

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE GUADALUPE, PERNAMBUCO, BRASIL

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF VEGETABLE COVER IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA OF GUADALUPE, PERNAMBUCO, BRAZIL

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE GUADALUPE, PERNAMBUCO, BRASIL

Leandro Muniz Barbosa da Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC)
lembsilva@gmail.com

Antônio Lucas Barreira Rodrigues

Escola Nacional de Botânica Tropical / Jardim Botânico do Rio de Janeiro
barreira_rodrigues@hotmail.com

RESUMO

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe foi criada em 1997 como uma medida compensatória para viabilizar a implantação de megaprojetos hoteleiros e de lazer, visando à exploração intensiva do potencial turístico do Litoral Sul de Pernambuco. A urbanização e a instalação de serviços essenciais para o desenvolvimento turístico da região, concentrados principalmente na sua porção litorânea, têm intensificado o risco de degradação das áreas florestadas, especialmente das matas de estuário e restingas, o que pode comprometer a integridade ecológica da unidade de conservação. Para avaliar essas mudanças, foi realizada uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal nessas áreas ao longo de 24 anos (2000-2024), utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e dados do MapBiomas como parâmetros. Os resultados revelaram variações significativas na cobertura vegetal da APA ao longo dos anos. Enquanto algumas áreas apresentaram tendência de recuperação e densificação da vegetação, refletindo a eficácia das medidas de conservação, outras, situadas nas zonas estuarinas, mostraram comportamentos mais irregulares, evidenciando a vulnerabilidade de seus ecossistemas. Apesar dos sinais de recuperação, a contínua pressão das atividades turísticas e as mudanças ambientais continuam a representar um desafio para a estabilidade da sua cobertura vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: unidade de conservação; turismo; manguezal; NDVI; Mata Atlântica.

ABSTRACT

The Guadalupe Environmental Protection Area (APA) was created in 1997 as a compensatory measure to facilitate the implementation of hotel and leisure megaprojects, aiming at the intensive exploitation of the tourism potential of the Southern Coast of Pernambuco. Urbanization and the installation of essential services for the tourism development of the region, concentrated mainly in its coastal portion, have intensified the risk of degradation of forested areas, especially estuary and restinga forests, which may compromise the ecological integrity of the conservation unit. To assess these changes, a spatiotemporal analysis of the vegetation cover of the forested areas was carried out over a 24-year period (2000-2024), using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and MapBiomas data as parameters. The results revealed significant variations in the vegetation cover of the APA over the years. While some areas showed a tendency towards recovery and densification of vegetation, reflecting the effectiveness of conservation measures, others, located in estuarine areas, showed more irregular behavior, highlighting the vulnerability of their ecosystems. Despite signs of recovery, the ongoing pressure from tourism activities and environmental changes continue to pose a challenge to the stability of vegetation cover in the APA.

KEYWORDS: protected area; tourism; mangrove; NDVI; Atlantic Forest.

RESUMEN

El Área de Protección Ambiental (APA) de Guadalupe fue creada en 1997 como medida compensatoria para permitir la implementación de megaproyectos hoteleros y de ocio, con el objetivo de explotar intensivamente el potencial turístico

de la Costa Sur de Pernambuco. La urbanización y la instalación de servicios esenciales para el desarrollo turístico de la región, concentrados principalmente en su porción costera, han intensificado el riesgo de degradación de áreas boscosas, especialmente bosques de estuario y restingas, que podrían comprometer la integridad ecológica de la unidad de conservación. Para evaluar estos cambios, se llevó a cabo un análisis espacio-temporal de la cobertura vegetal de áreas boscosas durante 24 años (2000-2024), utilizando como parámetros el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y datos de MapBiomass. Los resultados revelaron variaciones significativas en la cobertura vegetal de la APA a lo largo de los años. Mientras que algunas áreas mostraron una tendencia a la recuperación y densificación de la vegetación, reflejando la efectividad de las medidas de conservación, otras, ubicadas en áreas estuarinas, mostraron un comportamiento más irregular, resaltando la vulnerabilidad de sus ecosistemas. A pesar de los signos de recuperación, la presión continua de las actividades turísticas y los cambios ambientales continúan planteando un desafío a la estabilidad de la cubierta vegetal en la APA.

PALABRAS CLAVE: áreas protegidas; turismo; mangle; NDVI; Floresta Atlántica.

1. INTRODUÇÃO

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe foi criada em 13 de março de 1997, pelo Decreto Estadual nº 19.635, como parte das medidas mitigadoras da construção do Centro Turístico (CT) de Guadalupe. O projeto teve como objetivo criar uma região destinada à exploração intensiva do turismo, concebida como um polo turístico com infraestrutura adequada para a implantação de megaprojetos hoteleiros e de lazer, localizada no litoral Sul do estado de Pernambuco. A implantação do CT resultou no desmatamento de manguezais e áreas remanescentes de Mata Atlântica, desencadeamento de processos de erosão, deslizamentos e aterro de várzeas para a construção de vias de acesso (Selva, 2012).

As APAs, conforme definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na Lei nº 9.985/2000, são Unidades de Conservação de Uso Sustentável que visam proteger ecossistemas, recursos hídricos, paisagens e valores culturais, permitindo o uso sustentável do território. Geralmente estabelecidas em áreas extensas e com ocupação humana expressiva, buscam equilibrar a conservação ambiental com atividades econômicas e sociais, como turismo, agricultura e indústrias. Não exigem desapropriação de terras, mas possuem regras específicas e planos de manejo que regulam o uso do solo e minimizam impactos ambientais, promovendo o equilíbrio entre o desenvolvimento e a proteção dos recursos naturais (Brasil, 2000).

A localização da APA de Guadalupe na zona litorânea proporciona uma diversidade de ambientes naturais. A proteção de áreas remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados, como os manguezais e restingas, torna a Unidade de Conservação (UC) uma área de conservação prioritária, com grande importância biológica e socioeconômica, contribuindo para o turismo sustentável, a geração de empregos e a melhoria da qualidade de vida da população do litoral Sul de Pernambuco (Silva; Selva, 2023).

As UCs em zonas costeiras e manguezais estão distribuídas ao longo de todo o litoral brasileiro (Brasil, 2024), representando um sistema de proteção crucial para áreas historicamente frágeis devido à ocupação e à concentração de atividades humanas (Lins-de-Barros; Hoyos, 2021). Nesse contexto, a análise da cobertura vegetal nessas áreas é indispensável para compreender os impactos do turismo e outras atividades humanas sobre seus ecossistemas sensíveis. Em especial, os manguezais, que fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, desempenham um papel vital no equilíbrio ecológico e no bem-estar das populações humanas que dependem diretamente de seus recursos (Mata; Souza, 2024; Barbosa *et al.*, 2022).

Os manguezais, ecossistemas de transição entre ambientes terrestres e marinhos, desempenham funções cruciais, como o sequestro de carbono, a proteção contra eventos climáticos extremos e a renovação da biomassa costeira. Apesar de sua relevância ecológica e econômica, esses ecossistemas estão cada vez mais vulneráveis à degradação causada pela especulação imobiliária, que promove o desmatamento e altera sua estrutura e produtividade (Bonaldi; Roderjan, 2017; Paula; Lima; Maia, 2016).

Essa vulnerabilidade persiste mesmo com a proteção legal conferida aos manguezais, evidenciando a dificuldade em conter práticas que afetam diretamente sua integridade. A contínua perda desses ecossistemas prejudica os serviços ecossistêmicos essenciais, como a conectividade entre habitats, impactando tanto a biodiversidade quanto as comunidades humanas que dependem deles (Benevides; Maia; Silva, 2021). O desmatamento, por sua vez, não representa apenas uma das maiores ameaças à biodiversidade, mas também intensifica eventos climáticos extremos, ampliando os riscos para os ecossistemas costeiros (Ayoub *et al.*, 2024).

Nesse contexto, o uso de sensoriamento remoto, especialmente por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), revela-se uma ferramenta necessária para o monitoramento das mudanças na cobertura vegetal em áreas costeiras. Desde sua introdução nos anos 1980, tornou-se amplamente utilizado devido à sua eficácia e aplicabilidade (Swanson, 2021). Esse índice tem sido amplamente utilizado em pesquisas de monitoramento de curto e longo prazo, incluindo a classificação e quantificação das variações no uso do solo, distribuição global de vegetação, inferir variabilidades ecológicas e ambientais, estimar a produção de fitomassa, a radiação fotossintética ativa em zonas costeiras e ilhas (Arjasakusuma *et al.*, 2018; Guha *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2020; Singgalen *et al.*, 2021; Singgalen, 2022; Benevides *et. al.*, 2023).

No caso estudado, a aplicação do índice permite monitorar a evolução da cobertura vegetal, identificando padrões, tendências e áreas vulneráveis. Isso é especialmente relevante em uma

região reconhecida como *hotspot* de biodiversidade e que apresenta uma dinâmica crescente de desenvolvimento turístico. Apesar de sua relevância ecológica, a área ainda carece de estudos sobre variações no uso do solo e saúde da vegetação. Assim, o uso de técnicas como o NDVI é essencial para compreender a dinâmica desses ambientes, subsidiando estratégias de conservação mais estratégicas e integradas, capazes de preservar a funcionalidade desses ecossistemas costeiros e garantir sua sustentabilidade.

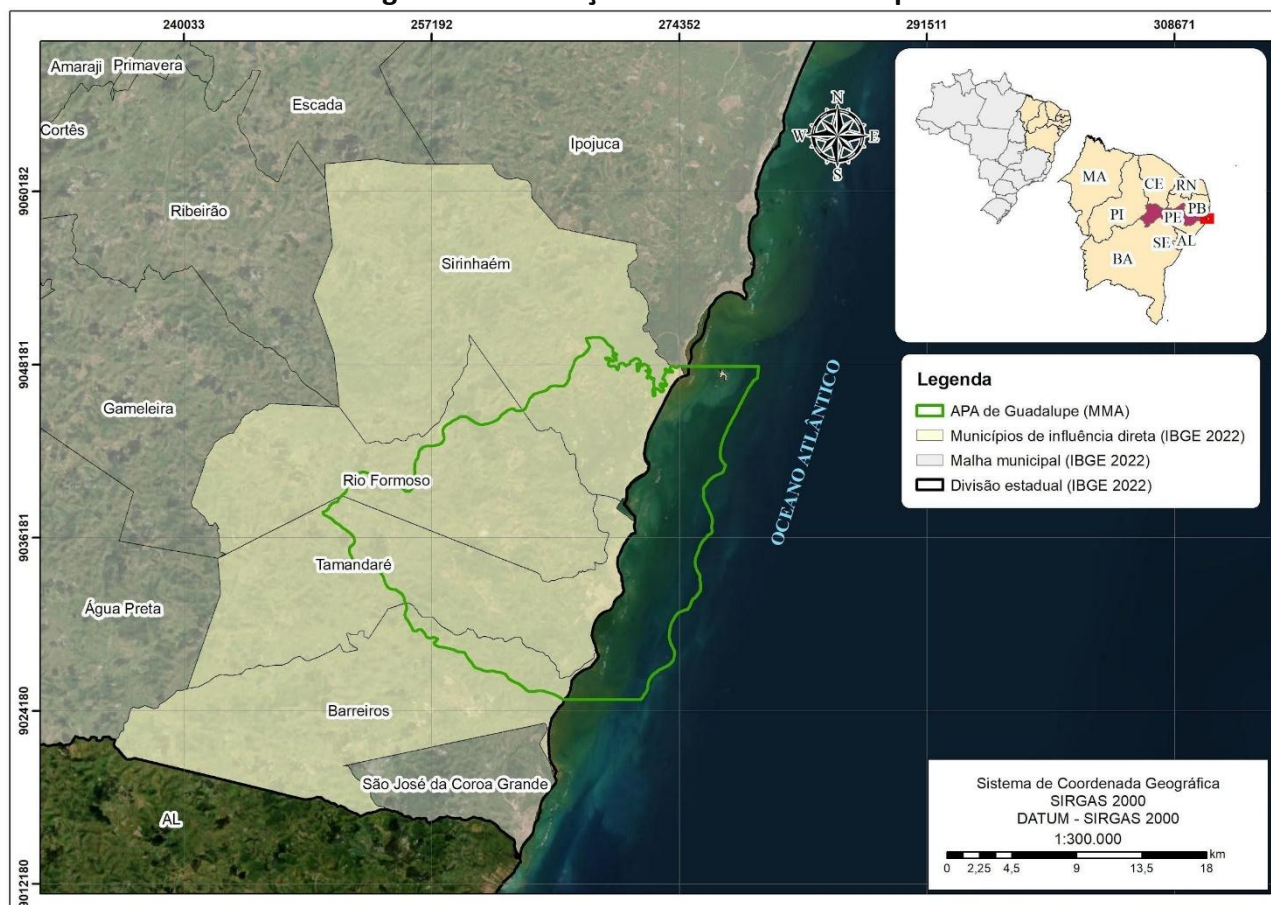
Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal nas áreas florestadas da APA de Guadalupe, no período de 2000 a 2024, a fim de criar informações que auxiliem na elaboração de estratégias de planejamento e manejo da UC. O artigo está estruturado em três seções, além desta introdução. A primeira aborda as características ambientais da área de estudo e fornece uma descrição detalhada do método empregado na pesquisa. Na segunda seção, são discutidas as análises geoespaciais realizadas para avaliar as mudanças observadas no padrão de cobertura vegetal nos fragmentos florestais da área por meio do parâmetro NDVI e o cruzamento dos resultados com os dados fornecidos pelo projeto MapBiomass, com o intuito de gerar uma validação dos resultados obtidos a partir do índice gerado através das imagens. Por último, a terceira seção trata das considerações finais, onde são apresentadas conclusões e recomendações com base nos principais resultados obtidos.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área de estudo

A APA de Guadalupe (APAG) está localizada na Zona da Mata Pernambucana, porção meridional do Litoral Sul do estado, abrangendo os municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros dentro dos seus limites territoriais (Figura 1). O total da sua extensão territorial é de 44.255 ha, sendo 31.591 ha (71,4%) de área continental e 12.664 ha (28,6%) de área marítima. A sede administrativa da UC está localizada na porção litorânea norte do município de Tamandaré, e sua gestão é de responsabilidade da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH). A atuação do órgão envolve ações de fiscalização, educação ambiental, manejo de áreas sensíveis e implementação de projetos de conservação, buscando equilibrar as necessidades ambientais com as demandas socioeconômicas dos habitantes da área (Pernambuco, 2011).

Figura 1: Localização da APA de Guadalupe



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

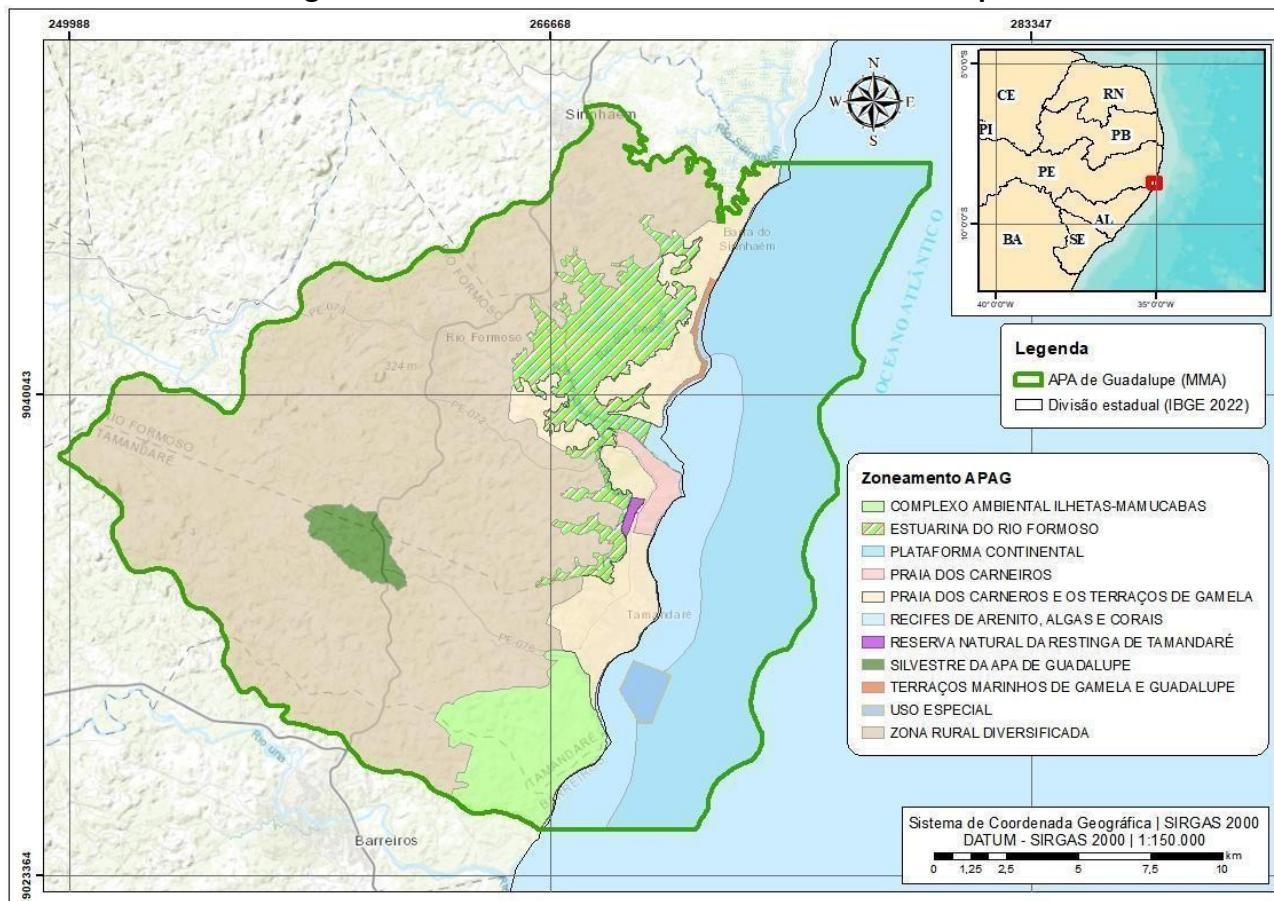
As paisagens naturais da APAG resultam da interação de diversos elementos geocológicos, como relevo, clima, rios, mar, vegetação, geologia e fauna. Essas paisagens são influenciadas pelo clima tropical úmido, classificado de acordo com a classificação de *Köppen* como tipo As' - tropical (com chuvas de inverno antecipadas no outono). Os meses de maio, junho e julho são os mais chuvosos, enquanto outubro, novembro e dezembro são os mais secos (Ibid).

No contexto regional, desempenha um papel crucial na proteção de ecossistemas costeiros e estuarinos, que são altamente sensíveis à pressão urbana, ao turismo e à expansão das atividades econômicas. O seu território abrange ecossistemas ricos, como os manguezais, áreas de restinga e recifes de coral, que são essenciais para a manutenção da biodiversidade marinha e para a proteção das zonas costeiras contra a erosão e eventos climáticos extremos. Assim, a APAG não só contribui para a preservação ambiental, mas também para o fortalecimento das atividades pesqueiras, do turismo sustentável e da segurança ambiental dos seus habitantes (Silva, 2020).

O zoneamento da APAG visa preservar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e do solo, apoiar a conservação da biodiversidade e promover o desenvolvimento sustentável, além de

melhorar as condições de vida da população local. A área está dividida em cinco zonas e subzonas, cada uma com suas localizações, metas ambientais e restrições de uso específicas (Figura 2).

Figura 2: Zoneamento ambiental da APA de Guadalupe



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O Quadro 1 apresenta uma descrição detalhada das zonas e subzonas que compõem o zoneamento ambiental da APAG, oferecendo uma visão clara sobre a diversidade de usos e objetivos específicos para cada área. Esse instrumento de ordenamento territorial é fundamental para a gestão efetiva da UC, pois estabelece diretrizes para o uso sustentável dos recursos naturais e a preservação dos ecossistemas costeiros. Cada zona foi delineada com base nas características ambientais, socioeconômicas e culturais, buscando equilibrar a conservação ambiental com as atividades humanas que ocorrem tanto em seu interior quanto em seu entorno.

Quadro 1: Descrição das zonas da APA de Guadalupe

Zona/Subzonas (%)	Características gerais	Objetivo principal
Marítima (28% da área): Recifes de arenito, algas e corais; Plataforma continental e; Uso Especial.	Área dos Recifes Areníticos e trecho da Plataforma Continental, em grande parte se sobrepondo à APA Costa dos Corais. Inclui área de proteção integral definida como Subzona de Uso Especial.	Conservar os ecossistemas marinhos, regular o tráfego de embarcações, proteger os atrativos turísticos e os recursos pesqueiros.
Turismo, Veraneio e Lazer (7% da área): Reserva Natural de Restinga de Tamandaré; Terraços Marinhos de Gamela e Guadalupe e Praia dos Carneiros.	Área com maior ocupação, abrangendo o núcleo urbano de Tamandaré, inclusive a Praia dos Carneiros, loteamentos litorâneos de Sirinhaém e ainda parte de Rio Formoso.	Garantir a qualidade da vida urbana, o desenvolvimento sustentável do turismo e a valorização da paisagem natural.
Rural Diversificada (52% da área)	Compreende áreas com ocupação agrícola variada, incluindo tanto grandes propriedades do agronegócio quanto pequenas e médias propriedades rurais, além de áreas de agricultura familiar em assentamentos da reforma agrária. Inclui também o núcleo urbano de Rio Formoso, fragmentos de Mata Atlântica e o entorno da Reserva Biológica de Saltinho.	Zerar o desmatamento e as queimadas, promover a adequação ambiental de propriedades rurais, o desenvolvimento do ecoturismo e a preservação do patrimônio histórico-cultural.
Proteção Ambiental Estuarina e Ecossistemas Integrados (11% da área): Estuarina do Rio Formoso e Complexo Ambiental Ilhetas-Mamucabas.	Abrange a área estuarina do Rio Formoso e o complexo ambiental Ilhetas e Mamucabas	Preservar os ecossistemas naturais, controlar as atividades turísticas e pesqueiras, regular a ocupação imobiliária.
Preservação da Vida Silvestre – Reserva Biológica de Saltinho (2% da área)	Reserva Biológica de Saltinho, sob a gestão do Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade (Decreto Federal nº 88.744/1983).	Contribuir para a preservação e a restauração da diversidade da Mata Atlântica nordestina, presente no Litoral Sul de Pernambuco.

Fonte: Adaptado a partir de Pernambuco, 2011.

A expansão do turismo transformou parte dos espaços naturais deste território em núcleos urbanos, especialmente na porção litorânea destinada à visitação, conhecida como Zona de Turismo, Veraneio e Lazer (ZTVL). Esse processo é mais evidente no município de Tamandaré, onde se concentram a maior parte dos equipamentos e serviços turísticos. Apesar disso, a UC ainda abriga fragmentos densos de floresta ombrófila.

Diante disso, foram selecionadas áreas estratégicas que refletem a diversidade e os desafios de conservação da APAG: a **Zona de Proteção Ambiental Estuarina e Ecossistemas Integrados (ZPEI)**, que abrange as subzonas Estuarina do Rio Formoso e o Complexo Ambiental Ilhetas-

Mamucabas; a **Zona de Preservação da Vida Silvestre, formada pela Reserva Biológica (REBIO) de Saltinho**; e a subzona da **Reserva Natural da Restinga de Tamandaré**, que integra a ZTVL, situada entre o Rio Ariquindá e a via litorânea que dá acesso à Praia de Carneiros. Nessas zonas encontram-se fragmentos de floresta ombrófila de terras baixas, com expressiva cobertura vegetal e elevada diversidade de flora e fauna, além de restingas, praias e manguezais, incluindo áreas de apicuns ou salgados, característicos do litoral pernambucano (Pernambuco, 2011).

Embora protegidos pelo zoneamento ambiental que organiza territorialmente as atividades turísticas, esses fragmentos enfrentam riscos iminentes devido à proximidade com áreas destinadas a práticas de turismo náutico e de sol e praia. Nessas zonas, constata-se ocupações irregulares em locais onde a prática é proibida pelas diretrizes do plano de manejo, o que agrava a vulnerabilidade dos seus ecossistemas (Silva; Selva, 2023). Nesse contexto, torna-se imprescindível a realização de um diagnóstico da sua cobertura vegetal, a fim de fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de manejo que amplifiquem o equilíbrio entre a conservação desses ecossistemas e o uso turístico do território.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para a realização deste estudo, o recorte temporal foi definido com base em dois critérios fundamentais: (i) a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe, instituída em 1997, que representa um marco regulatório na gestão territorial e ambiental da área estudada, especialmente no ordenamento da atividade turística; e (ii) a disponibilidade de imagens de satélite com resolução e qualidade adequadas para a análise proposta, as quais se tornam consistentes a partir dos anos 2000.

Dessa forma, o período de 2000 a 2024 foi selecionado para permitir uma avaliação abrangente das dinâmicas da cobertura vegetal ao longo das últimas duas décadas, capturando as transformações ambientais desde os primeiros anos após a criação da UC até o presente. A análise da evolução da vegetação foi realizada por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), processado na plataforma Google Earth Engine (GEE).

Os dados utilizados provêm das séries temporais de sensores orbitais Landsat 5 (TM), Landsat 7 (ETM+), Landsat 8 (OLI) e Sentinel-2 (MSI), cujas coleções disponibilizadas no GEE foram processadas para garantir a comparabilidade multitemporal, considerando correções atmosféricas e calibração radiométrica adequadas.

O Sentinel 2 foi especificamente utilizado para cobrir a lacuna de informações do ano de 2022. Devido à ausência de dados, os anos de 2002, 2004 e 2006 foram excluídos da análise. O valor extraído foi o máximo do NDVI para cada ano. No ano de 2008, além de disponibilizar apenas uma imagem, apresentou uma variação incomum nos dados devido à concentração de nuvens na cena sobre a área de interesse.

A Reflectância do Topo da Atmosfera (TOA) da coleção 2 de nível 1 dos satélites Landsat foi utilizada, uma vez que essas cenas apresentam a mais alta qualidade de dados disponível, sendo consideradas adequadas para a análise de séries temporais (Chander; Markham; Helder, 2009).

As imagens foram selecionadas considerando uma cobertura de nuvens reduzida, de até 20%, e estão georreferenciadas na projeção cartográfica UTM, com o sistema de referência geodésico SIRGAS 2000, zona 25 Sul (Quadro 2).

Quadro 2: Dados das imagens de satélite da APA de Guadalupe

Coleção	Quantidade de Imagens	Datas
LANDSAT/LT05/C02/T1_L2	6	10/12/1998, 28/02/1999, 07/04/2007, 25/05/2007, 05/02/2008, 17/03/2011
LANDSAT/LE07/C02/T1_L2	24	29/05/2000, 24/01/2001, 14/11/2003, 25/04/2005, 14/01/2009, 17/11/2010, 28/04/2012, 25/01/2013, 30/03/2013, 15/04/2013, 11/12/2013, 21/04/2015, 05/02/2017, 25/03/2017, 12/05/2017, 02/05/2019, 18/05/2019, 11/10/2020, 23/05/2021, 28/09/2021, 02/04/2023, 16/05/2023, 26/07/2023
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2	15	04/01/2014, 26/04/2014, 11/02/2016, 18/06/2016, 11/12/2016, 12/01/2017, 14/12/2017, 23/05/2018, 11/08/2018, 10/04/2020, 17/09/2020, 19/04/2023, 16/01/2024, 04/03/2024, 20/03/2024
COPERNICUS/S2_SR	2	22/01/2022, 29/10/2022

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A execução do processamento foi realizada em três etapas: (i) Seleção das imagens e aplicação de filtros para determinar o período de análise e selecionar as imagens com melhor qualidade, considerando a cobertura de nuvens; (ii) Processamento: cálculo do NDVI (Equação 1), com os resultados sendo renderizados em falsa-cor (banda única), interpolados (linear e em modo de intervalo igual para quatro bandas, azul (490 nm), verde (560 nm), vermelho (665 nm) e

Infravermelho próximo (842 nm), e realçados por meio de ajustes de contraste definidos pelo usuário, levando em conta a extensão do conjunto de dados e valores predefinidos; (iii) Extração de valores significativos para cada ano amostrado, com foco nos anos de 2000, 2010, 2020 e 2024, visando identificar padrões e tendências na variação da cobertura vegetal ao longo desses períodos.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

Equação (1)

O índice é baseado em duas bandas do espectro eletromagnético: RED (vermelho) e NIR (infravermelho próximo). A primeira com domínio da absorção e a segunda da reflexão (Castro; Sanchez-Azofeifa; Sato, 2018). Os valores do índice oscilam de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, indicando uma vegetação densa, úmida e bem desenvolvida (Jarlan *et al.*, 2008). Os valores negativos ($NDVI < 0,1$) correspondem a corpos d'água, valores muito baixos ($NDVI < 0,18$) indicam áreas inférteis ou não vegetadas, já valores considerados moderados ($0,18 < NDVI < 0,23$) representam áreas com vegetação bastante esparsa ou alterada, enquanto ($0,23 < NDVI < 0,44$) expressam vegetação esparsa, florestas tropicais e temperadas e indicam a presença de “vegetação viva”, e por fim ($NDVI > 0,44$) expressa vegetação sadia e densa (Silveira *et al.*, 2022).

Os resultados obtidos estão apresentados por meio de gráficos elaborados no Excel e na plataforma do GEE, além dos mapas produzidos. Para calcular os valores do NDVI de cada ano, utilizou-se média aritmética, escolha apropriada nesse contexto pois permite capturar o comportamento geral da vegetação em uma área heterogênea, incluindo tanto zonas densamente vegetadas quanto áreas com pouca ou nenhuma vegetação. No caso estudado, os dados não apresentaram uma concentração significativa de *outliers*, o que reforça a escolha da média como a medida de tendência central mais adequada. Sua sensibilidade a todas as variações permite capturar de maneira mais fidedigna o comportamento da vegetação ao longo do tempo.

O raster (dado matricial) gerado (NDVI) na plataforma do GEE foi posteriormente exportado para o Software QGIS (QGIS TEAM, 2015) para fins de elaboração do layout.

Adicionalmente, foram obtidos dados secundários de cobertura do solo por meio da plataforma MapBiomas versão 8.0, que oferece dados anuais de cobertura e uso da terra de 1985 a

2022¹. A área em hectares de cada classe foi calculada multiplicando o número de pixels pela resolução espacial da imagem (900 m²) e subtraindo entre os anos. A plataforma permite a visualização e consulta da cobertura do solo por categorias, incluindo biomas, estados, municípios, regiões, bacias hidrográficas, UCs e terras indígenas (Matias; Soares; Mota, 2021).

O esquema de classificação do MapBiomas é um sistema hierárquico que combina classes de uso e cobertura do solo, compatível com os sistemas de classificação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As respectivas cores seguem referências de bases nacionais e internacionais de interpretação do uso e cobertura do solo.

Embora o MapBiomas utilize um processo totalmente automatizado, ainda apresenta algumas inconsistências, como pixels ruidosos em áreas consolidadas, o que é esperado em uma classificação automatizada por pixel (Neves *et al.*, 2020). As inconsistências identificadas durante a análise, como a presença de pixels ruidosos em áreas consolidadas, foram mitigadas por meio de uma abordagem comparativa entre os resultados do NDVI e os dados do MapBiomas, além de uma verificação cruzada com o plano de manejo da UC. O uso do NDVI permitiu uma análise contínua da variação temporal da vegetação, enquanto o MapBiomas forneceu uma visão mais detalhada e específica das mudanças na cobertura do solo, com subdivisões dentro da classe de vegetação (Rocha; Vieira; Silva, 2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espaço-temporal da cobertura vegetal nas áreas florestadas da APA de Guadalupe, por meio do NDVI, permitiu identificar e compreender as dinâmicas de mudança no uso e cobertura do solo ao longo do tempo. Os dados obtidos revelam padrões de degradação e regeneração da vegetação, evidenciando a influência de fatores naturais e antrópicos no território.

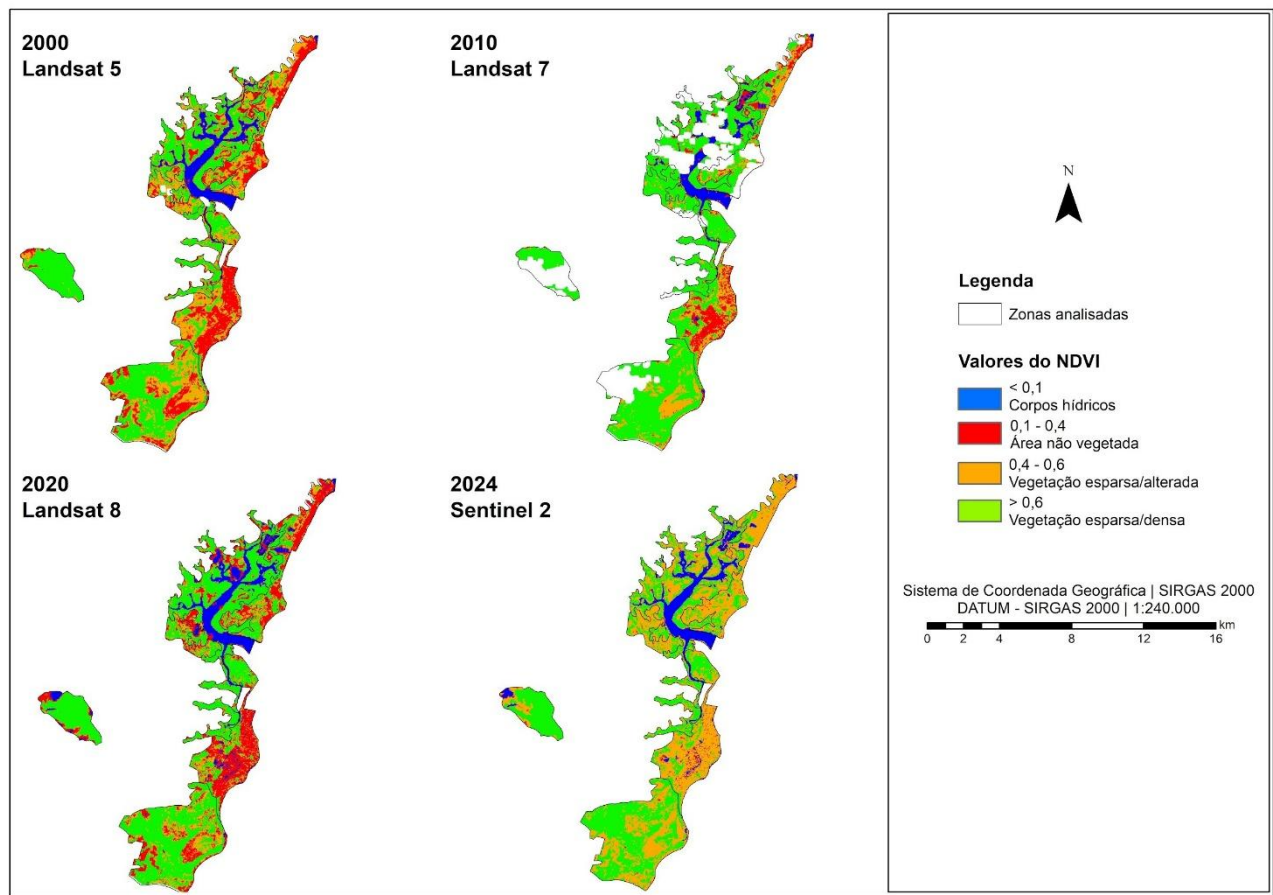
A Figura 3 apresenta a espacialização do índice, destacando variações na densidade e no vigor da vegetação, que refletem diretamente a influência de práticas de manejo, mudanças climáticas sazonais, desmatamento, regeneração natural e outras atividades humanas. As áreas com maior densidade de vegetação indicam condições ambientais mais adequadas e melhor nível de

¹ Os dados e mapas estão disponíveis de forma aberta e gratuita em: <https://mapbiomas.org/download/>

preservação, enquanto com valores reduzidos do NDVI sugerem impactos decorrentes da ação antrópica, como turismo, expansão imobiliária e supressão da vegetação nativa.

Além disso, a análise da série temporal do índice permitiu verificar a efetividade das políticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais na APA de Guadalupe, fornecendo subsídios para o planejamento ambiental e a gestão territorial da UC.

Figura 3: Valores médios de NDVI na APAG para análise da cobertura vegetal (2000-2024)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A Tabela 1 apresenta os valores médios do NDVI para cada uma das zonas analisadas ao longo das décadas, no período de 2000 a 2024.

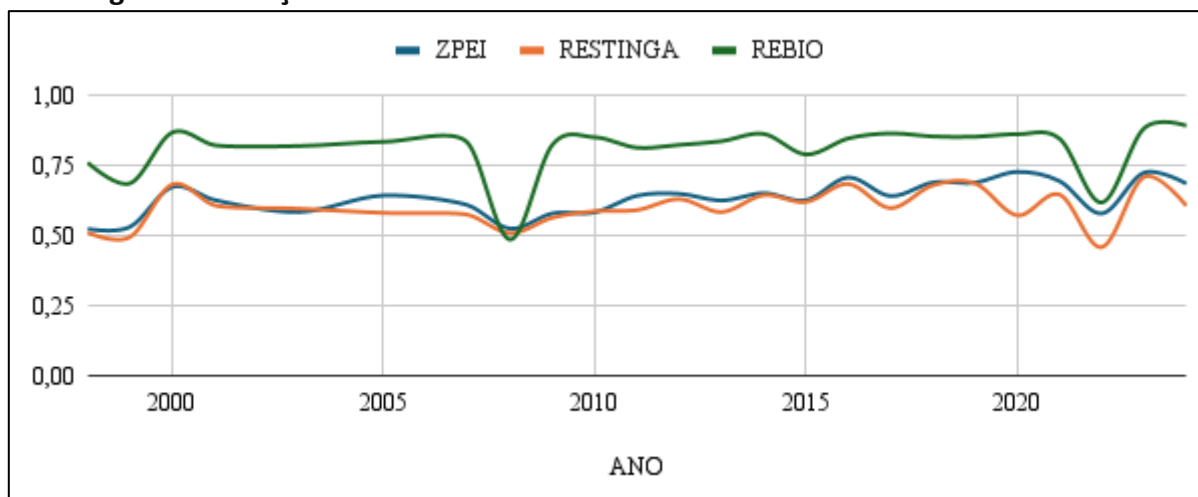
Tabela 1: Valores médios de NDVI de acordo com áreas analisadas

ANO	REBIO	RESTINGA	ZPEI
2000	0,867	0,682	0,673
2010	0,850	0,587	0,583
2020	0,861	0,572	0,727
2024	0,891	0,606	0,685

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Esses padrões de variação estão ainda mais detalhados na Figura 4, que compara diferentes momentos temporais, evidenciando as mudanças específicas em cada período analisado e proporcionando uma visão integrada das transformações ambientais nas áreas analisadas.

Figura 4: Variação dos valores médios de NDVI de acordo com áreas analisadas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Para a área da REBIO, os valores do índice mostram uma tendência crescente ao longo dos anos analisados. Em 2000, o NDVI foi de 0,867, enquanto em 2010 apresentou um leve declínio para 0,850. Nos anos subsequentes, houve um aumento consistente, atingindo 0,861 em 2020 e mantendo-se elevado em 2024 com 0,891. Esses resultados indicam uma recuperação e um aumento da densidade da vegetação ao longo do tempo nessa zona.

A recuperação observada na REBIO pode ser atribuída à implementação de políticas de proteção integral e manejo sustentável. Ao verificar a distribuição dos valores dos pixels amostrados, pode-se afirmar que o NDVI é um índice eficiente e auxilia na compreensão e elucidação dos objetivos propostos. Mauri *et al.* (2013) destacaram que o NDVI possui elevada capacidade de discriminação dos alvos, o que reforça sua aplicabilidade em análises como esta. No entanto, a efetividade das políticas de proteção também depende de fatores como fiscalização, engajamento comunitário e disponibilidade de recursos. As limitações observadas, como o leve declínio do NDVI em 2010, podem estar relacionadas a episódios de perturbação climática ou atividades ilegais de exploração que, mesmo temporárias, impactam a vegetação. Esses resultados demonstram que, apesar dos avanços obtidos, ainda há desafios para alcançar uma estabilidade plena nas condições ambientais da área protegida, ressaltando a importância de esforços contínuos para sua conservação e gestão sustentável.

Na Restinga, os valores de NDVI variaram de forma mais irregular. Em 2000, o NDVI foi de 0,682, seguido por uma leve queda para 0,587 em 2010. A partir de 2010 houve uma oscilação nos valores, mas com tendência positiva, após uma queda brusca em 2021, os valores voltaram a subir. Esse padrão sugere que a vegetação na Restinga passou por flutuações, possivelmente devido a fatores ambientais ou intervenções humanas.

A instabilidade nos valores de NDVI na Restinga reflete a vulnerabilidade desse ecossistema costeiro a pressões ambientais, como salinidade elevada, mudanças climáticas e ocupação humana desordenada. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Marascalki, Furtado e Jesus (2011) que analisaram a influência de atividades humanas na dinâmica da vegetação no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, onde períodos de proteção e manejo efetivo resultaram em recuperação significativa. Por exemplo, entre 1987 e 1999, antes da criação do parque nacional, observou-se uma redução significativa nos valores de NDVI. Após a implementação do parque, o índice aumentou de forma expressiva, evidenciando o impacto positivo de medidas de conservação.

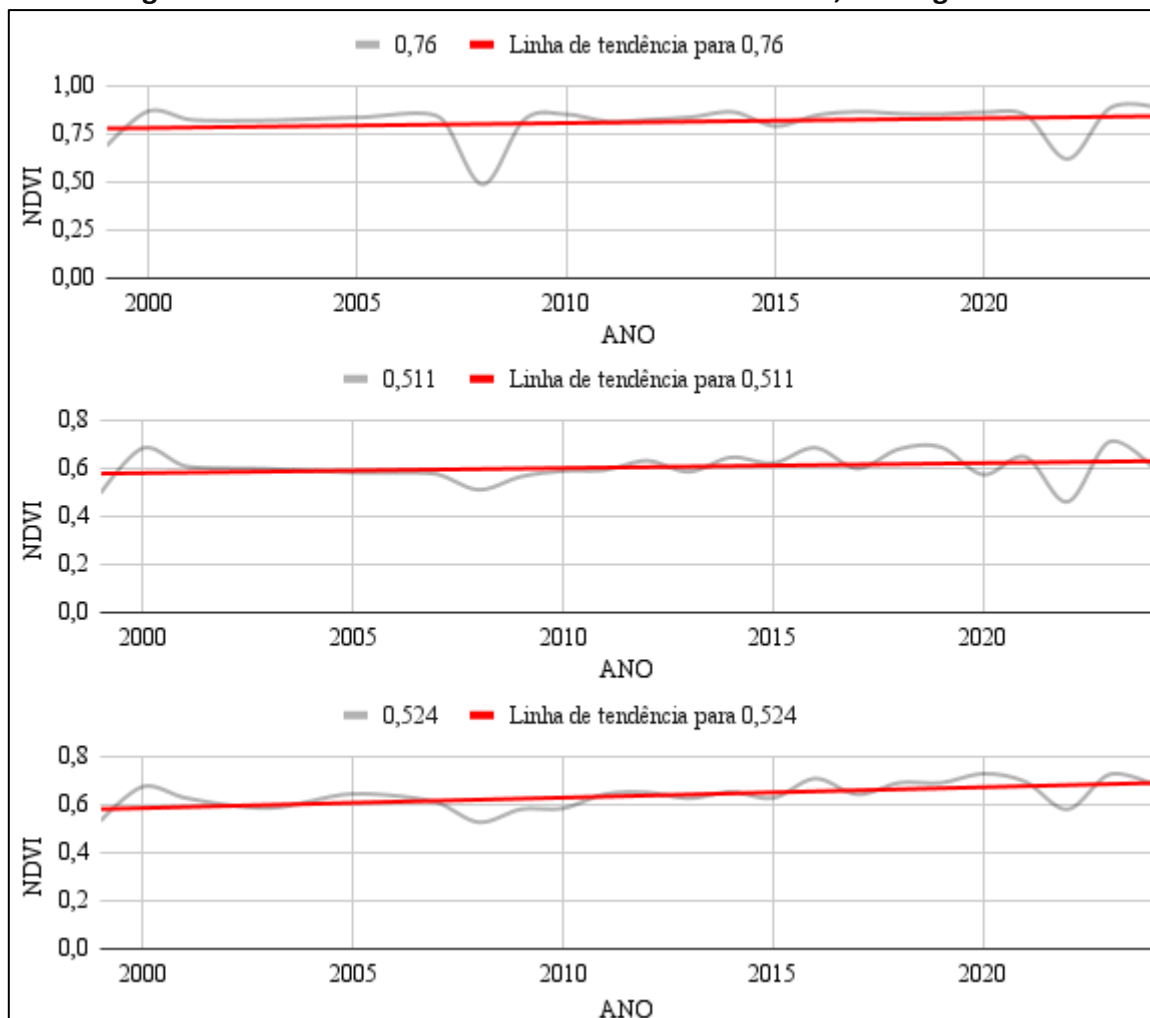
Para a ZPEI, os valores de NDVI também mostram uma tendência de aumento. Em 2000, o NDVI foi de 0,673, seguindo uma média de valores que oscilaram, chegando ao valor mínimo de 0,583, e atingindo um pico de 0,727 em 2020. Em 2024, o NDVI se manteve elevado em 0,685, indicando uma vegetação densa e saudável ao longo do período analisado.

A redução observada na vegetação entre 2020 e 2024 pode ser atribuída ao impacto da intensificação das pressões antrópicas. Fatores como a especulação imobiliária e a expansão urbana, enfatizados por Silva e Selva (2023) na APAG e que também têm contribuído para a degradação dos manguezais em outras APAs costeiras do Brasil (Bonaldi; Roderjan, 2017; Benevides *et al.*, 2023; Mata; Souza, 2023). Além disso, as variações climáticas, que provocam o aumento da salinidade e a deficiência de oxigênio nas raízes, podem ter influenciado a dinâmica da vegetação, resultando no seu declínio em algumas porções da ZPEI. Esse padrão de degradação é igualmente observado nos manguezais de diversas regiões do mundo (Van Hespén *et al.*, 2023).

Analisando a Figura 5 podemos observar distintas dinâmicas de cobertura vegetal ao longo do período de 2000 a 2020 para as três zonas analisadas. A ZPEI apresentou uma leve tendência de aumento no NDVI, indicando uma possível recuperação ou intensificação da vegetação, possivelmente devido a práticas de manejo sustentável ou reabilitação ambiental. A Restinga, por sua vez, mostrou variações anuais mais significativas no NDVI, mas sem uma tendência clara de aumento ou diminuição, refletindo a fragilidade e a sensibilidade desse ecossistema costeiro a fatores climáticos e antrópicos. Já a REBIO, como uma UC de proteção integral, manteve-se

relativamente estável ao longo dos anos, com poucas variações no índice, o que sugere que as medidas de preservação têm sido eficazes na manutenção da sua vegetação.

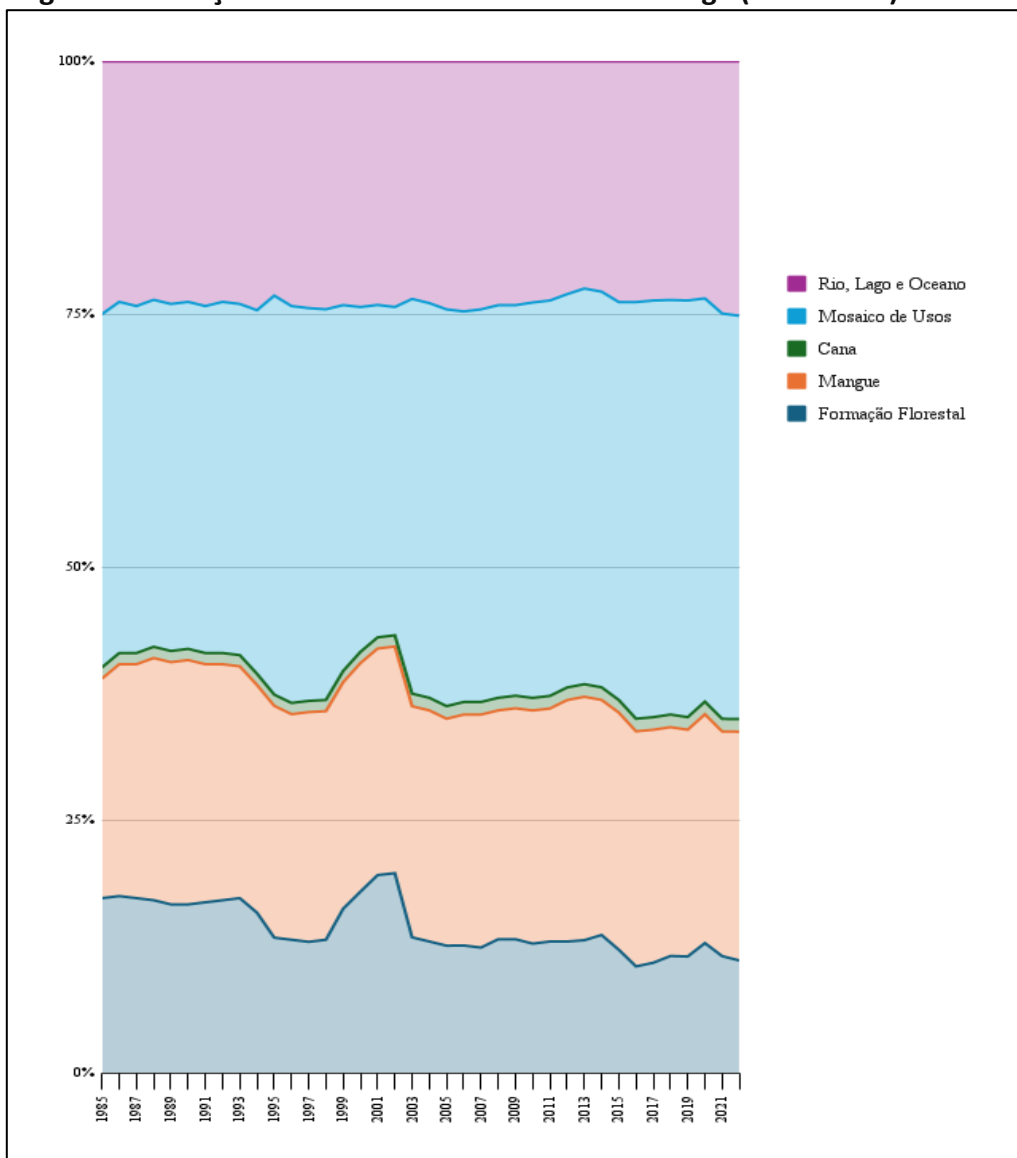
Figura 5: Linha de tendência do NDVI das zonas REBIO, Restinga e ZPEI



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Ao cruzarmos esses resultados com os dados apresentados no projeto MapBiomias, observamos uma convergência significativa nas tendências de cobertura vegetal nas zonas florestadas da APAG. Apesar dos esforços de conservação na zona de Restinga (Figura 6), a tendência geral ainda revela uma redução na área florestada e de mangue. As formações majoritariamente nativas, que inicialmente ocupavam uma porção significativa do território, apresentaram uma diminuição notável a partir do final da década de 1990, com a redução de maneira consistente. Embora haja uma recuperação parcial nos anos seguintes, a extensão destas áreas não retorna aos níveis iniciais, indicando que, apesar das medidas de conservação, as pressões sobre esse ecossistema continuam a impactar negativamente sua extensão.

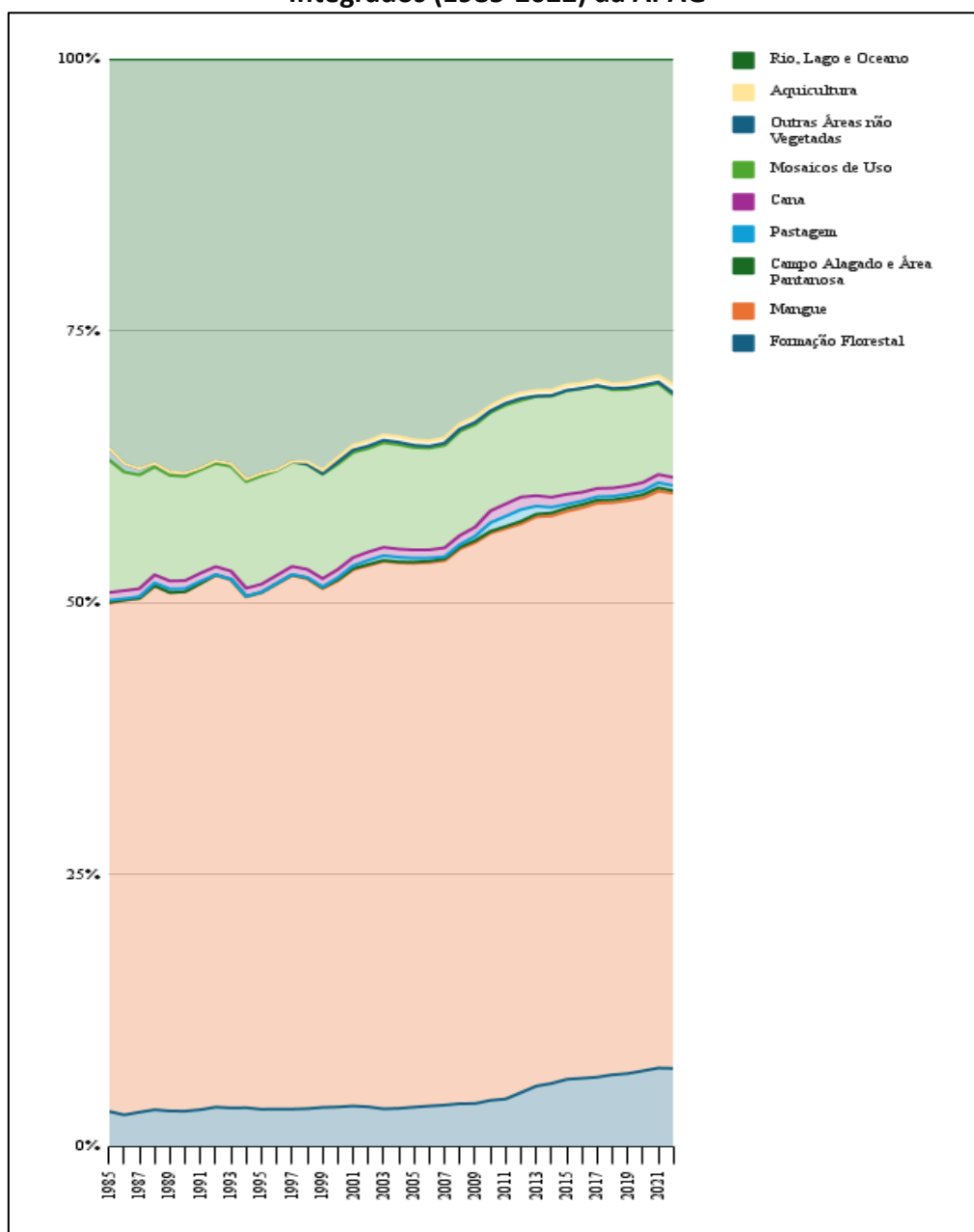
Figura 6: Evolução do uso do solo na Zona de Restinga (1985-2022) da APAG



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Para a ZPEI, confirmando as tendências observadas na análise do NDVI, destacam-se mudanças significativas na cobertura vegetal ao longo do tempo. Conforme ilustrado no gráfico de evolução do uso do solo (Figura 7), houve um crescimento contínuo nas formações vegetais desde o final dos anos 1990, refletindo um processo de recuperação. Embora a densidade da vegetação tenha mostrado sinais de recuperação em determinados períodos, a pressão constante de atividades humanas e mudanças ambientais ainda gera forte impacto para um provável retorno a níveis mais elevados.

Figura 7: Evolução do uso do solo na Zona de Proteção Ambiental Estuarina e Ecossistemas Integrados (1985-2022) da APAG

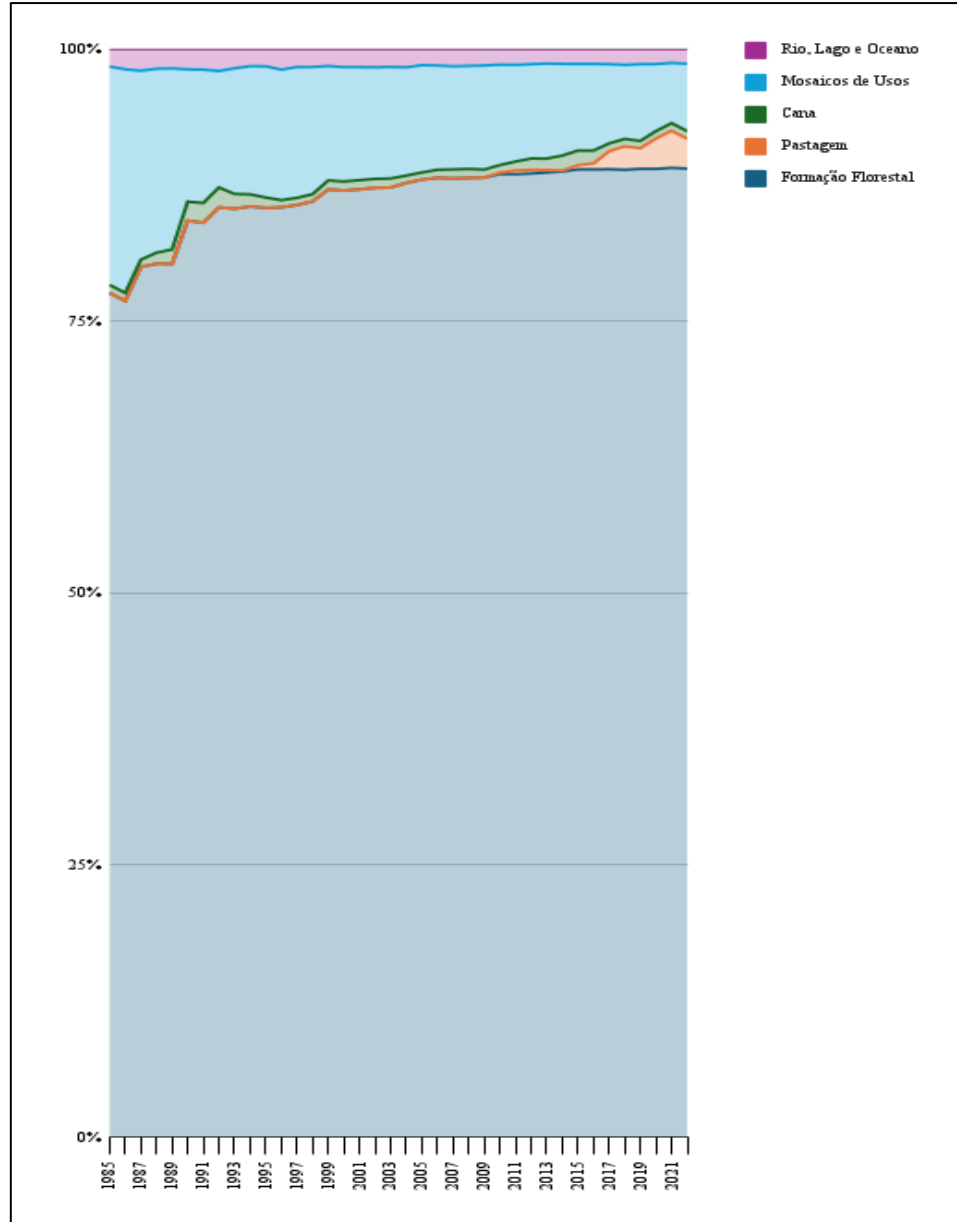


Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Por fim, o gráfico de evolução do uso do solo na REBIO (Figura 8) evidencia uma melhoria significativa na cobertura vegetal da área entre 1985 e 2022. Observa-se uma recuperação notável na formação florestal, especialmente após um período de relativa estabilidade no final da década de 1990. A partir dos anos 2000, essa recuperação se intensifica, com um aumento consistente das áreas florestais ao longo das décadas subsequentes. Essa tendência de crescimento indica que as medidas de preservação e recuperação implementadas na REBIO têm sido eficazes, resultando em

uma vegetação mais densa e saudável. Os dados do NDVI corroboram essa observação, evidenciando o aumento consistente nos índices de vegetação ao longo dos anos.

Figura 8: Evolução do uso do solo na Zona da REBIO (1985-2022) da APAG



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os dados apresentados ao longo desta análise espaço-temporal revelam uma série de tendências distintas e importantes nas áreas florestadas da APA de Guadalupe. Na REBIO, observou-se uma recuperação consistente e significativa da vegetação ao longo dos anos, evidenciada pelo aumento nos valores de NDVI e pela expansão das áreas de formação florestal. Esses resultados

indicam que as medidas de preservação estão tendo um impacto positivo, contribuindo para uma vegetação mais densa e saudável.

Por outro lado, na Restinga, os valores de NDVI mostraram flutuações, sugerindo que essa zona está mais suscetível a variações ambientais e intervenções humanas, apesar dos esforços de conservação. Já na ZPEI, os dados tanto do NDVI quanto do MapBiomas indicam uma recuperação contínua da vegetação desde o final dos anos 1990, embora a pressão de atividades humanas e mudanças ambientais ainda represente um desafio para a estabilidade da sua cobertura vegetal.

5. CONCLUSÃO

A análise espaço-temporal da cobertura vegetal nas áreas florestadas da APA de Guadalupe, utilizando o NDVI, revelou variações relevantes ao longo dos anos. A REBIO destacou-se pela tendência crescente de recuperação e densificação da vegetação, o que reflete a eficácia das medidas de preservação implementadas. Essa tendência é corroborada pelos dados do MapBiomas, que indicam uma vegetação progressivamente mais densa e saudável, especialmente a partir dos anos 2000.

Por outro lado, a Restinga apresentou um comportamento mais irregular, historicamente marcada pela ação humana como o principal fator de degradação. Essa variação sugere que a Restinga é um ecossistema particularmente vulnerável, suscetível tanto a fatores ambientais quanto a intervenções antrópicas, ressaltando a necessidade de estratégias de conservação mais específicas e sensíveis para essa subzona.

Na ZPEI, os dados indicam um processo contínuo de recuperação vegetal desde o final dos anos 1990. No entanto, apesar desses sinais de recuperação, a pressão constante das atividades humanas e das mudanças ambientais ainda representa um desafio significativo para a estabilidade da cobertura vegetal nessa zona. Tanto a Restinga quanto a ZPEI enfrentam riscos iminentes devido à proximidade com a zona de visitação, onde se realizam atividades de lazer marítimo, especialmente os passeios náuticos nos estuários.

Estes resultados sublinham a importância de considerar as particularidades de cada zona na formulação e implementação de estratégias de monitoramento e conservação, assegurando a proteção e a sustentabilidade das diferentes fisionomias analisadas. Recomenda-se, portanto, a continuidade de pesquisas focadas no padrão da vegetação e nas espécies de flora ameaçadas de extinção na região. Além disso, a adoção de estratégias de manejo adaptativo, alinhadas às especificidades de cada zona, será crucial para garantir a preservação da biodiversidade e mitigar

os impactos negativos das pressões socioambientais. Essas medidas são essenciais para assegurar a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros da APA de Guadalupe a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ARJASAKUSUMA, S.; YAMAGUCHI, Y.; HIRANO, Y.; ZHOU, X. ENSO- and Rainfall-Sensitive Vegetation Regions in Indonesia as Identified from Multi-Sensor Remote Sensing Data. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 103, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/7/3/103>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- AYOUB, J. P.; OLIVEIRA, M. R. N.; FREITA, F. H.; MELLO, M. E. Ações antrópicas e a associação com as mudanças climáticas. **Journal of Business and Management (IOSR-JBM)**, [S. l.], v. 26, n. 12, p. 21–27, 2024. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue12/Ser-9/C2612092127.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- BARBOSA, D. L. S.; ALMEIDA, K. S.; SOUSA JÚNIOR, E. L.; MORAIS, R. C. S.; IWATA, B. F. Padrões Espaciais e Usos da Terra em Manguezais do Delta do Parnaíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 3881–3890, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v14.7.p3881-3890. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/250740>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- BENEVIDES, J. DE A. J.; MAIA, R. C.; SILVA, I. H. C. V. Monitoramento fenológico para avaliação de impacto ambiental em manguezais estuarinos no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 1631–1653, out. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/nvXrKFjyWvCqdm7rZJnGsjn/>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- BENEVIDES, J. de A. J.; SILVA, A. da C.; BENEVIDES, D. J. A.; BEZERRA, L. E. A. Estudo espaço-temporal comparativo da resposta espectral da vegetação da APA do Estuário do Rio Curu e entorno com uso de imagens multiespectrais. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 14, p. 1–20, out. 2023. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/1318>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- BONALDI, R. A.; RODERJAN, C. V. Levantamento florístico e caracterização estrutural de um manguezal na APA de Guaraqueçaba, Paranaguá, PR. **Acta Biológica Catarinense**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 19–28, 2017. DOI: 10.21726/abc.v4i1.486. Disponível em: <https://periodicos.univille.br/ABC/article/view/486>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- 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. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 15 jan. 2025.
- BRASIL. Ministério de Meio Ambiente – Departamento de Áreas Protegidas. **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. 2024. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 15 jan. 2025.

CASTRO, S. M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; SATO, H. Effect of drought on productivity in a Costa Rican tropical dry forest. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 045001, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aaacbc>. Acesso em: 15 jan. 2025.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing Of Environment**, [S. l.], v. 113, n. 5, p. 893–903, maio 2009. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>. Acesso em: 13 ago. 2024.

GUHA, S.; GOVIL, H.; DEY, A.; GILL, N. Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples City, Italy. **European Journal of Remote Sensing**, [S. l.], v. 51, n. 1, p. 667–678, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494>. Acesso em: 10 jan. 2025.

JARLAN, L; MANGIAROTTI, S.; MOUGIN, E.; MAZZEGA, P.; HIERNAUX, P.; DANTEC, V. L. Assimilation of SPOT/VEGETATION NDVI data into a sahelian vegetation dynamics model. **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 112, n. 4, p. 1381–1394, apr. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003442570700329X>. Acesso em: 13 ago. 2024.

LINS-DE-BARROS, F. M.; HOYOS, G. Distribuição populacional e abrangência espacial dos instrumentos de gestão na zona costeira do Brasil: avanços, lacunas e desafios. **Revista da ANPEGE**, [S. l.], v. 17, n. 33, p. 98–127, 2021. DOI: 10.5418/ra2021.v17i33.11555. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/anpege/article/view/11555>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MARASCALKI, B.; FURTADO, A. L. DOS S.; JESUS, N. de. Análise temporal do NDVI da vegetação do Parna da restinga de Jurubatiba, RJ. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. p. 1–8. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/902482>. Acesso em: 19 jan. 2025.

MATA, A. L. A.; SOUZA, J. R. Análise da dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental Bonfim-Guaraíra/RN. **Sociedade e Território**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 93–112, 2024. DOI: 10.21680/2177-8396.2023v35n3ID32530. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/32530>. Acesso em: 15 jan. 2025.

MATIAS, R. A. M.; SOARES, T. S.; MOTA, J. H. Desmatamento em vegetação nativa decorrente da alteração do uso do solo no município de Jataí-GO. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 40, p. 151–168, 2021. DOI: 10.5216/revgeoamb.i40.68346. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/68346>. Acesso em: 13 ago. 2024.

MAURI, Q. V.; LOPES, M. I. A.; SAVEDRA, O. M.; ROCHA, P. F. E.; LEIKO, C. M.; ROSA, S. A. Análise temporal da dinâmica florestal em área de reflorestamento por meio de índices de vegetação. **Revista Geográfica Venezolana**, Mérida, v. 54, n. 2, p. 225–239, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347731126004.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2025.

NEVES, A. K.; KÖRTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; ESCADA, M. I. S. Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome. **Acta Amazonica**, [S. l.], v. 50, n. 2, p. 170–182, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/FsCzXK8TVrCLpjdvm9jq5P/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

PAULA, A. L. de S.; LIMA, B. K. de S.; MAIA, R. C. The recovery of a degraded mangrove in Ceará through the production of *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. (Combretaceae) and *Avicennia* sp. Stapf ex Ridl (Acanthaceae) SEEDLINGS. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 377–385, maio, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/qb7fvprFjh6BmRRVz3DTwrf/?lang=en#>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PERNAMBUCO. Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Turismo –SETUR. Unidade Executora Estadual do PRODETUR –UEE/PE. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental de Guadalupe**. 2011. Disponível em: https://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/encartes_apa_guadalupe.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

QGIS TEAM, Q. D. **QGIS Geographic Information System: Free Software Foundation**. 2015. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>. Acesso em: 11 maio. 2024.

ROCHA, J. V. V.; VIEIRA, V. de C. B.; SILVA, A. J. da. Spatio-temporal analysis of the expansion of soybean cultivation in Uruçuí - Piauí. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e37411629174, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29174. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29174>. Acesso em: 13 aug. 2024.

SELVA, V. S. F. Litoral da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe: de ambiente natural a espaço do turismo. **Revista Nordestina de Ecoturismo**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 8–16, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/ESS1983-8344.2012.001.0001>. Acesso em: 12 ago. 2024.

SILVA, L. M. B. da. **Turismo na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, PE – Brasil: uma análise da efetividade de gestão**. 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38976>. Acesso em: 4 abr. 2024.

SILVA, L. M. B. da; SELVA, V. S. F. Turismo e conflitos socioambientais no Litoral Sul de Pernambuco: caso da Área de Proteção Ambiental de Guadalupe. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 1–26, 2023. DOI: 10.35701/rcgs.v25.901. Disponível em: [//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/901](https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/901). Acesso em: 4 abr. 2024.

SILVEIRA, N. T.; SANTOS, T. O. dos.; TIBÚRCIO, I. M.; GALVÍNCIO, J. D. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a análise espaço-temporal da Bacia Hidrográfica do rio Terra Nova (Pernambuco). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 20–29, 2022. Disponível em: <https://zenodo.org/records/7510928>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SINGGALEN, Y. A. Tourism infrastructure development and transformation of Vegetation Index in Dodola Island of Morotai Island Regency. **Journal of Information Systems and Informatics**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 130–144, 2022. Disponível em: <https://journal-isi.org/index.php/isi/article/view/230>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SINGGALEN, Y. A.; GUDIATO, C.; PRASETYO, S. Y. J.; FIBRIANI, C. Mangrove monitoring using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): case study in north Halmahera, Indonesia. **Journal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 219–239, 2021. Disponível em: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/34771/22203>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SWANSON, D. K. Start of the green season and Normalized Difference Vegetation Index in Alaska's Arctic National Parks, **Remote Sensing**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/13/2554>. Acesso em: 10 jan. 2025.

VAN HESPEN, R.; HU, Z.; BORSJE, B.; DOMINICIS, M.; FRIESS, D. A.; JEVREJEVA, S.; KLEINHANS, M. G.; MAZA, M.; VAN BIJSTERVELDT, C. E. J.; STOCKEN, T. V.; VAN WESENBEECK, B.; XIE, D.; BOUMA, T. J. Mangrove forests as a nature-based solution for coastal flood protection: biophysical and ecological considerations. **Water Science and Engineering**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237022000874>. Acesso em: 10 jan. 2025.

WEI, C.; CHEN, J.; CHEN, J. M.; YU, J. C.; CHENG, C. P.; LAI, Y. J.; CHIANG, P. N.; HONG, C. Y.; TSAI, M. J.; WANG, Y. N. Evaluating relationships of standing stock, LAI and NDVI at a subtropical reforestation site in Southern Taiwan using field and satellite data. **Journal of Forest Research**, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 250–259, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13416979.2020.1783752>. Acesso em: 10 jan. 2025.

Artigo submetido em: 15/08/2024

Artigo aceito em: 05/03/2025

Artigo publicado em: 06/04/2025



*Este é um artigo publicado com acesso aberto sob Licença Creative Commons
Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0)*