



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS INTERDISCIPLINARES
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ECONOMIA ECOLÓGICA

ERIKA ROANNA DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO DELTA DO
PARNAÍBA ATRAVÉS DE GEOTECNOLOGIAS

FORTALEZA

2020

ERIKA ROANNA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO DELTA DO
PARNAÍBA ATRAVÉS DE GEOTECNOLOGIAS**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Economia Ecológica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Economia Ecológica.

Orientador: Prof. Dr. Isabel Cristina da Silva Araújo

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579c Silva, Erika Roanna da.
Caracterização da área de proteção ambiental do delta do rio Parnaíba através de geotecnologias / Erika Roanna da Silva. – 2020.
66 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Economia Ecológica, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

1. Ecossistemas. 2. Geotecnologias. 3. Biodiversidade. 4. Índice de vegetação. I. Título.

CDD 577

ERIKA ROANNA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO DELTA DO
PARNAÍBA ATRAVÉS DE GEOTECNOLOGIAS**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Economia Ecológica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Economia Ecológica.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo
(Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Rozane Valente Marins
Universidade Federal do Ceará (UFC)

M.Sc. Raisa de Siqueira Alves Chielle
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Ronaldo e Erivanda.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Aos meus pais Ronaldo e Erivanda pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Aos meus irmãos Raiza e Ronaldinho pela amizade, paciência e compreensão dedicadas quando sempre precisei.

Aos meus avôs Manuel Silva (*in memoriam*) e Raimundo Félix por sempre acreditarem em mim e serem referência na minha educação.

A minha professora orientadora Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo.

Aos professores e mestres participantes da banca examinadora Dra. Rozane Valente Marins e Raiza de Siqueira Alves Chielle pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo, em especial Ayeska, Adriane, Emiliane, Callyne, Jamille, Liliane, Yara e Gerardo.

A professora Dra. Rozane Valente Marins que me deu a oportunidade de realizar minha pesquisa no Laboratório de Biogeoquímica Costeira.

Aos meus colegas do laboratório, pela vivência e paixão pela pesquisa.

Ao CNPq pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A FUNCAP que custeou a viagem de campo até Parnaíba possibilitando o rico conhecimento acerca da região.

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação acadêmica e profissional durante a minha vida, em especial minha mãe, minha primeira referência na educação, minhas professoras Silvana Farias e Meire Batista, Colégio Justiniano de Serpa, e aos professores Maria do Céu de Lima e Fábio Maia Sobral, docentes da Universidade Federal do Ceará no curso de Economia Ecológica.

Também quero agradecer à Universidade Federal do Ceará e o seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a qualidade e excelência do ensino.

*“A terra nossa morada está sendo destruída,
Por quem vê preço em tudo e não vê valor na vida.
Pobre homem enganando desmatando e matando se tornando um suicida.
Como é triste ouvir tocar a canção da motosserra.
suas notas ecoando em todo o verde da terra.
E se isso não acabar todo bicho vai virar refugiado de guerra
Obrigados a deixar o habitat natural
fugindo de um predador ganancioso e mortal
questiono sem ofensa:
Será que o homem pensa, e o bicho irracional?
A poluição já foi problema no centro urbano,
Porém hoje ela castiga do sertão ao oceano.
Quer saber como mudar:
Precisamos reciclar...
A mente do ser humano!”*

Bráulio Bessa

RESUMO

O meio ambiente é um bem comum de todos, esse sistema aberto e dinâmico perpassou por diversos períodos de transição onde a evolução tramitou em todo o processo gerando os variados ecossistemas hoje encontrados. A interação desses sistemas forma o ambiente natural com paisagens gerando um fluxo de energia e materiais que alimentam os ciclos para a sobrevivência humana. É necessário entender a sistemática ambiental e reconhecer que os recursos ecossistêmicos assumem um papel centralizador. Nesta perspectiva, a Área de Proteção (APA) do Delta do Parnaíba disposta nos estados do Ceará, Piauí e Maranhão, abriga um sistema complexo com benefícios diretos ou indiretos a população humana, com ecossistemas que regulam o clima, purificam a água, auxiliam no controle de inundações e desempenham ciclos vitais. Para compreender as relações entre os ecossistemas locais e seus usos antrópicos foram caracterizadas as unidades geoambientais do Delta. Assim foi criado um banco de informações da região disponibilizando dados de vegetação, solos, clima e ecossistemas afim de auxiliar na compreensão do processo de estocagem de carbono e biomassa tendo em vista a importância do mangue na região do Delta. A pesquisa foi bibliográfica com espacialização de dados obtidos através do sensoriamento remoto, com imagens do LandSat 8 retiradas do site de Serviço Geológico dos EUA, estes foram tratados no programa Qgis 3.18 onde foi aplicado o Índice de Vegetação-*Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) para identificar a variação da reflectância nas faixas do vermelho visível e infravermelho próximo reconhecendo as áreas menos saudáveis e mais saudáveis. Foi verificado um elevado coeficiente, comprovando a riqueza do manguezal em meio a impactos naturais e antrópicos, bem como o potencial biogeoquímico dos elementos destacados em mapas interativos estabelecendo um banco de dados que auxiliam na criação de políticas públicas e no monitoramento das práticas predominantes na área. As ocupações antrópicas verificadas foram carcinicultura e agricultura, atividades que apresentam potencial de aporte de cargas de nutrientes e material particulado em suspensão e em sua maioria quando na área de caatinga apresentaram menores índices de vegetação, que podem influenciar na degradação das margens do rio Parnaíba, e os seus elementos de interação. A análise e elaboração dos mapas foi crucial para o reconhecimento da região proporcionando o detalhamento ambiental e a interpretação social, ambiental, política e econômica, além de dados qualitativos e quantitativos do território.

Palavras-chave: Ecossistemas. Geotecnologias. Biodiversidade.

ABSTRACT

The environment is a common good of all, this open and dynamic system has passed through several periods of transition, where evolution has gone through the entire process, generating the varied ecosystems found today. The interaction between these systems forms the natural environment and its landscapes, generating a flow of energy and materials that feed the cycles for human survival. It is necessary to understand the environmental system and recognize that ecosystem resources play a centralizing role. Regarding the degradation caused by the capitalist system, society needs to be based on renewable and recyclable resources using the renewable rationally. In this perspective, the Protection Area (APA) of the Delta do Parnaíba located in the states of Ceará, Piauí and Maranhão, houses a complex system with direct or indirect benefits to the human population, with ecosystems that regulate the climate, purify water, assist in the flood control and play vital cycles. Its ecosystem services through its elements and singularities govern the natural landscapes, the local fauna, as well as the inhabitants of the region. In order to understand these relationships, detailed analyzes are needed to assist in the characterization and monitoring of the region in order to relate the geoenvironmental units with human activities. This work aimed the creation of an information bank of the region, providing data on vegetation, soils, climate and ecosystems in order to assist in the understanding of the carbon and biomass storage process, and addition recognizing its social and political dimension. The research was bibliographic with spatialization of data obtained through remote sensing, with images from LandSat 8 taken from the US Geological Survey site. These were treated in the Qgis 3.18 program where the Vegetation Index- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was applied to identify the variation of the reflectance in the bands of visible red and near infrared, recognizing the areas less healthy and more healthy. A high coefficient was verified, proving the nutrient richness of the delimitation amid natural and anthropic impacts, as well as the biogeochemical potential of the elements highlighted in interactive maps, establishing a database that help in the creation of public policies and in the monitoring of the predominant practices in area. The anthropic occupations verified were shrimp farming and agriculture, activities that have the potential to contribute loads and mostly when in the caatinga area they presented lower vegetation indexes, which can influence the degradation of the banks of the Parnaíba River, the mangrove and its elements. interaction. The analysis and elaboration of maps was crucial for the recognition of the region, providing environmental details and social, environmental, political and economic interpretation, in addition to qualitative and quantitative data on the territory.

Keywords: Ecosystems. Geotechnologies. Biodiversity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Espécies vegetais típicas do ecossistema manguezal.....	20
Figura 2	-	Espectro eletromagnético e suas frequências com exemplos de comprimentos de onda	27
Figura 3	-	A resposta espectral da energia refletida e absorvida de uma folha de milho sadia.	28
Figura 4	-	Localização da APA (Área de proteção Ambiental) localizada no Delta do Parnaíba.	31
Figura 5	-	Fluxograma explicativo do desenvolvimento do processo.....	36
Figura 6	-	Território da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba classificado em seus sistemas ambientais	39
Figura 7	-	Solos identificados na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba.....	42
Figura 8	-	Vegetações encontradas na Área de Proteção Ambiental localizado no delta do Parnaíba	44
Figura 9	-	Vegetação Caatinga em Chaval, na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba em dezembro de 2019	45
Figura 10	-	Floresta de mangue na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba em dezembro de 2019.....	46
Figura 11	-	Variação espacial da salinidade no Delta do Rio Parnaíba em 2018.....	47
Figura 12	-	Vegetação não homogênea na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba em dezembro de 2019.	47
Figura 13	-	Algumas regiões de influência na Área de Proteção no Delta do Parnaíba.....	49
Figura 14	-	Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba.	52
Figura 15	-	Índice de vegetação na Área de Proteção ambiental do Delta do Parnaíba.....	55
Figura 16	-	Índice de vegetação destacando o município de Tutóia- MA.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação anual dos municípios de Tutóia- MA (azul), Ilha Grande- PI (vermelho) e Chaval- CE (verde) entre os anos 2009 e 2019.....	33
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias complementares das Unidades de Conservação	23
Tabela 2 - Municípios abrangidos pela APA do delta do Parnaíba	32
Tabela 3 - Respostas de sequência de empilhamentos	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
IAF	Instituto dos Auditores Fiscais
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade das Águas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
RESEX	Reserva Extrativista
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo geral	17
1.1.1	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Ecosistemas costeiros	18
2.2	Serviços ambientais	21
2.3	Comunidades tradicionais	22
2.4	Áreas marinhas protegidas e áreas de relevante importância ecológica.....	23
2.5	Tecnologias para analisar impactos nos ecossistemas naturais.....	26
3	METODOLOGIA	30
3.1	Área de estudo	30
3.2	Processamento digital de imagens	34
3.3	Determinação do NDVI	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Análise integrada das características da APA do Delta do Parnaíba	38
4.2	Os solos	41
4.3	A vegetação	43
4.4	Ecosistemas antropizados	48
4.5	Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba	50
4.6	Índice de Vegetação	54
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Para conter a contínua aceleração da exploração de recursos naturais e o crescente processo de degradação o homem criou mecanismos legais que tutelam parcelas naturais do planeta impedindo os efeitos destrutivos da economia assegurando uma melhor qualidade de vida a essa e as próximas gerações (LEFF, 2006). Nesse âmbito, os conceitos, preservação e conservação, influenciaram na elaboração de normas para a criação de áreas protegidas denominadas, unidades de conservação, que abrigam ecossistemas essenciais para o equilíbrio humano que podem ser terrestres ou aquáticas (ODUM,2004) em sua maior classificação. Dentre esses ecossistemas destaca-se o manguezal, o sistema ambiental costeiro tropical e subtropical que está presente em meio a depósitos aluviais e que aparecem na foz de rios avançando em leque em direção ao mar denominados deltas e estuários, com ausência de correntes marinhas, fundo raso e abundância de destinos, formando um ambiente úmido e sedimentar propício ao ecossistema.

O manguezal é um sistema ambiental costeiro encontrado na zona de transição entre rios e mares, desempenhando importante papel na diversidade biológica com sua alta produção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, garantindo a reprodução e desenvolvimento de espécies marinhas. Esse ecossistema abrange aproximadamente 14 mil km² e está presente em quase todo o litoral brasileiro, de Laguna, no Estado de Santa Catarina (sul do país) até Cabo Orange, no Estado do Amapá (LACERDA, 2002), com suas maiores extensões no Oiapoque e Golfão Maranhense e apresentando maior degradação no complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia e Paranaguá, entre os estados de São Paulo e Espírito Santo (DIEGUES, 2002).

Com o crescimento e ocupação desordenada põe-se em risco a existência dos mangues, fragmentando este habitat que sustenta direta ou indiretamente cerca de 1 milhão de pessoas, através de atividades como: carcinicultura e turismo excessivo. Essas atividades vem sendo a maior causa de denúncias ao MMA, ocasionando não somente degradação ambiental, mas prejuízos sociais e econômicos (PRATES et al.,2012).

Com o intuito de minimizar os impactos antrópicos na região do Delta do Parnaíba, foi criada em 1996, por meio do Decreto s/n de 28.08.1996, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Delta do Parnaíba, que abrange os estados do Ceará, Piauí e Maranhão e 25% do seu território de água jurisdicionais, possuindo extensa área de manguezal, restingas, mata ciliar e vegetação sobre dunas (IBAMA,1999). A região apresenta forte influência amazônica na sua porção maranhense e está localizada entre áreas de cerrado e caatinga (KJERFVE & LACERDA, 1993).

O efetivo trabalho se justifica na validade da proteção de áreas ambientais de relevante interesse ecológico com a presença de características especiais relacionadas a manutenção da fauna e flora e proteção de mananciais, destacando que as geotecnologias são eficazes na caracterização e identificação de Unidades de Conservação e facilitam a avaliação das pressões existentes.

1.1 Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo principal a caracterização e análise da vegetação por meio do sensoriamento remoto de forma a apresentar a capacidade de produção de serviços ecossistêmicos da APA do delta do Parnaíba e suas influências diretas e indiretas na sustentabilidade dos ecossistemas presentes através de mapas temáticos e índice de vegetação.

1.1.1 Objetivos específicos

- Mapear as características ambientais, sociais, políticas e econômicas da região;
- Apresentar limitações e funcionalidades do território;
- Identificar o índice de vegetação e a capacidade de produção de serviços ambientais da APA do delta do Parnaíba.

A fim de atingir os objetivos citados foi realizada uma pesquisa exploratória com levantamento bibliográfico, aquisição de dados e estudo de campo como procedimentos metodológicos.

O trabalho foi disposto nos seguintes capítulos: Introdução – neste capítulo é feita a contextualização do tema destacando a problemática, justificativa, descrição de área de estudo, objetivos e metodologia; Referencial teórico – nesta seção é apresentada os conceitos que embasam a pesquisa em questão por meio de citações de autores e pesquisas similares a temática; Metodologia – neste capítulo é descrito a área de estudo e as etapas realizadas no projeto para compor os resultados obtidos; Resultados e discussão – nessa seção são apresentados os resultados acerca da pesquisa e a posterior análise destes resultados; Considerações finais – nesse capítulo é realizada a finalização do tema e as conclusões retiradas das análises.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ecossistemas costeiros

Os ecossistemas costeiros são caracterizados por um conjunto de elementos bióticos ou abióticos que interagem em um sistema aberto o qual absorve energia e produz resíduos que integram o ciclo, assim como a biosfera, apresentando vários ecossistemas onde seus limites são abertos formando zonas de transição. Para Christopherson (2012), o ecossistema é a interação entre, animais, plantas e seus respectivos ambientes, funcionando independentemente, simultaneamente, interligados com fluxos complexos de energia e matéria em estado de equilíbrio dinâmico com sua autorregulação.

De acordo com Odum e Barret (2007, p 18):

“Um sistema ecológico ou ecossistema é qualquer unidade que inclui todos os organismos (a comunidade biótica) em uma dada área interagindo com o ambiente físico de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas claramente definidas e à ciclagem de materiais entre componentes vivos e não vivos. “

Sua cadeia hierárquica completa apresenta todos os elementos para sua sobrevivência, seus ambientes de entrada e saída alimentam todo o ciclo fazendo com que suas funções básicas continuem constantes, o fluxo de energia natural, a luz solar, sustenta a maioria dos sistemas naturais, além dele temos, chuva, vento, fluxos de água e os combustíveis fósseis, apresentando-se como principal fonte de energia nas cidades. Essa energia flui também para fora do sistema em forma de calor, matéria orgânica, produtos alimentícios, resíduos, e poluentes, contribuindo para a circulação contínua do ar, água e nutrientes nos ecossistemas, fornecendo base para a classificação funcional e estrutural do ambiente. A quantidade e qualidade da “função força” da entrada de energia, a vegetação e as principais características físicas baseiam o reconhecimento dos tipos de ecossistemas, agrupando-os em: marinhos, baseados em suas estruturas e funções do sistema marinho; terrestres: que fundamentam-se pelas suas condições naturais e nativas vegetações; aquáticos: com suas estruturas geológicas e físicas; e domésticos: através dos bens e serviços

proporcionados pelos sistemas naturais.

Os sistemas ambientais terrestres apresentam maior diversidade e representam $\frac{1}{4}$ da biosfera, o equivalente a 28% do planeta. Isso é decorrente da variação de umidade do ar, temperatura, pressão atmosférica e luz solar. Sua fauna e flora originam ecossistemas diversos, como desertos, cavernas, florestas e mangues (AZEVEDO e RAMOS, 2010).

A análise aprofunda-se nos ecossistemas de estuário e manguezal, que abrangem grande parte da área desse estudo e que consistem em sistemas localizados no encontro de rios e mares, apresentando um gradiente de salinidade que variam em virtude da maré. Estuários são ambientes aquáticos costeiros onde ocorre a diluição mensurável da água marinha pela água doce proveniente da drenagem continental, tendo uma livre conexão com o mar aberto (CAMERON e PRITCHARD, 1963). São áreas de alimentação e reprodução, com baías ou áreas abrigadas onde os rios desaguam no mar, misturando água doce e salgada, onde o transporte de sedimentos finos pelos rios favorece o acúmulo de sedimentos que formam áreas rasas e lamosas ricas em matéria orgânica. Este sistema, sustenta espécies biológicas adaptadas fisiologicamente que suportam faixas de salinidade em pelo menos parte do seu ciclo de vida, apresentando diversidade fisiográfica, padrões de mistura e condições hidrodinâmicas. A geomorfologia, o regime de maré e a descarga fluvial geram padrões de circulações distintos, atuando como filtros ou exportações de matéria para a zona costeira adjacente (SHUBEL e KENNEDY, 1984). Os manguezais são definidos como um sistema ecológico costeiro tropical dominado por espécies vegetais e animais adaptadas a um solo periodicamente inundado pelas marés (ver Figura 1), conferindo elevada salinidade e condições anóxicas propícias à sulfato redução pela atividade bacteriana e por isso estocam em seus sedimentos a matéria orgânica predominantemente constituída de carbono que sofre menor mineralização em ambiente anóxico. (FIRME, 2003; PRADA-GAMERO et. al., 2004).

Os manguezais são comuns em estuários e próprios de zona tropicais ou subtropicais, protegem as margens dos rios e a ilha da costa. Suas árvores e arbustos barram o vento prendendo os sedimentos entre suas raízes, mantendo um declive suave que absorve energia das correntes de maré (GERLING, C. et al., 2016). A reciclagem desse sistema é iniciada ainda nas árvores, que enfrentam fatores adversos como, insolação, inundações e grande variação de salinidade, é feita por fungos, bactérias e protozoários que são incorporados ao substrato realimentando a teia continuamente (FONSECA e ROCHA, 2004).

A vegetação do manguezal aporta uma variedade de plantas em maioria lenhosas com existência de herbáceas epífitas e aquáticas (MARTINS, et al., 2011).

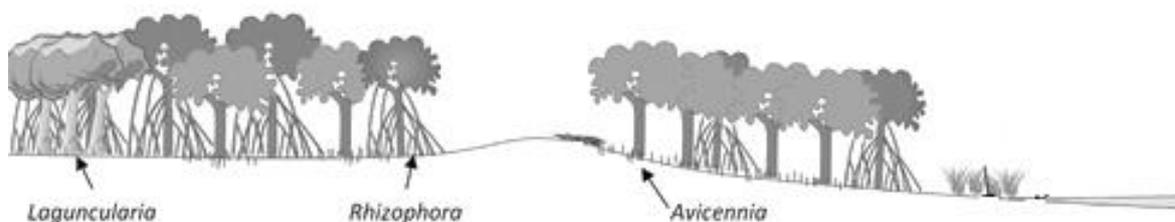
Pode-se destacar os mangues brancos (*Laguncularia racemosa schaueriana*), mangues siriubas (*Avicenniaceae*) e mangues vermelhos (*Rhizophoraceae mangle*).

O mangue branco pertence à família *Combretaceae* encontrada preferencialmente nas áreas mais afastadas das influências de oscilação das marés necessitando de um período maior dessas amplitudes para possibilitar o enraizamento e a fixação do substrato. Apresenta propágulos pequenos que após afundarem não retornam a superfície, com sistema radicular pouco profundo dispostos de forma radial com a troca gasosa realizada através de pneumatóforos e reprodução por meio de semente (SANTOS et al., 2012).

O mangue siriúba pertencente à família *Avicenniaceae* e ocorre restritamente em áreas mais afastadas da influência das marés com menor frequência de inundações. Sua estrutura traz propágulos pequenos e flutuantes que necessitam de um período maior livre da influência das oscilações de marés, com pneumatóforos e folhas brilhosas com glândulas que expelem sal (MARTINS, et al., 2011).

Já o mangue vermelho, da família *Rhizophora*, coloniza os lugares onde os níveis de marés são mais elevados e permanecem por mais tempo alagados. Seus propágulos são dispersos, de longa distância e pesados, afundando após um período de flutuação. Suas raízes são aéreas, formando escoras com grande quantidade de lenticelas (buracos que permitem as trocas gasosas) na superfície, possuindo no seu interior uma substância chamada *tanino* que impedem a deterioração das raízes submersas (FONSECA e ROCHA, 2004).

Figura 1- Espécies vegetais típicas do ecossistema manguezal



Fonte: Meireles, Cassola, Tupinambá, Queiróz, 2007

Os manguezais desempenham papéis importantes na sociedade, protegendo a linha da costa contra erosão e fenômenos como ressacas e tsunamis, filtrando a água do mar, melhorando suas condições e oferecendo um sistema radicular que retém os nutrientes, fazendo deste ambiente um berçário natural de espécies costeiras, atraindo peixes e outros organismos que procuram comida e abrigo.

2.2 Serviços ambientais

Assim como os seres humanos fornecem bens e serviços para a sociedade, os ambientes naturais nos propiciam benefícios em dimensões globais, que podem ser mensurados, identificados, avaliados e classificados. A natureza é a responsável primária de produtos alimentícios, fármacos, sequestro e estoque de carbono, conservação da biodiversidade, controle de doenças e erosão, regulação climática, depuração de poluentes e a regulação climática. Esses serviços e bens garantem a sobrevivência das espécies no planeta satisfazendo as necessidades humanas (GROOT et al., 2002).

A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005) classifica esses serviços em quatro categorias: regulação, provisão, suporte e cultural; embora outros autores tenham proposto alterações (BOYD e BANZHAF, 2007; FISHER et al., 2009; WALLACE, 2007).

Os serviços de regulação são aqueles que equilibram os ecossistemas, bem como a manutenção climática. Os oceanos são importantes reguladores climáticos por cobrirem cerca de 90% da superfície terrestre. Através de suas correntes e a interação com a atmosfera, o oceano transporta calor dos trópicos aos polos contribuindo para amenizar o clima global (GERLING, C. et al., 2016).

Já os serviços de suporte fornecem condições necessárias para que outros serviços sejam disponibilizados, consistindo principalmente, na ciclagem dos nutrientes. Em ecossistemas marinhos o serviço é realizado pelo fitoplâncton, macroalgas e outros vegetais marinhos (ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

Os serviços de provisão são os produtos oferecidos diretamente a população. A biotecnologia proporcionou a exploração comercial de vários compostos produzidos por organismos marinhos, que são usados para indústria química alimentícia, farmacêutica e cosmética, embora as macroalgas, desde muito tempo, já sejam utilizadas como fonte de alimento, iodo, vitamina C e vermífugo. Além disso os oceanos servem para a circulação de 90 % do transporte de cargas no mundo em decorrência dessas vias apresentarem uns dos custos mais baixos (MEA, 2005).

As interações dos elementos naturais e ecossistêmicos, também nos fornecem serviços culturais, onde os benefícios não são materiais, mas geram valores humanos e uma rica diversidade cultural. São eles: diversão, lazer, educação e espiritualidade, os quais contribuem para o bem estar da sociedade (ANDRADE e ROMEIRO, 2009). Porém, a urbanização acelerada e desordenada tem enfraquecido a relação homem-natureza. Uma alternativa para a contemplação da natureza são os ecoturismos, um turismo ecológico que

proporciona vivência direta com a natureza, tal modalidade tem sido uma opção para a fonte de renda de comunidades tradicionais costeiras que enfrentam desafios como a especulação imobiliária e a sobre-exploração da pesca. Essas populações desempenham papel auxiliar nos ecossistemas nutrindo as regiões em que vivem através de suas atividades de subsistência.

2.3 Comunidades tradicionais

A coletividade do sistema tradicional tem relações diretas com a natureza, através do seu modo de vida particular, utilizando manejos sustentáveis de baixo impacto e pouca movimentação com o mercado, produzindo para sua subsistência visando sua reprodução social e cultural, sem visar lucro, com inovações e práticas geradas e transmitidas pela tradição de geração para geração.

Conforme o Decreto N° 6.040, instituído em 2007,

Art.3º. I - Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição;

Essas populações passaram por um longo processo de reconhecimento que tramitou desde a Constituição Brasileira de 1988, onde índios e quilombolas foram reconhecidos como organização social, perpassando pelo Decreto Presidencial de 2004 , que foi revogado em 2006 pelo Decreto de 13 de julho, alterando a denominação e composição do conceito e entrando em vigor em 2007 através do Decreto Presidencial N° 6.040 que concebe a “Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais” reconhecendo e fornecendo assistência a essas comunidades. (GRZEBIELUKA, 2012).

Os costumes, valores e comportamentos dessas populações geram serviços públicos e precisam ser reconhecidos e valorizados na sociedade. A sua simples divisão de trabalho, em predominância do artesanal e a dependência dos recursos naturais com essa relação de simbiose constrói um modo de vida autossustentável e essencial para os ecossistemas contribuindo para a preservação da biodiversidade e atuando em conjunto com as áreas protegidas.

2.4 Áreas marinhas protegidas e áreas de relevante importância ecológica

No Brasil, as áreas para conservação são protegidas pelo Sistema Nacional de Conservação, criado e regulado, respectivamente, pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 e o Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. As unidades ambientais são reguladas pelo Instituto Chico Mendes em dimensão estadual e municipal, e apresentam dois grupos: o de Proteção integral e o de Uso sustentável. As Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral visam a preservação total da área sem permitir o uso direto dos recursos, coletas para pesquisas, visitação através do turismo ecológico e ocupação humana. Já as unidades de uso sustentável concedem a ocupação de comunidades tradicionais, coletas científicas, turismo moderado e qualquer atividade que esteja associada a não degradação do território mantendo os recursos naturais e processos ecológicos (MMA, 2017).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação –SNUC, o grupo de unidades ambientais dispõem de 12 categorias dispostas a seguir:

Tabela 1- Categorias complementares das Unidades de Conservação

Grupo	Categoria SNUC	Origem	Descrição
Proteção integral	Estação Ecológica	SEMA (1981)	De posse e domínio público, servem à preservação da natureza e à realização de pesquisas científicas. A visitação pública é proibida, exceto com objetivo educacional. Pesquisas científicas dependem de autorização prévia do órgão responsável.
	Reserva Biológica	Lei de Proteção à Fauna (1967)	Visam a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos.
	Parque Nacional	Código Florestal de 1934	Tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

	Monumento Natural	SNUC (2000)	Objetivam a preservação de sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
	Refúgio de vida silvestre	SNUC (2000)	Sua finalidade é a proteção de ambientes naturais que asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.
Uso sustentável	Área de Relevante Interesse Ecológico	SEMA (1984)	Geralmente de pequena extensão, são áreas com pouca ou nenhuma ocupação humana, exibindo características naturais extraordinárias ou que abrigam exemplares raros da biota regional, tendo como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
	Reserva Particular do Patrimônio Natural	MMA (1996)	De posse privada, gravada com perpetuidade, objetivando conservar a diversidade biológica.
	Área de Proteção Ambiental	SEMA (1981)	São áreas geralmente extensas, com um certo grau de ocupação humana, dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
	Floresta Nacional	Código Florestal de 1934	É uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	SNUC (2000)	São áreas naturais que abrigam populações tradicionais, cuja existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações, adaptados às condições ecológicas locais, que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.
	Reserva de Fauna	Lei de Proteção à Fauna (1967) – sob o nome de Parques de Caça	É uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.

	Reserva Extrativista	SNUC (2000)	Utilizadas por populações locais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, áreas dessa categoria tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.
--	----------------------	-------------	--

Fonte: Associação O Eco, 2013

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica, um acordo feito pela Organização das Nações Unidas que foi estabelecido durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992 (MMA), os sistemas naturais costeiros e marinhos podem ter áreas protegidas que visam as práticas sustentáveis e projetos de recuperação de bacias hidrográficas, apresentando áreas de Preservação Permanentes (APPs), áreas de Exclusão de Pesca, áreas Marinhas não Aptas à Exploração e Produção de Petróleo ou Unidades de Conservação (UCs), onde:

As áreas de exclusão de Pesca são zonas com maior restrição dentro das Unidades de Conservação de Uso Sustentáveis, áreas militares, de reserva à atividade petroleira ou locais livre de pesca, evitando a captura acidental de baleias e golfinhos e colaborando para estoques pesqueiros.

As APPs, designadas a áreas de mata ciliar, manguezais e campos de dunas, são articulações para proteger os ecossistemas aquícolas das consequências degradantes do desenvolvimento não sustentável evitando a perda de habitat.

As áreas marinhas não aptas à Exploração e Produção de Petróleo, são áreas que apresentam grande relevância ambiental e a necessidade de conservação é incompatível com os impactos associados aos danos da exploração petrolífera.

A degradação nos ambientes costeiros tem se intensificado no decorrer das décadas. A taxa de mortalidade dos corais na primeira década deste século foi de 2% ao ano, cerca de 80% das espécies marinhas já foram exploradas no limite da sustentabilidade ou acima do limite, comprometendo a existência das populações (GERLING, C. et al., 2016). Além do aporte das comunidades tradicionais na sustentabilidade dos ecossistemas, um dos caminhos mais utilizados para proteger e minimizar os impactos da exploração desordenada é a criação de áreas protegidas. O que consiste em uma divisão em função do uso, grau de

reserva necessária e área de uso rotineiro, a qual através de uma análise econômica e ecológica é dividida em diferentes modalidades.

2.5 Tecnologias para analisar impactos nos ecossistemas naturais

As unidades de conservação demandam um eficiente monitoramento, bem como a caracterização de seus elementos naturais e identificação de pressões antrópicas. Uma das formas de desenvolver o monitoramento desses ecossistemas é por meio do uso de geotecnologias. As geotecnologias são um conjunto de tecnologias, hardware e software utilizados para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações, onde um agrupamento de sistemas de informações geográficas como, cartografia digital, sensoriamento remoto por satélites, sistema de posicionamento global, aerofotogrametria, geodésia e topografia clássica, dentre outros estarão disponíveis. Dentre esses, o sensoriamento remoto tem permitido análises sem o contato direto em regiões extensas e de difícil acesso, sendo caracterizado pela aquisição de informações através de sensores remotos que coletam energia de alvos, convertendo-a de forma adequada e extraíndo informações sobre esses alvos (TÔSTO, 2014).

Os vegetais extraem da radiação eletromagnética emitida pelo sol a energia para sua sobrevivência através do processo de fotossíntese. Eles realizam a purificação do ar e se alimentam contribuindo diretamente para a manutenção dos seres humanos. Essa interação da vegetação com os raios solares nos mostra várias propriedades dos ecossistemas e designa o princípio básico do sensoriamento remoto, que processa e interpreta a intensidade e relação entre ondas eletromagnéticas.

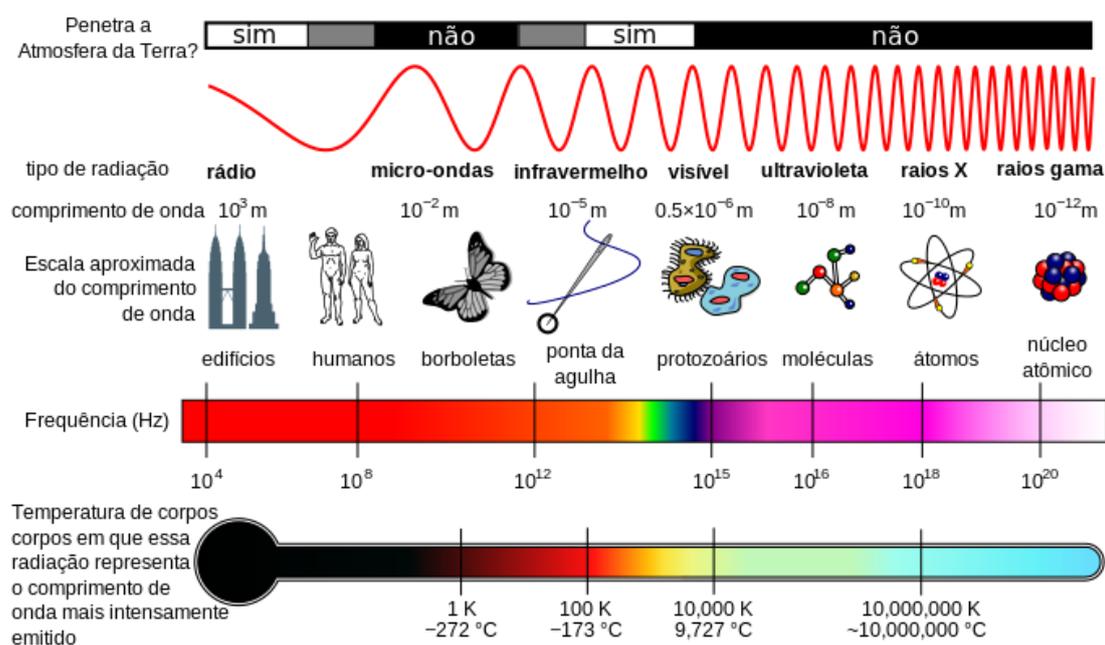
Em seu trabalho, Maxwell (1931-1979) desenvolveu cálculos matemáticos acerca da teoria do eletromagnetismo, estudando o efeito inverso ao apresentado por Faraday (1791-1867) e concluindo que as ondas magnéticas se propagam transversalmente até no vácuo, com variações em cada região. Essas variações formam um campo elétrico e, conseqüentemente, um campo magnético e assim sucessivamente, como mostra a Figura 2 (SILVA, 2013). Essas ondas estão presentes em nosso dia a dia em objetos como: controle remoto, câmera fotográfica, micro-ondas, celular, entre outros.

O sensoriamento remoto é um instrumento fundamental para a captação de ondas eletromagnéticas, sendo definido como uma técnica de captura de informações de alvos terrestres através de sensores sem que haja o contato direto entre eles. Esses sensores captam a energia refletida quando atingem a radiação. A coleta de dados pode ser feita em níveis

orbitais (câmeras, scanners e satélites), suborbitária (radares aerotransportados, radiômetros hiper espectrais) e terrestres (radiômetros e espectro radiômetro).

Segundo Ponzoni, (2012), as folhas das plantas têm como função principal viabilizar a interação com a radiação eletromagnética, em especial na região espectral, que varia de $0,4 \mu\text{m}$ até $0,72 \mu\text{m}$ localizados na faixa do visível.

Figura 2- Espectro eletromagnético e suas frequências com exemplos de comprimentos de onda



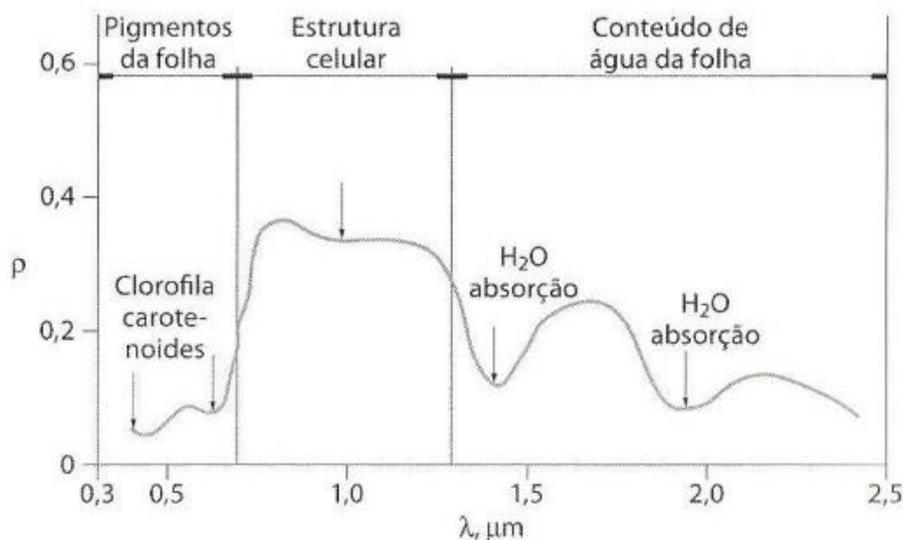
Fonte: KHAN ACADEMY, 2018

É importante salientar que a folha pode ser um meio de propagação das ondas eletromagnéticas e dependendo do comprimento dessa radiação, alguns componentes fisiológicos vão influenciar na interação, assim como em outros alvos. A absorção, transmissão e reflexão são fatores essenciais nestes processos, os quais variam pelas características físico-química dos alvos (POZONI, 2012).

Na vegetação boa parte da energia emitida é absorvida e a minoria é refletida, porém quando tratamos da faixa espectral na região do infravermelho próximo ($0,72 \mu\text{m}$ até $1,1 \mu\text{m}$), a incidência é minimamente absorvida, refletindo a maior parte da radiação. Isso permite entender melhor sobre a fisiologia da planta (SILVA et al., 2003), gera a reflectância a qual é inferida através de cálculos espectrais que relacionam a intensidade da radiação refletida do objeto com a radiação incidente, permitindo gerar uma resposta espectral, identificando o comportamento padrão entre os corpos (POZONI, 2012). A seguir, verifica-

se essa relação em uma folha de milho sadia (Figura 3).

Figura 3- A resposta espectral da energia refletida e absorvida de uma folha de milho sadia.



Fonte: PONZONI, 2012

Frequentemente a reflectância é apresentada sob a forma de porcentagem sendo essencial no cálculo para a vegetação que é determinado pela razão da diferença entre a reflectância do infravermelho próximo e a banda vermelha, e a adição das reflectâncias das mesmas bandas. O Índice de vegetação (Normalized Difference Vegetation Index- NDVI) é um coeficiente indicador que explica melhor as propriedades espectrais relacionando com os aspectos biofísicos da cobertura vegetal, radiação fotossintética, área foliar e biomassa, e realçando o contraste espectral entre vegetação e solo. Essa resposta espectral é obtida de acordo com o âmbito da pesquisa e pode assumir valores variados (ROUSE et al., 1974). Para esta caracterização usamos a seguinte equação (1):

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

onde, *NIR* é o infravermelho próximo e *RED* a faixa do vermelho visível. Essa relação gera coeficientes que variam entre -1 e 1 e expressam vegetações mais densas quando assumem valores mais próximos de 1 e solo exposto ou degradado e cursos d'água quando se aproximam de -1 (ROUSE et al., 1974). Esses índices são provenientes de algoritmos matemáticos que realçam a presença da vegetação, preservando as propriedades físico-químicas que a reflectância confere. Estes são definidos como a relação entre duas ou mais

bandas espectrais tendo como objetivo destacar o componente espectral da vegetação correlacionando com os parâmetros biofísicos da mesma, como a biomassa, o índice de área foliar (IAF) e percentagem de cobertura vegetal, entre outros (EIPHANIO e FOMAGGIO, 1991).

O NDVI é explorado em várias vertentes, fundamentando estudos agrícolas, florestais e climáticos. Mesmo levando em conta fatores limitantes de sua interpretação, os dados obtidos permitem uma gestão de qualidade acerca de regiões através da sistematização de informações e hierarquia de impactos considerando a dependência dos elementos (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010). Esse índice está presente em estudos de alterações de vegetação, onde é possível ter acesso ao imageamento temporal verificando a modificação da paisagem e aspectos específicos como desmatamento e redução de corpos d'água relacionando-os a fatores como o albedo da superfície de bacias (PEREIRA et al., 1999) podendo observar a diminuição ou não da biomassa da vegetação e seus fatores naturais e antrópicos, ou ainda analisar o estado de degradação classificando diretamente os níveis de proteção do solo através da densidade da vegetação (MELO et al., 2011) e mapas de uso e ocupação.

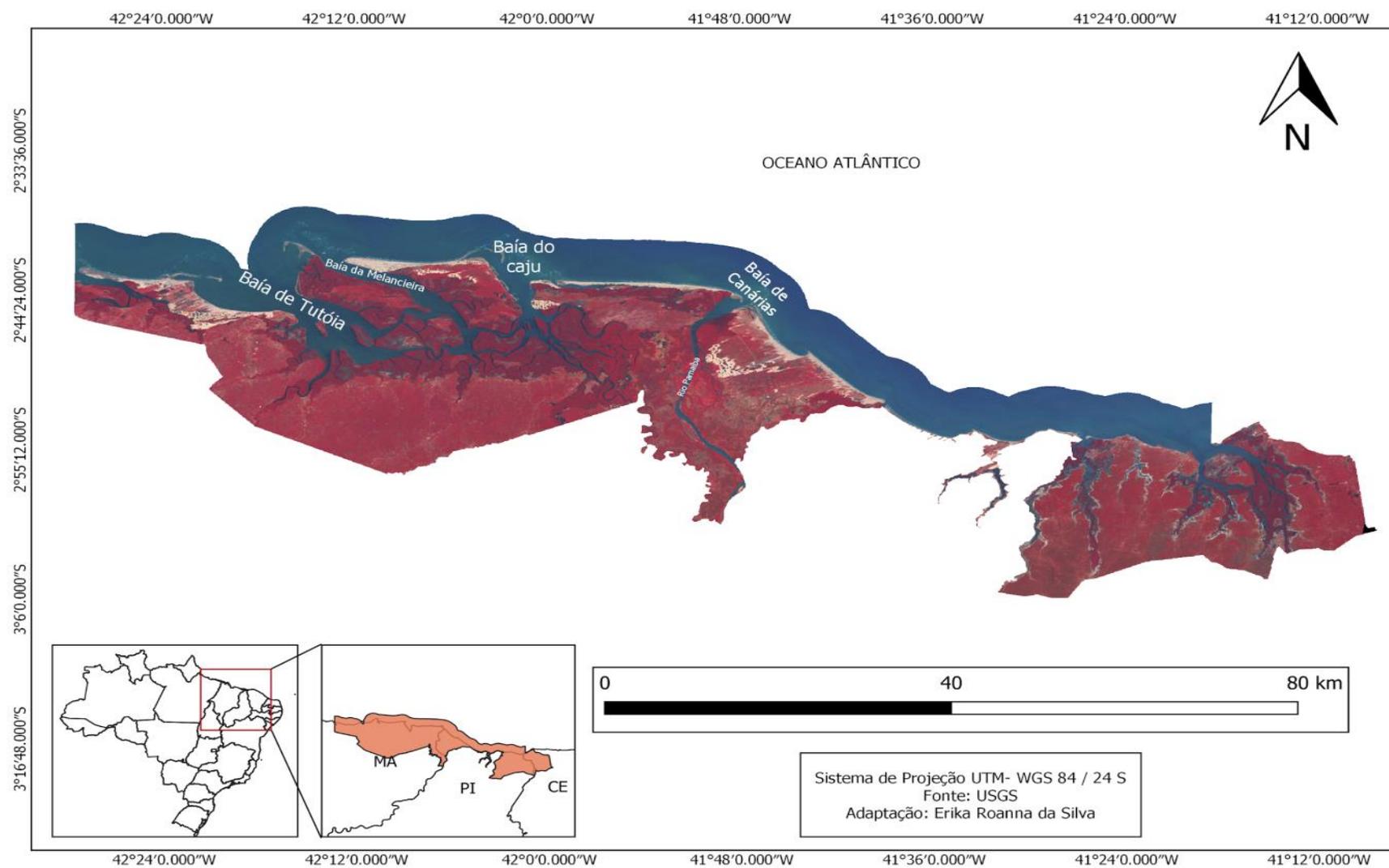
Além da análise de vegetação, existem diversas outras aplicações com enfoque em elementos específicos tratando de fatores de emissão de cargas de nitrogênio e fósforo (FILHO, 2014), índice de Qualidade de água (IQAs), índice de estado trófico de Carlson (1977), entre outros, que são utilizados em função de características climáticas, como o índice de aridez (SANTOS et al., 2018), desenvolvido para a mensuração de aridez em áreas do nordeste. Esses índices são melhores fundamentados no processamento de dados através de um sistema de informação geográfica possibilitando um diagnóstico integrado e interdisciplinar especializado.

3.METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Delta do Parnaíba, único das Américas que deságua em mar aberto. Em semelhança temos a foz do Mississipi, que ocorre em mar fechado, a do Rio Nilo, e a do Mekong, na Ásia (JÚNIOR e MACÊDO,2016). O delta possui aproximadamente 80 ilhas fluviais tendo como rio principal o Parnaíba o qual nasce na Chapada das Mangabeiras percorrendo 1.450 km² através de três cursos d'água: O riacho Água Quente (PI/MA), o Curriola (PI) e o Lontra (PI)ramificando-se em cinco baías, Tutóia, Melancieira, Caju, Canárias e Igarapu e tem área total de 2.750 Km² com uma orla de 30 quilômetros de largura onde se localizam os igarapés, os mangues e ilhas (GUZZI, 2012).

Figura 4- Localização da APA (Área de proteção Ambiental) do Delta do Parnaíba.



Fonte: Elaborada pela autora com dados do USG

A APA abrange os municípios de Parnaíba, Luís Correa, Ilha Grande e Cajueiro da Praia, no Piauí; Araiões, Água Doce, Paulino Neves e Tutóia, no Maranhão; Chaval e Barroquinha, no Ceará, as águas jurisdicionais do rio Parnaíba; Cardoso, Cumurupim, Timonha e Ubatuba, além de 5 km do mar territorial, com aproximadamente 360.000 habitantes (ICMBio, 2020). Na tabela 2 foi quantificado a região pertencente na APA de cada município.

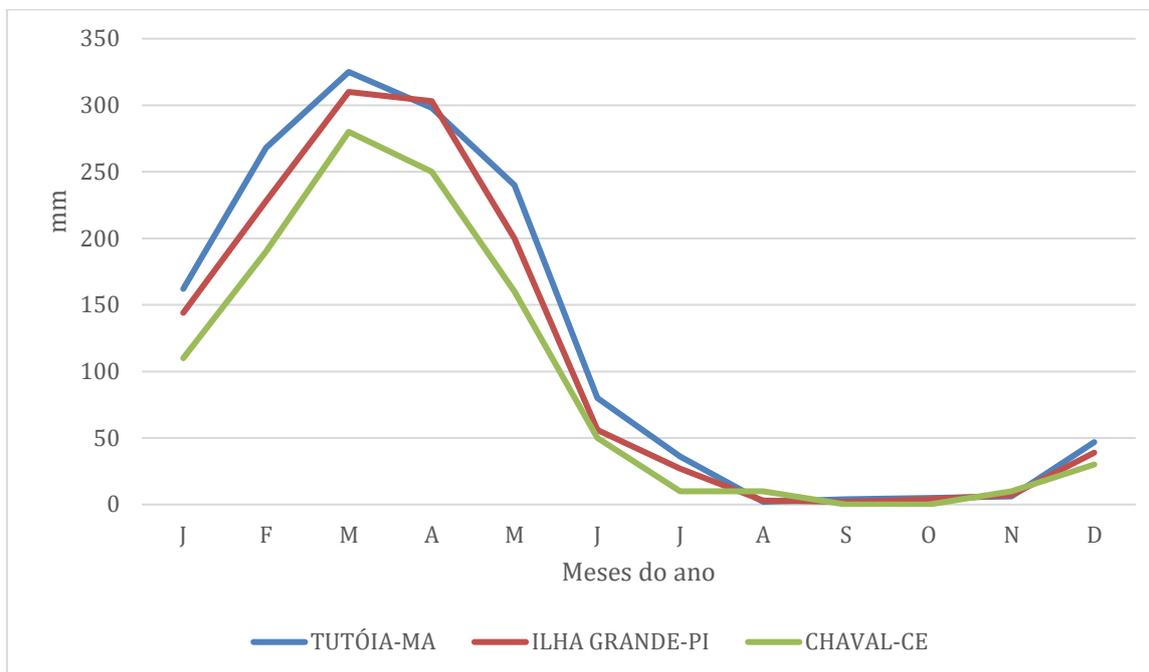
Tabela 2-Municípios abrangidos pela APA do delta do Parnaíba

Municípios	UF	Área (km²)	Área de APA dentro Do município (km²)	% do município Dentro da APA
Barroquinha	CE	385,13	150,19	39,00
Chaval	CE	238,82	56,67	23,73
Água Doce do Maranhão	MA	443,58	196,11	44,21
Araiões	MA	1790,11	635,37	35,49
Paulino neves	MA	981,54	24,75	2,52
Tutóia	MA	1494,42	582,70	38,99
Cajueiro da Praia	PI	271,97	271,97	100,00
Ilha grande	PI	134,43	134,43	100,00
Luís correia	PI	1077,1	158,60	14,72
Parnaíba	PI	439,08	106,59	24,28

Fonte: ICMBio, 2020

A área possui clima variável que perpassa entre o úmido clima amazônico e o semiárido nordestino, com menores temperaturas em Março e Abril e chuvas acumuladas de Fevereiro à Maio (Gráfico 1) (CHIELLE, 2019).

Gráfico 1 – Precipitação anual dos municípios de Tutóia- MA (azul), Ilha Grande- PI (vermelho) e Chaval- CE (verde) entre os anos 2009 e 2019



Fonte: Elaborada pela autora com dados do CLIMATE-DATA.

A área está sob responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e apresenta pelo menos quatro documentos de regulamentação, são esses:

- Plano de gestão e diagnóstico geoambiental e socioeconômico, elaborado em 1998 pelo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Ministério do Meio Ambiente (MMA);
- Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Baixo Parnaíba – Diagnóstico Preliminar – SDS/MMA, 2001;
- Regras de Pesca do Estuário dos rios Timonha e Ubatuba instituído na portaria 49/16 pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio);
- Plano de Gestão do Caranguejo-uçá - portaria 725/17 pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio);

A APA abriga várias comunidades tradicionais, podendo destacar Coqueiro, Bolacha, Barreirinha, Pedra do Sal, Pedrinhas, Carnaubearas e Tatus, essas três últimas apresentam melhor desenvolvimento por possuírem as melhores localizações geográficas, logo, mais acessível para visitação (JÚNIOR e MACÊDO, 2016). Os nativos têm uma rica

cultura, com um artesanato inspirado pela fauna e flora do delta, onde o manguezal, cavalo-marinho, peixe-boi, caranguejo e o guará são facilmente retratados e encontrados em lojinhas espalhadas pelas cidades do entorno. Suas tradições culinárias tem reflexo de múltiplas etnias, com ingredientes europeus e africanos atrelados as frutas da região como: buriti, cupuaçu, jenipapo, abricó, que baseiam doces e licores deliciosos. Além desses aspectos o folclore maranhense e lendas piauienses contribuem para festividades diversas sempre trazendo danças típicas como: bumba-meu-boi, dança do coco, dança do caroço e cacuriá (ILHA DO CAJU, 2017).

3.2 Processamento digital de imagens

Para a realização do tratamento das imagens foi necessário a utilização de um sistema de informação geográfica, o Quantum GIS (QGIS). O Qgis é um software de código-fonte livre e gratuito que permite o georreferenciar, empilhar, corrigir imagens e quantificar seu terreno em vários âmbitos, seja área, pluviometria, volume ou batimetria. Permite empilhar várias camadas de informação em diferentes projeções e formatos. Os mapas podem ser compostos em raster ou vetor, possibilitando o cruzamento entre eles e conversão em ambos. No programa também é possível inserir dados através de pontos, linhas ou polígonos customizando cores e tamanhos.

Para a elaboração e tratamento de dados do trabalho foi utilizado a versão 3.4.8 do programa, que apresenta mais praticidade em muitos processos através de plugins mais dinâmicos, onde é possível fazer procedimentos como a declividade, índice de posição topográfico e rugosidade do terreno com maior agilidade.

Para a construção dos mapas e análises foi preciso a obtenção das imagens em raster por meio do site da United States Geological Survey (1879), uma instituição americana científica dedicada a estudos multidisciplinares relevantes ao uso dos recursos naturais e suas características, atuando nas áreas de biologia, geografia, geomática, geologia e água. No site, é possível visualizar a esfera terrestre e os limites dos territórios, além de suas singularidades e em períodos diferentes.

Na aquisição de imagens em raster é possível localizar a carta pretendida, o período, o satélite e o sensor desejado. O download exporta as informações em 12 arquivos separados e são denominadas bandas, sendo um deles o arquivo com informações algorítmicas em formato TXT, que podem ser abertos e editados em vários programas de processamento de texto, neste arquivo encontramos todas as informações geográficas e

algorítmicas de cada banda.

Para o estudo foram adquiridas imagens do dia 15 de setembro de 2019 do Land Sat 8 sensor TM. O satélite usado entrou em órbita em 2013 possuindo imagens a partir do segundo semestre deste ano. Suas bandas multiespectrais (coloridas) tem 30 metros que correspondem a 900 m² na imagem real com período de revisita de 16 dias, e imagens em vetor nos sites do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) , Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a delimitação correta das informações e do território. Além dos sites, foram utilizadas imagens aéreas do Google Earth, programa estadunidense que busca apresentar informação tridimensional do globo terrestre com fontes diversas possibilitando a identificação de áreas menores com maior exatidão e nitidez.

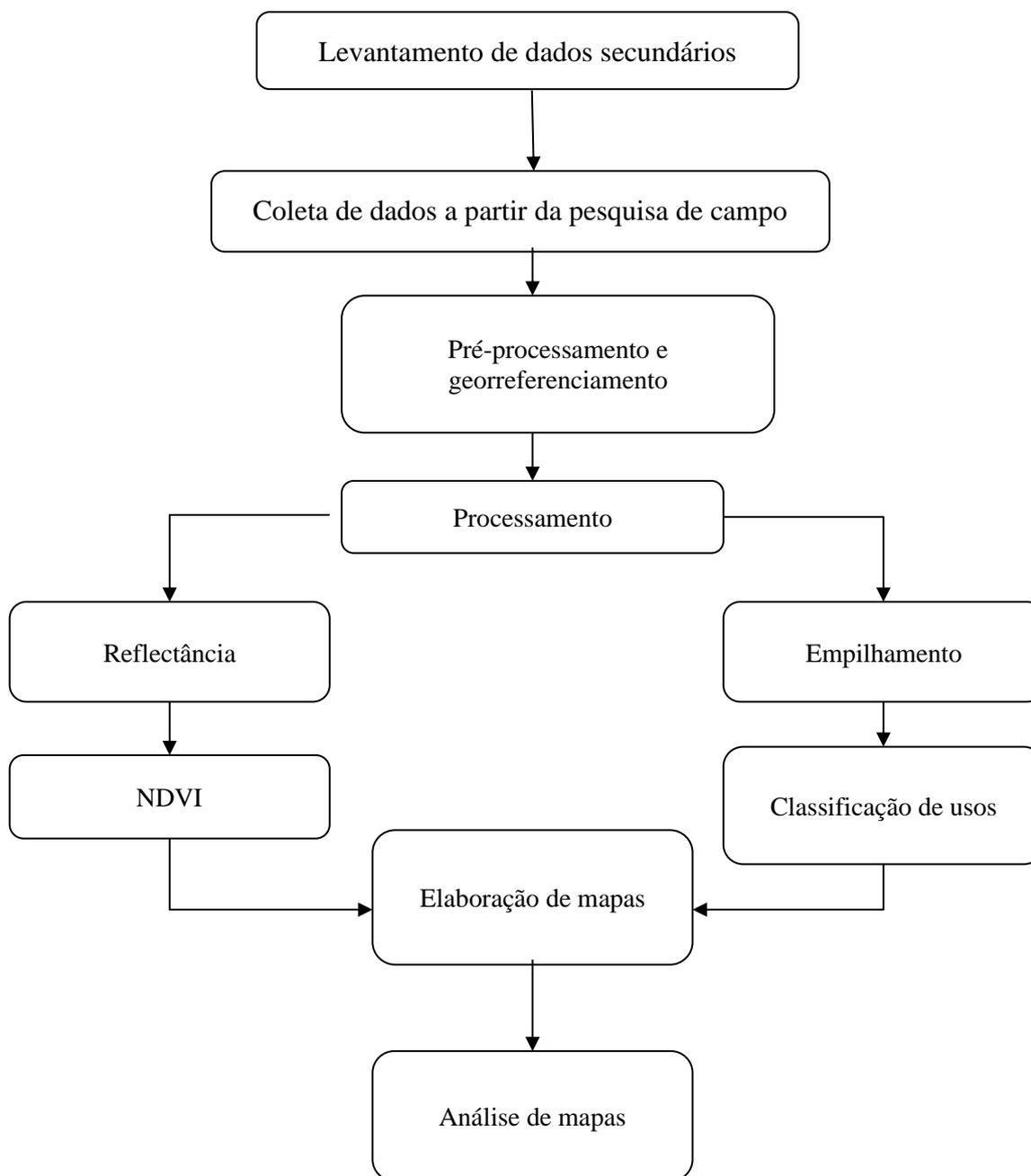
O trabalho também dispôs de um levantamento de campo realizado no período 11 -14 de dezembro de 2019, coletando informações paisagísticas e físicas da vegetação de mangue.

O procedimento realizado foi dividido em quatro etapas:

- a) Levantamento de dados secundários: oriundos de material bibliográfico, cartográfico e aerofotográfico (incluindo fotointerpretação digital).
- b) Coleta de dados a partir da pesquisa de campo
- c) Pré-processamento, processamento e pós-processamento
- d) Elaboração de mapas temáticos

Após o processamento dos dados, foram aplicados coeficientes para o índice de vegetação, reflectância, elaboração de mapas de vegetação, tipologia do solo, identificação de unidades geoambientais, RESEX marinha, áreas de influência e uso e ocupação do solo. Para melhor compreensão do processo analítico foi desenvolvido um fluxograma (Figura 5).

Figura 5- Fluxograma explicativo do desenvolvimento do processo.



Fonte: Autora

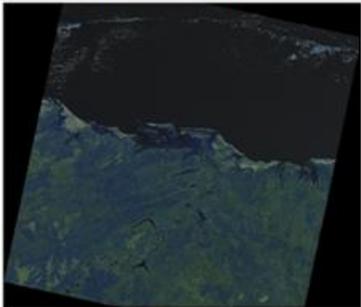
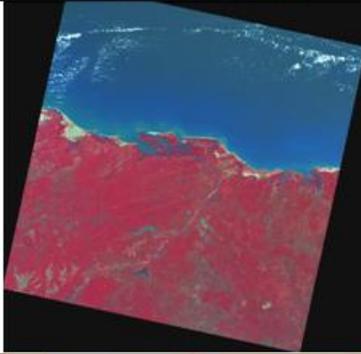
A imagens foram obtidas do USGS (United States Geological Survey) e em seguida processadas. As bandas obtidas identificam-se em números digitais, não apresentando nenhuma resposta lógica de algoritmo. Para o processamento correto, as bandas foram padronizadas para o sistema de referência de coordenadas correspondentes com os dados adquiridos nos sites. Dito isto, partimos para o cálculo de reflectância das bandas, determinando a proporção entre o fluxo de radiação eletromagnética incidente numa superfície e o fluxo que é refletido. Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2010), para obtermos

a reflectância das bandas utilizamos a seguinte fórmula na calculadora de raster do QGis (2):

$$0,00002 \times BANDA + (-0.1) \quad (2)$$

O procedimento foi feito para todas as bandas do raster adquirido, obtendo-se novos arquivos. Com a reflectância das bandas seguimos para o empilhamento onde podemos ver a resposta espectral das bandas. O empilhamento permite visualizar todas as informações das bandas em um plano unificado para a obtenção da resposta espectral dos elementos vetorizados ou matriciais, utilizando-as de acordo com o enfoque pretendido como podemos ver a seguir na tabela 3.

Tabela 3- Respostas de sequência de empilhamentos

OBJETIVO	BANDAS	RESULTADO
<ul style="list-style-type: none"> Mapeamento de águas costeiras: diferenciação entre solo e vegetação (azul até verde) 	1, 2 e 3	
<ul style="list-style-type: none"> Refletância da vegetação verde sadia (verde até amarelo) 	2, 3 e 4	
<ul style="list-style-type: none"> Absorção de clorofila, diferenciação de espécies vegetais (laranja até vermelho) 		
<ul style="list-style-type: none"> Levantamento de biomassa, delineamento de corpos de água (infravermelho próximo) 	3, 4 e 5	
<ul style="list-style-type: none"> Medidas de umidade da vegetação: diferenciação entre nuvens e neve (infravermelho médio) 		

Fonte: Elaborada pela autora com dados do United States Geological Survey

Vale ressaltar que as combinações variam de acordo com o satélite utilizado, neste caso abordamos os entalhes para o LandSat 8. Para a delimitação da APA em raster

para futura identificação de uso, ocupação dos solos e classificação de dados foi utilizado o shapefile do acervo do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

3.3 Determinação do NDVI

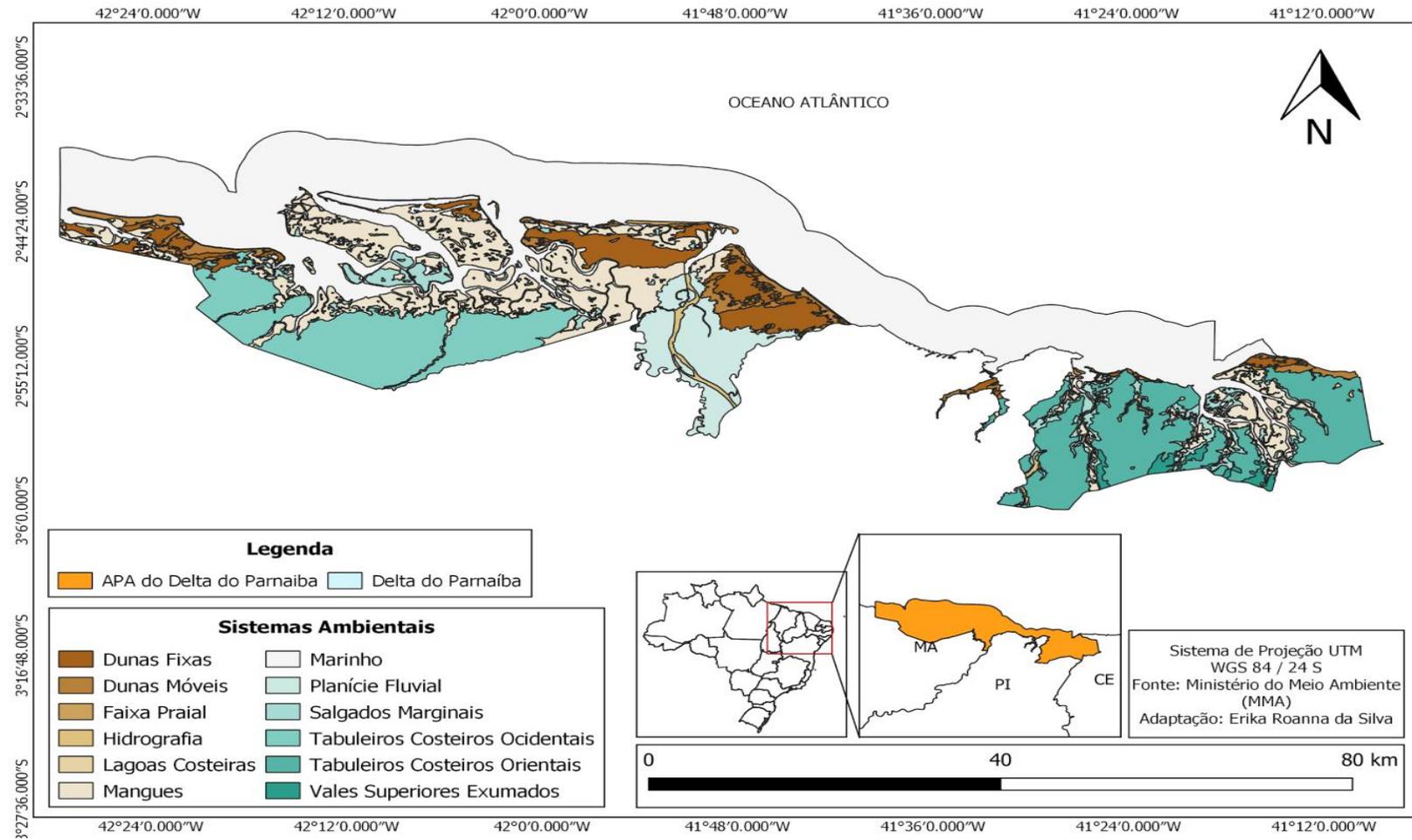
Com o auxílio da calculadora de raster do programa QGis, para o NDVI utilizamos as bandas 5 (Infravermelho próximo) e 4 (vermelho visível) aplicando a relação $(eq1)(banda\ 5 - banda\ 4) / (banda\ 5 + banda\ 4)$, utilizando essas bandas corrigidas atmosféricamente e com suas respectivas reflectâncias. A correção atmosférica é necessária devido as partículas presentes na atmosfera que podem contaminar a energia refletida ou emitida pela superfície, ou seja, poeira, moléculas de gases e aerossóis podem alterar o brilho das cenas e diminuir o contraste entre os alvos, tornando fundamental a correção atmosférica nas imagens de satélites (ANTUNES et al., 2012).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise integrada das características da APA do Delta do Parnaíba

Com o intuito de identificar os componentes naturais que interagem no sistema aberto da APA é necessário entender as relações de dependência do ambiente e sua interação. As ações antrópicas causam impactos inesperados no sistema gerando desequilíbrio. Alguns elementos como o relevo e os solos são mais estáveis e mudam suas propriedades lentamente por estarem menos expostos, outros elementos como os seres vivos, água e ar, mudam rapidamente suas propriedades devido a exposição antrópica. Os sistemas naturais são fatores que integram os elementos de suporte (substrato rochoso, solos, recursos hídricos e relevo) e os de cobertura (fauna e flora) resultando em ambientes verticais complexos em diferentes territórios. Na figura 6 ressaltou-se essas unidades paisagísticas levando em consideração os fatores hidrológicos, geológicos, pedológicos e geomorfológicos.

Figura 6- Território da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba classificado em seus sistemas ambientais



Fonte: Elaborada pela autora com dados do Ministério do Meio Ambiente

A área gerou o delineamento de quatro unidades bases: I) Campo de dunas II) Planície flúvio-marinha III) Planície fluvial IV) Tabuleiros costeiros;

I) Campo de dunas

A entrada de matéria e energia, através dos sedimentos argilosos, ocorrem pela corrente fluvial do rio Parnaíba que desemboca no oceano. Os sedimentos são depositados na praia pela maré alta e através do vento são levados para as áreas mais elevadas da praia. O campo de dunas pode ser classificado pela presença ou não de vegetação. As dunas móveis da região do delta compõem 9.642 hectares, com formação recente, sem cobertura vegetal ou apenas com algumas gramíneas que são instáveis e migratórias. Já as formações mais antigas que apresentam cobertura vegetal arbustiva e herbáceas (dunas fixas) constitui-se de 172.71 hectares, ocupando 9% do território da área de proteção (SILVA, ARAÚJO e MARINS, 2019, p.1102)

II) Planície flúvio-marinha

A zona de transição entre o ambiente marinho e o ambiente fluvial concentra alta salinidade e baixas concentrações de oxigênio sendo responsável pelo transporte de matéria e energia que são carreadas pelos rios, marés, chuvas e pelo *runoff*, ou seja, o escoamento superficial das zonas adjacentes são distribuídos sobre o solo do manguezal e retirados por processos biológicos, químicos e físicos agregando-se aos sedimentos por absorção do metabolismo vegetal ou animal. A existência de substrato mole constituído por sedimentos finos de silte e argila, rico em matéria orgânica permitem áreas de forte ação das ondas e marés violentas com águas salobras ou salgadas e amplitude de marés (FONSECA e ROCHA,2004).

A presença dos manguezais na Área de Proteção localizada no Delta do Parnaíba contribui para a diversidade e funcionamento do ambiente delimitado compreendendo 47.994 hectares da região, equivalente a 15% da sua extensão (SILVA, ARAÚJO e MARINS, 2019, p.1102).

III) Planície fluvial

Esta unidade integral possui elementos que interagem de forma constante, formados por sedimentos quaternários (argila, silte, areia, cascalho e matéria orgânica) depositados pelo sistema fluvial e nas margens da drenagem apresentando planícies de inundação com lagoas costeiras associadas ao regime climático e hidrológico particular da

bacia de drenagem. A taxa de entrada de sedimentos é igual a saída com mudanças nas condicionantes através de processos tectônicos ou mudanças no regime hidrológico que podem ocasionar degradação e formação de terraço (LEOPOLD et al., 1964). Na APA esse sistema compõe salgados marginais, ou marismas hipersalinas, com frequências entre marés e variação de salinidade, apresentando vegetação herbácea específica que ocupa 9% da região de proteção (SILVA, ARAÚJO e MARINS, 2019, p.1102).

IV) Tabuleiros costeiros

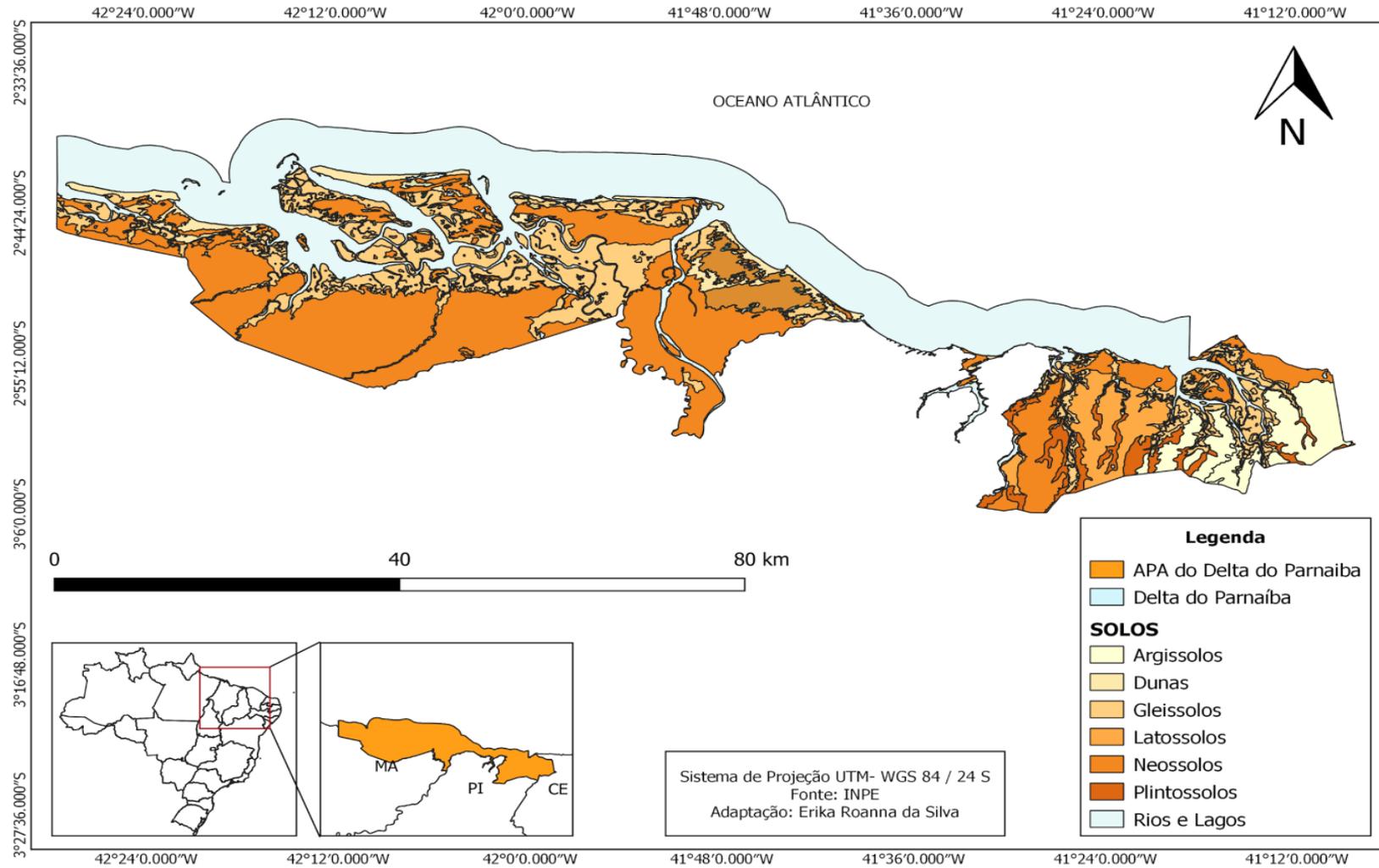
Estão localizados após as dunas, planícies fluviais e planícies flúvio-marinhas, acompanhados das faixas praias, apresentando uma forma aplainada com acúmulos de sedimentos arenosos grosseiros e a presença de argilas de cores variadas (BRASIL, 1981). Em decorrência da intensa utilização agrícola, as degradações de vegetação refletem nas várias áreas devastadas ou em campos espaçados cobertos de gramíneas. Os tabuleiros costeiros estão representados pela presença de vales superiores exumados no limite entre Piauí e Ceará, porém predominam no estado do Maranhão, ocupando o total de 68.028 hectares, cerca de 22% da delimitação da APA (SILVA, ARAÚJO e MARINS, 2019, p.1102).

A presença predominante da hidrografia na área protegida ocupa quase metade do espaço, aproximadamente 45% da delimitação possui correntes fluviais e marinhas que são condicionantes essenciais nas características físicas e biológicas expostas no decorrer de toda análise ambiental.

4.2 Os solos

Esse sistema flúvio-marinho forma depósitos aluviais no rio Parnaíba por ação eólica, deposição de materiais dendríticos e argilosos, e materiais arenosos de espessuras finas e médias que são recobertos por uma fina camada de argila devido às inundações. As enchentes carregam os sedimentos erodidos formando barrancos que originam terraços marginais modelados pelo curso baixo do rio Parnaíba (CABRAL et al., 2019). Na figura 7 identifica-se os tipos de solos predominantes na área de proteção do delta.

Figura 7- Solos identificados na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba



Fonte: Elaborada pela autora com dados do INPE

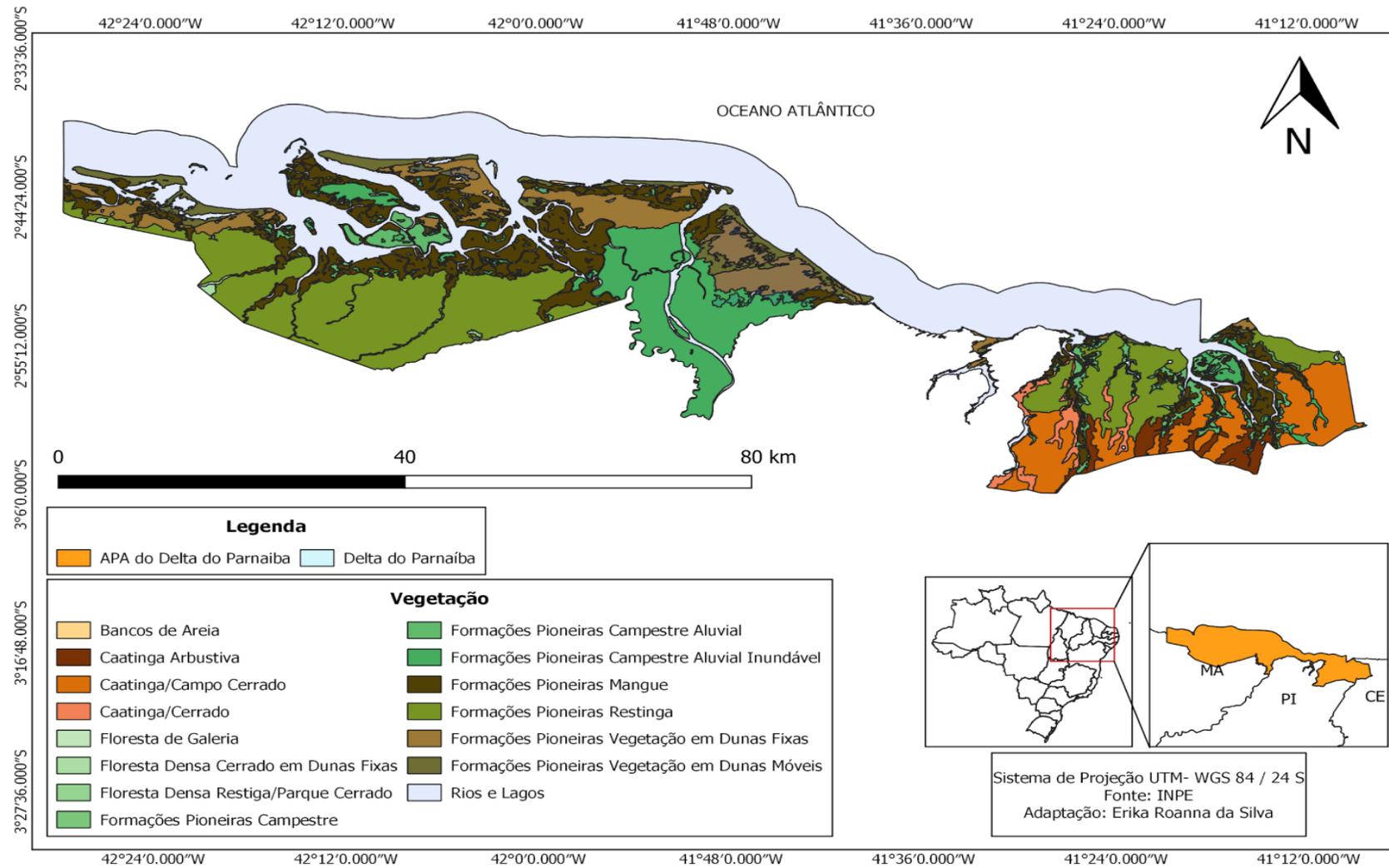
Em geral, foi encontrado solos relativamente profundos, granulometria variada, a maioria recentes com susceptibilidade a inundações, constituídos por materiais minerais e orgânicos, com baixa ou alta profundidade, com tendência a salinidade, pouco permeáveis, encharcando no período chuvoso e ressecando no período seco, esses sujeitos a erosão. Os solos existentes na região do mangue são hidro mórficos com sedimentos recentes, com presença de mosqueados que pela influência do excesso de umidade permanente ou temporária, podem ser mal ou muito mal drenados, com horizonte subsuperficial acinzentados, amarelados ou avermelhados (CABRAL et al., 2019).

Na região do Piauí encontramos variações de latossolos, com intemperização intensa, argilas com óxidos de ferro, alumínio, silício, titânio, baixa estabilidade do solos e saturação de bases, com boas condições para o uso agrícola, além de argissolos que possuem um grande gradiente textural e fertilidade química baixa e os plintossolos, que se formam em terrenos com lençol freático alto e restrição de percolação de água temporária. De acordo com as características citadas, os solos nomeados na figura 6 foram classificados a partir do Sistema de Classificação do Solos (5ª edição) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa que realiza levantamentos pedológicos afim de entender a interação dos solos com outros elementos naturais.

4.3 A vegetação

Em decorrência dos solos encontrados, a área apresenta terraços fluviais e canais sinuosos com variada vegetação, abrigando faixas arenosas recentes com vegetação escassa e homogênea, florestas de galeria e formações campestres inundáveis. Em maior destaque na figura 8 estão as formações pioneiras de restinga, que são produtos de fatores abióticos como a topografia, que podem ter faixas de elevações e depressão, e a influência marinha, corroborando para um conjunto de vegetações distintas e complexas.

Figura 8- Vegetações encontradas na Área de Proteção Ambiental localizado no Delta do Parnaíba



Fonte: Elaborada pela autora com dados do INPE

A flora da APA apresenta uma dinâmica que perpassa a caatinga (Ceará e Piauí) até florestas de mangue. A caatinga é característica do semiárido da região do Piauí e Ceará com vegetação herbácea e arbustiva e grande diversidade biológica, com períodos de estiagem caracterizado pelo cair das folhas da vegetação na tentativa de diminuir a perda excessiva de água diminuindo a ocorrência dos processos fotossintéticos evitando que as plantas entrem no processo de economia de energia (EMBRAPA, 2007). Em Chaval (CE) e Carapebas (PI) foi observado essa vegetação influenciando diretamente à paisagem, que a depender do período, abriga galhos secos, grandes rochas ressecadas e solos desidratados, causando uma paisagem amarelada ou em tons de marrom, como mostra a Figura 9.

Figura 9- Vegetação Caatinga em Chaval, na Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba em dezembro de 2019.



Fonte: Autora

Em contraste a caatinga, temos campos aluviais inundáveis com uma densa floresta de mangue que está presente em todos os braços do delta, mudando totalmente a paisagem da área, como verifica-se na figura 10.

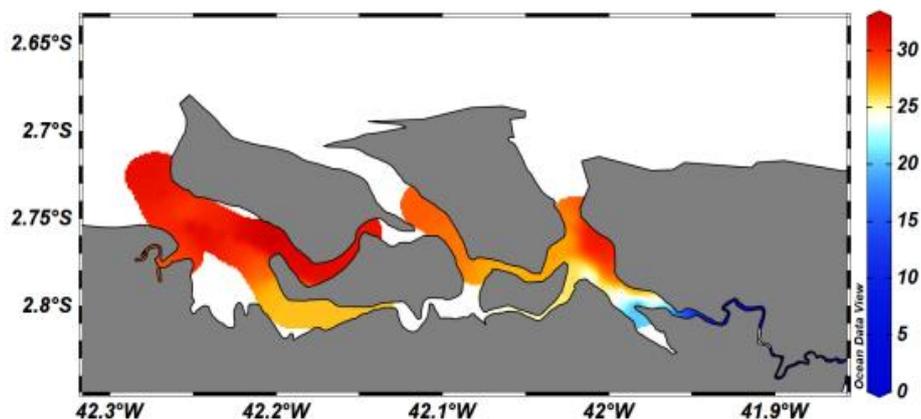
Figura 10- Floresta de mangue na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba em dezembro de 2019.



Fonte: Autora

Em meio as distintas vegetações podemos destacar três zonas com predominância do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*). Na primeira zona encontramos um mangue denso com altura variando de 10 a 20 metros (FRUEHAUF,2005) , com a presença de algumas espécies amazônicas como a aninga (*Montrichardia linifera*) , uma planta medicinal herbácea que cresce na água ou em solos cobertos por água, além de ilhas com restinga e pouco ou quase nenhum sinal de degradação (TEXEIRA et al., 2014). Na segunda zona, já em Tutóia bem perto da faixa litorânea, o mangue apresenta erosão na margem, vegetação irregular, bancos de areia e dunas móveis e fixas, em decorrência da alta salinidade e intensidade das marés, além de ações antrópicas como o turismo comunitário da região. De acordo com Chielle (2019), a salinidade do delta apresenta uma média de $23,80 \pm 10,23$, variando de 0,06 - 24,60 por estar em uma região de transição entre rio e mar, destacando a região de Tutóia com maiores valores de salinidade como mostra a figura 11.

Figura 11- Variação espacial da salinidade no Delta do Rio Parnaíba em 2018.



Fonte: CHIELLE, 2019

Na terceira zona, no segmento do rio Parnaíba encontramos uma vegetação não homogênea, com halófitas, restingas, bancos de areia, salinas, igarapés, espécies frutíferas e uma grande porção de carnaúbas e coqueiros, além da predominância de mangue siriba (*Avicennia germinans*) e mangue de botão (*Conocarpus erectus*). Nesta zona percebe-se a presença de ações antrópicas e fatores que influenciam os sistemas ambientais presentes na APA (SILVA, ARAÚJO e MARINS, 2019, p.1102) como mostra a figura 12.

Figura 12- Vegetação não homogênea na Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba em dezembro de 2019.



Fonte: Autora

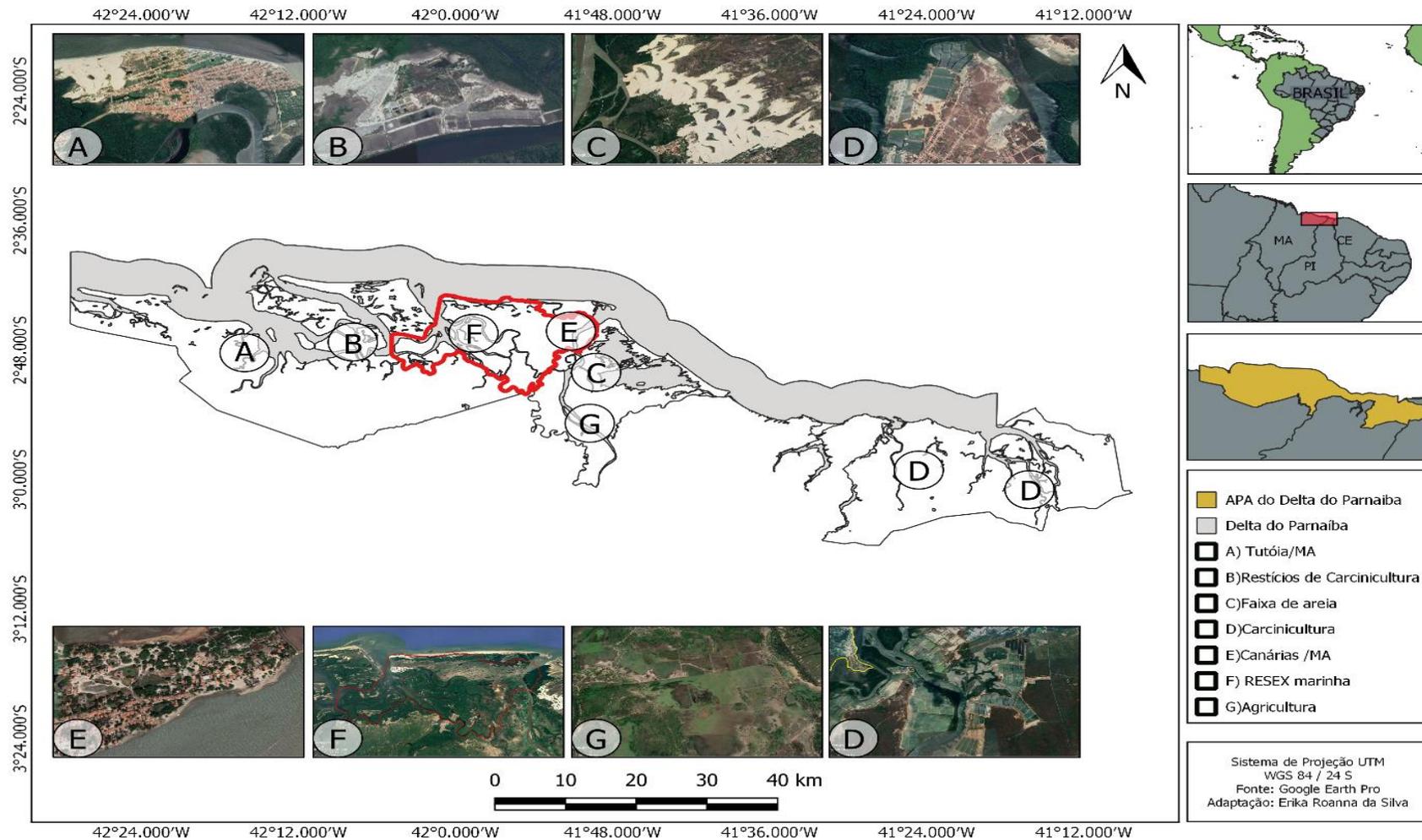
4.4 Ecossistemas antropizados

O crescimento populacional e as belezas turísticas do Delta intensificaram algumas explorações características de litorais. Os centros urbanos da região realizam diversas atividades que influenciam no sistema da área, são elas: transporte marítimo de carga, pessoas e turistas; pesca predatória, notadamente industrial; pesca artesanal com currais e canoas equipadas com rede e/ou anzóis; carcinicultura (predominante) e rizicultura, com pecuária como atividade complementar. Além disso, a diversidade de ambientes da APA enfrenta pressões como: a contaminação e poluição de efluentes domésticos e de empreendimentos; implantação de parques eólicos para geração de energia; caça (afasta espécies consideradas endêmicas) e espécies invasoras (ICMBio, 2020).

Essas intervenções antrópicas têm causado o desmatamento de margens e consequente erosão dos solos, afetando a população biótica e a navegabilidade, além de potencialmente ocasionar a diminuição da água subterrânea.

Na figura 13 destaca-se algumas das influências notórias encontradas na delimitação da APA.

Figura 13- Algumas regiões de influência na Área de Proteção no Delta do Parnaíba



Fonte: Elaborada pela autora com dados do Google Earth Pro

As fazendas de camarão podem ser encontradas em diversos pontos da APA concentrando pontos de degradação. Essa atividade demanda a destruição de uma extensa área de mangue para sua instalação, protagonizando um dos principais impactos ambientais em florestas de mangue, causando a poluição das águas pelos efluentes da carcinicultura e salinização das águas subterrâneas. Em casos onde a carcinicultura já está em avanço, como ao entorno do Rio Jaguaribe, no Ceará, notou-se uma grande queda na quantidade e qualidade da água, prejudicando a qualidade do ecossistema manguezal e o fluxo de marés (SANTOS, 2006). De acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade -ICMBio (2020), nas áreas de salinas e carcinicultura os manguezais encontram-se impedidos de regeneração, com tendência a perdas de áreas de manguezal em função da erosão e ação antrópica em 5 a 15 anos.

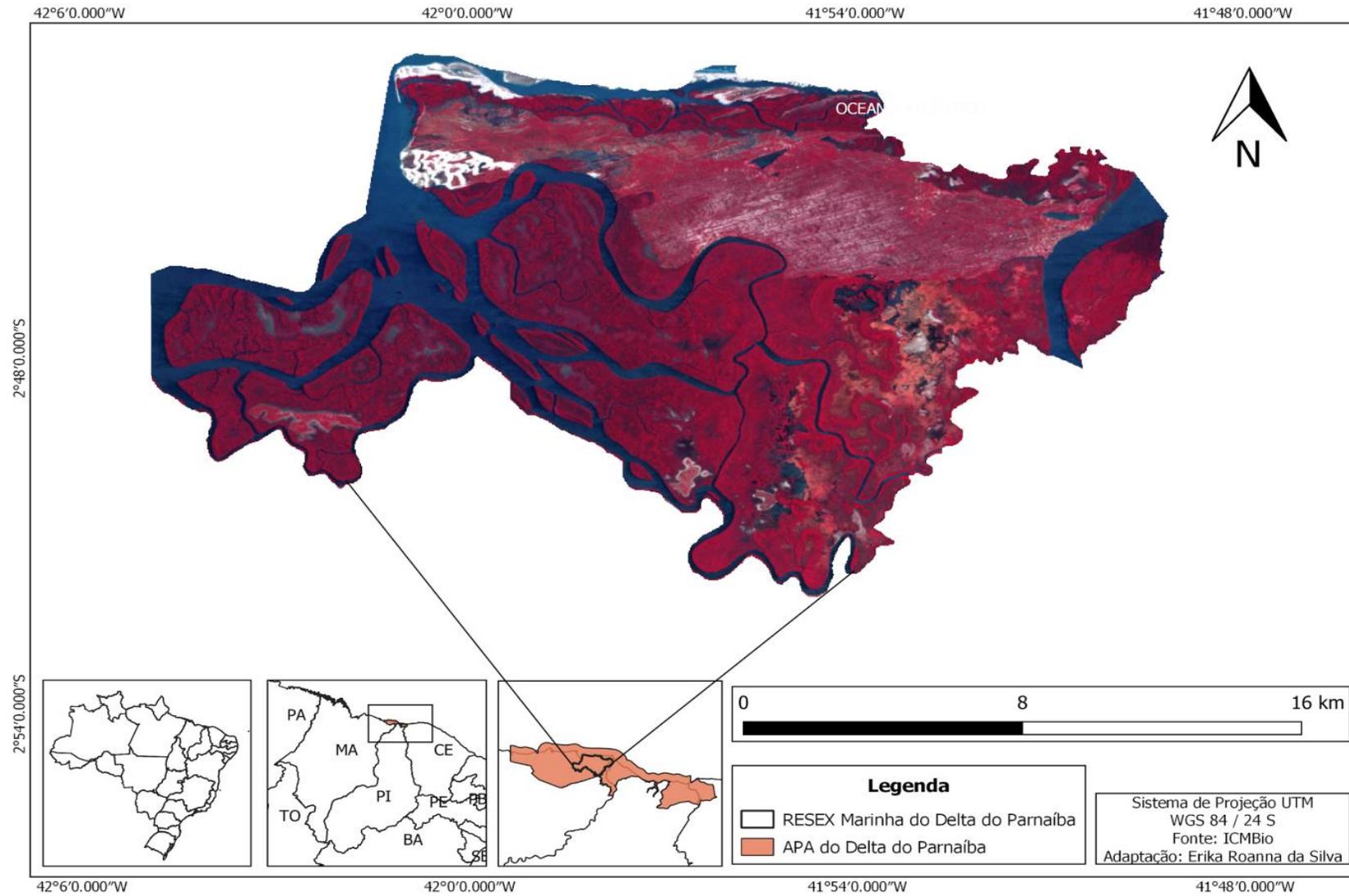
A carcinicultura é desenvolvida em tanques próximos a corpos d'água de zonas estuarinas com sistema de produção semi-intensivo, geralmente, sem grande mecanismo tecnológico. Porém, os grandes produtores contam com grande sistema de correção do solo, bombeamento e aeração de água, causando efeitos desastrosos no ambiente fazendo com que a prática seja responsável por 38% a 50% da destruição de áreas de manguezal. O Brasil é o sexto produtor mundial com 90.000 toneladas em 2003, 5,5% do total e a China, líder mundial do setor com 370.000 toneladas em 2003, 22,6% do total (VALIELA ET AL., 2001; COELHO JR & SCHAEFFER-NOVELLI, 2000). A produção segue em ritmo intenso, em 1997 a produção brasileira foi de 3600 toneladas com crescimento de 2.4000% em apenas seis anos (Rocha et al., 2004) baseando-se na espécie *Litopenaeus vannamei* (camarão-vanamei ou camarão-cinza), que responde por 95% da produção. Segundo a Associação Brasileira de Criadores de Camarão – ABCC (2002) quase 15.000 hectares, cerca de 95,2% da zona costeira, está ocupada por viveiros listando a APA Delta do Parnaíba (MA, PI e CE) como uma das áreas afetadas pelo crescimento desordenado, juntamente com a APA do Rio Mamanguape (PB) e a APA da Costa dos Corais (AL/PE).

4.5 Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba

A Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba (RESEX Marinha) é protegida pelo Dec s/nº de 16 de novembro de 2000, e tem cerca de 27.022,07 hectares localizados entre Ilha Grande de Santa Isabel (PI), Araisos (MA) e Água Doce (MA). Predomina o bioma marinho e costeiro, e tem como objetivo garantir a exploração autossustentável dos recursos naturais renováveis através da agricultura de subsistência, criação de animais de pequeno porte e o extrativismo de modo complementar, integrando os

saberes tradicionais das comunidades tradicionais.

Figura 14- Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba



Fonte: Elaborada pela autora com dados do ICMBio

Na região, a população tradicional de Canárias apresenta uma cultura de fatores históricos e culturais com cerca de 1621 habitantes que se dedicam a pesca artesanal passando de forma intergeracional e comunitária (ILHA DO CAJU, 2017). As comunidades tradicionais retratam um modelo diferente de uso e ocupação do espaço voltado principalmente para a economia de subsistência baseada na mão de obra familiar e tecnologias de baixo impacto preservando os recursos naturais da região em que vivem. Em geral não possuem registro legal de propriedade de terra e encaram o território como área de utilização comunitária regulamentada por seus costumes e normas internas. São consideradas populações tradicionais os seringueiros, castanheiros, ribeirinhos, quilombolas e suas variantes, desenvolvendo por suas experiências, conhecimento dos processos naturais e práticas de manejo adaptadas (MEGGERS, 1977; DESCOLA, 1990; ANDERSON e POSEY, 1990).

O mangue, ecossistema dominante na área da RESEX, acarreta uma dimensão social sendo responsável pela manutenção da teia biológica no ambiente em que vivem, protagonizando esse processo que começa na degradação das folhas através dos microrganismos passando pelos peixes até o homem. Sua estrutura complexa favorece a criação de vários nichos (peixes, moluscos, crustáceos e aves) atuando como filtro biológico de sedimentos, evitando o assoreamento de áreas estuarinas por meio da retenção das raízes, suspensão de colóides em forma de agregado e a vegetação rasteira desenvolvida nas regiões periféricas traçando o perfil geomorfológico das comunidades residentes ao seu redor (PASSARELI, 2013). Existe uma relação intrínseca entre os povos tradicionais das margens de manguezais e a alta produção de energia e matéria dos ecossistemas, onde o ecossistema local interage de forma benéfica no território. Em contrapartida temos a influência externa nociva, com a presença de conflitos de ordem socioeconômica, diminuição dos produtos naturais dos bosques e o comprometimento da qualidade das águas circundantes (ALVES, 2001).

4.6 Índice de Vegetação

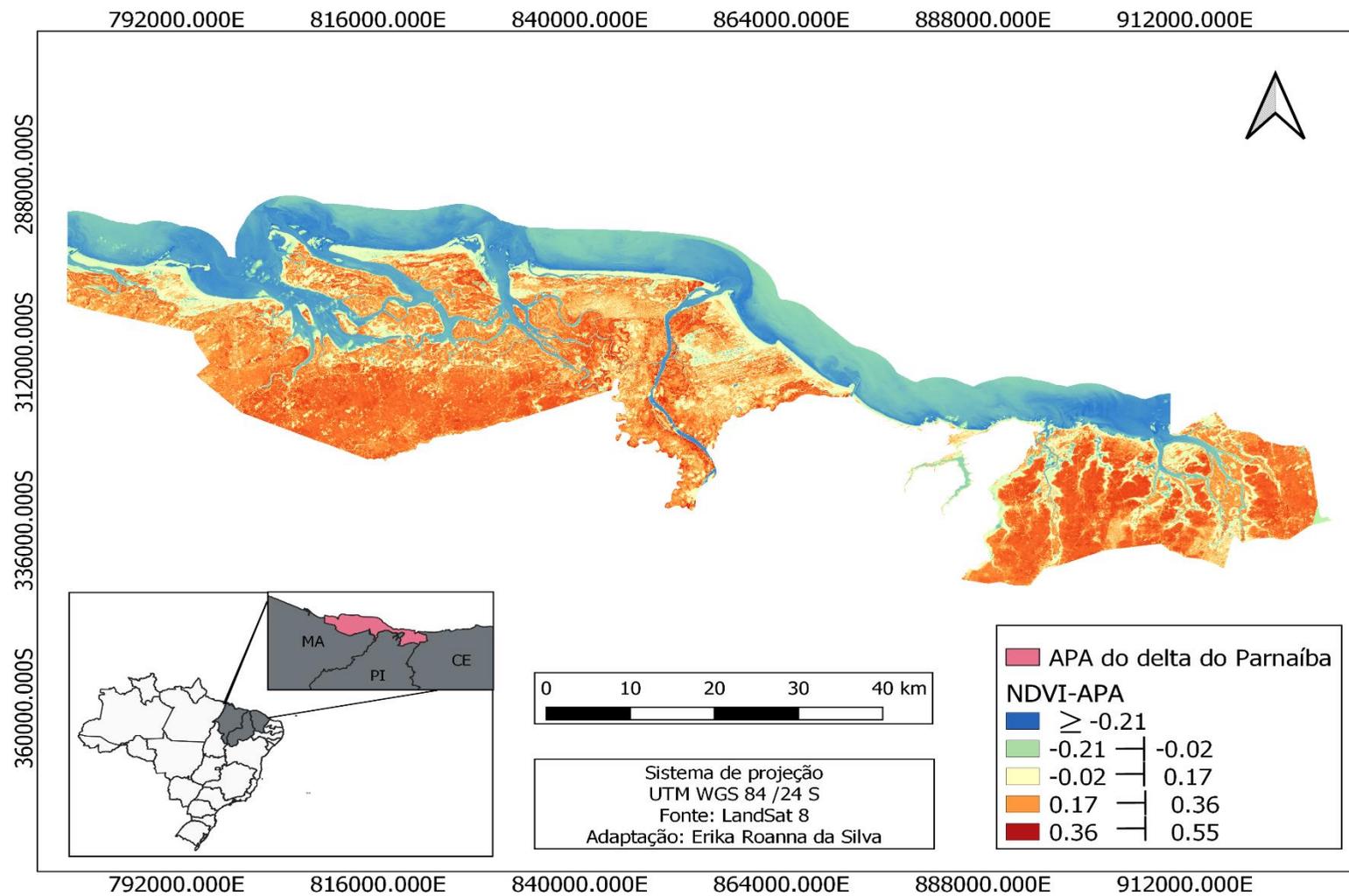
Os ecossistemas da zona costeira são áreas de intensa atividade biogeoquímica, que envolvem carbono e nutrientes e uma grande acumulação de sedimentos correspondendo a 25% da produtividade biológica e 90% da produção pesqueira global (TRAVASSOS, 2016).

Cerca de 45% da população humana está estabelecida ao longo da costa com alta densidade populacional (SOUZA et al., 2012), essa concentração gera influências antropogênicas que tem como efeitos a eutrofização e aumento da turbidez da água, eventos de florescimento de algas nocivas, e a invasão de espécies exóticas. O coeficiente de variação de reflectância (NDVI) é um aliado na quantificação e indicação dessas pressões, através dele fica claro as áreas onde o ciclo biogeoquímico não foi alterado ou sofreu poucas alterações.

Infelizmente, em pontos de carcinicultura, agricultura expansiva e concentração de casas e indústrias os ciclos são alterados bruscamente com liberação de carbono em maior escala e diminuição de volume de água nos corpos d'água. A liberação de CO₂ na atmosfera no delta do Parnaíba apresenta um fluxo médio de $179,13 \pm 210,37$ mmol. m⁻².d⁻¹ (CHIELLE, 2019), um valor maior que o esperado nos estuários tropicais do hemisfério sul, comprovando o processo de mineralização da matéria orgânica que fornece nutrientes para o ecossistema costeiro.

No período de estudo (setembro/2019), por meio do Índice de Vegetação, observou-se nitidamente que os coeficientes variaram de -0,21 a 0,55; com maiores valores em regiões onde se concentram o manguezal, caatinga e restinga. Essas áreas estão em tons de laranja e vermelho e indicam maior densidade, boas condições hídricas e vigor de vegetação, na figura 15 observa-se uma predominância dessas cores inferindo que apresentam maior absorção de clorofila realizando o processo fotossintético sem grandes interferências, ou seja, maior valor de biomassa. Os picos mais baixos identificados no mapa estão representados pelos tons de azul e verde e mostram valores inferiores a -0,02 representando as áreas de vegetação nativa esparsa, solo exposto, regiões hidrográficas, dunas e áreas antropizadas com resquícios de agricultura, carcinicultura e zona urbana.

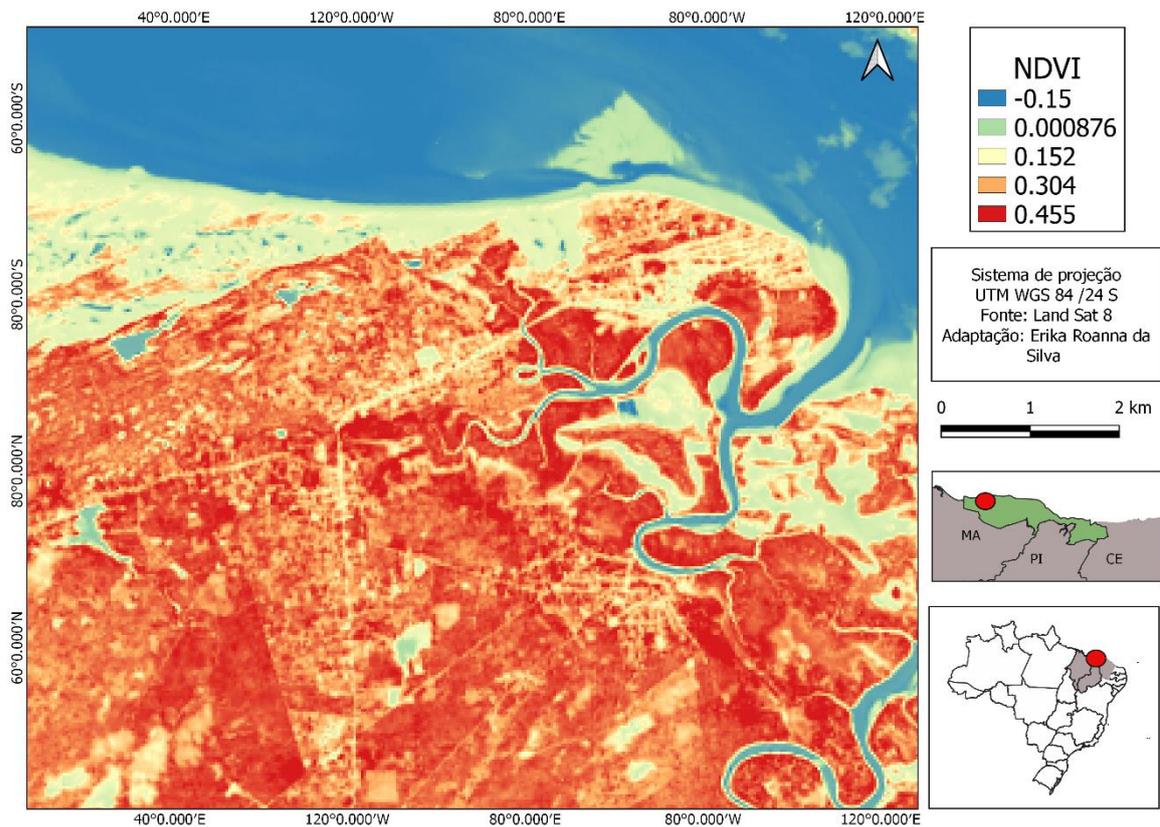
Figura 15- Índice de vegetação na Área de Proteção ambiental do Delta do Parnaíba



Fonte: Elaborada pela autora com dados do Satélite LanSat 8

É notável também que a intervenção humana na região impacta os ecossistemas por meio da agricultura, carcinicultura e suas zonas urbanas, apresentando regiões claras que diferem das regiões menos degradadas (Figura 16).

Figura 16- Índice de vegetação destacando o município de Tutóia- MA



Fonte: Elaborada pela autora com dados do Satélite LanSat 8

A região destacada de Tutóia (figura 16) com aproximadamente 59.398 mil habitantes (IBGE,2020) abriga um fluxo urbano às margens dos corpos d'água que compõem o delta, gerando pressões sobre o ambiente por meio de poluição sonora, poluição do ar e água, e supressão da cobertura vegetal. É comum a formação de zonas urbanas desordenada às margens de fluxos d'água, em litorais como em Paraipaba, no Ceará, as áreas protegidas apresentam ilegalidade em função do crescimento econômico com suas leis contornadas e uma grande especulação imobiliária (MARTINS et al., 2013), colocando em risco a preservação do ambiente. Algumas degradações como a erosão e a sedimentação ocorrem naturalmente em ambientes de zona de transição entre rio e mar, principalmente onde se tem maior fluxo de marés, porém as construções desordenadas aceleram esses processos e alteram rapidamente os fluxos dos corpos d'água criando bancos de areia em lugares imprevisíveis. Como já acontece no Porto do Jacaré, em Alcântara- MA, lugar em que o fluxo de embarcações em

direção a capital (São Luís) é constante , ou na Lagoa do Jansen (São Luís- MA) , que surgiu após aterros para a construção de avenidas e residências, onde o manguezal da região foi “afogado” e totalmente degradado (AMAZÔNIA REAL, 2020).

5.CONCLUSÕES

A APA do Delta do Parnaíba é disposta em uma extensa área que abriga ~~uma~~ grande riqueza de recursos naturais. Os ecossistemas encontrados e suas relações de dependência geram uma diversidade de bens e serviços a sociedade. A construção dos mapas e suas informações é essencial para este reconhecimento em diversos âmbitos permitindo um banco de dados que propiciam o detalhamento da região em vários aspectos sociais, ambientais, políticos e econômicos e suas relações, além de dados qualitativos e quantitativos do território.

A área de proteção ambiental do Delta do Parnaíba desempenha serviços integrados com diversidade biológica complexa.

O presente trabalho abordou as características ambientais mostrando a dinâmica de integração da área dispondo de informações para um monitoramento econômico ecológico.

O NDVI propiciou visualizar áreas de vegetação diversas e saudáveis, embora também tenha localizado polígonos significativos remanescentes de atividades em massa como carcinicultura e agricultura.

Tendo em vista os aspectos mencionados, é de suma importância o estudo na região deltaica visto que a região apresenta deficiências de gestão e monitoramento da unidade de conservação de uso sustentável com atividades que comprometem a conservação.

A metodologia aplicada permitiu um diagnóstico situacional da extensão da APA colaborando em caráter científico, social e político com informações que podem ser consultadas para medidas públicas no âmbito do controle ambiental e conservação dos recursos encontrados na região.

O trabalho apresentado embasará a estimativa de biomassa da Área de Proteção Ambiental estudada identificando e quantificando os vetores de influência e degradação, espacializando os usos e ocupações da região e ampliando o banco de dados socioambientais através da valoração ambiental.

REFERÊNCIAS

ABCC, 2002. O agronegócio do camarão marinho cultivado no Brasil. Disponível em :<www.abccam.com.br> Acesso em 27.junho.2020.

ALVES, J. R. P. (Org.). (2001). Manguezais: educar para defender. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS.

ANDRADE, D.; ROMEIRO, A. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. 2009. n.159, IE/UNICAMP, São Paulo, maio ,2009.

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M. & DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: **Proceedings of the IEEE IGARSS2012**, Munich, 2012, pp. 6549-6552.

BOFF, L. Sustentabilidade: o que é – o que não é. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2012

BOYD, J. E BANZHAF, S. (2007) What Are Ecosystem Services? A necessidade de unidades de contabilidade ambiental padronizadas. *Ecological Economics*, 63, 616-626.

BRASIL. Decreto-Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 61 Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, v. 179, n. 112, p. 6009, 17 abr. 2020.

BRASIL. Decreto-Lei n. 9.084, de 16 de novembro de 2000. Cria a Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba, no Município de Ilha Grande de Santa Isabel, Estado do Piauí, e nos Municípios de Araióses e Água Doce, Estado do Maranhão, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, v. 179, n. 112, 17 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade. Dispõe sobre as regras de pesca para o estuário dos rios Timonha e Ubatuba, na Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba. Portaria nº 49, de 18 de maio de 2016. Lex:

Coletânea de Legislação e Jurisprudência, Brasília, p. 55, ed 65. Legislação Federal e marginália.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1981.

CABRAL, L. J. R. S., VALLADARES, G. S., PEREIRA, M. G., PINHEIRO JÚNIOR, C. R., LIMA, A. M., FROTA, J. C. O., AMORIM, J. V. A. Classificação dos solos da Planície do Delta do Parnaíba, PI. Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.04 (2019)

CAMERON, W. N. & PRITCHARD, D. W. 1963. Estuaries. In: Goldberg, E. D.; McCave, I. N.; O'Brien, I. I. & Steele, I.H. eds. The Sea. New York, John Wiley & Sons. p. 306-324.

CARLSON, R.E. (1977) A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, v. 22, n. 2, p. 361-369.

CASSOLA, R. S.; VIVEIROS DE CASTRO, E. B.; RODRIGUES JR.; REINECKE, W. O impacto de carcinicultura nas Áreas de Proteção Ambiental federais costeiras do nordeste brasileiro. In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2004, Curitiba. Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba, 2004. v. Único. p. 406-416.

CHIELLE, Raisia Siqueira Alves. **Fugacidade do Co2 no Delta do Rio Parnaíba, Brasil** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2019.

CHRISTOPHERSON, Robert W. Geossistemas : Uma introdução à geografia física. Tradução: Francisco Eliseu Aquino ... (et al.). Porto Alegre: Bookman, 7ª edição, 2012.

Classificação dos solos. **Mundo Educação**, 2018. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/classificacao-dos-solos.htm>>. Acesso em: 15.outubro.2020.

COELHO JR & SCHAEFFER-NOVELLI, 2000. Considerações Teóricas e Práticas sobre o Impacto da Carcinicultura nos Ecossistemas Costeiros, com ênfase no Ecossistema Manguezal. Disponível em: < www.redmanglar.org/ebol/docs/Impactosmanguezal.doc > Acesso em: 13 setembro. 2020.

Convenção Sobre Diversidade Biológica. **Ministério do Meio Ambiente**, 2018. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica.html/>>. Acesso em: 17.abril.2020.

Cultura. Ilha do Caju, 2017. Disponível em: < <http://www.ilhadocaju.com.br/index.php/pt-br/a-ilha/cultura> > Acesso em: 15.outubro.2020.

Da lama ao caos: Degradação ambiental ameaça os manguezais do Maranhão. **Amazônia Real**, 2016. Disponível em: < <https://amazoniareal.com.br/da-lama-ao-caos-degradacao-ambiental-afeta-manguezais-do-maranhao/>>. Acesso em: 15.outubro.2020.

DESCOLA, P. "Limites ecológicos e sociais do desenvolvimento da Amazônia". In: BOLOGNA, G. (org.) **Amazônia Adeus**. Rio de Janeiro. Ed. Nova Fronteira, 1990

DIEGUES, A. et al. Os Saberes Tradicionais e a Biodiversidade no Brasil. São Paulo: NUPANB-USP-PROBIO-MMA-CNPQ, 2002

DUARTE, A.L.; VIEIRA, J.M. Caracterização dos Ambientes Estuarinos: Mistura em estuário. 1997. p. 41-55. (Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Braga, 1997.

EPIPHANIO, Jose & FORMAGGIO, Antônio. (1991). Sensoriamento remoto de três parâmetros agronômicos de trigo e de feijão.

FARIAS, D.L. et al. **Ecologia de Campo: Ecossistemas Terrestres, de Águas Continentais e Marinhos**. Florianópolis: UFSC/CCB/PPGE Ecologia, 2013.

FIRME, L.P. Caracterização físico-química de solos de mangue e avaliação de sua contaminação por esgoto doméstico via traçadores fecais. 2003.70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba, 2003.

FISHER, B.; TURNER, R. & MORLING, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*. 68. 643-653. 10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

FONSECA, Sérgio de Mattos.; ROCHA, Marcelo Theoto. O M D L e as florestas de manguezal. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO FEA-USP, 7., 2004, São Paulo. **Anais eletrônicos ...** São Paulo: USP, 2004. p. 01-13. Disponível em: < <http://sistema.semead.com.br/7semead/> >. Acesso em: 13 setembro. 2020.

FRWEHAUF, S. *Rhizophora mangle* (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista. 2005.223 p. Tese (Doutorado em Ecologia de Agrossistemas), Escola Superior de agricultura Luiz Queiroz. Piracicaba, 2005.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1996.

GERLING, C. et al. *Manual de Ecossistemas Marinhos para Educadores*. Santos: Editora Comunnicar, 2016

GROOT, R.; WILSON, M.; BOUMANS, R. Uma tipologia para a classificação, descrição e avaliação das funções, bens e serviços do ecossistema. *Economia Ecológica*, 2002, vol. 41, edição 3, 393-408

GRZEBIELUKA, Douglas. Por uma tipologia das comunidades tradicionais brasileiras. *Revista Geografar*, Curitiba, v.7, n.1, p. 116, junho, 2012

GUZZI, Anderson. **Biodiversidade do Delta do Parnaíba**: litoral piauiense. Parnaíba: EDUFPI, 2012

JÚNIOR, J.; MACÊDO, J. A relação do turismo no delta do Parnaíba com comunidades locais.2016. v. 10, p. 71-88, *Cultur*, Parnaíba, 2016.

LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL (Org.). Sensoriamento remoto: Introdução e índices de vegetação. São Paulo: USP, 2014.

LACERDA, L.D. (2002). Mangrove Ecosystems: Function and Management. Springer Verlag, Berlin, 332 p.

LEFF, Enrique. **Racionalidade Ambiental: a reapropriação social da natureza.** São Paulo: Cortez, 2006.

LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., AND MILLER, J. P. (1964). "Fluvial processes in geomorphology," W. H. Freeman and Company, San Francisco, California.

MACEDO, C. Estimativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas - CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto. 2019. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza, 2019.

MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; ABREU, I.M. & DIAS, F.J.S. 2003. Efeitos da açudagem no Rio Jaguaribe. *Ciência Hoje* 33(197): 66-70.

MARTINEZ-ALIER, J. Economia Ecológica. **International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences**, entry 91008. Traduzido por Joseph S. Weiss e Clóvis Cavalcanti.i.

MARTINS, P. T. A.; COUTO, E. C. G.; DELABIE, J. H. C. Fitossociologia e estrutura vegetal do manguezal do Rio Cururupe (Ilhéus, Bahia, Brasil). *Gestão Costeira Integrada*, v. 11, n. 2, p. 163-169, 2011.

MARTINS, M. B.; VASCONCELOS, F. P.; SILVA, E. V. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável em Áreas Turísticas: O caso da APA das Dunas da Lagoinha, Paraipaba, Ceará. 2013. VOL. 9, n. 2- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MEA, MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystem and Human WellBeing: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

MEGGERS, B. **Amazônia, a ilusão de um paraíso**. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1977.

MEIRELES, A. J. A.; CASSOLA, R.S.; TUPINAMBÁ, S. V; QUEIROZ, L.S. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil. Mercator, Fortaleza. v. 12, p. 83-106, 2007.

MELO, E.; SALES, M.; OLIVEIRA, J. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos Cavalos, Crateús- Ce. RA'É GA, Curitiba, vol 23, p. 520-533, mês e 2011

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Fortaleza, Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010.

ODUM, E.; BARRET, G. Fundamentos de Ecologia. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

ODUM, Eugene P. **Fundamentos de Ecologia**. 6ª ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004

ODUM, H. et al. **Environmental Systems and Public Policy**. Gainesville: Phelps Laboratory, 1987.

O que é o SNUC. **Dicionário Ambiental: O eco**, 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28223-o-que-e-o-snuc/>>. Acesso em: 17 abril.2020

O que são Unidades de Conservação. **Dicionário Ambiental: O eco**, 2013. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27099-o-que-sao-unidades-de-conservacao/>>. Acesso em: 17 abril.2020.

PASSARELI, Layra Silva. Manguezais sob uma perspectiva social e econômica: percepção ambiental e valoração do manguezal do estuário do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro.2013.Dissertação (Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.) - Centro de Biociências

e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense. CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2013.

PAULA FILHO, F. J. Avaliação integrada da Bacia de drenagem do Rio Parnaíba através de fatores de emissão de cargas de nitrogênio e fósforo e índices de qualidade de águas. 2014. 192 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014

PEREIRA, J. M., SÁ, A. C. L., SOUSA, A. M. O., SILVA J. M. N., SANTOS, T. N. & CARREIRAS, J. M. B. Spectral characterisation and discrimination of burnt areas. Berlin: Springer-Verlag. 1999.

Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba. Ed. 2. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2020.n 77.

PONZONI, F. J. & SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos, SP: Ed. Parêntese, 2010, 136p.

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação. 2. ed. São José Dos Campos, Saraiva, 2012.

POSEY, D.A. & ANDERSON, A.B. "O reflorestamento indígena". In BOLOGNA, G. **Amazônia Adeus**. Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1990.

PRADA-GAMERO, R. M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O. Mineralogy and physical chemistry of mangrove soils from Iriri River at the Bertioga Channel. Brazilian Journal of Soil Science, São Paulo, v. 28, p. 233-243, 2004

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. (2012).

Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. 2.ed. Brasília: MMA.

Preservação e uso da Caatinga. Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semi Árido. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007

RAMOS, M.; AZEVEDO, M. *Ecosistemas Brasileiros*. Natal: EdUEPB; EDUFRRN Editora da UFRN, 2010.

ROCHA, I.P.; RODRIGUES, J.; AMORIM, L. 2004. A carcinicultura brasileira em 2003. Disponível em <www.abccam.com.br>. Acesso em 27, junho, 2020

ROCHA, N.R. *Contradições entre o uso do território e o fetiche do turismo na Resex Marinha Delta Do Parnaíba (Pi-Ma)*.2018.142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. Natal, 2018.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. *Monitoring the vernal advancement retrogradation of natural vegetation. Final Report Type III. Greenbelt: NASA/GSFC, 1974, 371p.*

SANTOS, F.; MENDES, L.; CRUZ, M. *Análise do índice de aridez da bacia hidrográfica do rio Piracuruca - Ceará-Piauí, Nordeste do Brasil*.2018. v. 33, n. 67, p. 181-199, Geosul, Florianópolis, 2018.

SANTOS, T. O.; ANDRADE, K. V. S.; SANTOS, H. V. S.; CASTANEDA, D. A. F. G.; SANTANA, M. B. S.; HOLANDA, F. S. R.; SANTOS, M. J. C. *Caracterização estrutural de bosques de mangue: estuário do São Francisco*. Scientia Plena, v. 8, n. 4, p. 1-7, 2012.

SANTOS, J.E. *A carcinicultura no Ceará :Principais impactos ambientais em uma fazenda no Cumbe-Estuário do Rio Jaguaribe*. 2006.142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Curso de Mestrado em Engenharia de Pesca. Fortaleza, 2006.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. *Manguezal ecossistema entre a terra e o mar*. [S.l: s.n.], 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C.; CINTRÓN, G. **Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015

SCHETTINI, C.A.F.; PEREIRA Fo., J. & L. SPILLERE. *Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos, Reserva Extrativista de Pirajubaé,*

Florianópolis, SC. 2000. p 11- 28. (Oceanografia e biogeoquímica dos estuários) – UNIVALE, Santa Catarina, 2000.

SCHUBEL, J.R. & V.S. KENNEDY. 1984. The estuary as a filter: an introduction. In: Kennedy, V.S. [Ed.] The estuary as a filter. New York, Academic Press, pp.1-11.

SCHULZ, Isabel. Rios: Classificação de Rios. **Sobre Geologia**, 2019. Disponível em: <<https://www.sobregeologia.com.br/2019/03/rios-parte-1-classificacao-de-rios.html>>. Acesso em: 17. abril. 2020.

SILVA, E.B., NOGUEIRA, F.D.; GUIMARAES, P.T.G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.2, p.247- 255.2003

SILVA, F. Sensoriamento remoto e NDVI como técnicas para estudos ambientais utilização das técnicas para analisar a vegetação da Bacia Hidrográfica do rio Açú-piranhas. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências e Tecnologia) Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Angicos, 2013.

SILVA, E. R; ARAÚJO, I.C.S; MARINS, R.V. Caracterização da Área de Proteção Ambiental do delta do Parnaíba através de geotecnologias. *Encontros Universitários da UFC*, Fortaleza, v. 4, 2019.

SOUZA, M. F. L. et al. Ciclo do Carbono: Processos Biogeoquímicos, Físicos e Interações entre Compartimentos na Baía de Todos os Santos. *Rev. Virtual Quim. Niterói*, vol 4, n 5, p. 566-582, outubro, 2012.

TEXEIRA, D.; SIQUEIRA, B.; CATTANIO, J.; Importância da Aninga (*Montrichardia Linifera*) na retenção de sedimentos na Baía do Guajará, PA. *Revista de estudos ambientais, FURB*, v.16, n. 2, p. 6-19, jul./dez. 2014

TÔSTO, S. G. et al. **Geotecnologias e Geoinformação**: o produtor pergunta, a Embrapa responde – Brasília, DF: Embrapa, 2014. 248 p.: il. – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

TRAVASSOS, Rysoaurya Keyla. Determinação do carbono e nitrogênio orgânico particulado em ambientes oceânicos e estuarino-costeiro, na região nordeste do Brasil- 2016. Trabalho de doutorado. 123 f. (Oceanografia) Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2016.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. 2001. Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* 51: 807-815.

WALLACE, Ken. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*. 139. 235-246. 10.1016/j.biocon.2007.07.015.

YOKOYA, N.S., 1995. Distribuição e origem. In: Yara Schaeffer-Novelli (Ed.), *Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar*. Caribbean ecological research, São Paulo. pp. 9-12