

# **ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PAISAGEM NA ZONA DE AMORTECIMENTO DA RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DE SÃO JOÃO DA PONTA, PARÁ, BRASIL**

Wellington Augusto Andrade Fernandes<sup>1</sup>

Márcia Aparecida da Silva Pimentel<sup>2</sup>

## **RESUMO**

Analisando a zona de amortecimento (ZA) da Reserva Extrativista (RESEX) Marinha de São João da Ponta - Pará desde a criação em 2002 até 2022, a partir dos fragmentos de florestas (formação florestal, mangue e floresta alagável) organizados por tamanho: (1) pequeno (até 10 ha), (2) médio (10 a 100 ha) e (3) grande (maior que 100 ha) foi realizada a análise do uso e cobertura da terra e aplicação de métricas de ecologia de paisagens para o número de manchas/fragmentos (NP) e área de todas as manchas da classe (CA) e soma das borda (TE), além do uso de aeronave remotamente pilotada (ARP). Constatou-se o aumento considerável das classes de pastagem (91,65%) e de área urbanizada (130,33%), em contrapartida a classe floresta alagável diminuiu 16,23%, juntamente com a classe de formação florestal em 17,78%, somente o mangue aumentou em cerca de 1,43%. Verificou-se que o uso em conjunto de métricas de ecologia de paisagens interligadas à utilização de ARP foi eficaz no estudo das dinâmicas da ZA.

**Palavras-chaves:** Ecologia de Paisagens; Geotecnologias; Unidades de conservação; Planejamento ambiental.

## **ABSTRACT**

Analyzing the buffer zone (ZA) of the São João da Ponta Marine Extractive Reserve (RESEX) of São João da Ponta - Pará from its creation in 2002 until 2022, based on forest fragments (forest formation, mangrove, and floodplain forest) organized by size: (1) small (up to 10 ha), (2) medium (10 to 100 ha), and (3) large (greater than 100 ha), an analysis of land use and cover was performed and landscape ecology metrics were applied to the number of patches/fragments (NP) and area of all patches in the class (CA) and sum of edges (TE), in addition to the use of remotely piloted aircraft (RPA). A considerable increase was observed in the classes of pasture (91.65%) and urbanized area (130.33%), while the class of floodplain forest decreased by 16.23%, together with the class of forest formation by 17.78%; only mangroves increased by

<sup>1</sup> Doutor em Geografia; Instituto Federal do Pará - IFPA; Belém/PA, Brasil; E-mail: [w.fernandes@ifpa.edu.br](mailto:w.fernandes@ifpa.edu.br)

<sup>2</sup> Doutora em Geografia; Universidade Federal do Pará - UFPA; Belém/PA, Brasil; E-mail: [mapimentel@ufpa.br](mailto:mapimentel@ufpa.br)

about 1.43%. It was found that the combined use of landscape ecology metrics linked to the use of RPAs was effective in studying the dynamics of the ZA.

**Keywords:** Landscape Ecology; Geotechnologies; Conservation Units; Environmental planning.

## RESUMEN

Analizando la zona de amortiguación (ZA) de la Reserva Extractiva (RESEX) Marina de São João da Ponta - Pará desde su creación en 2002 hasta 2022, a partir de los fragmentos de bosques (formación forestal, manglares y bosques inundables) organizados por tamaño: (1) pequeño (hasta 10 ha), (2) mediano (10 a 100 ha) y (3) grande (más de 100 ha), se realizó el análisis del uso y la cobertura del suelo y la aplicación de métricas de ecología del paisaje para el número de manchas/fragmentos (NP) y el área de todas las manchas de la clase (CA) y la suma de los bordes (TE), además del uso de aeronaves pilotadas a distancia (ARP). Se observó un aumento considerable de las clases de pastizales (91,65 %) y de área urbanizada (130,33 %), mientras que la clase de bosque inundable disminuyó un 16,23 %, junto con la clase de formación forestal en un 17,78 %, solo el manglar aumentó en alrededor de un 1,43 %. Se comprobó que el uso conjunto de métricas de ecología de paisajes interconectadas con el uso de ARP fue eficaz en el estudio de la dinámica de la ZA.

**Palabras claves:** Ecología del paisaje; Geotecnologías; Unidades de conservación; Planificación ambiental.

## INTRODUÇÃO

As florestas de manguezais são um ecossistema costeiro único na natureza e ao mesmo tempo vulnerável frente aos impactos climáticos. Dessa maneira, os manguezais oferecem diversos serviços ecossistêmicos às comunidades tradicionais em seu sustento, entretanto é preciso buscar formas de promover soluções para sua gestão efetiva, visto que a diminuição de áreas ocupadas originalmente por florestas resulta na perda do valor monetária dos serviços ecossistêmicos (Pereira; Fernandes e Vieira, 2024). Um caminho na procura da gestão efetiva das florestas é sem dúvida a inclusão da participação dos usuários dos recursos naturais na busca por estratégias de conservação no manguezal frente a ameaças como o desmatamento (Galvão *et al.*, 2024).

A Amazônia Brasileira apresenta importantes áreas de florestas se comparada ao restante do planeta, porém, ao mesmo tempo apresenta elevadas taxas de desmatamento, resultante da perda de sua cobertura vegetal de extensas áreas, decorrente da expansão das fronteiras agrícola com a expansão de áreas de cultivo e pastagem, e pela abertura de estradas intimamente relacionada com a especulação e uma cadeia de invasões (Cabral *et al.*, 2018; Ferigato *et al.*, 2021).

O estado do Pará figura entre as principais unidades da federação que mais tem desmatado a Amazônia Brasileira (INPE, 2024). Dentre os reflexos no aumento das taxas de desmatamento na Amazônia nos últimos anos, há graves efeitos sobre o clima com alteração nos padrões de temperatura do ar, sobre a saúde humana com o aumento da proliferação de vetores de doenças como a doença de Chagas (Ribeiro *et al.*, 2023; Muniz *et al.*, 2022; Assis; Lima; Campos, 2022).

Em função da gama de possíveis abordagens, a referida pesquisa optou em discutir sobre as dinâmicas das paisagens a partir do estudo da vertente ligada à estrutura da paisagem e suas métricas, utilizando-se do enfoque multitemporal (nos anos de 2002 a 2022) na Zona de Amortecimento (ZA) da Reserva Extrativista (RESEX) Marinha de São João da Ponta, localizada no Estado do Pará.

A ZA da RESEX Marinha de São João da Ponta, que é o entorno da Unidade de Conservação (UC) no raio de 3 km (CONAMA, 2010), essa área é composta por partes de três municípios: São João da Ponta, Curuçá e São Caetano de Odivelas. Estando localizada na mesorregião nordeste paraense, microrregião do Salgado, a região também é caracterizada pelo bioma marinho costeiro, cercado pelos rios Mocajuba e Mojuim que dão nome a Associação dos Usuários da Reserva Extrativista Marinha (AUREM) Mocajuim, com extensas áreas de floresta (formação florestal, floresta alagável e mangue) e ricas em biodiversidade (IBGE, 2023; ICMBIO/IBAMA, 2010; Projeto MAPBIOMAS, 2023; Souza Jr. *et al.*, 2020).

É necessário frisar que a ZA é o entorno da UC e que deve ter uma delimitação única a partir de estudos de suas características locais (BRASIL, 2000). Em regra essa delimitação da ZA ocorre no ato de criação da unidade (incomum) ou no plano de manejo (mais comum), e quando não há essa delimitação considera-se um raio de 3km no entorno da UC como ZA, conforme resolução nº 10 do CONAMA (2010).

A relevância da pesquisa está relacionada principalmente ao fato da ausência ou pouca

informação a respeito das ZA de UC, sobretudo na questão do desflorestamento, fragmentação florestal e do efeito de borda que ocorre sobre os fragmentos de florestas no entorno das UC, ou seja, nas ZA. Na medida em que, o processo de ocupação desordenado dessas áreas, observado através de dados de uso e cobertura da terra é quase sempre praticado sem a observância da legislação ambiental vigente e dos objetivos estabelecidos no processo de planejamento individual de cada UC e de sua respectiva ZA (Moraes; Mello; Toppa, 2015).

A pesquisa buscou analisar as mudanças nas paisagens através de dados de uso e cobertura da terra na ZA da RESEX Marinha de São João da Ponta/PA, no período de 2002-2022 e com uso de métricas de paisagens interligadas à utilização de ARP no estudo da dinâmica da ZA da RESEX Marinha de São João da Ponta/PA.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### Área de estudo

A área de estudo compreende a Zona de Amortecimento da RESEX Marinha de São João da Ponta (ZARMSJP) que está localizada predominantemente no município de São João da Ponta (PA), município que até 1995 era uma vila rural do município de São Caetano de Odivelas, até ser desmembrado e tornar-se um município independente (Rodrigues, 2013). Já a RESEX Marinha de São João da Ponta foi criada em 2002 através de decreto federal visando assegurar a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais locais, aspirando a proteção da cultura e dos meios de vida da população extrativista (BRASIL, 2002).

Atualmente, o município de São João da Ponta (Figura 1) conta com uma população de 4.430 habitantes distribuída em área territorial de 195,918 km<sup>2</sup>, utilizando como referência de indicador populacional, o referido município possui uma densidade demográfica de 22,61 hab/km<sup>2</sup>, dessa forma considerado um território pouco povoado (IBGE, 2022).

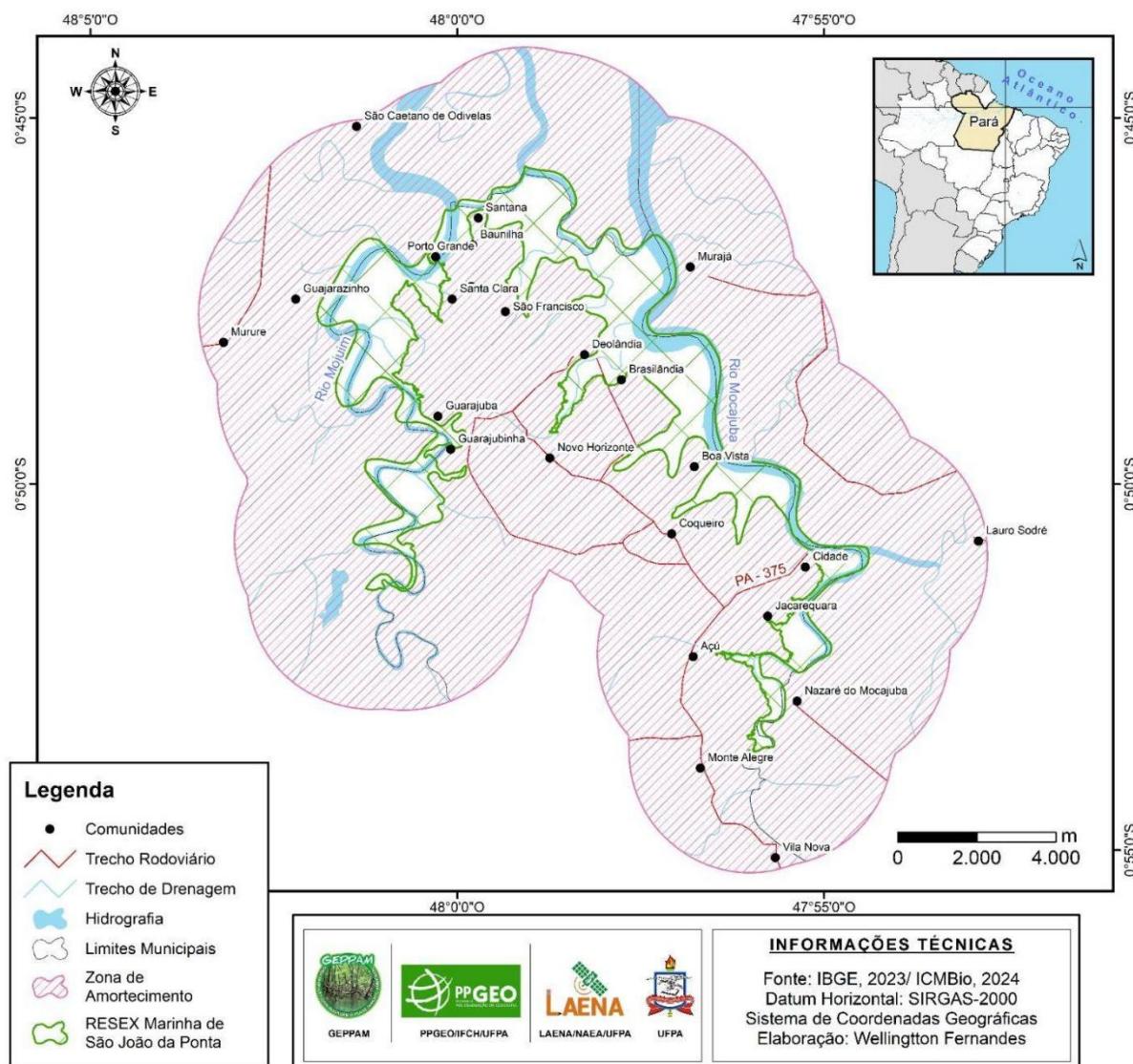
**Figura 1 - Fotografia da sede do município de São João da Ponta/PA.**

Fonte: Elaboração própria com utilização de ARP (2024).

Segundo ICMBio/IBAMA (2010) a região é caracterizada pelo bioma marinho costeiro, imprescindível na proteção de áreas compostas por manguezais, além da proteção desses recursos a referida RESEX é utilizada por comunidades tradicionais extrativistas que habitam seu entorno.

A ZARMSJP (figura 2) está localizada na zona costeira paraense, possuindo área de aproximadamente 232,026 km<sup>2</sup> (ICMBIO, 2024). Segundo Fernandes (2019), a ZARMSJP ocupa parte dos municípios de São João da Ponta (38,62%), Curuçá (28,38%) e São Caetano de Odivelas (33%) em relação à área total de cada um dos municípios inseridos dentro dos limites da ZARMSJP, no qual fazem parte um total de 23 comunidades, destas 17 pertencentes a São João da Ponta, 3 pertencentes a Curuçá e 3 pertencentes a São Caetano de Odivelas.

**Figura 2 - Mapa da Zona de Amortecimento da RESEX Marinha de São João da Ponta/PA, Brasil.**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados IBGE (2023) e ICMBio (2024).

Em função da RMSJP ainda não possuir plano de manejo, ou seja, ainda não foi definida sua ZA a partir de estudos individualizados levando em consideração as características únicas do território. Dessa maneira, foi utilizado como referência de ZA para UC sem plano de manejo que consiste em aplicar um raio de 3.000 m no entorno dos limites da RMSJP, conforme disposto na resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (CONAMA, 2010).

### Etapas metodológicas

Os procedimentos metodológicos adotados foram concebidos objetivando responder aos objetivos pretendidos na pesquisa, iniciando com a etapa (Análises das mudanças) com a realização da análise de dados de uso e cobertura da terra referentes ao Projeto Mapbiomas (2023) e Souza Jr *et al.* (2020), e posterior aplicação de métricas de ecologia de paisagens, além do monitoramento de autos de infração com Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e integração de dados para o monitoramento.

Optou-se pela utilização da distância de amortecimento (*buffer distance*) que consiste na designação de uma faixa de distância em volta de uma feição ponto, linha ou polígono (Lang; Blaschke, 2009). Para manipulação do BDGeo, e demais operações com dados vetoriais e matriciais foi utilizado o software ArcGIS/ArcMAP versão 10.3.1 (ESRI, 2015), inclusive para a criação do *buffer* de 3 km considerado como ZA para a RMSJP. Objetivando relacionar as mudanças entre as classes de uso e cobertura da terra foi produzido o diagrama de Sankey que foi elaborado no software R Studio a partir de dados do Projeto Mapbiomas (2023) em relação aos dados de uso e cobertura da terra para o recorte da ZARMSJP.

Os dados de uso e cobertura do Projeto Mapbiomas (2023) da coleção 8 foram convertidos do formato raster para vetor para cada ano analisado, no qual foram criadas duas colunas na tabela de atributos dos arquivos vetoriais do tipo shapefile gerados pela conversão. A primeira coluna relacionada ao cálculo de área em hectares (“*AREA\_Ha*”), e logo após o cálculo da coluna de área, foi criada a segunda coluna (“*TAMANHO*”) no qual foram organizados em três categorias: (1) pequeno (até 10 ha), (2) médio (10 a 100 ha) e (3) grande (maior que 100 ha), conforme tamanhos utilizado por Fernandes *et al.* (2022) para utilização das métricas de ecologia de paisagem.

Com os dados vetoriais no formato shapefile agora divididos por tamanhos, foram filtradas somente as classes de florestas: formação florestal, mangue e floresta alagável para a coleção 8 nos anos de 2002 a 2022. Agora com os dados somente das classes de florestas do Projeto Mapbiomas (2023) foram aplicados as métricas de ecologia de paisagem no software ArcGIS/ArcMAP versão 10.3.1, através do plugin V-LATE 2.0 beta (Vector-based landscape analysis tools extension) de Lang e Tiede (2003).

Dessa forma, foram escolhidas métricas que consideram aspectos em relação a heterogeneidade: NP (Número de manchas), a área CA (Área de todas as manchas da classe) e de borda TE (Soma das bordas), conforme pesquisas de Mcgarigal e Marks (1995), Lang e

Tiede (2003) e Lang e Blaschke (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

A utilização de ARP conhecidos popularmente como “drones”, vem crescendo tendo em vista os benefícios de sua utilização para realização de inúmeras atividades, incluindo sua utilização para aerolevantamentos baseados na fotogrametria. Dentre esses benefícios, podemos destacar o custo relativamente baixo, aquisição de imagens de altíssima resolução espacial, sua portabilidade, entre outras características fazem dessa tecnologia extremamente importante para análise e monitoramento da dinâmica da paisagem, apesar de suas limitações de tempo de voo (bateria) e a extensão de áreas cobertas em função do tempo (Miller; Ziter; Koontz, 2020).

Para contribuir como o monitoramento da ZARMSJP foram realizados aerolevantamentos com a utilização de ARP a partir de informações georreferenciadas do ICMBIO (2024). Dessa maneira, foram definidos quatro locais na ZARMSJP em que constam autos de infração do ICMBIO (2024) para realização de aerolevantamentos com uso de ARP, visando realizar o monitoramento. Para otimizar os trabalhos relacionados ao campo e escritório, além de proporcionar redução de custos ao projeto, foram realizados voos de 120 metros de altura, considerada a melhor opção para realização de mapeamentos com qualidade (Esteves *et al.*, 2020; Torres e Patriota, 2020), a ARP utilizado foi o modelo DJI Mini 4 PRO.

Os trabalhos de campo foram realizados na ZARMSJP e na própria unidade, realizados em maio de 2024 (Autorização SISBIO nº 90875-1), foram realizados aerolevantamentos em quatro locais (P-01, P-02, P-03 e P-04). Os locais para o aerolevantamento com ARP foram escolhidos em razão dessas áreas terem sido alvos de autos de infração e embargos pelo ICMBIO (2024) dentro dos limites da ZARMSJP.

Os aerolevantamentos com ARP realizados na ZARMSJP foram realizados em quatro locais e foram do tipo VLOS (*Visual Line-Of-Sight*) em que o piloto mantém contato visual direto com a ARP (sem utilização de equipamentos auxiliares para visualizar o ARP) em seu raio de visão em condições meteorológicas visuais, evitando assim colisões diversas (ANAC, 2017).

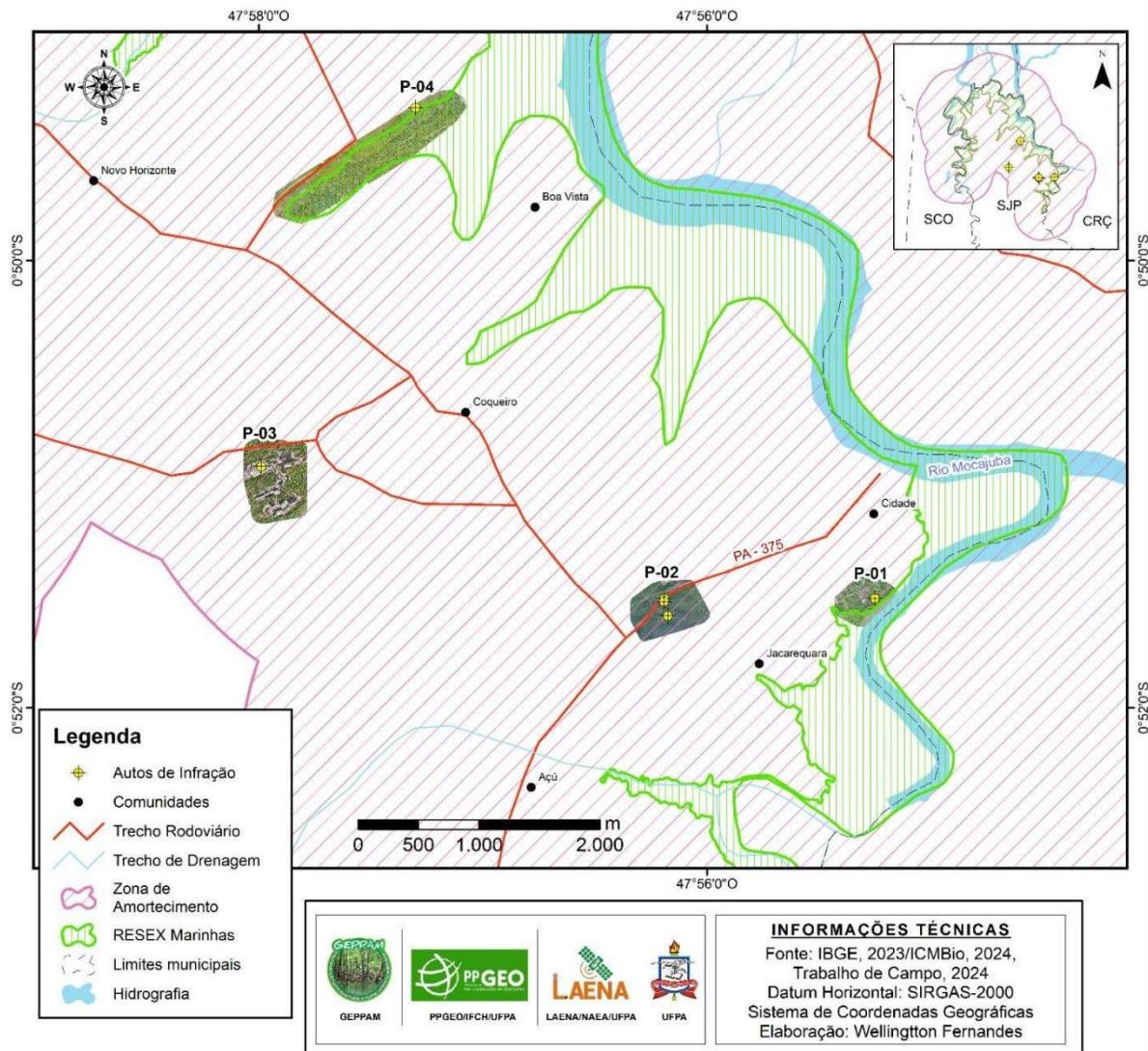
As ARP são equipamentos ofertados no âmbito do mercado para obtenção de imagens aéreas de altíssima resolução espacial a partir da realização de aerolevantamentos. No Brasil, a regulamentação das operações de aeronaves não tripuladas entrou em vigor em três de maio de 2017. Dessa forma, a utilização da ARP foi de fundamental importância para revelar a dinâmica das paisagens e realizar o monitoramento de áreas sensíveis por conterem em sua extensão autos de infração ambiental emitidos pelo órgão gestor da unidade (Oliveira; Brito, 2019).

As etapas do aerolevantamento com ARP foram divididas em três partes (planejamento, campo e produto). Na etapa de planejamento foram traçados os objetivos do uso da ARP, relacionado ao mapeamento de autos de infração e embargos do ICMBIO (2024b), as especificações do produto a ser gerado (altura de voo de 120m), a escolha da aeronave utilizada (DJI Mini 4 PRO), planejamento do plano de voo (*Waypointmap*), e a verificação da logística (*app UAV Forecast*). Em relação à etapa de campo foram definidos os horários utilizados para o levantamento preferencialmente entre 10h às 14h considerados ideais por Torres e Patriota (2020), análise dos perigos terrestres e aéreos (animais e obstáculos), verificação do cartão de memória, e a quantidade de bateria do rádio e da aeronave, na etapa do produto foram realizados os processamentos dos dados com a produção dos ortomosaicos das quatro áreas levantadas a partir do processamento em nuvem pela plataforma Drone Deploy.

O BDGeo foi composto por autor de infração, embargos e limites da RMSJP (ICMBIO, 2024) e de ortomosaicos a partir de trabalho de campo em 2024, o aerolevantamento foi realizado nas áreas a partir de dados de autos de infração relacionados ao uso da terra. Em relação às autorizações, a ARP utilizado modelo mini 4 PRO da DJI é homologado pela ANATEL, e o mesmo foi cadastrado na ANAC, o plano de voo foi elaborado pelo site *Waypointmap* no qual foram definidas a área recoberta, altura de voo de 120 m e velocidade de voo (9m/s), para planejamento dos aerolevantamentos foi utilizado *app UAV Forecast*.

Foram realizados aerolevantamentos nos pontos P-01, P-02, P-03 e P-04 em maio de 2024, as imagens foram processadas na nuvem Drone Deploy para geração dos produtos referentes aos ortomosaicos, conforme (figura 3).

**Figura 3 - Mapa dos locais de realização dos aerolevantamentos com ARP.**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do ICMBio (2024), IBGE (2023) e trabalhos de campo (2024).

Os locais escolhidos para realização do aerolevantamento com utilização da ARP realizado em maio de 2024, foram baseados nos autos de infração ICMBIO (2024) relacionados às questões de uso da terra, relacionados a: (P-01) atividade de carcinicultura, (P-02) extração de piçarra e da obra de pavimentação da PA-375, (P-03) extração de areia e (P-04) impedir regeneração natural.

A utilização de ARP no estudo da fragmentação da paisagem foi importante ao possibilitar a aquisição de ortomosaicos de altíssima resolução espacial em escala de centímetros da área estudada ao captar detalhes finos na paisagem que não são observados a

partir de imagens de satélite como LANDSAT, por exemplo. Proporcionando assim, a análise em detalhe do processo de fragmentação das florestas, principalmente em relação a fragmentos pequenos (até de 10 ha) que são encontrados em áreas com alto nível de fragmentação.

Para além da oferta de dados de altíssima resolução espacial, diferente de outros métodos, as ARP podem ser utilizadas em diferentes épocas no ano, ou seja, são compatíveis com a realidade climática da região amazônica que possui diversos períodos de precipitação intensa no ano, observados pela alta incidência de nuvens presentes nas imagens de satélite em diferentes épocas do ano, conforme diagnosticado ao observar os dados de sensoriamento remoto referentes a mesorregião nordeste paraense, localizada ao norte do estado do Pará e próxima à linha do equador.

Outra vantagem na utilização de ARP está relacionada a possibilidade de extração de informações de relevo com a utilização de modelos digitais de superfície (MDS) através de ortomosaicos oriundos de aerolevantamentos com ARP, além da possibilidade de utilização de índices de vegetação como o NDVI. Possui um baixo custo relativo se comparado com os levantamentos com aeronaves tripuladas e imagens de sensores de alta resolução comerciais. É válido destacar que a autonomia de bateria para aerolevantamento de áreas de grande extensão ainda é uma questão a ser superada.

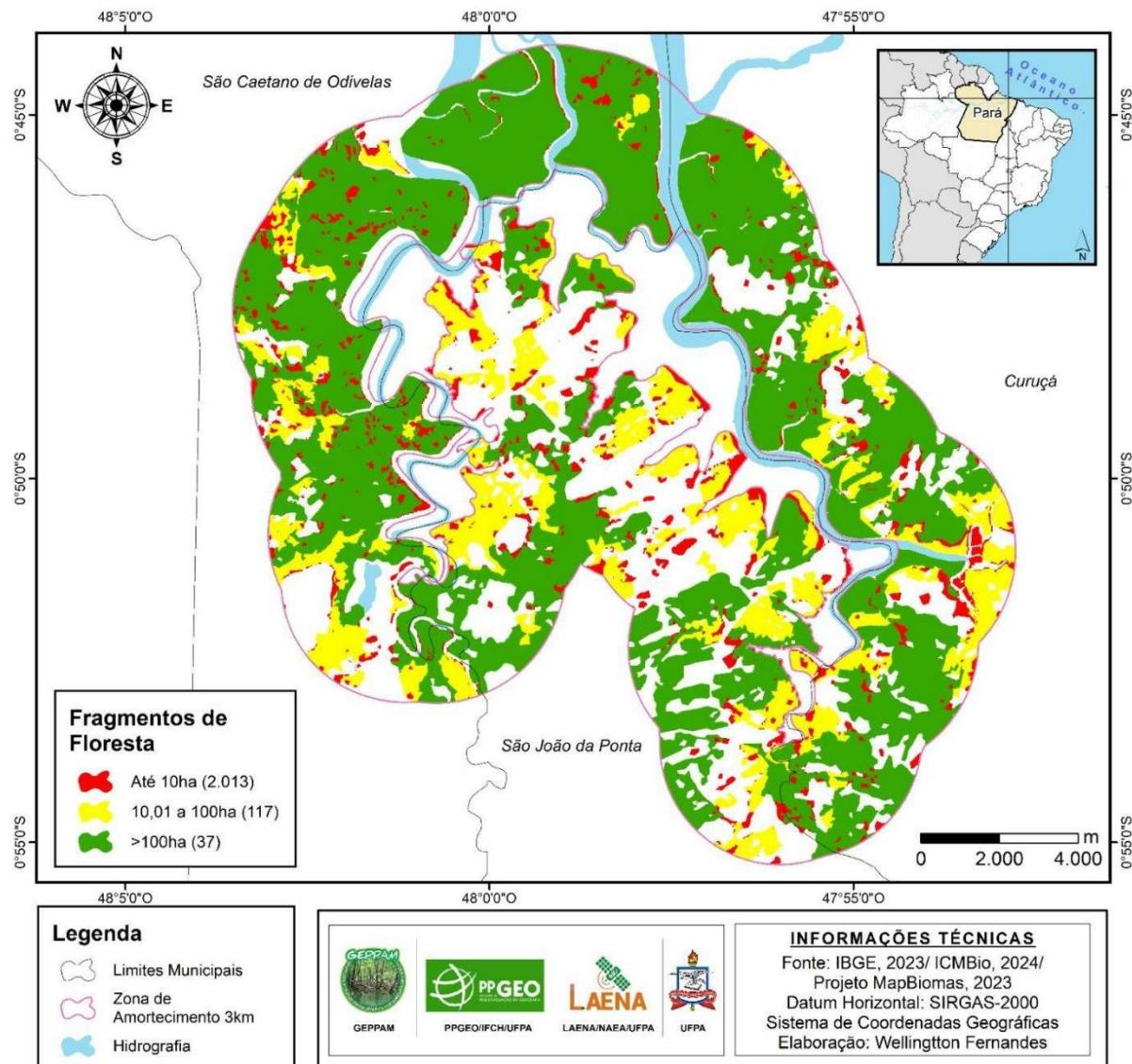
## MÉTRICAS DE ECOLOGIA DE PAISAGEM

Analizando a ZARMSJP, podemos observar que a mesma está em situação de forte pressão antrópica, evidenciada pelo aumento significativo das áreas de pastagem e pela diminuição das florestas (Projeto MapBiomass, 2023), e esse aumento se reflete como resultado da perda de extensas áreas antes ocupadas por florestas (formação florestal, floresta alagável e mangue) que passa a ter maior suscetibilidade a fragmentação e ao efeito de borda com o avanço dessas atividades.

Objetivando comprovar que a ZARMSJP está em processo de fragmentação florestal, no processo de análise das métricas de paisagem em relação às classes de floresta, as mesmas foram agrupadas conforme o tamanho dos fragmentos de floresta a partir das análises de Fernandes *et al.* (2022), dividindo os fragmentos por tamanho, da seguinte forma: (1) pequeno

(até 10 ha); (2) médio (entre 10 e 100 ha); e (3) grande (maiores que 100 ha), conforme (figura 4).

**Figura 4 - Mapa dos fragmentos de florestas por tamanho na ZA em 2022.**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Projeto MapBiomass (2023); ICMBio, 2024 e IBGE (2023).

Analizando os fragmentos de florestas da coleção 8 compostos pelas classes (formação florestal, floresta alagável e mangue) conforme definição do Projeto MapBiomass (2023), observou-se que acima de 100 hectares há somente 37 (NP) fragmentos de florestas, de um total de 2.167 fragmentos de florestas mapeados para o ano de 2022 para a ZARMSJP, representando apenas 1,7% em relação à totalidade de fragmentos de florestas em 2022.

É possível constatar a distribuição quantitativa dos fragmentos de florestas referentes à coleção 8 do Projeto Mapbiomas a partir da característica do tamanho dos fragmentos ao fazer a relação das métricas CA e NP para o ano de 2022 em relação a ZARMSJP. Dessa maneira, constatou-se que cerca de 93% do total de fragmentos estão enquadrados na categoria de fragmentos pequenos (até 10 ha), ou seja, menos de 10% do total de fragmentos estão classificados nas classes médios e grandes fragmentos, sendo assim, podemos inferir que não há uma gestão adequada dos fragmentos de florestas na medida que não há uma política efetiva para conectar os fragmentos para auxiliar na conservação da biodiversidade local.

Na medida que torna possível separar os fragmentos por tamanho, que é um importante indicador de fragmentação, do total de fragmentos analisados 92,9% estão no grupo de fragmentos menores de 10 ha. Dessa forma, é possível identificar a localização exata de cada fragmento e sua condição, como uma forma de inventariar o patrimônio ambiental.

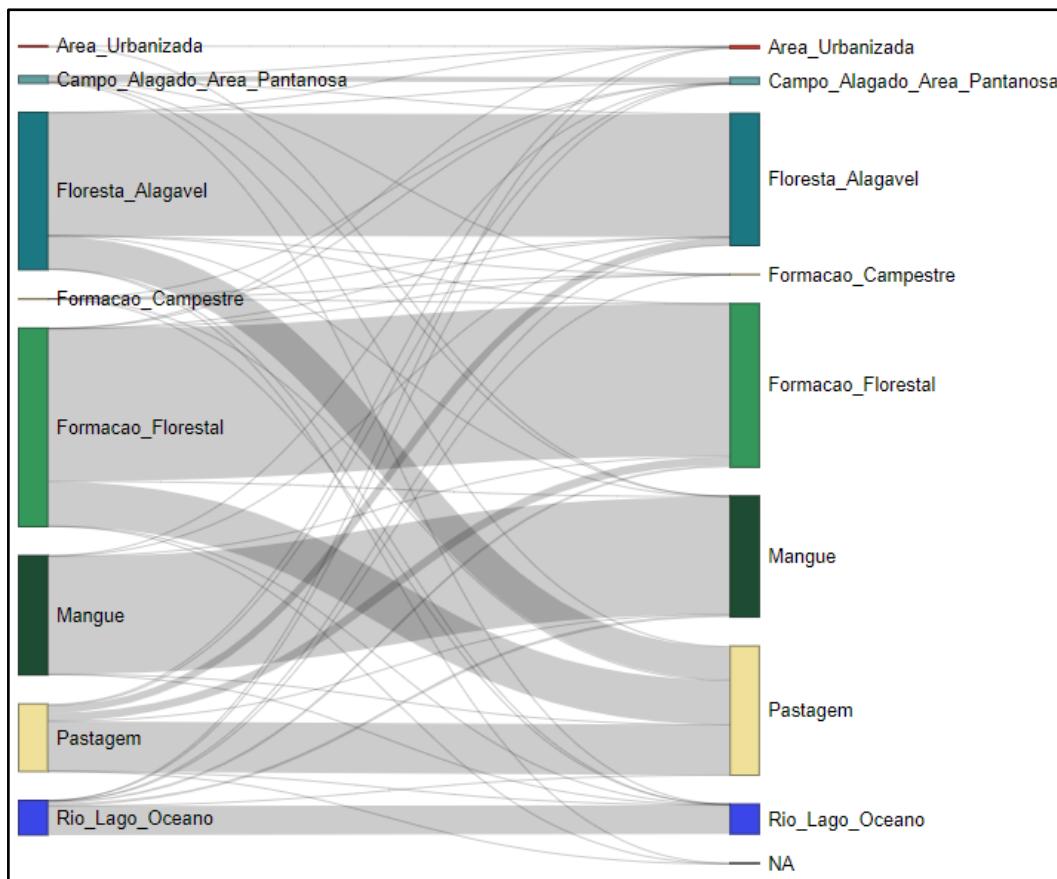
Analizando os dados de uso e cobertura da terra do ano de 2002 a 2022 através de quatriênios, observou-se o aumento considerável das classes de pastagem e de área urbanizada em relação às outras classes de uso e cobertura da terra. A classe de pastagem teve um aumento percentual de 91,65%, e a área urbanizada aumentou 130,33%, ou seja, analisando as classes de uso e cobertura da terra que tiveram os maiores aumentos em relação a quantidade de área em 2002 em comparação a 2022, as classes área urbanizada e pastagem foram as que tiveram o aumento percentual mais expressivo. A classe de uso e cobertura da terra referente a outras lavouras temporárias foi identificada somente nos anos de 2006, 2014 e 2022.

Analizando os dados de uso e cobertura da terra da coleção 8 do Projeto MapBiomas (2023) na ZA da RESEX Marinha de São João da Ponta/PA em relação às classes de floresta (mangue, formação florestal e floresta alagável), constatou-se que comparando as áreas dessas classes em 2002 em comparação a 2022, houve uma perda significativa de áreas de florestas. As classes de floresta alagável diminuíram 16,23%, as áreas de mangue aumentaram em 1,43%, e as áreas de formação florestal diminuíram 17,78%.

Objetivando analisar as mudanças entre as classes de uso e cobertura da terra entre 2002 e 2022 em relação ao comportamento espacial das classes para perceber a partir do aumento ou diminuição de cada classe de uso para quais classes houve a sua migração. Dessa forma, para observar a migração entre as classes de uso e cobertura da terra referentes a ZARMSJP em

relação aos dados da coleção 8 do Projeto Mapbiomas (2023) foi utilizado o diagrama de Sankey (Figura 5).

**Figura 5 - Diagrama de Sankey com dados de uso e cobertura da terra na ZARMSJP comparando os anos de 2002 (à esquerda) e 2022 (à direita).**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Projeto MapBiomas (2023).

NA = Outras lavouras Temporárias (Ausente em 2002 para a ZARMSJP).

Ao analisar o diagrama de Sankey em comparação ao ano de 2002 quando a RESEX Marinha de São João da Ponta foi criada com os dados mais recentes do ano de 2022 do Projeto Mapbiomas (2023) foi possível observar que apesar das áreas da classe mangue permanecer estável no recorte temporal de 20 anos, nesse mesmo período as áreas das classes de floresta alagável e de formação florestal foram convertidas em sua maioria para a classe de pastagem.

Para os fragmentos de mangue as métricas em relação ao número de manchas (NP) mostraram que houve aumento da classe de mangue para o fragmentos grandes (maiores de 100

ha) de 10 para 11. Entretanto, houve diminuição dos fragmentos pequenos (até 10 ha) de 316 para 309, juntamente com a diminuição nos fragmentos médios (10 a 100 ha) de 18 para 13.

Sobre o aspecto da área, analisando a métrica de área da classe (CA), observou-se que em comparação a 2002 e 2022 a classe de mangue teve um acréscimo de 67,468 ha ao somar as três classes de tamanhos, além disso, ao analisar os fragmentos grandes nota-se um aumento. Dessa forma, apesar do aumento das áreas de mangue de 2002 em comparação a 2022 para os fragmentos pequenos e grandes, houve uma diminuição expressiva na métrica CA para os fragmentos médios. Na soma das bordas (TE) comparando 2002 e 2022, houve uma diminuição do efeito de borda em para os médios fragmentos, entretanto houve um aumento em relação aos fragmentos pequenos e principalmente aos grandes, conforme (tabela 01).

**Tabela 1 - Métricas de ecologia de paisagens aplicada a dados de uso e cobertura da terra para a classe mangue na ZARMSJP comparando os anos de 2002 e 2022.**

MANGUE						
Classes de tamanho	2002			2022		
	NP	CA	TE	NP	CA	TE
a) Pequeno	316	202,58	91,41	309	220,82	94,01
b) Médio	18	600,22	208,28	13	307,4	45,56
c) Grande	10	3.903,36	70,32	11	4.245,37	228,05

Fonte: Elaboração própria.

Em que: NP: número de fragmentos/manchas; CA: área da classe e TE: soma das bordas.

Para os fragmentos de formação florestal, analisando a métrica de paisagem NP de 2002 e 2022 foi observado que em relação a classe de formação florestal, houve o aumento de 753 para 943 do número de fragmentos somando os três diferentes tamanhos, ou seja, através do NP é possível constatar o aumento da fragmentação das áreas de floresta ao longo desses 20 anos. Isto posto, a fragmentação da floresta vem sofrendo com a diminuição da presença de fragmentos maiores que acabam diminuindo de tamanho e dando origem a fragmentos cada vez

menores na paisagem.

Analisando a métrica CA, observou-se que em comparação a 2002 e 2022 a classe de formação florestal teve um decréscimo de 1.403,59 ha sendo a maior perda relacionada aos grandes fragmentos. Na soma das bordas TE comparando 2002 e 2022, houve uma diminuição para os fragmentos médios e grandes e aumento nos pequenos, conforme (tabela 02).

**Tabela 2 - Métricas de ecologia de paisagens aplicada a dados de uso e cobertura da terra para a classe formação florestal na ZARMSJP comparando os anos de 2002 e 2022.**

Classes de tamanho	2002			2022		
	NP	CA	TE	NP	CA	TE
a) Pequeno	698	684,44	268,70	881	767,12	318,83
b) Médio	45	1.644,04	207,53	50	1.602,45	205,624
c) Grande	10	5.566,39	306,81	12	4.121,71	296,18

Fonte: Elaboração própria.

Em que: NP: número de fragmentos/manchas; CA: área da classe e TE: soma das bordas.

Para os fragmentos de floresta alagável, as métricas em relação ao número de manchas (NP) mostraram que houve diminuição da classe de floresta alagável para o fragmentos grandes (maiores de 100 ha) de 20 para 14 comparando 2002 e 2022. Entretanto houve aumento dos fragmentos pequenos (até 10 ha) de 659 para 823 e nos fragmentos médios (10 a 100 ha) da classe floresta alagável de 35 para 54.

Sobre o aspecto da área, analisando a métrica de área da classe (CA), observou-se que em comparação a 2002 e 2022 a classe de floresta alagável os fragmentos grandes nota-se sua diminuição. Na soma das bordas (TE) comparando 2002 e 2022, houve aumento nos pequenos e médios fragmentos, entretanto houve diminuição nos grandes fragmentos de floresta alagável, conforme (tabela 03).

**Tabela 3 - Métricas de ecologia de paisagens aplicada a dados de uso e cobertura da terra para a classe floresta alagável na ZARMSJP comparando os anos de 2002 e 2022.**

Classes de tamanho	FLORESTA ALAGÁVEL					
	2002			2022		
	NP	CA	TE	NP	CA	TE
a) Pequeno	659	479,51	207,70	823	543,56	248,82
b) Médio	35	1.189,07	173,71	54	1.743,81	260,30
c) Grande	20	4.578,57	449,20	14	2.945,56	287,29

Fonte: Elaboração própria.

Em que: NP: número de fragmentos/manchas; CA: área da classe e TE: soma das bordas.

As métricas de ecologia de paisagens utilizadas na pesquisa: CA, NP e TE que estão relacionadas aos atributos de área e borda dos fragmentos de florestas são uma importante ferramenta de análise da fragmentação, pois auxiliam no monitoramento dos processos dinâmicos relacionados, por exemplo, à regeneração florestal, crescimento da área urbana, mudanças no uso agrícola, entre outras. A espacialização dessas atividades é fundamental para um monitoramento preciso em diferentes escalas de tempo e de detalhe do uso e cobertura da terra que construí diretamente para a proteção da biodiversidade local e dos ecossistemas, permitindo o planejamento e tomadas de decisão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar as mudanças nas paisagens através de dados de uso e cobertura da terra na ZA da RESEX Marinha de São João da Ponta/PA, no período de 2002 e 2022, constatou-se através do diagrama de Sankey que as classes de formação florestal e floresta alagável foram convertidas para a classe de pastagem, entretanto o mangue permaneceu inalterado nesse período, justificado pela constante fiscalização dos manguezais pelos órgãos ambientais principalmente no período de reprodução do Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*) na região do salgado paraense no Estado do Pará.

Analisando as métricas de ecologia de paisagem através das métricas, principalmente do número de manchas (NP), área das manchas (CA) e soma das bordas (TE), foi observado que as maiores pressões em relação a fragmentação e os efeitos de bordas acontecem sobre os fragmentos pequenos e grandes na ZARMSJP, onde foram mapeados para o ano de 2022 na coleção 8 do projeto mapbiomas, respectivamente 37 fragmentos maiores que 100 ha, considerados como trampolins ecológicos, destes constatou-se que somente sete não estavam interligados a alguma RESEX e dos 29 apenas cinco, comprovando que estar interligado a uma RESEX acaba protegendo os fragmentos de florestas.

A partir de trabalhos de campo foi possível identificar possíveis vetores de fragmentação das paisagens presentes na ZARMSJP, e dentre esses vetores dois chamaram mais atenção sendo a pavimentação e asfaltamento da rodovia estadual PA-375 e o aumento considerável de áreas de pastagem anteriormente ocupadas por florestas.

Ao analisar os fragmentos de florestas localizados na ZARMSJP foram percebidos dois grandes desafios a serem superados, o primeiro está ligado a não demarcação física das ZA de UC, principalmente no que tange as placas de identificação como são feitas com as UC pelos órgãos gestores e o segundo está relacionado a falta de integração dos fragmentos de florestas presentes nas reservas legais de propriedades rurais entre si. Desafios que enfraquecem e fragilizam a gestão das ZA de UC, e também contribuem para o aumento da fragmentação e do efeito de borda nos fragmentos de florestas localizados em ZA afetando a saúde e qualidade de vida das comunidades tradicionais.

Contatou-se que o uso em conjunto de métricas de ecologia de paisagens NP, CA e TE interligadas à utilização de ARP foi eficaz no estudo das dinâmicas da ZARMSJP, pois permitiram analisar possíveis fragmentos falso-positivos em razão do fornecimento de dados de altíssima resolução e sem interferência de nuvens, proporcionando a análise em nível de detalhe do processo de fragmentação das florestas, principalmente em relação a fragmentos pequenos (até de 10 ha) que são encontrados em áreas com alto nível de fragmentação, a exemplo dos locais selecionados para o aerolevantamento com ARP que possuem autos de infrações ambientais.

Portanto, a partir da análise de dados de uso e cobertura aliados em conjunto com

métricas de ecologia de paisagens e a utilização de aerolevantamentos com ARP, propõe-se também a integração das áreas de reserva legal das propriedades/posses rurais vizinhas entre si para expandir os corredores de florestas e ao mesmo tempo aumentar o tamanho dos fragmentos de florestas, além de diminuir o seu isolamento geográfico. No qual, existam políticas públicas que favoreçam a integração das áreas de reserva legal vizinhas através de benefícios fiscais, visto que muitas vezes a reserva legal de determinada propriedade não se comunica com as áreas de reserva legal da vizinhança.

## REFERÊNCIAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil. **Orientações para usuários de Drones**. 2017. Disponível em: [https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/orientacoes\\_para\\_usuarios.pdf](https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/orientacoes_para_usuarios.pdf). Acesso em: fev 2024.

ASSIS, Sandra Núbia de Souza; LIMA, Renato Abreu; CAMPOS, Milton César Costa. Impacto do desmatamento sobre a incidência da doença de chagas na amazônia brasileira. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.J, v. 11, n. 2, p. 279–297, 2022. DOI: 10.59306/rgsa.v11e22022279-297. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/9718](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9718). Acesso em: 28 fev. 2024.

BRASIL. Decreto de 13 de dezembro de 2002. **Cria a Reserva Extrativista de São João da Ponta, no Município de São João da Ponta, no Estado do Pará, e dá outras providências**. Brasília: DF, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/DNN/2002/Dnn9775.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/2002/Dnn9775.htm). Acesso em: 20 out. 2023.

BRASIL. **Lei 9.985/2000. 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**. Brasil: DF, 2000. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm). Acesso em: 20 out. 2023.

CABRAL, A. I.; SAITO, Carlos; PEREIRA, Henrique; LAQUES, Anne Elisabeth. Deforestation Pattern Dynamics in Protected Areas of the Brazilian Legal Amazon Using Remote Sensing Data. **Applied Geography**, v. 100, p. 101-115, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.10.003>. Acesso em: 02 mar. 2024.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 428, de 17 de Dezembro de 2010. **Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências**. 2010. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=622](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=622). Acesso em: 02 mar. 2023.

ESRI. Software ArcGIS® - versão 10.3.1 (Licenciada). Imagem, 2015.

ESTEVES , V. M.; FERNANDES , H. E.; SILVA NETO, O. J. da; SILVA, R. P. da; PARZZANINI, P. D. Comparativo entre cálculo de volumes realizados a partir de levantamento com aeronaves remotamente pilotadas (ARP), em diferentes alturas de voo. **PARAMÉTRICA**, [S. l.], v. 12, n. 13, p. 818–832, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/258>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FERIGATO, E.; ROSINI, A. M.; CONCEIÇÃO, M. M.; CONCEIÇÃO, J. T. P. Desmatamento da Amazônia Brasileira. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade** (ISSN 2318-3233), São Paulo, v. 11, n. 1, p. 193–197, 2021. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/2344>. Acesso em: 7 maio. 2023.

FERNANDES, M. M.; LIMA, A. H. S.; WANDERLEY, L. L.; FERNANDES, M. R. M. ARAÚJO FILHO, R. N. Fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 1227-1246, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509845253>.

FERNANDES, Wellington Augusto Andrade. **Dinâmica da paisagem no entorno da RESEX marinha de São João da Ponta - PA: Monitoramento Orbital de Zonas de Amortecimento em Unidades de Conservação**. Dissertação (Mestrado em Geografia), pelo Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. 96f. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1D31ZzYLnmdbAYk1\\_3MbVOMFC\\_DyTMS3/view](https://drive.google.com/file/d/1D31ZzYLnmdbAYk1_3MbVOMFC_DyTMS3/view). Acesso em: Acesso em: 7 maio. 2023.

GALVÃO, M. L.; RODRIGUES, T. N. M. ; SANTOS, I. S.; FERNANDES, M. E. B. Traditional ecological knowledge of mangrove wood use on the Brazilian Amazon coast. **Ethnobiology and Conservation**, [S. l.], v. 13, 2024. DOI: 10.15451/ec2024-01-13.03-1-19. Disponível em: <https://ethnobiconservation.com/index.php/ebc/article/view/756>. Acesso em: 26 abr. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. **Malha de Setores Censitários**. SIRGAS2000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>. Acesso em: 22 dez. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. **Malha Municipal (Municípios e Unidades da federação)**. Escala de 1:250.000, SIRGAS2000. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc250/versao2023/](https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2023/). Acesso em: 22 dez. 2023.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2024. **Limites das Unidades de Conservação Federais, autos de infração e embargos**. SIRGAS2000. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponivel em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados\\_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-)

[conservacao-federais. Acesso em 25.04.2024.](#)

**ICMBIO/IBAMA. Caracterização dos aspectos socioambientais e econômicos da reserva extrativista de São João da Ponta e proposta de estudos complementares.** Documento técnico elaborado pelo ICMBIO aprovado em Conselho Deliberativo e em análise na Procuradoria Federal Especializada do ICMBIO. São João da Ponta: 2010.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **BDQueimadas.** 2024. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 12 jan. de 2024.

LANG, Stefan; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** São Paulo, SP: Oficina de Texto, 2009. 423p.

LANG, Stefan; TIEDE, Dirk. **vLATE Extension für ArcGIS-vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse.** ESRI Anwenderkonferenz, 2003.

**MCGARIGAL, K.; MARKS, B. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.** US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. Disponível em: [https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw\\_gtr351.pdf](https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf). Acesso em: 18 jan. 2023.

MILLER, Jesse ED; ZITER, Carly D.; KOONTZ, Michael J. Fieldwork in landscape ecology. In: **The Routledge handbook of landscape ecology.** Routledge, 2020. p. 219-229.

MORAES, Mayra Cristina Prado de; MELLO, Kaline de; TOPPA, Rogério Hartung. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 39, p. 1-8, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/SCq8nTSvQHwh8XZgns85hWf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 jun. 2024.

MUNIZ, Beatriz Rodrigues Bagnolin; XAVIER, Jordana dos Anjos; KANIESKI, Maria Raquel; CAMPOS, Claudia Guimarães Camargo; HENKES, Jairo Afonso. Impactos das mudanças climáticas nas florestas tropicais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, /S. I.J.**, v. 11, n. 2, p. 65–82, 2022. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/9825](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9825). Acesso em: 28 fev. 2024.

OLIVEIRA, Dayanne; BRITO, Jorge. Avaliação da acurácia posicional de dados gerados por aeronave remotamente pilotada. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2019. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/50086>. Acesso em: 20 out. 2024.

PEREIRA, Fabiana da Silva; FERNANDES, Danilo Araújo; VIEIRA, Ima Célia Guimarães. Impacts of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values in the Eastern Amazon. **Ambiente & Sociedade**, v. 27, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/kJqfwXhCNTBPjP7pNM88qzg/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 28 dez. 2024.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil com 30 metros de resolução espacial acessado em 20.10.2023, através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>, 2023.

RIBEIRO, Priscila dos Santos; GOMES, Dênis José Cardoso; SOUZA, Everaldo Barreiros; NASCIMENTO, Max Miler Menezes; NASCIMENTO, Juliana Cristina Silva do; OLIVEIRA, Maria Regina da Silva; ROCHA, Mateus do Carmo. Influência do desmatamento na temperatura do ar. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 01, p. 165-176, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/254555>. Acesso em: 05 fev. 2024.

RODRIGUES, Walter. **Memórias de São João da Ponta - PA: a partir de narrativas orais**. Belém: GEPPAM/UFPA, 2013. 177 p. Disponível em:  
<http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/85>. Acesso em: 20 jun. 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. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acesso em: 04 set. 2024.

TORRES, Mariana; PATRIOTA, Rhassanno. Aquisição de dados espaciais e análise da qualidade de produtos cartográficos obtidos através de RPA. **Revista Geociências**, 2020. Disponível em:  
<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/13763>. Acesso em 04 set. 2024.