

Contudo, a expansão expressiva da cana-de-açúcar (155,72%) demonstra que a criação da unidade não foi suficiente, nesse momento inicial, para conter as atividades agropecuárias na área, especialmente em uma região historicamente marcada pela monocultura canavieira. Esse padrão é consistente com trabalhos que demonstram que a efetividade das áreas protegidas depende não apenas de sua criação formal, mas também da consolidação institucional, regularização fundiária, fiscalização ambiental e integração com o planejamento territorial do entorno (Geldmann et al., 2021; Silva et al., 2024). O aumento da classe mosaico de usos (21,76%) sugere um estágio de transição, caracterizado pela coexistência de áreas em processo de regeneração natural e atividades antrópicas.

Tabela 4. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2000 e 2006.

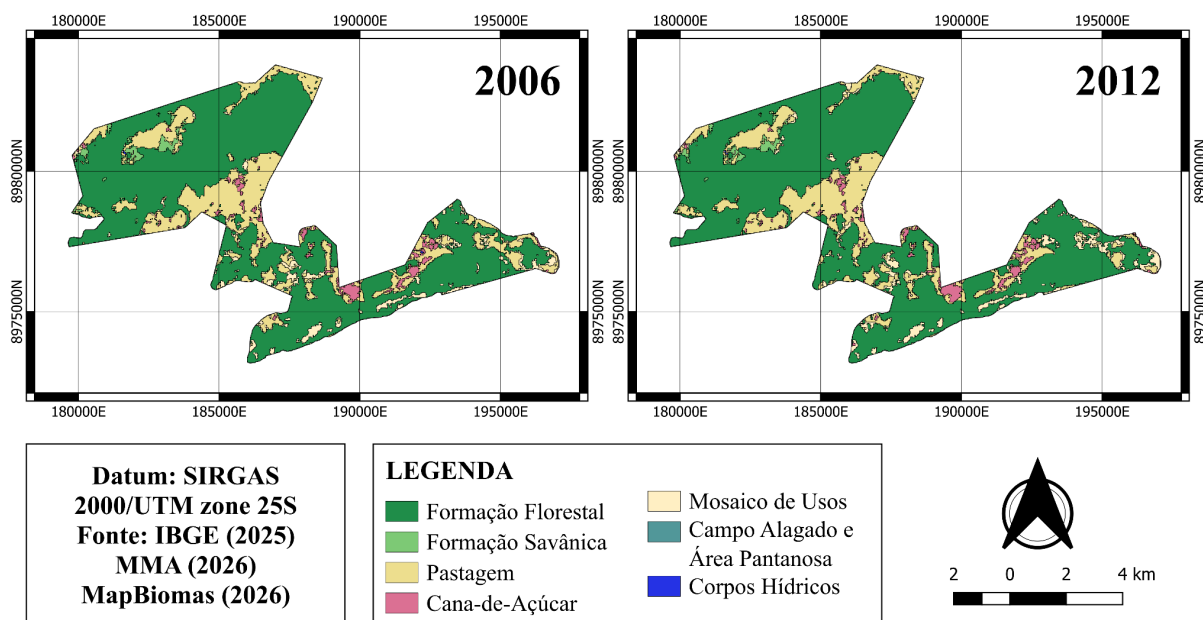
Classes	Área 2000 (ha)	2000 (%)	Área 2006 (ha)	2006 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4181,04	68,19	4239,38	69,14	58,34	1,40
Formação Savânica	71,15	1,16	86,16	1,41	15,01	21,10
Pastagem	1558,77	25,42	1338,19	21,82	-220,58	-14,15
Cana-de-Açúcar	57,99	0,95	148,29	2,42	90,30	155,72
Mosaico de Usos	261,19	4,26	318,03	5,19	56,84	21,76
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corpos Hídricos	1,68	0,03	1,77	0,03	0,09	5,36

Fonte: Autora (2026).

De 2006 até 2012 (Figura 5), o Brasil vivenciou um período de consolidação das políticas ambientais. Destacam-se, nesse intervalo, o fortalecimento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a criação do Instituto Chico

Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por meio da Lei nº 11.516/2007, órgão responsável pela gestão das unidades de conservação federais.

Figura 5. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2006 e 2012 da ESEC de Murici.



Fonte: Autora (2026).

Nesse intervalo temporal (Tabela 5), o aumento da formação florestal (2,46%) e a redução mais acentuada da pastagem (-12,35%) sinalizam avanço mais consistente da regeneração natural, sugerindo maior efetividade das ações de gestão e fiscalização. Esse padrão reforça a ideia de que áreas protegidas tendem a apresentar menores taxas de perda florestal quando comparadas a áreas não protegidas, ainda que com magnitude variável e dependente do contexto espacial, capacidade de gestão e das pressões antrópicas (Graham et al., 2021).

A diminuição da formação savânica (-8,30%) nesse período pode estar associada ao avanço de processos sucessionais e ao aumento da densidade da cobertura vegetal, indicando possível expansão da vegetação florestal secundária. Esse comportamento é consistente com trabalhos que apontam elevada capacidade de regeneração estrutural e funcional das florestas secundárias tropicais após o abandono de usos agrícolas ou de pastagem (Poorter et al., 2021; França et al., 2020).

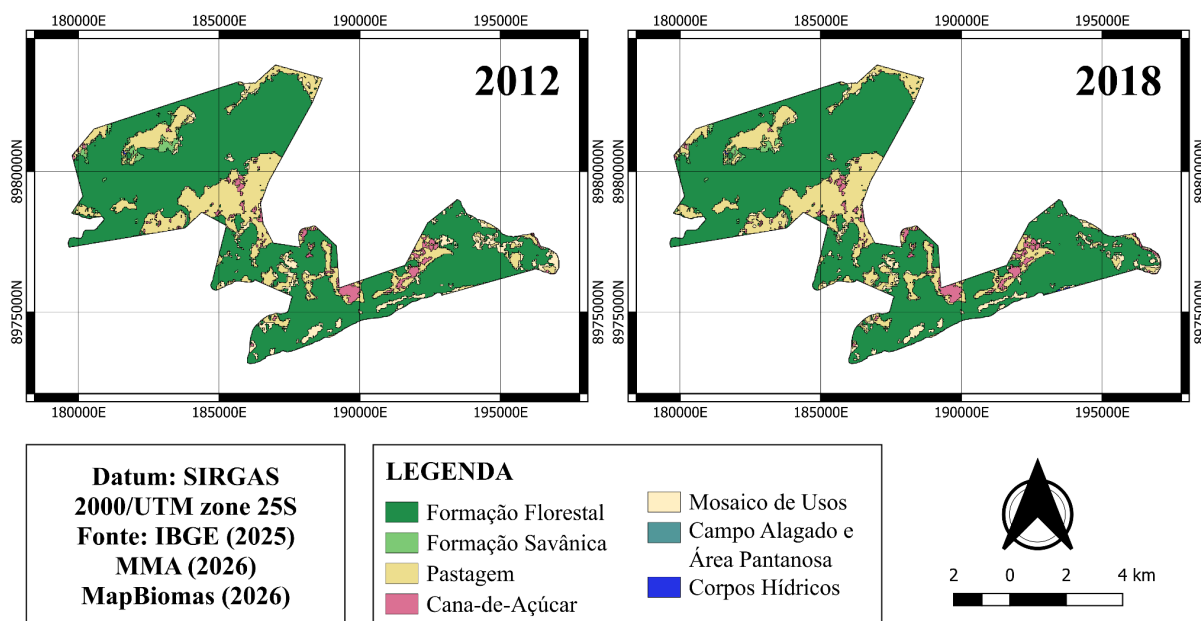
Entretanto, a persistência de áreas de cana-de-açúcar (3,33%) e o aumento da classe mosaico de usos (20,18%) evidenciam que as pressões antrópicas não foram completamente eliminadas. Esse padrão reforça a complexidade das dinâmicas socioambientais em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica nordestina, nas quais os remanescentes florestais coexistem com atividades produtivas historicamente consolidadas.

Tabela 5. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2006 e 2012.

Classes	Área 2006 (ha)	2006 (%)	Área 2012 (ha)	2012 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4239,38	69,14	4343,81	70,84	104,43	2,46
Formação Savânica	86,16	1,41	79,01	1,29	-7,15	-8,30
Pastagem	1338,19	21,82	1172,95	19,13	-165,24	-12,35
Cana-de-Açúcar	148,29	2,42	153,23	2,50	4,94	3,33
Mosaico de Usos	318,03	5,19	382,20	6,23	64,17	20,18
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corpos Hídricos	1,77	0,03	0,62	0,01	-1,15	-64,97

Fonte: Autora (2026).

Entre os anos de 2012 a 2018 (Figura 6), período influenciado pela promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) e pela publicação do plano de manejo da ESEC de Murici em 2017, observa-se uma fase de maior rigor na regulação ambiental.

Figura 6. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2012 e 2018 da ESEC de Murici.

Fonte: Autora (2026).

A continuidade do aumento da formação florestal (1,63%), filiada à redução significativa da formação savânica (-23,12%), conforme a Tabela 6, evidencia o avanço de

processos sucessionais e possível adensamento estrutural da vegetação secundária. A redução do mosaico de usos (-10,28%) sugere maior controle sobre ocupações antrópicas e possível aumento da conectividade estrutural entre fragmentos florestais. Entretanto, a ausência de métricas espaciais relacionadas à conectividade funcional da paisagem limita inferências mais aprofundadas sobre a efetiva melhoria da qualidade ecológica dos remanescentes florestais.

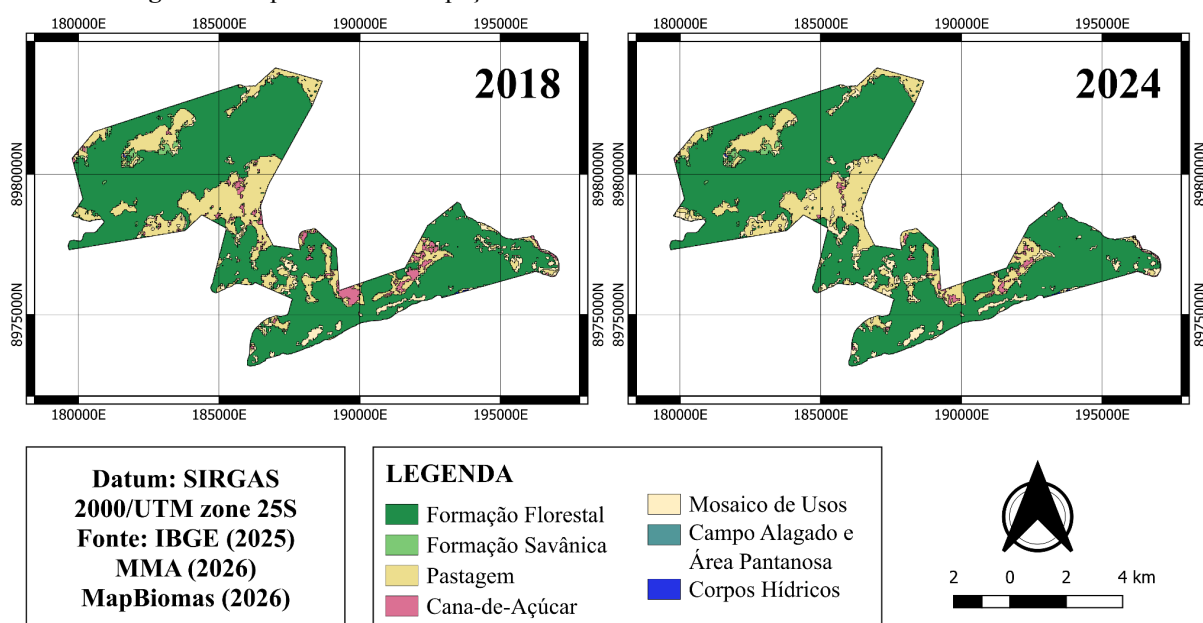
O reaparecimento de áreas alagadas e o aumento dos corpos hídricos podem estar associados a processos de regulação hidrológica, uma vez que a literatura aponta que a cobertura florestal exerce papel fundamental na infiltração de água no solo, retenção de umidade, recarga de aquíferos e manutenção dos fluxos hídricos (Ellison et al., 2017). Todavia, essa interpretação deve ser tratada com cautela em razão da ausência de monitoramento hidrológico específico na área estudada.

Tabela 6. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2012 e 2018.

Classes	Área 2012 (ha)	2012 (%)	Área 2018 (ha)	2018 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4343,81	70,84	4414,51	71,99	70,70	1,63
Formação Savânica	79,01	1,29	60,74	0,99	-18,27	-23,12
Pastagem	1172,95	19,13	1148,06	18,72	-24,89	-2,12
Cana-de-Açúcar	153,23	2,50	163,03	2,66	9,80	6,40
Mosaico de Usos	382,20	6,23	342,92	5,59	-39,28	-10,28
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,00	0,00	0,53	0,01	0,53	não aplicável
Corpos Hídricos	0,62	0,01	2,03	0,03	1,41	227,42

Fonte: Autora (2026).

Durante o período compreendido entre 2018 e 2024 (Figura 7), a dinâmica da paisagem foi influenciada tanto pelo avanço das tecnologias de monitoramento ambiental quanto por oscilações no cenário político-institucional brasileiro, especialmente entre 2019 e 2022, seguida pela retomada das políticas de controle do desmatamento a partir de 2023.

Figura 7. Mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 2018 e 2024 da ESEC de Murici.

Fonte: Autora (2026).

De acordo com a Tabela 7, o aumento da formação florestal (1,48%) e a redução da formação savânica (-3,49%) confirmam a continuidade dos processos de regeneração, enquanto a redução significativa da cana-de-açúcar (-57,23%) e da pastagem (-6,97%) apontam retração das atividades agropecuárias no interior da unidade. Esse comportamento pode estar associado tanto a fatores econômicos quanto ao fortalecimento das ferramentas de monitoramento ambiental por sensoriamento remoto, com iniciativas como o MapBiomass, que ampliam significativamente a capacidade de detecção de mudanças no uso e cobertura da terra e aumentam a eficácia da fiscalização ambiental (Souza Jr. et al., 2020). Por outro lado, o aumento da classe mosaico de usos (32,05%) evidencia a persistência de pressões antrópicas, especialmente relacionadas ao entorno da unidade.

Tabela 7. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2018 e 2024.

Classes	Área 2018 (ha)	2018 (%)	Área 2024 (ha)	2024 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4414,51	71,99	4479,74	73,06	65,23	1,48
Formação Savânica	60,74	0,99	58,62	0,96	-2,12	-3,49
Pastagem	1148,06	18,72	1068,00	17,42	-80,06	-6,97
Cana-de-Açúcar	163,03	2,66	69,73	1,14	-93,30	-57,23
Mosaico de Usos	342,92	5,59	452,82	7,38	109,90	32,05

Campo Alagado e Área Pantanosa	0,53	0,01	0,53	0,01	0,00	0,00
Corpos Hídricos	2,03	0,03	2,38	0,04	0,35	17,24

Fonte: Autora (2026).

De forma geral, os resultados demonstram tendência de aumento gradual da cobertura florestal ao longo das três décadas analisadas, indicando avanço de processos de regeneração natural da vegetação na Estação Ecológica de Murici. Esse comportamento é compatível com os resultados apresentados por Poorter et al. (2021), que evidenciam a elevada capacidade de regeneração estrutural de florestas tropicais secundárias após redução de distúrbios antrópicos e abandono parcial de usos agropecuários. No contexto local, essa dinâmica pode estar relacionada ao fortalecimento progressivo dos instrumentos de conservação ambiental, incluindo a criação da APA de Murici, a implementação do SNUC, a criação da ESEC de Murici, o fortalecimento institucional do ICMBio e a consolidação do Novo Código Florestal Brasileiro, fatores frequentemente associados à redução da perda de cobertura florestal em áreas protegidas (Geldmann et al., 2021).

Entretanto, o aumento da cobertura florestal não deve ser interpretado automaticamente como recuperação completa da integridade ecológica da paisagem. O estudo realizado por Poorter et al. (2021) demonstrou que, embora as florestas secundárias tropicais apresentem elevada capacidade de regeneração estrutural, atributos relacionados à composição florística, à diversidade funcional e ao funcionamento ecológico podem permanecer distintos daqueles observados em florestas maduras por longos períodos, especialmente em paisagens fortemente fragmentadas e sujeitas aos efeitos de borda. Além disso, a permanência de uma matriz agropecuária no entorno da unidade e a persistência de usos antrópicos no interior da área protegida indicam que processos de fragmentação e isolamento ecológico ainda representam importantes limitações para conservação da biodiversidade local.

A presença contínua de atividades agropecuárias, especialmente áreas de pastagem e cultivo de cana-de-açúcar, evidencia limitações relacionadas à consolidação territorial e à efetividade da proteção ambiental, considerando que as Estações Ecológicas pertencem ao grupo de Unidades de Conservação de proteção integral, nas quais o uso direto dos recursos naturais é legalmente restrito. Esse cenário reflete não apenas pressões históricas associadas ao processo de ocupação territorial da Zona da Mata alagoana, mas também desafios relacionados à governança ambiental, regularização fundiária, fiscalização e integração entre

conservação e planejamento territorial (França et al., 2020; Geldmann et al., 2021). Soma-se a isso a forte influência histórica do setor sucroalcooleiro regional, responsável por profundas transformações na paisagem da Mata Atlântica nordestina e pela manutenção de atividades agrícolas mesmo em áreas ambientalmente sensíveis (Dias et al., 2023).

Como limitação, destaca-se a utilização de dados de sensoriamento remoto, sujeitos a incertezas classificatórias, especialmente em áreas de transição entre diferentes classes de uso e cobertura da terra. Além disso, a ausência de métricas espaciais mais detalhadas, como indicadores de conectividade e fragmentação, limita uma avaliação mais aprofundada da qualidade ecológica da paisagem. Ainda assim, os resultados obtidos são consistentes com a literatura científica e reforçam o papel das Unidades de Conservação na mitigação da perda de biodiversidade, promoção da regeneração natural e manutenção dos serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica.

4.1.1 Análise comparativa das imagens do MapBiomas e PlanetScope

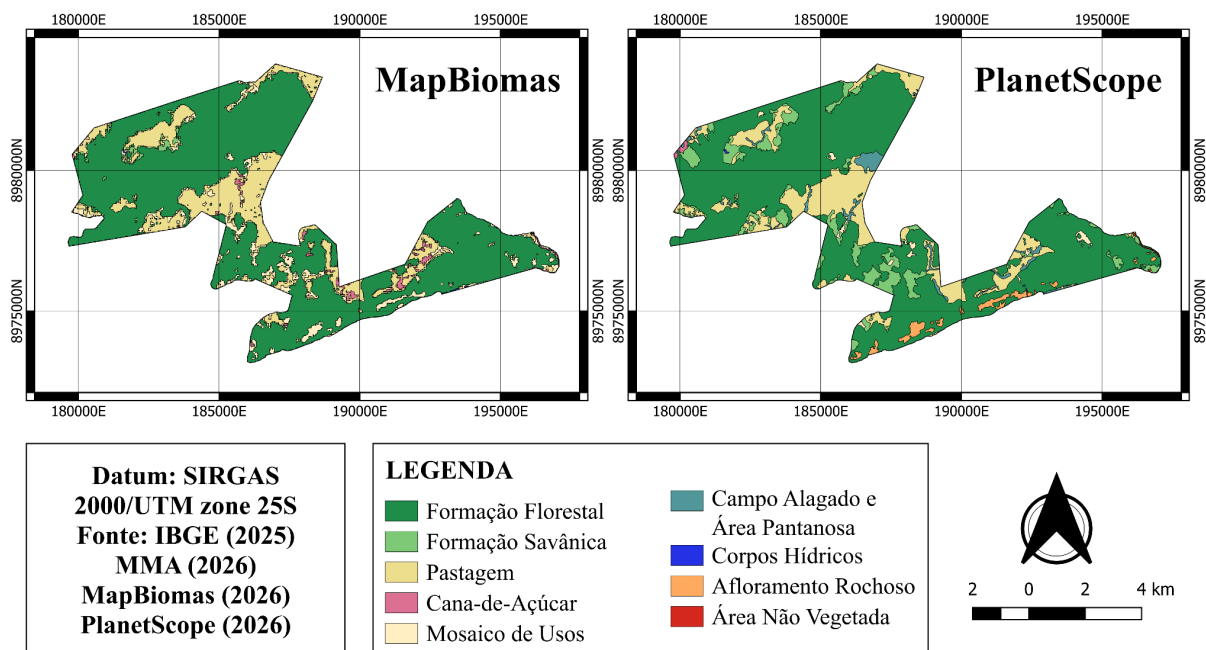
A comparação entre os dados de uso e ocupação do solo obtidos pelo projeto MapBiomas e pelas imagens de alta resolução da constelação PlanetScope evidenciou diferenças significativas na representação espacial das classes temáticas presentes na Estação Ecológica de Murici, especialmente em áreas de transição e em feições de pequena extensão territorial. Esses resultados corroboram estudos recentes que destacam as limitações de produtos de média resolução, como o MapBiomas (30 m), em ambientes altamente heterogêneos da Mata Atlântica, onde remanescentes florestais, áreas úmidas, vegetação secundária e usos antrópicos frequentemente ocorrem de forma fragmentada e intercalada na paisagem (Souza Jr. et al., 2020; Alawathugoda et al., 2024; Shandu et al., 2025).

Entretanto, embora o PlanetScope apresente maior detalhamento espacial em relação ao MapBiomas, sua utilização também envolve limitações metodológicas importantes. O processamento das imagens demanda maior capacidade computacional, tempo de interpretação e refinamento manual. No caso da ESEC de Murici, parte da tipificação precisou ser ajustada manualmente devido às inconsistências observadas em classificações automáticas, sobretudo em áreas de vegetação em diferentes estágios sucessionais e em zonas de transição. Esse aspecto evidencia que imagens de alta resolução não eliminam completamente erros de classificação, mas podem reduzir parte das incertezas associadas à mistura espectral presente em produtos de precisão moderada.

A Figura 8 apresenta os mapas de uso e cobertura da terra da ESEC de Murici elaborados a partir dos dados do MapBiomas e das imagens PlanetScope para o ano de 2024,

permitindo uma comparação visual direta entre os dois produtos cartográficos. A análise evidencia diferenças expressivas na delimitação das classes temáticas, principalmente em áreas de transição ecológica, pequenos fragmentos florestais, campos alagados e regiões classificadas como mosaico de usos.

Figura 8. Mapas de uso e ocupação do solo da ESEC de Murici para comparação de dados do ano de 2024.



Fonte: Autora (2026).

Conforme a Tabela 8, a classe formação florestal apresentou diferença discreta entre os dois produtos cartográficos, com redução de 118,11 ha (-2,64%) em relação aos dados do MapBiomias. Esse resultado demonstra relativa consistência entre as bases de dados no mapeamento das áreas de cobertura florestal mais contínuas, especialmente considerando que ambas utilizam técnicas de sensoriamento remoto e classificação supervisionada. Entretanto, as imagens PlanetScope permitiram maior refinamento na delimitação espacial dos fragmentos florestais, reduzindo possíveis superestimações em áreas de borda e em regiões com vegetação secundária esparsa. Segundo Siqueira et al. (2021) indica que sensores de alta resolução tendem a apresentar melhor desempenho na individualização de fragmentos pequenos e ambientes ecotonais em regiões tropicais muito fragmentadas.

As maiores divergências ocorreram nas classes formação savânica e campo alagado e área pantanosa. A formação savânica apresentou aumento expressivo (772,81%) nas imagens PlanetScope, enquanto os campos alagados aumentaram 139,56 ha em relação aos dados do MapBiomias. Essas diferenças podem ser explicadas pela maior capacidade do PlanetScope em identificar padrões texturais e variações espectrais sutis da vegetação, permitindo

distinguir feições naturais que frequentemente são confundidas em classificações de resolução intermediária.

Essa discrepância evidencia uma limitação importante dos produtos de resolução espacial intermediária em ambientes fortemente fragmentados. Em muitos casos, um único pixel Landsat pode representar simultaneamente diferentes alvos espectrais, fenômeno conhecido como mistura espectral, resultando em classificações genéricas ou imprecisas. Na Mata Atlântica nordestina, onde pequenos fragmentos naturais coexistem com usos antrópicos, essa limitação torna-se ainda mais evidente, especialmente na distinção entre áreas úmidas, vegetação aberta e classes em transição ecológica. Sensores de resolução moderada apresentam maior dificuldade na separação de classes ecologicamente semelhantes, podendo ocasionar subestimativas em formações vegetacionais pouco densas e ambientes alagados (Souza Jr. et al., 2020; Shandu et al., 2025).

Tabela 8. Comparação das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici em 2024.

Classes	Área 2024 (ha)*	2024 (%)*	Área 2024 (ha)	2024 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4479,74	73,06	4361,63	71,13	-118,11	-2,64
Formação Savânica	58,62	0,96	511,64	8,34	453,02	772,81
Pastagem	1068,00	17,42	953,10	15,54	-114,90	-10,76
Cana-de-Açúcar	69,73	1,14	9,71	0,16	-60,02	-86,07
Mosaico de Usos	452,82	7,38	48,07	0,78	-404,75	-89,38
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,53	0,01	140,09	2,28	139,56	26332,08
Corpos Hídricos	2,38	0,04	2,77	0,05	0,39	16,39
Afloramento Rochoso	0,00	0,00	100,08	1,63	100,08	não aplicável
Área Não Vegetada	0,00	0,00	4,73	0,08	4,73	não aplicável

(*) Dados de MapBiomas

Fonte: Autora (2026).

Por outro lado, classes como cana-de-açúcar e mosaico de usos apresentaram reduções expressivas nos dados PlanetScope, com diminuições de 86,07% e 89,38%, respectivamente. Esse comportamento sugere que parte das áreas anteriormente classificadas pelo MapBiomas

como usos antrópicos correspondiam, na realidade, a vegetação secundária em regeneração, pequenas feições naturais ou zonas de transição ecológica que não foram individualizadas em função da resolução espacial do produto.

Além disso, as imagens PlanetScope permitiram identificar classes inexistentes no mapeamento do MapBiomas, como Afloramento Rochoso e Área Não Vegetada. A identificação dessas feições reforça a importância da utilização de sensores de maior resolução espacial em pesquisas realizadas em unidades de conservação com elevada heterogeneidade ambiental e relevo complexo, como a ESEC de Murici.

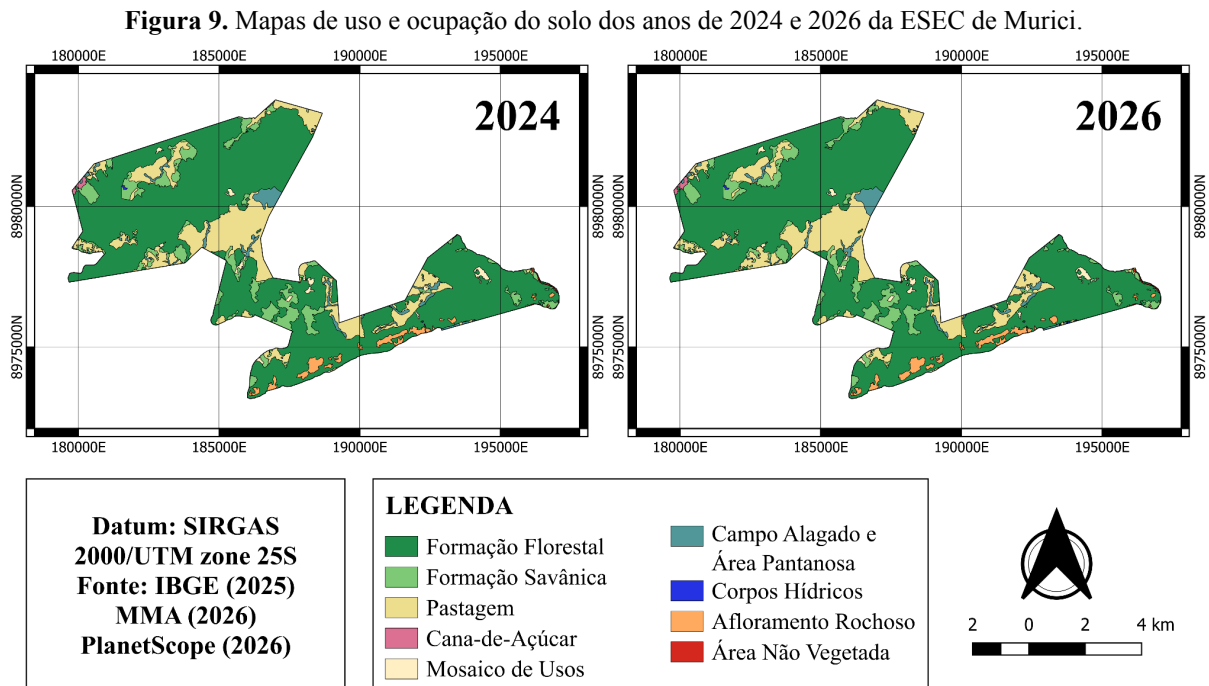
Do ponto de vista ecológico, a maior capacidade de individualização dessas pequenas feições ambientais apresenta elevada relevância para análises de conectividade da paisagem, identificação de áreas prioritárias para restauração ecológica e monitoramento de processos de fragmentação. O estudo de Siqueira et al. (2021) revelou que pequenos elementos da paisagem podem exercer papel importante na conectividade funcional entre fragmentos florestais, favorecendo deslocamento da fauna e manutenção do fluxo gênico em ambientes altamente fragmentados.

Nesse contexto, observa-se que ambos os produtos apresentam potencialidades e limitações complementares. O MapBiomas possui uma metodologia consolidada e padronizada em escala nacional, permitindo análises multitemporais consistentes ao longo de décadas. Essa característica representa uma das principais vantagens da iniciativa, especialmente em trabalhos voltados à evolução temporal do uso da terra. Além disso, o MapBiomas é um produto gratuito, amplamente validado e constantemente atualizado, tornando-se consideravelmente acessível para pesquisas acadêmicas e órgãos ambientais. Conforme destacado por Souza Jr. et al. (2020), a principal força do projeto está na capacidade de monitorar mudanças ambientais em larga escala com elevada repetibilidade metodológica e ampla cobertura temporal.

Em contrapartida, apesar da elevada qualidade espacial, as imagens PlanetScope possuem limitações relacionadas ao custo de aquisição e à disponibilidade histórica. Diferentemente do MapBiomas, cuja série temporal remonta à década de 1980, os dados PlanetScope possuem cobertura mais recente, dificultando análises de longa duração. Além disso, por dependerem frequentemente de interpretação visual e vetorização manual, os resultados podem sofrer maior influência da subjetividade do analista, reduzindo parcialmente a padronização temática entre diferentes estudos. Diferenças sazonais e condições ambientais observadas no momento da aquisição das imagens também podem influenciar a resposta

espectral de determinados alvos, especialmente em áreas úmidas e classes sujeitas a variações hidrológicas temporárias.

A Figura 9 apresenta os mapas de uso e cobertura da terra da Estação Ecológica de Murici referentes aos anos de 2024 e 2026, elaborados exclusivamente a partir das imagens PlanetScope, considerando que a série histórica disponibilizada pelo MapBiomas apresenta dados consolidados apenas até o ano de 2024.



Fonte: Autora (2026).

A análise temporal do período (Tabela 9) demonstrou baixa variabilidade espacial das categorias de uso e ocupação na unidade, com aumento discreto de 1,02 ha (0,02%) na formação florestal. Esse comportamento sugere relativa estabilidade da cobertura vegetal ao longo do intervalo avaliado, sem indícios de alterações expressivas relacionadas à perda florestal. Da mesma forma, a redução pontual observada nas classes formação savânica (-1,08%) e pastagem (-1,47%) indica ausência de mudanças abruptas no uso do solo, sugerindo manutenção geral da configuração territorial da paisagem.

Por outro lado, verificou-se aumento em classes como campo alagado e área pantanosa (5,71%), afloramento rochoso (6,99%) e da classe mosaico de usos (5,89%). Essas oscilações podem estar associadas não apenas à dinâmica ambiental local, mas também a fatores sazonais e climáticos capazes de influenciar a resposta espectral dos alvos no momento de aquisição das imagens. Em ambientes tropicais, variações interanuais relacionadas à precipitação, umidade do solo, dinâmica hídrica e fenologia da vegetação podem alterar

temporariamente a assinatura espectral das tipologias de ocupação, especialmente em áreas ambientalmente heterogêneas e altamente fragmentadas (Souza Jr. et al., 2020; Myers et al., 2024).

Tabela 9. Evolução das classes de uso e ocupação do solo na ESEC de Murici, entre os anos de 2024 e 2026.

Classe Natural	Área 2024 (ha)	2024 (%)	Área 2026 (ha)	2026 (%)	Diferença (ha)	Variação (%)
Formação Florestal	4361,63	71,13	4362,65	71,15	1,02	0,02
Formação Savânica	511,64	8,34	506,11	8,25	-5,53	-1,08
Pastagem	953,10	15,54	939,10	15,32	-14,00	-1,47
Cana-de-Açúcar	9,71	0,16	9,97	0,16	0,26	2,68
Mosaico de Usos	48,07	0,78	50,90	0,83	2,83	5,89
Campo Alagado e Área Pantanosa	140,09	2,28	148,09	2,42	8,00	5,71
Corpos Hídricos	2,77	0,05	3,18	0,05	0,41	14,80
Afloramento Rochoso	100,08	1,63	107,08	1,75	7,00	6,99
Área Não Vegetada	4,73	0,08	4,74	0,08	0,01	0,21

Fonte: Autora (2026).

A baixa variação observada entre 2024 e 2026 sugere que os principais fragmentos florestais da ESEC se encontram relativamente consolidados em termos territoriais, indicando ausência de processos expressivos de desmatamento no período analisado. Entretanto, mesmo diante da estabilidade quantitativa da cobertura florestal, isso não necessariamente implica ausência de degradação ambiental, uma vez que modificações estruturais sutis da vegetação, simplificação ecológica, intensificação dos efeitos de borda e perda de conectividade funcional podem ocorrer mesmo em cenários de aparente invariabilidade (Poorter et al., 2021). Em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica, processos de degradação podem manifestar-se inicialmente por alterações florísticas, redução da biodiversidade e mudanças microclimáticas antes mesmo de serem detectados como perda efetiva de área florestal.

Além disso, as pequenas oscilações registradas em determinadas categorias podem estar associadas não apenas às dinâmicas ambientais locais, mas também a fatores inerentes

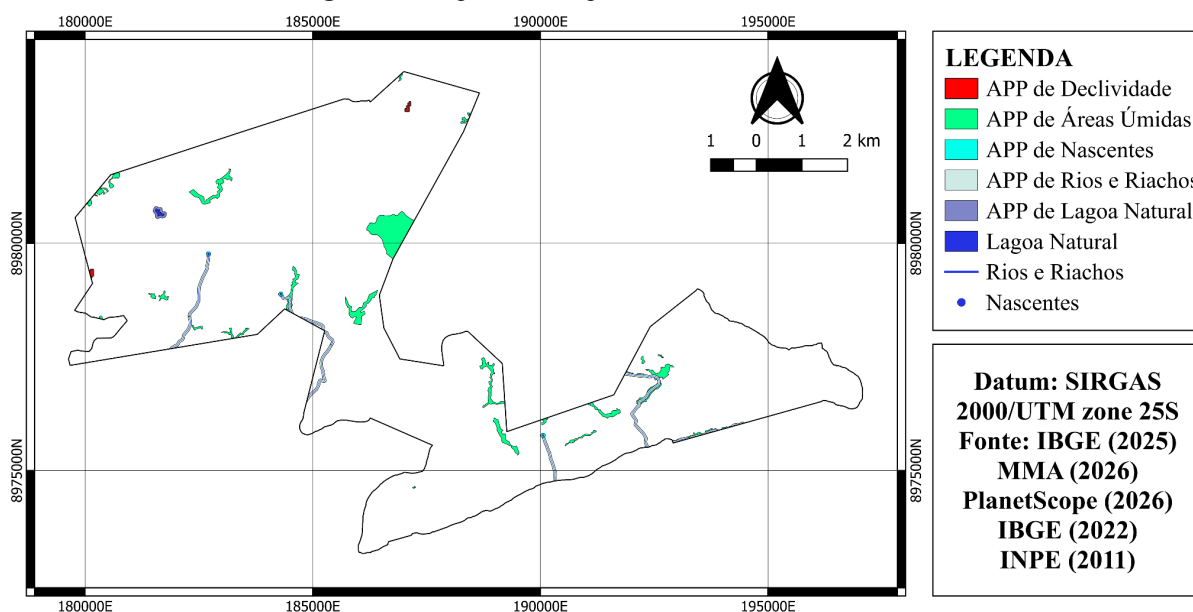
ao sensoriamento remoto, como diferenças atmosféricas entre cenas, oscilações na iluminação, sazonalidade da vegetação, umidade do solo e heterogeneidade espectral dos alvos (Myers et al., 2024). Em sensores de alta resolução espacial, essas variações podem tornar-se ainda mais perceptíveis devido à maior capacidade de individualização de pequenas feições da paisagem.

Apesar dessas limitações, a utilização de imagens PlanetScope permitiu maior detalhamento na identificação das classes de uso e cobertura da terra, reduzindo parte dos problemas relacionados à mistura espectral e aumentando a capacidade de discriminação entre alvos ecologicamente semelhantes. Nesse contexto, a estabilidade observada entre os anos avaliados também pode ser interpretada como um indicativo de consistência técnica dos produtos gerados, reforçando a adequação da metodologia empregada para o monitoramento ambiental da ESEC de Murici.

4.2 Áreas de Preservação Permanente localizadas na Estação Ecológica de Murici

O mapeamento realizado na ESEC de Murici (Figura 10) identificou Áreas de Preservação Permanente (APPs) associadas a corpos d'água, relevo e ambientes hidromórficos, destacando setores vulneráveis e prioritários para conservação e recuperação. Essas áreas, definidas pela Lei nº 12.651/2012 (Novo Código Florestal Brasileiro), são espaços territoriais protegidos destinados à preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, além de assegurar o bem-estar das populações humanas.

No bioma Mata Atlântica, as APPs assumem papel estratégico na manutenção da funcionalidade ecológica da paisagem, reduzindo os efeitos da fragmentação, favorecendo a conectividade entre remanescentes e garantindo serviços ecossistêmicos essenciais, sobretudo em áreas sob forte pressão antrópica (França et al., 2020; Gomes et al., 2020).

Figura 10. Mapa de APPs presentes na ESEC de Murici.

Fonte: Autora (2026).

Segundo a Tabela 10, APPs de rios e riachos somam 59,64 ha, vinculados aos rios Bulangi e Jitituba e aos riachos Pitu e Águas Belas. Conforme a legislação, cursos d'água com largura inferior a 10 m devem possuir faixa marginal mínima de 30 m em cada margem (Brasil, 2012). A presença das nascentes desses rios e do riacho Pitu reforça a relevância hídrica da unidade, em uma região historicamente marcada pela fragmentação florestal e expansão agropecuária.

As matas ciliares associadas às APPs hídricas exercem funções ecológicas essenciais para estabilidade das margens, retenção de sedimentos, redução do assoreamento e manutenção da qualidade da água, além de funcionarem como corredores ecológicos (D'Arrochella, 2020; Gomes et al., 2020). Contudo, parte dessas áreas encontra-se próxima a pastagens, evidenciando potenciais conflitos entre conservação e uso do solo.

Tabela 10. Áreas de Preservação Permanente identificadas na ESEC de Murici.

Tipo de APP	Critério Adotado	Área Total (ha)
APP de Declividade	Encostas com declividade superior a 45°	2,63
APP de Áreas Úmidas	Áreas úmidas delimitadas por interpretação visual e vetorização manual	136,55
APP de Nascentes	Raio de 50 m no entorno de nascentes perenes	2,34
APP de Rios e Riachos	Faixas marginais conforme a largura do leito regular dos cursos d'água	59,64

APP de Lagoa	Faixa de 50 m no entorno de lagoa com área superior a 1 ha	3,92
Total	-	205,08

Fonte: Autora (2026).

A presença da Cachoeira do Socorro no curso do rio Bulangi confirma não apenas a relevância hidrológica da unidade, mas também seu valor cênico e ecológico. Entretanto, a ocorrência de visitação irregular nesse setor representa potencial conflito entre conservação ambiental e uso recreativo não autorizado, considerando que as Estações Ecológicas pertencem à categoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral, nas quais o acesso público é restrito (Brasil, 2000). O manejo inadequado dessas áreas pode favorecer a compactação do solo, erosão das margens, descarte indevido de resíduos e degradação da vegetação ripária (Soares et al., 2024). Diante disso, ações de monitoramento e fiscalização tornam-se indispensáveis para assegurar a integridade ecológica dos ambientes hídricos e garantir a proteção efetiva da unidade.

As APPs de nascentes totalizam 2,34 ha. Apesar da pequena extensão, são cruciais para a regulação hídrica, com proteção mínima de 50 m em torno de nascentes perenes, independentemente da situação topográfica (Brasil, 2012). Na unidade, a nascente do rio Bulangi encontra-se em área totalmente desmatada, o que compromete sua estabilidade, enquanto a do rio Jitituba está em condição intermediária de conservação, localizada em área parcialmente florestada, onde ainda persistem remanescentes capazes de exercer funções ecológicas importantes, embora a fragmentação represente risco à sua integridade.

A vegetação associada às nascentes também contribui para a regulação microclimática, reduzindo perdas por evaporação e favorecendo processos de infiltração e recarga subterrânea. A ausência dessa cobertura, como observado no Bulangi, intensifica a vulnerabilidade ambiental, enquanto a presença parcial no Jitituba ainda garante algum nível de proteção. Esses cenários reforçam a necessidade de implementação de ações de restauração ecológica e recomposição da vegetação nativa no entorno (Da Silva et al., 2025).

As APPs de áreas úmidas são as mais representativas, com 136,55 ha. Esses ambientes desempenham papel primordial na retenção de água, amortecimento de cheias, filtragem natural de poluentes e suporte à biodiversidade, sendo considerados prioritários frente às mudanças climáticas (Bertassello et al., 2025; Robinson et al., 2024). Porém, parte significativa dessas regiões encontram-se ocupadas por pastagens, o que compromete sua capacidade reguladora e reduz a provisão de serviços ecossistêmicos. A recuperação dessas

áreas degradadas é fundamental para ampliar a integridade ecológica da unidade, principalmente por favorecer a conectividade e mitigar os efeitos da fragmentação (Gomes et al., 2020; França et al., 2020).

Cabe destacar que a delimitação dessas áreas foi realizada a partir da interpretação visual de imagens PlanetScope adquiridas em fevereiro de 2026. Dessa forma, a extensão mapeada pode ter sido influenciada pelas condições hidrológicas e pela sazonalidade observadas no período de aquisição das imagens, uma vez que variações na precipitação e na disponibilidade hídrica podem alterar temporariamente a expressão espacial dos ambientes úmidos.

As Áreas de Preservação Permanente de declividade somam apenas 2,63 ha, concentradas em dois pontos específicos da unidade. De acordo com o Código Florestal, enquadram-se nessa categoria as encostas com inclinação superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive. Embora apresentem pequena extensão territorial, tais áreas possuem grande relevância ambiental devido à sua fragilidade geomorfológica e ao potencial de intensificação de processos erosivos em caso de remoção da cobertura vegetal. Em relevos mais acidentados, a vegetação exerce papel fundamental na estabilização das encostas e na redução do transporte de sedimentos (Brasil, 2012; Gomes et al., 2020).

É importante ressaltar que a delimitação dessas áreas foi realizada com base nos dados do projeto TOPODATA, derivados da missão SRTM com resolução espacial de 30 metros. Em áreas de relevo mais complexo, essa resolução pode suavizar variações topográficas locais e resultar em subestimativas da extensão real de encostas mais íngremes, especialmente em setores com elevada heterogeneidade geomorfológica.

Foi identificada ainda uma lagoa natural, cuja APP corresponde a 3,92 ha. Ambientes lacustres funcionam como áreas de alimentação, reprodução e abrigo para diferentes grupos faunísticos, além de ampliar a heterogeneidade da paisagem e favorecer a ocorrência de organismos aquáticos e semiaquáticos. A manutenção da vegetação no entorno reduz o aporte de sedimentos e nutrientes provenientes do escoamento superficial, contribuindo para a estabilidade ecológica e a qualidade ambiental do sistema. Em regiões fragmentadas da Mata Atlântica, esses ambientes funcionam ainda como refúgios para espécies sensíveis às alterações da paisagem (Préau et al., 2022; Aguiar et al., 2025).

De forma geral, as APPs da ESEC de Murici apresentam funções complementares e estratégicas para a integridade ambiental da unidade. A predominância de áreas úmidas e sistemas hídricos reforça sua importância para a conservação dos recursos naturais e para a manutenção da conectividade ecológica na Mata Atlântica nordestina. Contudo, a presença de

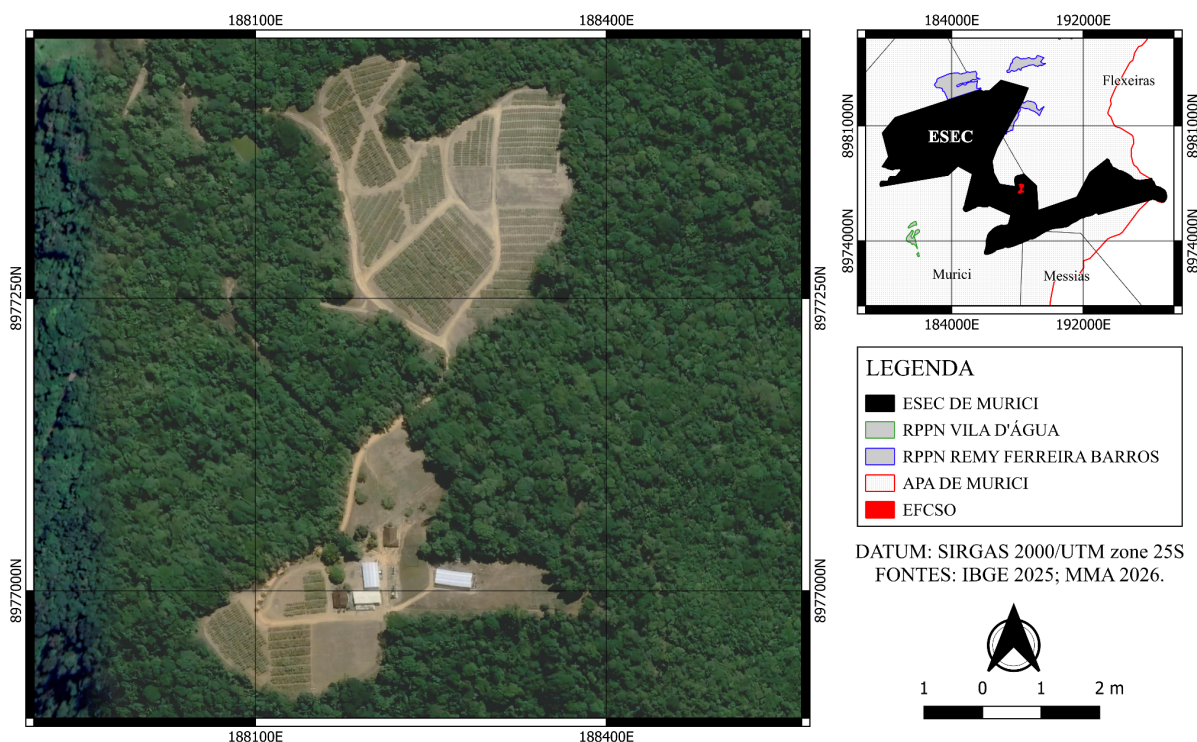
áreas degradadas e usos antrópicos em setores sensíveis evidencia a necessidade de intensificar ações de monitoramento, restauração e planejamento territorial, de modo a ampliar a efetividade da conservação e reduzir os impactos da fragmentação da paisagem.

4.3 Principais conflitos socioambientais na Estação Ecológica de Murici

Apesar de seu status de proteção integral, a Estação Ecológica de Murici enfrenta diversos conflitos socioambientais relacionados à ocupação histórica do território e à permanência de atividades antrópicas em seu interior. A análise espacial permitiu identificar usos da terra potencialmente incompatíveis com os objetivos da UC, evidenciando processos que podem comprometer a integridade dos ecossistemas locais e reduzir a efetividade da conservação ambiental.

A presença da Estação de Floração e Cruzamento da Serra do Ouro (EFCSO), vinculada à Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e à Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), constitui um dos principais dilemas existentes na ESEC de Murici. A interpretação de imagens de satélite e mapas temáticos tornou possível detectar áreas destinadas ao cultivo experimental e ao melhoramento genético da cana-de-açúcar dentro da unidade (Figura 11), que ocupam aproximadamente 8,07 hectares, indicando manutenção de atividades conflitantes com uma Unidade de Conservação de proteção integral (ICMBio, 2017).

Figura 11. Mapa de localização da Estação de Floração e Cruzamento da Serra do Ouro.



Fonte: Autora (2026).

Conforme estabelecido no Plano de Manejo da ESEC de Murici (ICMBio, 2017), a área ocupada pela EFCSO integra a Zona de Uso Especial da UFAL (ZUE-UFAL), caracterizada como uma área previamente ocupada pela Universidade Federal de Alagoas e destinada a negociações para sua futura conversão em um centro de pesquisa em biodiversidade. A inclusão desta área em uma zona específica de manejo evidencia o reconhecimento institucional da singularidade da ocupação existente, bem como da necessidade de compatibilizar os objetivos de conservação da unidade com a presença de atividades de pesquisa científica historicamente desenvolvidas no local.

A EFCSO possui reconhecida relevância científica e econômica para o setor sucroenergético brasileiro, conduzindo pesquisas relacionadas ao florescimento, cruzamento e aprimoramento genético de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas nacionais. Os programas brasileiros de melhoramento de cana-de-açúcar desempenham papel estratégico para a produtividade agrícola, expansão da bioenergia e adaptação regional das cultivares, sendo a RIDESA uma das principais instituições responsáveis pela criação das variedades RB amplamente utilizadas no país (Cursi et al., 2022).

Nesse sentido, o impasse não deve ser interpretado de forma simplista, considerando que a estação exerce função central para a pesquisa agroenergética e possui relevância histórica para o desenvolvimento da região. Contudo, sua permanência na ESEC de Murici gera tensões ligadas à conciliação entre interesses agroindustriais e os objetivos legais estabelecidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Conforme a Lei nº 9.985/2000 (SNUC), as Estações Ecológicas destinam-se à preservação integral dos ecossistemas, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, exceto em atividades científicas compatíveis com a conservação ambiental (Brasil, 2000). Nesse contexto, o cultivo experimental de uma espécie exótica como a cana-de-açúcar pode representar incompatibilidades relacionadas ao manejo agrícola contínuo e à alteração da paisagem.

A situação torna-se ainda mais delicada considerando que a unidade está inserida no Centro de Endemismo Pernambuco (CEP), região reconhecida pela elevada biodiversidade e pelo grande número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A interpretação das imagens orbitais permitiu identificar padrões espaciais típicos de uso agrícola, como áreas abertas, talhões cultivados, estruturas de apoio e acessos internos. Esses elementos sugerem intensificação da circulação humana e maior pressão antrópica sobre os remanescentes florestais adjacentes, podendo favorecer processos de simplificação da paisagem, ampliação

dos efeitos de borda e redução da conectividade ecológica (Dias et al., 2023; Parra-Sánchez e Banks-Leite, 2020).

Além disso, a introdução e manutenção de cultivos experimentais de cana-de-açúcar em um ambiente originalmente ocupado pela Mata Atlântica pode modificar as condições ecológicas locais e dificultar a regeneração natural da vegetação nativa, especialmente em áreas altamente fragmentadas. Pesquisas recentes indicam que zonas submetidas a usos agrícolas contínuos tendem a apresentar maior vulnerabilidade ambiental, intensificação da fragmentação e maior suscetibilidade à introdução de espécies oportunistas (Rezende et al., 2021; Parra-Sánchez e Banks-Leite, 2020; Dias et al., 2023).

Do ponto de vista institucional, o dilema envolvendo a EFCSO reflete desafios históricos relacionados à governança ambiental e a interesses econômicos associados ao setor sucroenergético nordestino. Vasques (2009) já apontava divergências entre órgãos ambientais e a UFAL quanto à presença da estação dentro da unidade. Mesmo após a consolidação do Plano de Manejo da ESEC de Murici, em 2017, a questão continua representando um desafio relevante para a efetividade da conservação, especialmente diante da dificuldade de conciliar interesses institucionais distintos em uma área de proteção integral.

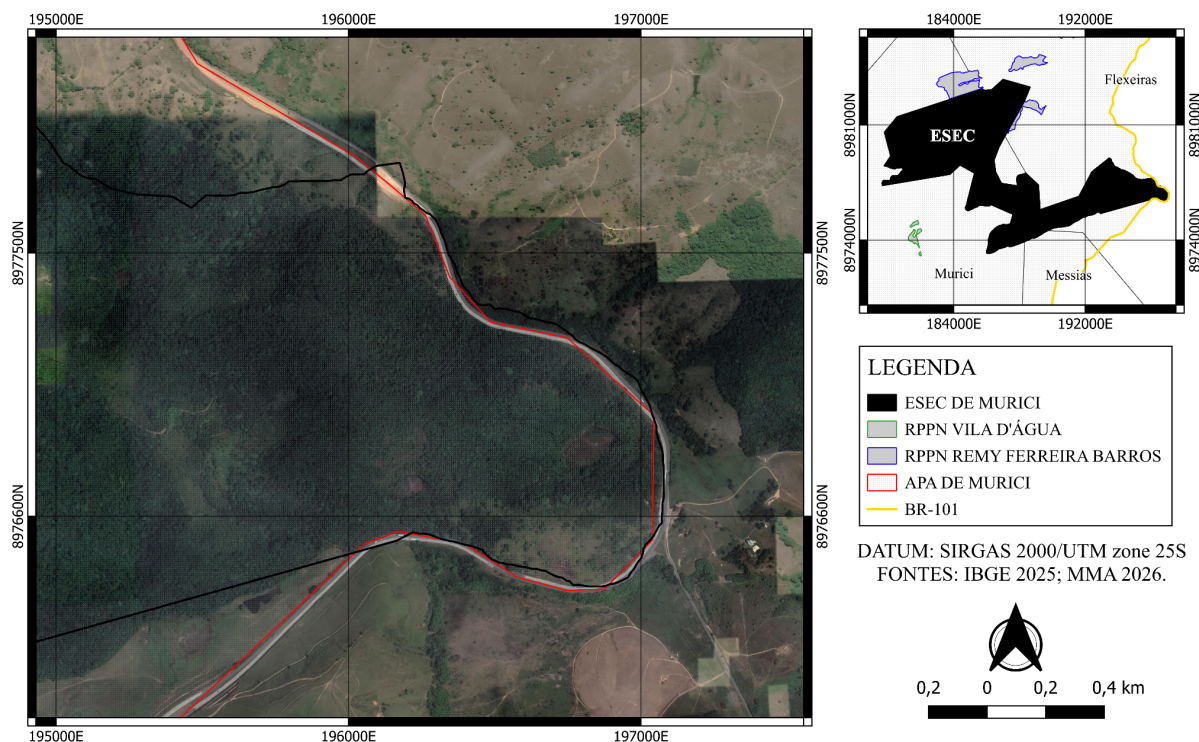
Entre as possíveis estratégias de mitigação, destaca-se a realocação gradual da EFCSO para áreas externas à unidade, preferencialmente em regiões previamente antropizadas ou destinadas historicamente ao uso agropecuário. Entretanto, a viabilidade dessa alternativa depende de fatores institucionais, financeiros e políticos complexos, considerando a infraestrutura já consolidada da estação e sua importância regional.

Paralelamente, programas de restauração ecológica nas áreas atualmente ocupadas pela estação experimental poderiam contribuir para recuperação da vegetação nativa e fortalecimento da continuidade ecológica da paisagem. Iniciativas voltadas à regeneração em fragmentos da Mata Atlântica apresentam elevado potencial para reestruturação dos ecossistemas, ampliação da conectividade funcional e mitigação dos efeitos da fragmentação (Crouzeilles et al., 2020). Nesse contexto, o aperfeiçoamento de mecanismos de gestão participativa entre ICMBio, UFAL, órgãos estaduais e comunidades locais torna-se essencial para construção de soluções integradas capazes de conciliar pesquisa científica, conservação ambiental e desenvolvimento sustentável.

Outro importante conflito socioambiental identificado na ESEC de Murici está relacionado à presença da BR-101 (Figura 12), cuja proximidade com a unidade intensifica processos de isolamento e amplia as pressões antrópicas sobre os remanescentes florestais da Mata Atlântica. A análise espacial demonstrou que a rodovia atravessa a zona de

amortecimento proposta no plano de manejo da unidade e, em determinados trechos, aproxima-se significativamente de seus limites.

Figura 12. Mapa de localização da BR-101.



Fonte: Autora (2026).

Embora a BR-101 exerça importante função logística e econômica em escala regional e nacional, rodovias implantadas em áreas ambientalmente sensíveis podem provocar diversos impactos ecológicos, incluindo perda de ligação entre habitats, redução do fluxo gênico, aumento da mortalidade da fauna por atropelamento e intensificação dos efeitos de borda (Bomfim et al., 2024; Miranda e Schiavetti, 2024). Além disso, corredores viários também podem favorecer a expansão de atividades ilegais, como caça, retirada de madeira, ocupações irregulares e ampliação de áreas agropecuárias.

Na Estação Ecológica de Murici, a proximidade da rodovia pode provocar alterações microclimáticas nos fragmentos florestais adjacentes, incluindo aumento da temperatura, redução da umidade e maior incidência solar nas bordas da floresta, aumentando a suscetibilidade ao fogo. Em regiões severamente fragmentadas da Mata Atlântica, como o Centro de Endemismo Pernambuco, tais efeitos tornam-se ainda mais preocupantes devido à elevada vulnerabilidade dos remanescentes florestais (Rezende et al., 2018).

Do mesmo modo, a BR-101 atua como potencial barreira ecológica para diversas espécies da fauna silvestre, restringindo deslocamentos e comprometendo a conectividade entre trechos de vegetação. Em áreas de Mata Atlântica, rodovias tendem a intensificar

processos de isolamento ecológico e elevar significativamente os índices de atropelamentos, que representam um dos principais fatores de mortalidade para mamíferos, aves e anfíbios de baixa mobilidade (De Lima Ferreira et al., 2023; Alves et al., 2026).

Além dos impactos diretos sobre a biodiversidade, a rodovia facilita o acesso humano ao entorno e ao interior da unidade, proporcionado pela infraestrutura viária. O Plano de Manejo da ESEC de Murici já identificava pressões relacionadas à caça, retirada de lenha, abertura de áreas agrícolas e criação de animais domésticos nas proximidades da unidade. Embora a legislação brasileira determine que as zonas de amortecimento devem minimizar efeitos externos sobre as unidades de conservação, a presença da BR-101 evidencia limitações históricas na integração entre planejamento territorial, infraestrutura e conservação ambiental (Brasil, 2000; ICMBio, 2017).

Do ponto de vista jurídico-ambiental, a situação revela tensões entre políticas de desenvolvimento territorial e proteção da biodiversidade. Embora os empreendimentos rodoviários possam ser enquadrados como de utilidade pública, a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006) estabelece restrições à supressão de vegetação nativa em áreas que abriguem espécies ameaçadas de extinção, protejam mananciais, atuem como corredores ecológicos ou exerçam função de proteção do entorno de unidades de conservação (BRASIL, 2006). Considerando que a ESEC de Murici está inserida em uma das regiões de maior endemismo e fragilidade ecológica da Mata Atlântica nordestina, a consolidação da rodovia na região evidencia desafios persistentes na conciliação entre infraestrutura e conservação ambiental.

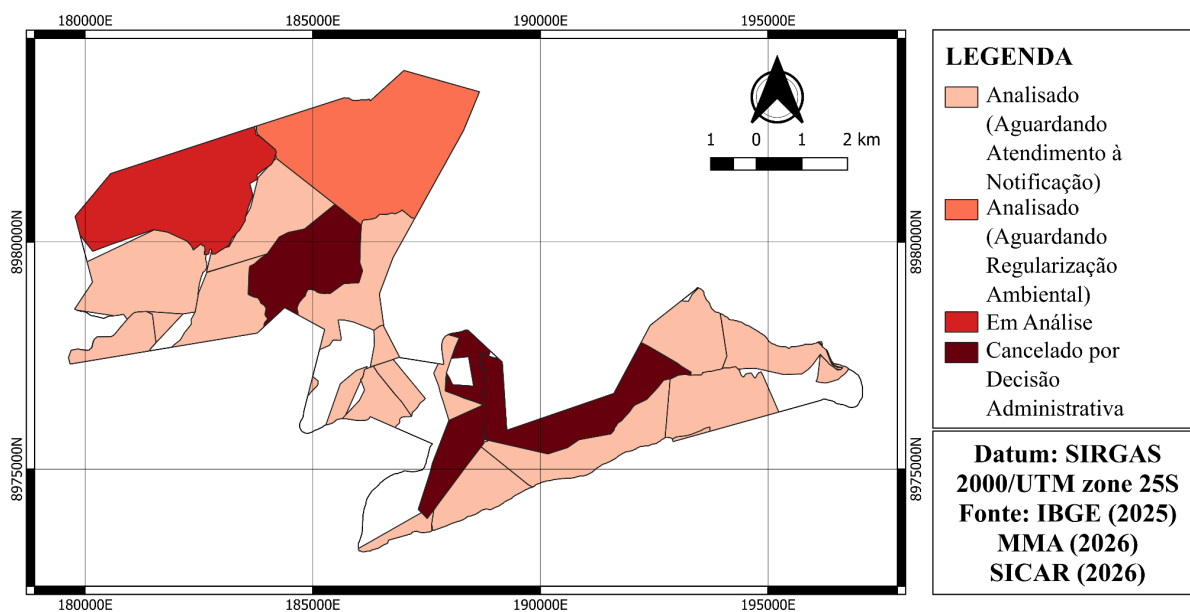
Entre as possíveis medidas mitigadoras destacam-se a implantação de passagens aéreas e subterrâneas para fauna, cercamentos direcionadores, sinalização ambiental, controle de velocidade e recuperação da vegetação marginal. Trabalhos realizados em outras áreas protegidas demonstram que estratégias desse tipo podem reduzir significativamente índices de atropelamento de animais silvestres, ampliar a permeabilidade ecológica da paisagem e favorecer o fluxo biológico entre fragmentos florestais (Bomfim et al., 2024; DNIT, 2026).

Somado a isso, o monitoramento ambiental contínuo por sensoriamento remoto e geoprocessamento pode contribuir para acompanhar alterações na cobertura vegetal e identificar novas pressões territoriais no entorno da unidade. Ferramentas como imagens Landsat, Sentinel-2, PlanetScope, dados do MapBiomas e levantamentos realizados com drones têm se mostrado fundamentais para o acompanhamento multitemporal da dinâmica da paisagem em áreas protegidas (Teixeira et al., 2022; Souza Jr. et al., 2020).

A presença de propriedades rurais no interior da ESEC de Murici representa um dos principais entraves à efetividade da conservação (Figura 13). A análise espacial revelou áreas

ocupadas por fazendas, pastagens, cultivos agrícolas e estruturas associadas à presença humana, indicando permanência de usos incompatíveis com os objetivos legais de uma Unidade de Conservação de proteção integral. Desde sua criação, a ESEC enfrenta dificuldades ligadas à questão fundiária e à consolidação territorial, situação já reconhecida no Plano de Manejo (ICMBio, 2017).

Figura 13. Mapa dos imóveis cadastrados no SICAR.



Fonte: Autora (2026).

Foram identificados 22 imóveis cadastrados no interior ou em áreas sobrepostas à ESEC de Murici, dos quais 1 encontra-se em análise, 4 tiveram seus cadastros cancelados por decisão administrativa, 1 foi analisado e aguarda regularização ambiental, e 16 foram analisados e aguardam atendimento às notificações emitidas pelos órgãos competentes. Esses dados evidenciam a permanência de pendências relacionadas à regularização ambiental e fundiária na área da unidade, reforçando a necessidade de ações integradas de gestão territorial e adequação ambiental dos imóveis inseridos em seus limites.

Conforme a Lei nº 9.985/2000, as Estações Ecológicas devem possuir domínio público, sendo necessária a desapropriação das propriedades privadas inseridas em seus limites (Brasil, 2000). Entretanto, em muitas unidades de conservação brasileiras, os processos de regularização apresentam elevada complexidade administrativa, jurídica e financeira, dificultando a efetiva implementação de áreas protegidas.

A continuidade dessas ocupações favorece processos de degradação ambiental, incluindo compactação do solo, comprometimento de nascentes, intensificação dos efeitos de borda e redução da conectividade ecológica entre os remanescentes da Mata Atlântica. Além

disso, áreas ocupadas tendem a ser mais vulneráveis à introdução de espécies exóticas, incêndios florestais e expansão de zonas degradadas (Teixeira et al., 2022).

Outro aspecto relevante refere-se ao fato de muitas propriedades terem sido estabelecidas antes da criação da unidade, gerando conflitos sociais, econômicos e jurídicos relacionados à conciliação entre direito de propriedade e conservação ambiental. Segundo Silva (2024), as disputas fundiárias figuram entre os principais fatores associados à redução da efetividade de manejo em unidades de conservação situadas em regiões historicamente ocupadas pela agropecuária. Além disso, a presença de moradores, animais domésticos e atividades produtivas intensifica pressões relacionadas à caça, extração ilegal de madeira e abertura de novas áreas agrícolas, comprometendo ações de fiscalização e conservação (Da Silva Ferreira et al., 2024).

Diante desse cenário, o fortalecimento das políticas de regularização fundiária conduzidas pelo ICMBio torna-se elemento central para consolidação territorial da ESEC de Murici. Medidas como desapropriações, indenizações e acordos administrativos podem contribuir para retirada gradual de ocupações incompatíveis com os objetivos da unidade. Paralelamente, programas de restauração ecológica e recomposição da vegetação nativa apresentam grande potencial para recuperar a conectividade da paisagem e reduzir a fragmentação florestal.

Iniciativas como o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica demonstram que projetos de restauração em larga escala podem contribuir significativamente para recuperação ambiental de áreas degradadas e para o fortalecimento da ligação funcional entre fragmentos florestais (Crouzeilles et al., 2020; Brancalion et al., 2022). Somado a isso, o monitoramento contínuo por sensoriamento remoto apresenta elevada relevância para acompanhar mudanças no uso da terra, apoiar a fiscalização e orientar o planejamento territorial em unidades de conservação fragmentadas (Souza Jr. et al., 2020).

De forma integrada, os conflitos socioambientais identificados na ESEC de Murici evidenciam que a conservação da biodiversidade em remanescentes altamente fragmentados da Mata Atlântica depende não apenas da proteção legal, mas também da articulação entre governança ambiental, gestão fundiária, planejamento territorial e conectividade da paisagem. Nesse contexto, o fortalecimento do monitoramento ambiental, da gestão participativa e das estratégias de restauração ecológica torna-se fundamental para reduzir pressões territoriais e ampliar a eficácia da conservação.

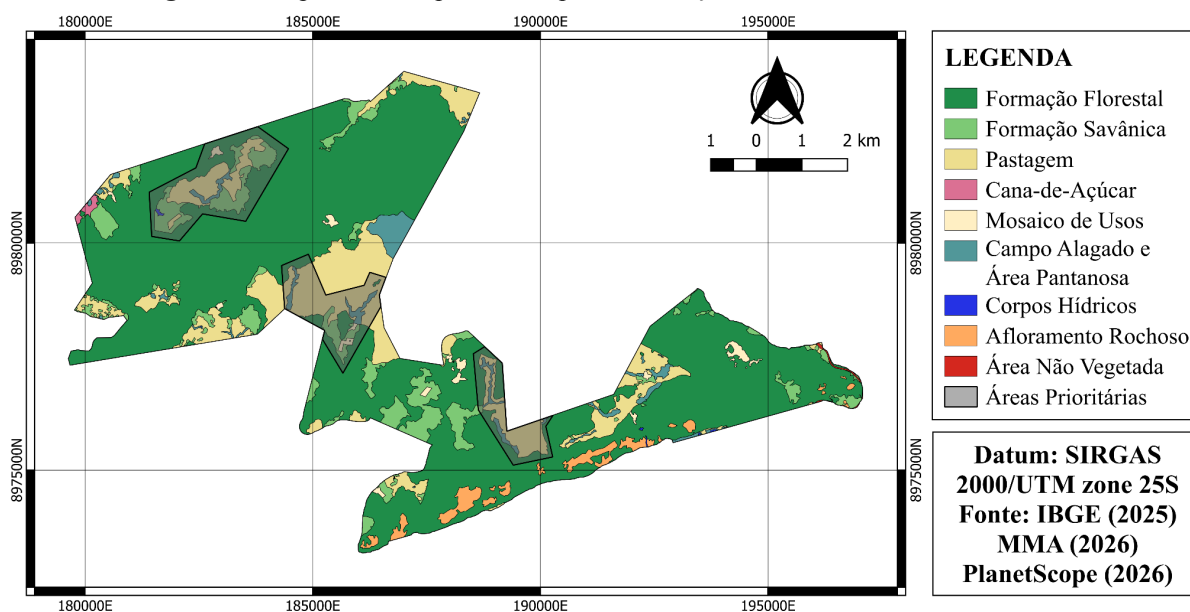
4.4 Áreas suscetíveis a restauração na Estação Ecológica de Murici

A restauração ambiental tem assumido papel estratégico na conservação da biodiversidade, sobretudo em biomas altamente fragmentados, como a Mata Atlântica. Em regiões submetidas a intensas pressões antrópicas, a recuperação de áreas degradadas configura-se como uma das principais abordagens para fortalecer a continuidade ecológica e restabelecer processos ecossistêmicos essenciais. Em áreas protegidas inseridas em matrizes antropizadas, como a Estação Ecológica de Murici, essas ações tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que a efetividade da preservação depende diretamente da integridade da paisagem e da conectividade entre os remanescentes florestais (França et al., 2020; Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

A definição das áreas prioritárias para recuperação ambiental na Estação Ecológica de Murici baseou-se em critérios ecológicos, hidrológicos e legais, considerando a necessidade de restaurar a funcionalidade do ambiente, reduzir os efeitos de borda e ampliar a conexão entre os principais fragmentos da unidade. Os setores selecionados incluem nascentes degradadas associadas a trechos desmatados, áreas úmidas localizadas em pontos estratégicos entre importantes núcleos de vegetação nativa e uma região aberta situada no centro de um dos maiores remanescentes florestais, conferindo elevado potencial para regeneração natural e formação de corredores ecológicos.

A distribuição espacial dessas regiões, apresentada na Figura 14, revela uma forte relação entre degradação ambiental e fragmentação da paisagem. Os setores identificados concentram-se na porção central da ESEC, em zonas estratégicas capazes de favorecer a reconexão entre trechos de mata atualmente isolados pela presença de pastagens e outros usos agropecuários. Além de atenuar os impactos das bordas florestais, que fragilizam a estrutura ecológica dos fragmentos e comprometem sua resiliência a longo prazo. Esse padrão demonstra que a degradação não ocorre de forma aleatória, mas está diretamente vinculada à configuração histórica da ocupação territorial da Zona da Mata nordestina e à expansão das atividades agropecuárias sobre a vegetação nativa.

Figura 14. Mapa das áreas prioritárias para restauração ambiental na ESEC de Murici.



A priorização dessas áreas relaciona-se diretamente ao contexto de intensa fragmentação da Mata Atlântica nordestina, especialmente no Centro de Endemismo Pernambuco. A perda de conectividade compromete processos fundamentais, como fluxo gênico, dispersão de sementes, deslocamento da fauna e dinâmica sucessional da vegetação. Nesse cenário, áreas situadas entre núcleos florestais e próximas a corpos hídricos apresentam maior potencial para reduzir o isolamento ecológico e ampliar a integração da paisagem (Dias et al., 2023; D'Arrochella, 2020).

A proximidade com remanescentes conservados amplia o potencial de regeneração, graças à maior disponibilidade de propágulos e à atuação de agentes dispersores (D'Arrochella, 2020). Conforme observado por Siqueira et al. (2021), pequenos elementos vegetados intermediários funcionam como áreas de apoio, facilitando o deslocamento da fauna entre fragmentos isolados.

Além disso, conforme o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), nascentes e áreas úmidas são Áreas de Preservação Permanente (APPs), fundamentais para qualidade hídrica e estabilidade ecológica. A recomposição da vegetação nativa nesses setores contribui para infiltração da água no solo, redução da erosão e melhoria das condições ambientais, além de potencializar processos de sucessão ecológica. Em muitos casos, áreas úmidas funcionam como núcleos naturais de restauração, maximizando estratégias de regeneração natural assistida, especialmente quando associadas ao isolamento dessas áreas contra distúrbios antrópicos contínuos.

Os resultados indicam que as áreas prioritárias se encontram posicionadas entre

manchas de vegetação já consolidadas, apresentando relevância estratégica para formação de corredores internos. A recuperação desses trechos pode ampliar o fluxo gênico entre populações isoladas, aumentar a mobilidade da fauna e reduzir o isolamento funcional do território. Em ambientes muito fragmentados, a conectividade ecológica representa um dos principais fatores para manutenção da biodiversidade, especialmente para espécies com maior exigência de habitat e menor tolerância a áreas abertas ou degradadas (Parra-Sanchez e Banks-Leite, 2020).

O SNUC reconhece os corredores ecológicos como instrumentos fundamentais para reduzir os efeitos da fragmentação (Brasil, 2000). Na Mata Atlântica, APPs restauradas associadas a cursos d'água, nascentes e áreas úmidas frequentemente funcionam como corredores naturais, contribuindo para o deslocamento de espécies e o fortalecimento da conectividade funcional da paisagem.

Outro aspecto relevante é a relação entre as áreas prioritárias e os setores submetidos a usos antrópicos mais intensos dentro ou no entorno da unidade. Esses usos tendem a intensificar processos de degradação física e biológica, como compactação do solo, simplificação estrutural da vegetação e intensificação dos efeitos de borda. Dessa forma, a restauração nesses locais não apenas recompõe a cobertura vegetal, mas também amplia a estabilidade ecológica da unidade como um todo (França et al., 2020).

Entre as áreas selecionadas, a região mais ao norte, localizada no coração de um dos maiores remanescentes da ESEC, também desempenha um papel importante. Sua posição estratégica contribui para mitigar a exposição do fragmento às condições externas, fortalecer a resiliência ecológica e potencializar o processo de regeneração natural já em andamento. Além disso, abriga uma lagoa natural e áreas úmidas de grande relevância ecológica, embora inclua uma pequena propriedade classificada como mosaico de uso, cuja desapropriação será necessária para assegurar a integridade da restauração e eliminar pressões antrópicas contínuas. Essa escolha reflete a importância de reduzir fragilidades estruturais e ampliar a capacidade de regeneração espontânea, aproveitando a resiliência natural da vegetação (Poorter et al., 2021; França et al., 2020).

A utilização de técnicas de geomática mostrou-se fundamental para a identificação dessas áreas, permitindo integrar informações sobre o uso e cobertura da terra, distribuição dos fragmentos e dinâmica espacial. A análise possibilitou reconhecer padrões territoriais associados à degradação ambiental e apontar setores estratégicos para ações de recomposição florestal, evidenciando o potencial das geotecnologias como ferramentas de suporte ao planejamento territorial e à gestão de áreas protegidas (Segantine e Silva, 2021; Vieira et al.,

2018).

A efetividade das ações de restauração, entretanto, não depende exclusivamente da recomposição da vegetação nativa. Em paisagens altamente fragmentadas, é necessário garantir fiscalização contínua, reduzir pressões antrópicas e fortalecer estratégias de gestão territorial. Além disso, processos de regeneração demandam longos períodos para recuperação parcial das funções ecológicas originais, sobretudo em áreas historicamente degradadas pela agropecuária.

De forma geral, a priorização dessas áreas apresenta elevado potencial de maximização dos benefícios ecológicos da restauração, integrando proteção hídrica, conservação de áreas úmidas, mitigação dos impactos associados às zonas de borda e fortalecimento da reconexão florestal. Em uma região inserida no CEP, considerada uma das áreas mais críticas para conservação da Mata Atlântica, a recuperação desses setores poderá contribuir simultaneamente para redução da fragmentação, fortalecimento da biodiversidade e ampliação da integridade ecológica da ESEC de Murici. Contudo, a efetividade dessas ações dependerá da continuidade do monitoramento, integração entre planejamento territorial e conservação, além do fortalecimento das estratégias de gestão ambiental.

5 CONCLUSÃO

A análise multitemporal do uso e cobertura da terra na Estação Ecológica de Murici demonstrou que, embora ainda permaneçam remanescentes significativos da Mata Atlântica, a unidade continua sujeita a pressões históricas ligadas à expansão agropecuária, à fragmentação do território e a conflitos de uso em áreas sensíveis. O emprego integrado de sensoriamento remoto, geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica permitiu identificar transformações espaciais relevantes entre 1994 e 2026, reforçando o papel estratégico das geotecnologias no monitoramento ambiental e no planejamento territorial de unidades de conservação.

A criação da ESEC de Murici e o fortalecimento dos instrumentos legais de proteção contribuíram para a preservação e, em alguns períodos, para a recomposição parcial da cobertura florestal. Ainda que persistam áreas degradadas e classe de mosaicos de usos que comprometem o equilíbrio ecológico da estação. As Áreas de Preservação Permanente, especialmente nascentes, zonas úmidas e cursos d'água, apresentaram grande relevância biológica e hidrológica, mesmo que diferentes níveis de desestruturação tenham sido identificados em setores ambientalmente vulneráveis, como nas nascentes dos rios Bulangi e Jitituba. Esses locais foram sinalizados como prioritários para ações de conservação e restauração, fundamentais para a conectividade da paisagem e para a segurança hídrica.

De forma coordenada, o estudo forneceu subsídios técnico-científicos para compreender a dinâmica ambiental da ESEC de Murici e orientar estratégias de manejo, fiscalização e ordenamento espacial. Recomenda-se ampliar o monitoramento com imagens de alta resolução, associadas a levantamentos de campo e análises detalhadas, além de fomentar pesquisas sobre recuperação florestal e serviços ecossistêmicos. No contexto do Centro de Endemismo Pernambuco, uma das regiões mais ameaçadas da Mata Atlântica nordestina, a defesa da ESEC de Murici assume função decisiva para a manutenção da biodiversidade, a estabilidade hidrológica e a integridade ecológica regional.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Jessica Thalheimer de; CUCHI, Tarik; BOBROWSKI, Rogério. Unveiling ecological dynamics and patterns in an urban-to-rural gradient of forest fragments in the Atlantic forest biome. **Revista Árvore**, v. 49, p. e4913, 2025.
- ALAGOAS (Estado). Lei nº 5.907, de 21 de dezembro de 1997. Cria a Área de Proteção Ambiental de Murici, no Estado de Alagoas, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Alagoas**, Maceió, AL, 22 dez. 1997.
- ALAWATHUGODA, Chithrika et al. Impact of utilizing high-resolution PlanetScope imagery on the accuracy of LULC mapping and hydrological modeling in an arid region. **Water**, v. 16, n. 16, p. 2356, 2024.
- ALVES, Francisco de Assis et al. Landscape Impact on the Roadkill of Mammals in Brazil. **Wild**, v. 3, n. 1, p. 10, 2026.
- BERTASSELLO, L. E. et al. The important role of wetland conservation and restoration in nitrogen removal across European river basins. **Nature Water**, v. 3, n. 8, p. 867-880, 2025.
- BOMFIM, D. A. S.; MELO, C. M.; MADI, R. R. Wildlife roadkill hotspots on roads crossing Conservation Units in the State of Sergipe, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e284807, 2024.
- BRANCALION, Pedro HS et al. Ecosystem restoration job creation potential in Brazil. **People and Nature**, v. 4, n. 6, p. 1426-1434, 2022.
- BRASIL. Decreto de 28 de maio de 2001. Cria a Estação Ecológica de Murici, no Estado de Alagoas, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 maio 2001.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Segurança viária e conservação da fauna: medidas de mitigação para reduzir impactos sobre animais silvestres em rodovias federais brasileiras**. Brasília, DF: DNIT, 2026.
- BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da Estação Ecológica de Murici**. Brasília, DF: ICMBio, 2017.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 19 jul. 2000.
- BRASIL. 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: seção 1**, Brasília, DF, 26 dez. 2006.
- BRASIL. Lei nº 11.516, de 28 de agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 29 ago. 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº

7.754, de 14 de abril de 1989, e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 28 maio 2012.

CROUZEILLES, Renato et al. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. **Conservation letters**, v. 13, n. 3, p. e12709, 2020.

CURSI, Danilo Eduardo et al. History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil. **Sugar Tech**, v. 24, n. 1, p. 112-133, 2022.

DA SILVA FERREIRA, Amanda et al. Uma visão comparativa de unidades de conservação de proteção integral no estado de Minas Gerais, Brasil: conflitos locais e alternativas econômicas. **Biodiversidade Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 1-17, 2024.

DA SILVA, Paulina Alves; DA SILVA FREIRE, Lailton; CORREA, Renara Fabiane Ribeiro. Recuperação de nascentes e matas ciliares como estratégia de proteção dos mananciais. **Revista de Geopolítica**, v. 16, n. 5, p. e1141-e1141, 2025.

DE LIMA FERREIRA, Erly et al. Wild fauna as roadkill on a highway in the semiarid region of northeastern Brazil. **Ethnobiology and Conservation**, v. 12, 2023.

DIAS, Thiago da Costa; SILVEIRA, Luís Fábio; FRANCISCO, Mercival Roberto. Spatiotemporal dynamics reveals forest rejuvenation, fragmentation, and edge effects in an Atlantic Forest hotspot, the Pernambuco Endemism Center, northeastern Brazil. **Plos one**, v. 18, n. 9, p. e0291234, 2023.

DUBEUX, Marcos Jorge Matias et al. A “hotspot” within a hotspot: the reptiles of the Estação Ecológica and Área de Proteção Ambiental de Murici, Atlantic Forest of northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 22, p. e20221337, 2022.

D'ARROCHELLA, Marcio Luiz Gonçalves. Fragmentação florestal da Mata Atlântica: conectividade potencial via polinização por mariposas e modelagem atmosférica. **Geografia em Atos**, v. 3, p. 101-116, 2020.

EARTH ONLINE. **PlanetScope instruments**. Disponível em: https://earth.esa.int/eogateway/missions/planetscope?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 14 maio 2026.

ELLISON, David et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. **Global environmental change**, v. 43, p. 51-61, 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025.

FRANÇA, Filipe M. et al. Climatic and local stressor interactions threaten tropical forests and coral reefs. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 375, n. 1794, 2020.

FRANÇA, Rafaela C. et al. Snakes of the Pernambuco Endemism Center, Brazil: diversity, natural history and conservation. **ZooKeys**, v. 1002, p. 115, 2020.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas da Mata Atlântica 2023-2024**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2025.

GELDMANN, Jonas et al. Essential indicators for measuring site-based conservation effectiveness in the post-2020 global biodiversity framework. **Conservation Letters**, v. 14, n. 4, p. e12792, 2021.

GOMES, Lucas Carvalho et al. Land use change drives the spatio-temporal variation of ecosystem services and their interactions along an altitudinal gradient in Brazil. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 7, p. 1571-1586, 2020.

GRAHAM, Victoria et al. Southeast Asian protected areas are effective in conserving forest cover and forest carbon stocks compared to unprotected areas. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 23760, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, DF: INMET, 2022.

IPBES. **Summary for policymakers of the IPBES global assessment report on biodiversity and ecosystem services**. Bonn: IPBES Secretariat, 2019.

MAGIOLI, Marcelo et al. Land-use changes lead to functional loss of terrestrial mammals in a Neotropical rainforest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 2, p. 161-170, 2021.

MAPBIOMAS. **MapBiomas General “Handbook”: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD), Collection 10.1. Version 1**. [S.l.]: MapBiomas, fev. 2026. Disponível em:

https://data.mapbiomas.org/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.58053%2FMapBiomas%2F2XSLB3&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 14 maio 2026.

MELO, Morgana Pereira de. **Avifauna endêmica e ameaçada capturada na Fazenda Bananeiras, ESEC de Murici, AL**. 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

MENDONÇA, N. T. **Florística e fitossociologia em fragmento de Mata Atlântica—Serra da Bananeira, Estação Ecológica de Murici, Alagoas**. 2005. Tese de Doutorado. thesis, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MIRANDA, Jefferson; SCHIAVETTI, Alexandre. Analysis of scientific production and knowledge about wildlife roadkill in Brazilian protected areas. **Ethnobiology and Conservation**, v. 13, 2024.

MOREIRA, Regina Gabriela da Silva. **Modelagem de distribuição potencial das espécies *Bothrops muriciensis* e *Physalaemus caete* nas áreas protegidas de Alagoas**. 2024. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024.

MYERS, Daniel T. et al. Seasonal variation in land cover estimates reveals sensitivities and opportunities for environmental models. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 28, n. 23, p. 5295-5310, 2024.

NEWBOLD, Tim et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, n. 7545, p. 45-50, 2015.

- PARRA-SANCHEZ, Edicson; BANKS-LEITE, Cristina. The magnitude and extent of edge effects on vascular epiphytes across the Brazilian Atlantic Forest. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 18847, 2020.
- POORTER, Lourens et al. Functional recovery of secondary tropical forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 49, p. e2003405118, 2021.
- POORTER, Lourens et al. Multidimensional tropical forest recovery. **Science**, v. 374, n. 6573, p. 1370-1376, 2021.
- PRÉAU, Clémentine et al. Habitat connectivity in agricultural landscapes improving multi-functionality of constructed wetlands as nature-based solutions. **Ecological Engineering**, v. 182, p. 106725, 2022.
- REZENDE, Camila Linhares et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.
- RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: **Biodiversity hotspots**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 405-434.
- ROBINSON, Abigail E. et al. The hydrological archetypes of wetlands. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 29, n. 21, p. 5975-6001, 2025.
- RODRIGUES SANTOS, Carla; GONCALVES VENDRUSCULO, Laurimar; ZOLIN, Cornélio Alberto. Análise dos serviços ecossistêmicos nos diferentes biomas brasileiros: uma revisão sistemática. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 43, n. 1, 2023.
- SEGANTINE, Paulo Cesar Lima; DA SILVA, Irineu. Geomática: sua importância e o seu contexto como ciência e suas contribuições tecnológicas. **Revista CREA São Paulo**, n. 1. 2021.
- SHANDU, Irvin D.; XULU, Sifiso; GEBRESLASIE, Michael. Enhancing land cover classification in the heterogeneous landscape by integrating auxiliary data with Sentinel-2 imagery using the random forest algorithm. **Frontiers in Remote Sensing**, v. 6, p. 1697897, 2025.
- SILVA, Thiago Henrique Costa et al. Para além do papel: estudo das unidades de conservação brasileiras. **Interações (Campo Grande)**, v. 25, p. e2523777, 2024.
- SIQUEIRA, Flávia Freire et al. Small landscape elements double connectivity in highly fragmented areas of the Brazilian Atlantic Forest. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 614362, 2021.
- SOARES, Antonio Gabriel Lessa; LIMA, Brenda Laudano; SPINOLA, Carolina de Andrade. Avaliação dos impactos ambientais do turismo na trilha da Cachoeira do Buracão, Chapada Diamantina-Bahia/Brasil. **Turismo: Visão e Ação**, v. 26, p. e18616, 2024.
- SOUZA JR., Carlos M. et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020.

TEIXEIRA, Débora Luisa Silva et al. Bioma Mata Atlântica: análise temporal da pressão antrópica em unidade de conservação de proteção integral e seu entorno. **ENTRE-LUGAR**, v. 13, n. 26, p. 61-90, 2022.

VASQUES, Henrique Carlos de Figueiredo. **Avaliação da efetividade de manejo da Estação Ecológica de Murici, Alagoas**. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VIEIRA, Raísa Romênia S. et al. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 4, p. 434-438, 2018.