



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE ECONOMIA ECOLÓGICA**

**GERMANA BATISTA DO NASCIMENTO**

**GEOTECNOLOGIA APLICADA A AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE  
MANGUEZAL DO RIACHO CAPONGA ROSEIRA, CASCAVEL, CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2022**

GERMANA BATISTA DO NASCIMENTO

GEOTECNOLOGIA APLICADA A AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MANGUEZAL  
DO RIACHO CAPONGA ROSEIRA, CASCAVEL, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Economia Ecológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia Ecológica.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

N195g Nascimento, Germana Batista do.  
Geotecnologia aplicada a avaliação e conservação de manguezal do Riacho Caponga Roseira, Cascavel,  
Ceará / Germana Batista do Nascimento. – 2022.  
54 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Curso de Economia Ecológica, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo.

1. Zona costeira. 2. Manguezal. 3. Geotecnologias. 4. Conservação. I. Título.

CDD 577

---

GERMANA BATISTA DO NASCIMENTO

GEOTECNOLOGIA APLICADA A AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE MANGUEZAL  
DO RIACHO CAPONGA ROSEIRA, CASCAVEL, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Economia Ecológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia Ecológica.

Aprovada em: 11/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisca Edineide Lima Barbosa  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

---

Me. Marcio Regys Rabelo de Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Marilac e Geraldo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus que foi a minha luz e força durante a graduação, ao Espírito Santo por ter guiado os meus passos e a Nossa Senhora por ter abrandado as minhas aflições durante o caminho, trazendo serenidade nas minhas decisões.

Aos meus pais, Maria Marilac Batista de Sena e Geraldo Francisco do Nascimento por todo o apoio e amor, por tornarem esse sonho possível e por não soltarem a minha mão quando as coisas estavam difíceis, pelo incentivo ao estudo e permanência neles.

À minha família que acreditou e contribuiu para a realização da graduação, em especial, o meu querido irmão, Guilherme Batista pelos conselhos e contribuições e as minhas primas Juliana Sena e Tâmires Viana que me auxiliaram no campo e prestaram total apoio às minhas ideias.

À Profª. Dra. Isabel Cristina pela excelente orientação, contribuições, paciência e apresentação das geotecnologias que proporcionaram este trabalho.

Aos meus amigos e companheiros de graduação, Letícia Teixeira, Maria Juliana, Evila Rodrigues, Tássya Mendes, e Nilceu Moreira por apoio durante o percurso, incentivo e amizade. A Erika Kirsten, por me auxiliar durante a escrita desse trabalho e suas valiosas contribuições em campo.

Ao Laboratório de Estudos de Políticas Públicas (LEPP), em especial à Prof. Dra. Sylvania Monte pelo apoio e conhecimento passado, à Rebecca Maria e Irlanda Brandão pela contribuição na minha formação metodológica.

À Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e a Pró-Reitoria de Extensão pelo apoio financeiro através das bolsas de iniciação acadêmica e de extensão, que contribuíram para a minha formação.

Aos professores participantes da banca examinadora Francisca Edineide Lima Barbosa e Marcio Regys Rabelo de Oliveira pela disponibilidade e valiosas colaborações e sugestões.

“Sou eu que estou mandando que você seja firme e corajoso. Portanto, não tenha medo e não se acorvade, porque Javé seu Deus está com você aonde quer que você vá”. Josué 1, 9.

## RESUMO

A zona costeira abriga diversos ecossistemas, dentre eles, o manguezal que apresenta grande diversidade de espécies, sendo considerado como berçário da vida marinha, possuindo, portanto, uma alta relevância ecológica. Em contrapartida, sofre com o impacto das ações antrópicas sejam de ocupação ou descaracterização de suas áreas. Nesse sentido, as geotecnologias permitem que o pesquisador entenda a dinâmica espacial e temporal da área e observe o processo de expansão urbana, sendo utilizadas também para auxiliar a gestão da zona costeira. O objetivo deste trabalho foi analisar o estado de conservação das áreas de manguezal do Riacho Caponga Roseira, utilizando geotecnologias, buscando evidenciar como se encontra o ecossistema atualmente. Para isso, foram utilizadas imagens do satélite CBERS 4A e Google Earth Pro, e realizados cálculos do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) em conjunto com os dados vetoriais, cálculos de área e imagens fotográficas. Como resultado, evidenciou-se que o manguezal, encontra-se em alguns pontos fragmentado e em outros mais conservados, contabilizando uma área de cerca de 3 hectares, com a presença das feições lavado e bosque de mangue. Esta última não se encontra totalmente inserida na Área de Preservação Permanente (APP) determinada para o Riacho, sendo necessário que a APP seja delimitada em um tamanho maior para abranger todo o ecossistema. Ocorre também a presença de resíduos sólidos na margem do riacho e no próprio manguezal. Com os resultados obtidos, pôde-se inferir que as geotecnologias podem ser importantes aliadas para o entendimento da dinâmica espacial da zona costeira e devem ser incorporadas à gestão e ao planejamento de uso dessas áreas.

**Palavras-chave:** Zona Costeira; Manguezal; Geotecnologias; Conservação.

## ABSTRACT

The coastal zone shelters several ecosystems, among them the mangrove, which presents great species diversity, and is considered a nursery of marine life, being, therefore, of high ecological relevance. On the other hand, it suffers from the impact of anthropic actions, by occupation or other disfigurement of its areas. In this sense, geotechnologies allow the researcher to understand the spatial and temporal dynamics of the area and observe the process of urban expansion, as well as being used assist in coastal zone management. The objective of this work was to analyze the state of conservation of the mangrove areas of the Caponga Roseira Creek, using geotechnologies, seeking to show the current state of the ecosystem. For this, CBERS 4A and Google Earth Pro satellite images were used, and calculations of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were performed together with vector data, area calculations and photographic images. As a result, it was evidenced that the mangrove is at some points fragmented and at others more conserved, accounting for an area of about 3 hectares, with the presence of washed and mangrove forest features. The latter is not fully inserted in the Permanent Preservation Area (APP) determined for the creek, requiring that the APP delimitation be enlarged to include the entire ecosystem. There is also the presence of solid waste on the bank of the stream and in the mangrove itself. With the results obtained, it was possible to infer that geotechnologies can be important allies for understanding the spatial dynamics of the coastal zone and should be incorporated into the management and use planning of these areas.

**Keywords:** Coastal Zone; Mangrove; Geotechnologies; Conservation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da zona costeira brasileira .....	17
Figura 2	– Municípios da zona costeira cearense.....	18
Figura 3	– Disposição das espécies de manguezal ao longo da costa de países.....	19
Figura 4	– <i>Rhizophora</i> - Mangue Vermelho.....	23
Figura 5	– <i>Laguncularia Racemosa</i> – Mangue Branco.....	24
Figura 6	– <i>Avicennia</i> - Mangue Preto.....	24
Figura 7	– Divisão das áreas de estuário.....	26
Figura 8	– Representação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI.....	31
Figura 9	– Localização do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE.....	32
Figura 10	– Imagem de satélite com detalhamento do Entorno do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE.....	36
Figura 11	– Áreas de Preservação Permanente do Riacho Caponga Roseira e Lagoa do entorno, Cascavel – CE delimitas conforme a Lei 12.651.....	38
Figura 12	– Loteamento das margens da Lagoa localizada próxima ao Riacho, a presença da cerca de madeira é mostrada em meio a vegetação.....	39
Figura 13	– Divisão do espaço entre manguezal e urbanização em partes do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE.....	40
Figura 14	– Mangue Branco – <i>Laguncularia Racemosa</i> .....	40
Figura 15	– Área de Manguezal Mapeadas no Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE..	41
Figura 16	– Alicerce de casa em área de bosque de mangue do Riacho Caponga Roseira.....	42

Figura 17 – Fragmentação das áreas de manguezal do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE .....	43
Figura 18 – Comparação das áreas de apicum do Manguezal do Riacho Caponga Roseira – CE.....	44
Figura 19 – Evolução do Riacho Caponga Roseira em sua desembocadura para os anos de 1958, 1968, 1996, 2002, 2004 e 2006 de acordo com MEIRELES (2008) .....	45
Figura 20 – Situação da desembocadura do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE em 2008 e 2022.....	46
Figura 21 – Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada – NDVI.....	46
Figura 22 – Vegetação de mangue, Riacho Caponga, Cascavel – CE.....	47
Figura 23 – Composição urbanística do entorno do Riacho Caponga Roseira com a identificação das feições de manguezais.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ZC	Zona Costeira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NMRM	Nível Médio Relativo do Mar
APP	Área de Preservação Permanente
SE	Serviços Ecossistêmicos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS	United States Geological Survey
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Zona Costeira.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Manguezal.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1</b>	<i>Serviços Ecológicos.....</i>	<i>21</i>
<b>2.2.2</b>	<i>Feições de Manguezal.....</i>	<i>22</i>
<b>2.3</b>	<b>Estuário.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Leis, manguezais e ocupações.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.1</b>	<i>Ocupação das áreas costeiras.....</i>	<i>28</i>
<b>2.5</b>	<b>Geotecnologias nos estudos ambientais.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5.1</b>	<i>Normalized Difference Vegetation Index – NDVI.....</i>	<i>30</i>
<b>3</b>	<b>MATERIAS E MÉTODO.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de Estudo.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2</b>	<b>Aquisição dos dados.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Obtenção dos dados vetoriais.....</i>	<i>33</i>
<b>3.2.2</b>	<i>Obtenção das imagens.....</i>	<i>33</i>
<b>3.3</b>	<b>Processamento das imagens.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Cálculo do NDVI.....</i>	<i>35</i>
<b>3.4</b>	<b>Pós-processamento das imagens.....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Zona Costeira (ZC) possui diversas definições, não havendo conceito único sobre a mesma, podendo ser caracterizada conforme os atributos físicos, as características demográficas e geográficas, bem como a partir de sua funcionalidade ecológica. Assim, conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA), este ambiente possui áreas particularmente sensíveis e frágeis do ponto de vista ecossistêmico, com uma série de ambientes restritos a esse sistema de interação água, terra e ar. Dentre seus ecossistemas, tem-se os manguezais que ao serem observados, vê-se a presença de um solo lamacento, com árvores e suas raízes aparentes próximas ou banhadas pelas águas dos rios, sendo encontrados não somente no Ceará, mas desde o Estado do Amapá a Santa Catarina (ICMbio, 2018). Os manguezais contribuem para a redução da vulnerabilidade da zona costeira às mudanças climáticas e à erosão, além de abrigarem uma vasta quantidade de espécies e serem considerados como berçário da vida marinha. Além disso, fornecem subsídios para atividades econômicas como a pesca e a carcinicultura.

Embora possuam grande relevância ecológica, social e econômica, eles são suscetíveis às atividades humanas, principalmente à ocupação de suas áreas, que conseqüentemente diminui sua extensão, gerando impactos ambientais e ecológicos, como a contaminação de suas águas por metais pesados e o aumento da erosão costeira. Assim, a Lei Federal 12.651/2012 que dispõe da proteção da vegetação nativa, traz em seu artigo 4º que os manguezais devem vistos como Área de Preservação Permanente (APP) em toda a sua extensão, portanto, por lei, precisam ser preservados (BRASIL, 2012).

A costa cearense, em especial, desperta o interesse pela beleza cênica e possibilidade de ser fonte de geração de renda. Assim, historicamente tem sido ocupada de forma irregular, de maneira que os ecossistemas costeiros acabam recebendo o peso da ocupação e sofrendo seus impactos. O local do objeto de estudo deste trabalho, a praia da Caponga, vivenciou uma ocupação de sua orla marítima, de forma rápida, na qual inúmeras construções, ocuparam lugares que antes eram de manguezais, Aquino; Mota e Pitombeira (2003), acrescentam também o fato das construções estarem presentes de dunas móveis.

A beleza cênica da região atrai o turismo, o mercado imobiliário e conseqüentemente descaracteriza a costa, juntamente com as áreas mais frágeis dela, como os manguezais. De acordo com Rocha e Diniz (2018), além de não respeitar os limites dinâmicos da praia, a malha urbana está consolidada próximo à margem oeste do canal fluvial do Rio Mal Cozinhado, e da margem leste do Riacho Caponga Roseira, que são Áreas de Preservação

Permanente. Dado isso, surge a necessidade de avaliar o estado de conservação das áreas de manguezal do Riacho Caponga Roseira, localizado na Praia da Caponga, município de Cascavel, no litoral leste cearense, através da geotecnologia que pode ser utilizada em estudos ambientais de áreas que possuem uma zona litorânea bastante ocupada e procurada pelas atividades turísticas. Portanto, torna possível uma análise mais completa sobre a área, desde sua composição a seu estado vegetacional e de conservação.

### **1.1 Objetivo Geral**

Analisar o estado atual de conservação das áreas de manguezal do Riacho Caponga Roseira, por meio de geotecnologia, buscando evidenciar como se encontra o ecossistema.

### **1.2 Objetivos Específicos:**

- Mapear o ecossistema manguezal;
- Delimitar as áreas de APP conforme largura do Riacho dentro da área de estudo;
- Identificar as feições do mangue;
- Quantificar as áreas de manguezal.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Zona Costeira

Para Sousa (2021, p. 14), “a zona costeira, área costeira ou zona litoral é uma área definida na qual os ambientes terrestres e marinhos adjacentes constituem um sistema de interação”. “Em geral, a zona marinha litoral é um sistema aberto em que as águas da terra e os sistemas marinhos confluem, das partes superiores das bacias hidrográficas às profundidades do mar (RODRIGUEZ; WINDEVOXHEL, 1998, p. 3)”.

A Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, considera a zona costeira (ZC) como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro Brasileiro, instituído pelo Decreto de nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004 trazendo em seu artigo 3º que a zona costeira brasileira corresponde ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma terrestre. Assim, são definidos dois limites:

1. Faixa marítima: Espaço estendido por 12 milhas náuticas, medido a partir das linhas base, compreendendo a totalidade do mar territorial;
2. Faixa terrestre: Compreendida pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira;

“A zona costeira é caracterizada por uma intensa atividade humana e por uma grande riqueza ecológica. É uma área em que ocorrem processos físicos, biológicos, sociais, econômicos e culturais interdependentes (RODRIGUEZ; WINDEVOXHEL, 1998, p.1)”, portanto, carece de monitoramento constante visto que possui uma pluralidade de processos e interações, o que a torna vulnerável, necessitando de uma gestão adequada e competente.

No Brasil, a ZC é considerada patrimônio nacional tendo como premissa que sua utilização deve ocorrer conforme a lei e com condições que possam assegurar a preservação do meio ambiente, incluindo o uso dos recursos naturais, como explicitado na Constituição Federal de 1988 no artigo 225, inciso 4. Para esse artigo, vale considerar que o mesmo visa que todos tenham o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a zona abrange as seguintes Unidades Federativas: Amapá, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba,

Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande, totalizando 17 estados, conforme a Figura 1, estando presente em 280 municípios, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ocupando uma área com cerca de 8.500 km de extensão.

Figura 1 – Localização da zona costeira brasileira.



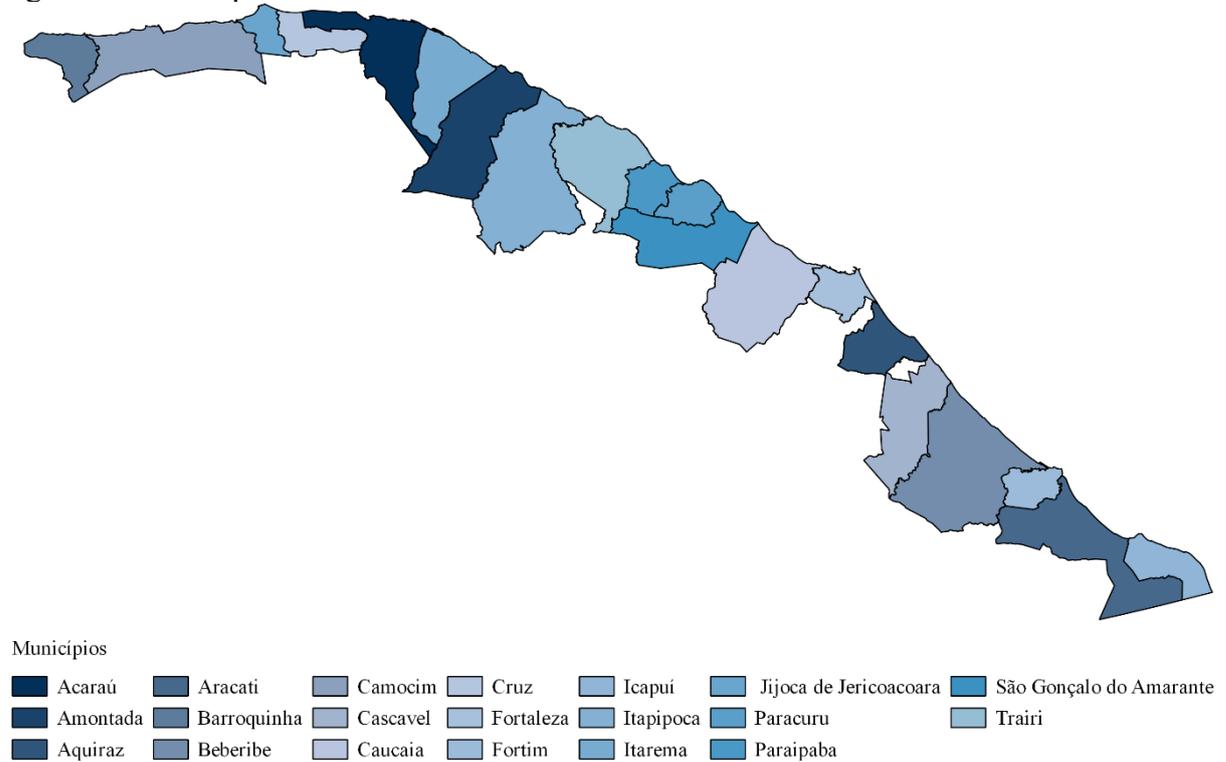
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020).

A ZC possui áreas particularmente sensíveis e frágeis do ponto de vista ecossistêmico, com uma série de ambientes restritos a esse sistema de interação água, terra e ar. Por exemplo, as feições de estuários, restingas, costões rochosos, manguezais, marismas, entre outros (MMA, [s.d]), fazem parte de diversas paisagens com grande beleza cênica, e com milhares de espécies de fauna e flora que variam conforme a região.

Conforme os dados do IBGE, o Estado do Ceará apresenta uma zona costeira extensa (Figura 2), com 20 municípios defrontantes com o mar, sendo eles: Acaraú, Amontada,

Aquiraz, Aracati, Barroquinha, Beberibe, Camocim, Cascavel, Caucaia, Cruz, Fortaleza, Fortim, Icapuí, Itapipoca, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Paracuru, Paraipaba, São Gonçalo do Amarante e Trairi, totalizando uma área de 15.133.378 km<sup>2</sup>.

Figura 2 – Municípios da zona costeira cearense



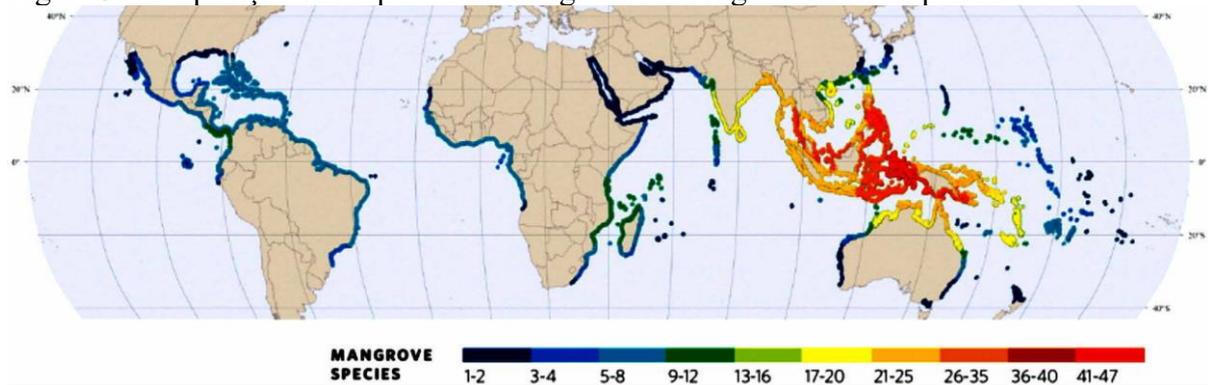
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020). Adaptado pela autora.

## 2.2 Manguezal

O manguezal desempenha um importante papel, visto que ele serve como uma zona de amortecimento dos impactos na costa, embora seja também bastante vulnerável (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2018).

“O Manguezal é um ecossistema costeiro, típico de regiões tropicais e subtropicais, que desempenha diversas funções ecológicas, além de interesse econômico” (MATIAS; SILVA, 2017). Andrade e Matos (2016), acrescentam que se constituem de uma variedade de comunidades biológicas de animais, algas e microrganismos em interação com uma vegetação especialmente adaptada ao substrato por vezes pouco consolidado e às variações constantes nos parâmetros físico-químicos que compõe o ecossistema. Na figura a seguir, tem-se a disposição das espécies de manguezal, ao longo da costa de diversos países.

Figura 3 – Disposição das espécies de manguezal ao longo da costa de países.



Fonte: MESQUITA (2017).

A Lei Federal nº 12.651/2012, entende em seu artigo 3º que:

o manguezal é um ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e de Santa Catarina (BRASIL, 2012).

De acordo com o Atlas do Manguezal do Brasil (2018), os manguezais são um dos ecossistemas mais produtivos do planeta, e sua importância para a manutenção de bens e serviços é enorme, sendo importantes sequestradores e estocadores de carbono na biomassa e no solo.

Para Souza et.al (2018, p.17), “o manguezal é um ecossistema localizado em terras baixas existentes nas zonas do entre marés em regiões costeiras, na maioria das vezes, abrigado por rios, compreendendo um sistema estuarino de menor ou maior complexidade.” Ele é um ecossistema que contém diversas espécies de fauna e flora, por apresentar condições propícias para a alimentação e proteção de espécies, servindo também de lugar de reprodução. Como reforçado por Leal et.al (2017, p. 6807):

Em relação à fauna e a flora, este ecossistema apresenta elementos característicos, neste caso, uma fauna diversificada e notadamente composta por mariscos e caramujos; camarões, caranguejos e siris, peixes e aves residentes e migratórias, na qual se utilizam do manguezal em busca de alimento, reprodução, crescimento e proteção contra predadores. No que tange a flora, este espaço apresenta como elemento mais característico as plantas popularmente conhecidas como mangues, as quais se subdividem em Mangue Branco e Mangue Vermelho.

Com isso, é possível notar a variabilidade de espécies presentes no ecossistema, embora não sendo endêmicas do habitat, necessitam dele e contribuem para a dinâmica ecossistêmica, buscando também a proteção. “A produtividade deste ecossistema é sustentada

por processos biogeoquímicos e a contínua ciclagem de matéria, impulsionados por fatores biológicos e físicos. Estes controlam as taxas de importação e exportação de matéria (SANTOS, 2018, p. 34)”. O Atlas do Manguezal do Brasil (2018, p.32) reforça isso ao trazer que:

Praticamente todos os animais associados ao manguezal estão de alguma forma sujeitos às variações diárias do ambiente impostas pelas flutuações das marés, de forma direta ou indireta. Como as plantas, os animais que habitam o manguezal possuem adaptações para filtrar a água, controlar a entrada de sal em seus sistemas internos ou eliminar os excessos desse elemento quando necessário.

Matias e Silva (2017), caracterizam o manguezal como o ecossistema que contém uma diversidade de espécies arbóreas e arbustivas, adaptadas a viver sob condições de pouco oxigênio, e frequentemente submetido a inundação de marés, assim tem-se um ecossistema que passa por alterações naturais de maré ao longo do dia e se adapta a elas. Assim, Schaeffer – Novelli, Vale e Cintrón (2015) complementam que neste ambiente há a atuação de muitas forças, com intensidades e frequências diferentes, fornecidas por fontes externas de energia do Sol, refletido no estado climático de um bosque. A estrutura florestal ocorre quando há a captação pelas espécies vegetais dos aportes de água, tanto doce como salgada dos inputs de sedimentos fluviais e marinhos, em conjunto com a ação das marés e das precipitações.

Comumente, as áreas de manguezal podem ser reconhecidas pelas árvores que crescem em ambientes de águas salgadas ou salobras, com galhos retorcidos (ou não) e com muitas raízes aparentes. É um ecossistema único, exala um cheiro específico, ficando por muito tempo à margem da sociedade por ser visto como um ambiente fétido, lamacento e sem importância. Vale ressaltar que com o aumento das atividades econômicas, entra elas a carcinicultura e o turismo, o mangue passou a ser visto com outros olhos pelo sistema capitalista, pois passou a ser fonte geradora de renda para os empresários. Face a isso, o ecossistema já servia de fonte de alimento para as comunidades, sendo ele utilizado por pescadores que retiram dele seus recursos, sem causar grandes danos. Tem-se então, uma área vista sob diversas ópticas, estando entre os ecossistemas com maiores valores econômicos e de grande pressão antrópica, assim o manguezal possui diversas formas de usos.

### ***2.2.1 Serviços Ecossistêmicos***

O manguezal engloba diversos ecossistemas, sendo um mosaico deles (terrestre, costeiro e marinho). De acordo com Santos (2018), são denominados Serviços Ecossistêmicos (SE) os serviços prestados para a manutenção da qualidade de vida, advindo dos processos

ecológicos dos ecossistemas que são responsáveis pelo funcionamento dos sistemas ecológicos. Estes estão relacionados, de acordo com Peixoto (2011) com os processos e funções relevantes à preservação ou conservação, uso sustentável, melhoria do meio ambiente, como também da recuperação e promoção do bem-estar humano, podendo ser prejudicado pelas ações antrópicas.

A partir da concepção de função ecossistêmica, é notável a variedade de processos estruturais dos sistemas naturais que fornecem suporte para as atividades humanas (ORNELAS, 2019). Seu conceito é relevante, conforme GONZALEZ (2010), pois por meio delas se dá a geração dos serviços ecossistêmicos, que seriam os benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas.

Conforme o Atlas dos Manguezais (2018), a perda e a degradação desses serviços têm causas diversas, incluindo a própria demanda excessiva por eles, decorrente do crescimento da economia entre outros, o ser humano e as demais espécies são dependentes dos serviços, então uma diminuição da oferta desses SE afeta diretamente na qualidade de vida e toda a cadeia ecossistêmica. Em relação ao manguezal, seus serviços são resultantes da combinação de processos envolvendo a natureza biótica e abiótica do ecossistema, conforme SANTOS (2018). Esses SE, são vastos, abrangem desde a estabilidade ecológica à utilização de lenhas e carvão vegetal. O Atlas dos Manguezais (2018), traz quatro tipos de SE para o manguezal, são eles o de provisão, regulação, suporte e culturais, explicitado no quadro a seguir:

Quadro 1 - Serviços ecossistêmicos do manguezal de acordo com o Atlas do Manguezal.

Provisão	Regulação	Suporte	Culturais
Produção de alimentos; Fornecimento de matéria-prima; Recursos genéticos/banco genético, compostos bioquímicos;	Climática e microclimática, hídrica, controle de erosão e retenção de sedimentos, retenção de partículas atmosféricas, controle biológico; Estoque/remoção de CO <sub>2</sub> da atmosfera, polinização, infiltração e escoamento pluvial, recarga de aquíferos; Prevenção de proliferação de doenças, estabilidade geotécnica (prevenção de desastres naturais); Proteção contra vento, anteparo ao avanço da	Suprimento hídrico, Formação de solo, Ciclagem de nutrientes, Dispersão de sementes, Conectividade de paisagem, manutenção da biodiversidade, Exportação de biomassa.	Recreação, Ecoturismo, Valor educacional, valores espirituais e religiosos, Beleza cênica e conservação da paisagem.

	maré/ estabilidade da linha de costa, fixação de dunas;		
--	---	--	--

Fonte: Adaptado do Atlas dos Manguezais - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (2018)

Santos (2018), argumenta que as medidas mitigadoras mais eficazes podem ser tomadas ao analisar as pressões e impactos sobre o ecossistema manguezal, considerando assim cada categoria dos serviços, fomentando na elaboração de medidas de conservação direcionadas aos processos e serviços que estão sendo afetados. Tornando possível que não haja o desperdício de recursos na recuperação destas áreas e utilizar os investimentos em outras medidas de conservação. Andrade e Romero (2009), pontuam que devido à interdependência dos processos de geração dos SE e entre as próprias dimensões do bem-estar, os impactos de mudanças nos fluxos de serviços ecossistêmicos sobre os constituintes do bem-estar são complexos e envolvem relações de causação que se reforçam mutuamente.

Como visto acima, o manguezal não possui somente relevância econômica, mas ecológica e social, sendo ele crucial na estabilização dos processos da zona costeira, além de fornecer subsídios à formação do solo.

### ***2.2.2 Feições de Manguezal***

Muito se confunde os termos mangue e manguezal, sendo utilizados como se fossem sinônimos. O Atlas dos Manguezais do Brasil (p.18), esclarece a diferença:

O termo mangue é empregado para designar um grupo floristicamente diverso de árvores tropicais que, embora pertençam a famílias botânicas sem qualquer relação taxonômica entre si, compartilham características fisiológicas similares. As adaptações especiais de que são dotadas permitem que tais espécies cresçam em ambientes abrigados, banhados por águas salobras ou salgadas, com reduzida disponibilidade de oxigênio e substrato inconsolidado. O termo manguezal ou mangal é usado para descrever comunidades florestais ou o ecossistema manguezal, espaço onde interagem populações de plantas, de animais e de micro-organismos ocupando a área do manguezal e seu ambiente físico (abiótico).

Isso é reforçado por Andrade e Matos (2016) que destacam a diferença conceitual entre manguezal e mangue: enquanto o termo manguezal se refere ao ecossistema como um todo, termo mangue é utilizado em referência à vegetação, notadamente arbórea, típica de manguezais.

O manguezal pode ser dividido conforme suas feições, o Atlas dos Manguezais do Brasil, considera 3 feições: o lavado, o bosque de mangue (ou mangue) e apicum (ou salgado). O lavado possui contato direto com o estuário, sendo correspondente a um banco de lama

exposto somente por ocasião das baixas mares, podendo ser erodido rapidamente por ocasião dos eventos de grandes ondas, marés meteorológicas e sistemas frontais (SCHAEFFER-NOVELLI, VALE E CINTRÓN, 2015), e assim desestabilizar a feição de mangue. O Atlas, complementa:

Sobre a superfície desses bancos de lodo vivem ricas comunidades de vegetais microscópicos, as microalgas bentônicas, responsáveis por grande parte da síntese de fitomassa exportada pelo ecossistema aos corpos de água adjacentes. Alguns lavados podem ser colonizados por gramíneas. As mais comuns pertencentes ao gênero *Spartina* (capim-praturá) que, com suas raízes fasciculadas ou em cabeleira, auxilia na fixação das partículas finas de lama e também ajudam a aprisionar propágulos. Enterrados no lodo do lavado são encontrados mariscos como chumbinho, unha-de-velho e lambreta, além de invertebrados muito apreciados pelas aves. nas baixamares e por peixes nas preamares.

O bosque de mangue ou mangue, é uma das feições mais conhecidas do manguezal, visto que possui um porte arbóreo maior que as demais feições, sendo coberto por árvores. Durante a baixa da maré, é possível ver uma lama escura nessa feição e suas raízes que tendem a ser diferentes das demais. Assim é composta por plantas lenhosas, chamadas de mangue. Nesse ambiente existem também espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas, conforme Schaeffer-Novelli, Vale e Cintrón, (2015).

Há três gêneros de mangue no Brasil, o mangue preto, o mangue vermelho e o mangue branco, cada um com suas respectivas espécies. O mangue vermelho (Figura 4) assim chamado por apresentar uma coloração avermelhada quando sua casca é raspada, pertence ao gênero *Rhizophora* e tem como espécies no Brasil a *R. mangle*, *R. harrisonii*, *R. racemosa*.

Figura 4 – *Rhizophora* - Mangue Vermelho



Fonte: Álvaro E. Migotto (2020).

O mangue branco (Figura 5), é pertencente ao gênero *Laguncularia racemosa* apresenta em suas flores uma coloração mais esbranquiçada com sua madeira mais esverdeada.

Figura 5 – *Laguncularia racemosa* - Mangue Branco



Fonte: Álvaro E. Migotto (2020).

Em relação ao mangue preto. (Figura 6), pertence ao gênero *Avicennia*, com as espécies *A. schaueriana* e *A. germinans*. Suas raízes crescem para cima possibilitando as trocas gasosas, além de excretar o sal que as plantas absorvem. Vale destacar que esse tipo é o que recebe maior quantidade de água, suportando o fluxo das marés, sendo ele bem resistente.

Figura 6 – *Avicennia* - Mangue Preto



Fonte: Álvaro E. Migotto (2020).

Sobre a vegetação de mangue, Gomes (2020) reforça que:

A vegetação que constitui o ecossistema manguezal possui mecanismos de adaptação ao ambiente hostil, como raízes respiratórias, mecanismos para expelir o sal pelas folhas, fixação mecânica em solo inconsolidado, desenvolvimento de estruturas

xerofíticas em relação à salinidade, mecanismos especializados para dispersão de propágulos, dentre outras características de adaptação.

A feição de apicum, ou salgado, muitas vezes não possui vegetação arbórea, sendo vista como um banco de areia misturado com lodo. Schaeffer-Novelli; Vale e Cintrón, (2015), trazem que ele é a última feição do ecossistema manguezal, servindo como zona de amortecimento e que com o aumento do Nível Médio Relativo do Mar (NMRM), poderia ser mais frequentemente inundado por água doce e por água salgada, criando novas áreas propícias a colonização de árvores de mangue, portanto permitindo a extensão do ecossistema.

De acordo com a Lei 12.651, os apicuns são definidos como áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entre marés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular (BRASIL, 2012). Embora não possua vegetação arbórea, apresenta uma importância nutricional para o ecossistema, como reforçado no Atlas dos Manguezais do Brasil (2018):

É nessa planície hipersalina que se concentram os nutrientes que o manguezal vai utilizar para sintetizar matéria orgânica vegetal e animal – fitomassa e biomassa, respectivamente. Algumas plantas herbáceas, como a *Salicornia*, estão adaptadas a viver em ambientes hipersalinos, como também grandes adensamentos de cianofíceas (algas azuis), formando uma comunidade que sustenta e abriga alta diversidade biológica de crustáceos e de aves, tanto residentes quanto migratórias.

Tem-se então uma feição que pode ser tida como uma espécie de reservatório para as espécies que dela se alimentam, dando suporte a elas, sendo fundamental a sua presença. Como complementa Thiers, Meireles e Santos (2016):

Os manguezais, em consequência servem de berçários naturais, ou seja, ambientes para reprodução e criadouro. Esse ambiente apresenta solo úmido, pobre em oxigênio, salgado, argiloso e com odor caracterizado pela decomposição de matérias orgânicas. Conta ainda com pequena declividade e baixa variação de altitude relativamente ao nível médio dos mares.

Dado isso, nota-se a importância das áreas de manguezal e de cada uma de suas feições dentro do ecossistema e que a relação entre elas gera o equilíbrio, caso não tenha interferência antrópica. Assim, inegavelmente, possui uma alta relevância ecológica, além da econômica e social, sendo também vítima da ação predatória do homem, que fragmenta, destrói, faz o aterramento e desmata, diminuindo assim a sua capacidade de amortecer os impactos nas áreas litorâneas e proteger as espécies, tornando-o mais vulnerável do que já é.

Considerando a relevância ecológica dos problemas ambientais, vale ressaltar que a Economia Ecológica, de acordo com Andrade (2010) parte da premissa de que a complexidade inerente dos problemas ambientais não permite com que os mesmos sejam analisados pela ótica

de apenas uma disciplina, exigindo uma integração analítica de várias perspectivas. Assim, Andrade e Romero (2009), reforçam que os ecossistemas possuem comportamentos não lineares, fazendo com que não seja possível fazer previsões de intervenções baseadas apenas em conhecimentos sobre cada componente individualmente.

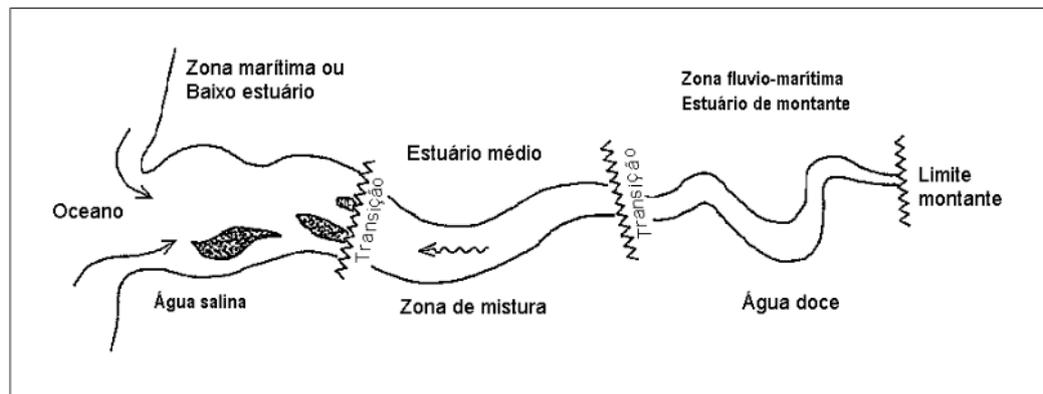
### 2.3 Estuário

Os manguezais estão ligados aos estuários, que também fazem parte da zona costeira e constituem um importante ecossistema. Bernardino et.al (2015), trazem que estes são ecossistemas de transição continente-oceano com alta produtividade biológica, que sustentam importantes bens e serviços ambientais à humanidade e possuem distinta biodiversidade bentônica. Os estuários são igualmente áreas de contato entre a água do mar (salgada) e a água doce proveniente da drenagem terrestre, fruto da existência de uma ligação livre com o mar (FERNANDES; ALVES, 2017).

Assim, Odum (2001, p.563) define coloca que os estuários podem ser considerados como zonas de transição ou ecótonos entre os habitats de água doce e marinho, embora muitas das suas mais importantes características físicas e biológicas não sejam de transição, mas sim específicas. Tem-se um ecossistema que permeia por dois ambientes, o doce e salgado, sendo o elo de comunicação entre estes, visto que os rios desaguam e correm por ele facilitando a entrada e saída de espécies marinhas e sua reprodução.

Os estuários apresentam uma zona marítima ou baixo estuário (mais próxima do oceano) com uma zona de transição até um estuário médio, que também apresenta uma outra zona de transição fluvio-marítima e estuário de montante e por fim um limite montante, como mostra a Figura a seguir:

Figura 7 – Divisão das áreas de estuário



Fonte: SILVA (2000).

Silva (2000), revela que uma propriedade importante dos estuários se revela pelo fato de que, embora haja variações importantes das afluições de água doce, não há tendência de acumular a correspondente água doce no próprio estuário.

## **2.4 Leis, manguezais e ocupação**

Conforme a Lei 12.651 em seu artigo 3º, a Área de Preservação Permanente (APP) é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A zona costeira por ser considerada patrimônio nacional brasileiro, deve ser utilizada de forma ecologicamente correta e que não prejudique sua fauna e flora, juntamente com os recursos. A lei considera como área de preservação permanente em seu artigo 4º:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

Assim, na resolução 303º do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 20 de março de 2002, isso é reforçado, sendo essas áreas protegidas por lei. Nesses artigos, tem-se o amparo legal dessas áreas e seu resguardo na lei, devendo ser seguidas e obedecidas,

embora seja comum ver estas áreas ocupadas e descaracterizadas, ficando assim a seguinte indagação: Por que áreas tão importantes e responsáveis pelo equilíbrio ecológico de habitats são tão descaracterizadas e sua ocupação acaba fugindo do uso sustentável dessas áreas? A proximidade da costa e a produtividade desses ecossistemas geram o interesse de ocupá-las e utilizá-las para o crescimento econômico, a não fiscalização e seguimento das leis impulsionam suas ocupações.

#### ***2.4.1 Ocupação das áreas costeiras***

Modificações em sequência em áreas costeiras podem ocorrer através de seu uso e ocupação, podendo ser irreversíveis e intensas. Estas segundo Aquino, Mota e Pitombeira (2003) são estimuladas pelo desenvolvimento turístico e pela urbanização.

A maior parte da população mundial está centralizada nas zonas costeiras, que são caracterizadas conforme GRABKI et al. (2015) pela elevada suscetibilidade aos impactos ambientais frutos da ocupação da zona. Ou seja, a vulnerabilidade da zona às ações humanas gera a necessidade de observação constante, visto que o interesse econômico pode predominar sobre a área, pressionando os recursos, modificando as paisagens e conseqüentemente o funcionamento dos ecossistemas, podendo danificar e alterar as características do ambiente. Partindo desse pressuposto pode-se trazer como exemplo, os manguezais que acabam recebendo as atividades de carcinicultura ou tem suas áreas ocupadas, resultando na diminuição de sua extensão, impactando na dinâmica do ecossistema.

A urbanização descontrolada nas regiões litorâneas do nordeste e sudeste do Brasil, para Sousa et al. (2018), trouxeram conseqüências para os manguezais, que foram os que mais sofreram com a urbanização, assim sobrando poucos fragmentos, degradados ou em processo de extinção. Portanto, embora seja um ecossistema que possui uma relevância ambiental e ecológica enorme ele é vítima da ação predatória do homem, que fragmenta, destrói, faz o aterramento e desmata o mangue, diminuindo assim a sua capacidade de amortecer os impactos nas áreas litorâneas e proteger as espécies.

Os estuários cumprem um papel social bastante importante nas regiões costeiras, Nascimento et.al (2020) exemplifica com o estabelecimento de cidades, pesca artesanal, abastecimento de água e econômico. Manguezais e estuários por estarem localizados em áreas atrativas tanto pela beleza como para as atividades econômicas, são passíveis de grandes alterações em seu uso e ocupação. Um exemplo disso, é o desejo de muitos habitantes em morar próximo a costa, ocupando as áreas mais próximas as faixas de areia, influenciando na dinâmica da

costa. Thiers, Meireles, Santos (2016), reforçam isso:

Os impactos sobre os manguezais são intensos e em graus diversificados, causados por subtração de vegetação para projetos de implantação de empreendimentos imobiliários e turísticos, podendo trazer a reboque, quase sempre, o aporte de aglomerados urbanos sem estrutura de funcionamento: ausência de saneamento, de água canalizada, de sistema viário e de outros serviços essenciais aos aglomerados urbanos.

Dentre as ameaças ao mangue são a construção de residências que podem acarretar no desmatamento, aterramento, erosão, sedimentação, eutrofização, perda de área e mudanças nos regimes hidrológicos, bem como na alteração da dinâmica da costa. A pressão em cima dessas áreas pode se dar pela crescente expansão urbana costeira, que ameaça a sobrevivência das espécies dos manguezais e das atividades econômicas. Sobre a zona costeira do Estado do Ceará, Aquino, Mota e Pitombeira (2003) afirmam:

A ocupação da zona costeira no Estado do Ceará como em outras áreas do Brasil, tem sido feita, quase sempre, de forma desordenada, com o avanço das construções sobre áreas de dunas, comprometendo o caminhamento sedimentar alimentador das praias adjacentes, resultando no recuo gradativo da linha de praia e no avanço sistemático do regime de ondas sobre o berma, com a erosão da praia.

Notoriamente, a zona cearense é um exemplo importante quando tratamos de ocupação: tem-se a instalação de equipamentos energéticos, áreas turísticas, moradias de veraneio e permanentes. Assim, quanto maior a ocupação nos ecossistemas costeiros, maior a pressão sobre eles e maior o desequilíbrio da dinâmica do ecossistema, que são de extrema importância para a reprodução de várias espécies. Vê-se uma descaracterização da costa que ao longo dos anos tem sido utilizada para a expansão a atividades econômicas em detrimento de seus ecossistemas. Vale ressaltar que no Estado há Unidades de Conservação Marinhas, mas que não abrigam todos os ecossistemas costeiros.

## **2.5 Geotecnologias nos estudos ambientais**

O termo geotecnologia refere-se ao “estudo (logia) das técnicas (tecno) aplicadas na terra (geo)”. Trata-se de um termo amplo, que agrega as inúmeras terminologias que apareceram nos últimos 20 anos (GPS, sensores, satélites, drones, softwares, data mining, entre outros) (DEMATTÊ; POPPIEL; SILVERO; BELLINASSO, 2000).

Santos (2018) nota que a geotecnologia é uma importante ferramenta para auxiliar nos estudos de análise ambiental, pois oferece uma gama de possibilidades que pode facilitar a sistematização de dados, mapeamento, espacialização de dados, extração de atributos de

imagens de satélites e as representações cartográficas e modelagem de variáveis. Através dela é possível desenvolver estudos e produtos que podem gerar materiais de visualização rápida e a longo prazo bem como a mudança de fluxos. De acordo com Rosa (2005):

A Geotecnologia é uma área de investigação que gera soluções, a partir da localização geográfica de objetos e fenômenos, tanto para atividades cotidianas quanto para o setor produtivo e políticas públicas. Para isso, utiliza conjuntos de técnicas e metodologias específicas, considerando os dados com um par de coordenadas (por exemplo, latitude e longitude) vinculado a um sistema de referência (por exemplo, sistema geodésico).

Assim, as geotecnologias são aplicadas em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), onde a presença de dados geoespaciais são primordiais para seu manuseio. Estes dados podem ser integrados e analisados por múltiplos profissionais, de diferentes áreas de formação (IBGE, 2019). O SIG abrange diversas áreas, sendo multidisciplinar, onde várias áreas podem se relacionar e em conjunto fornecer análises sob diversas óticas desde o geomarketing, às ciências ambientais à saúde e recentemente utilizada principalmente durante a pandemia Coronavírus SARS-CoV-2, na espacialização dos casos mostrando-se abrangente e imprescindível para controle e entendimento do comportamento do vírus.

Grabski et. al (2015) percebem o potencial de expansão dos produtos de Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) nas áreas ambientais, que são amplamente utilizados para diagnóstico e monitoramento dos fenômenos naturais e dos padrões de cobertura e uso do solo nas zonas costeira. Pereira, Guimarães e Oliveira (2018) acrescentam que compreender o uso e ocupação da terra, juntamente com suas mutações contribui para interpretação das dinâmicas da região, sendo importante na administração do território.

### ***2.5.1 Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada) - NDVI***

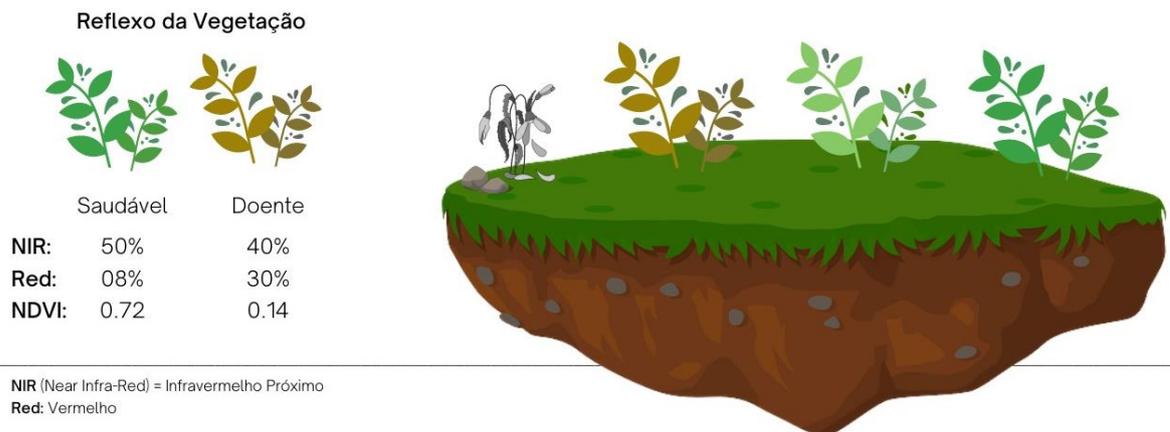
Em relação aos estudos voltados a vegetação, tem sido utilizado o Sensoriamento Remoto e seus índices de vegetação, tendo o *Normalized Difference Vegetation Index* (Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada) - NDVI como um dos mais utilizados nas análises ambientais. Este índice permite a análise da condição da vegetação que varia entre 1 e -1. Quando se encontra com valores mais próximos de 1, tem-se uma vegetação em condições mais saudáveis, quando mais próximos de 0 ou -1, pode-se dizer que há áreas desnudas, água ou atividades não clorofilianas (PIX FORCE, 2021).

Seu cálculo consiste na utilização das bandas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR) de satélites multiespectrais, dada pela seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Assim, o NDVI resulta da razão entre diferença da banda do infravermelho próximo e do vermelho pela soma do infravermelho próximo com a banda do vermelho. Na figura a seguir, há a representação do NDVI em termos numéricos relacionados à saúde da planta.

Figura 8 – Representação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - NDVI



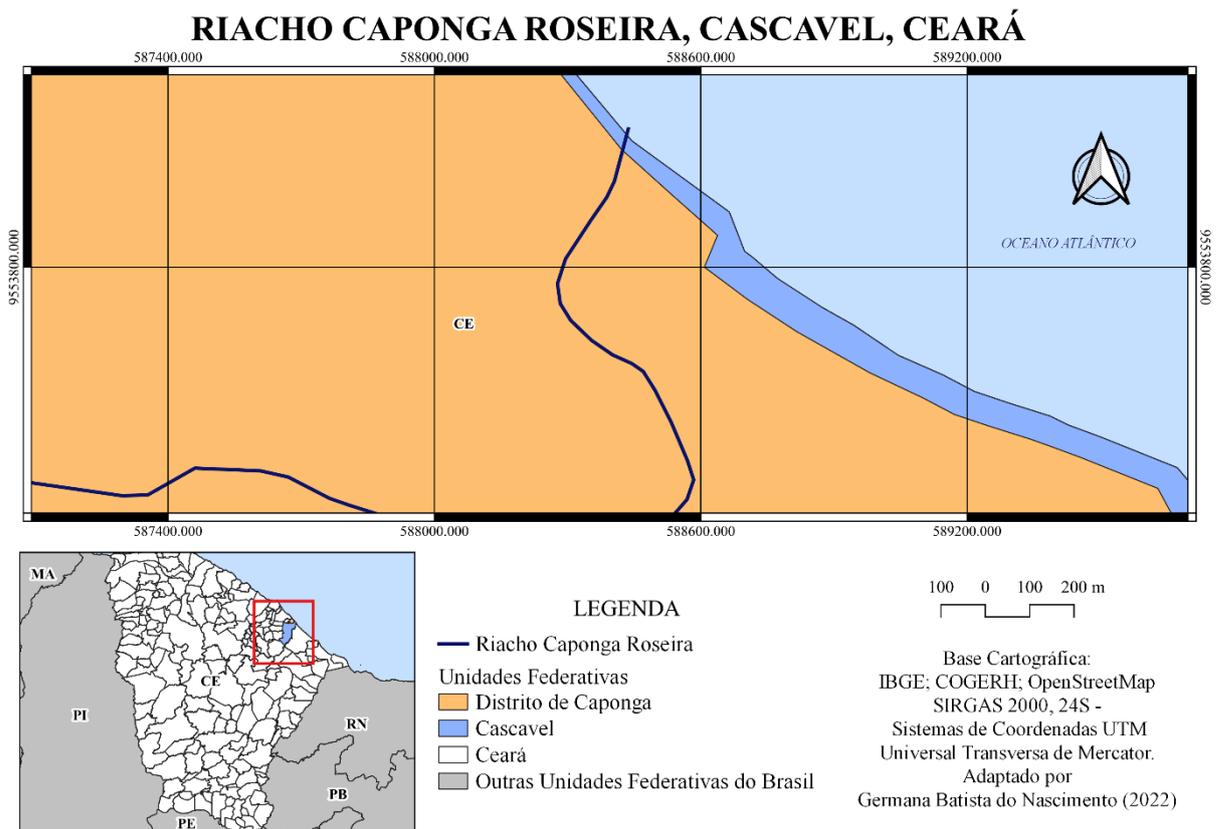
Fonte: Agrosolutions

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho está compreendida nas áreas de manguezal localizadas no Riacho Caponga Roseira, que está compreendido na planície litorânea da Praia da Caponga, situando-se 4°07'51" de latitude sul e 38°14'11" de longitude oeste (AQUINO; MOTA; PITOMBEIRA, 2003), que é pertencente ao município de Cascavel – CE. O Riacho está localizado na microbacia do Riacho Caponga Roseira (Figura 9) e na bacia metropolitana, ambas localizadas no litoral leste do Estado. A área está cerca de 64 km de distância de Fortaleza e 14 km da sede da cidade que possui um clima tropical quente (semiárido brando).

Figura 9 – Localização do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE



Fonte: Autora

## **3.2 Aquisição dos dados**

Inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico acerca do tema e das possíveis necessidades para o desenvolvimento do estudo e, em seguida, houve o delineamento das referências que melhor se encaixariam no estudo. Foram feitas algumas visitas de campo à área, para a área para incorporação à geotecnologia.

### ***3.2.1 Obtenção dos dados vetoriais***

Os dados vetoriais desse estudo foram obtidos do Portal de Mapas do IBGE (Brasil e Ceará) e do site da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) (Distrito da Caponga). A bacia do Riacho Caponga Roseira foi delimitada pela autora através do TauDEM, em sua versão 5.3, apenas para incorporação ao layout final. Os demais *shapefiles* foram vetorizados manualmente, acrescidos da incorporação de símbolos SVG, tanto para preenchimento da área, como é o caso das áreas de mangue e demais áreas pertinentes.

### ***3.2.2 Obtenção das imagens***

Para obtenção dos resultados de imagens gratuitas de satélite disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em especial do satélite CBERS 4A que possuem uma resolução que atende à expectativa da pesquisa, assim a cena escolhida é do dia 04/08/2021. Para seleção da imagem considerou a ausência de nuvens na região de interesse, optando por uma imagem do segundo semestre, por ficar mais distante do período chuvoso.

A utilização das imagens de satélite em conjunto com os dados vetoriais permite uma análise eficiente das áreas, permitindo a interação entre eles e uma eficaz gestão do território, sendo notório seu potencial de expansão. O CBERS 4A permite um detalhamento de boa qualidade dos atributos, evidenciando desde a vegetação à moradia, por conta da nitidez mais elevada. Assim, fica mais claro para o pesquisador as propriedades da imagem e a espacialização das áreas ocupadas, seja por recursos hídricos ou faixa de praia.

O CBERS 4A é um satélite fruto da parceria entre a China e o Brasil que possui 5 bandas espectrais. As bandas 1,2,3,4 tem uma resolução de 8 metros por pixel e a banda 0, que é a pancromática, possui 2 m de resolução. As imagens do CBERS são usadas no controle do desmatamento e queimadas, monitoramento de recursos hídricos, áreas agrícolas, crescimento urbano, ocupação do solo, educação e em inúmeras outras aplicações (FRAZÃO et al, 2017).

Foi utilizado também, imagens do Google Earth Pro, nas quais auxiliaram a visualização temporal de alguns pontos da área de estudo.

### 3.3 Processamento das imagens

Para o processamento das imagens, foi utilizado o software QGIS na sua versão 3.16.13 – Hannover, um ambiente SIGlivre e de código aberto. As imagens vieram no Datum WGS 84, no sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) fuso 24 Sul e foram reprojetaadas para o Datum SIRGAS 2000 com o mesmo sistema de coordenadas da imagem anterior. Após a reprojeção das imagens, foi feito um recorte das imagens de CBERS para o tamanho do distrito da Caponga, para, posteriormente, haver uma composição das bandas 1,2, 3 para verificar as cores reais da área e sua espacialização. Após a composição, para deixar as cenas com a mesma resolução da banda pancromática foi feito um *pansharpening*.

O quadro abaixo, traz algumas características sobre o satélite CBERS 04A e de suas câmeras. Neste trabalho, entre as três câmeras do satélite CBERS 04A, optou-se por utilizar a câmera WPM, que possui melhor resolução e é adequada para análises mais detalhadas.

Quadro 1 – Características do satélite CBERS 04A

<b>Características dos sensores do CBERS 04A</b>			
Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	0,45 – 0,52 um (B) 0,52 – 0,59um (G) 0,63 – 0,69um (R) 0,77 – 0,89um (NIR) 0,45 – 0,90um (PAN)	0,45 – 0,52 um (B) 0,52 – 0,59um (G) 0,63 – 0,69um (R) 0,77 – 0,89um (NIR)	0,45 – 0,52 um (B) 0,52 – 0,59um (G) 0,63 – 0,69um (R) 0,77 – 0,89um (NIR)
Resolução	2m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da faixa imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	Não	Não	Não
Revisita	31 dias	31 dias	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits

Taxa de dados bruta	1800.8 Mbps	65 Mbps	50 Mbps
	450.2 Mbps		

Fonte: Instituto de Pesquisas Espaciais (2019) – Adaptado pela autora.

### 3.3.1 Cálculo do NDVI

No CBERS 4A para geração do NDVI, foi preciso utilizar a banda 4 que responde ao infravermelho e a banda 3 que corresponde ao vermelho, para efetuação do cálculo. Assim, podemos visualizar a qualidade da vegetação de mangue presente.

### 3.4 Pós processamento das imagens

Com as imagens processadas, foi feita a vetorização manual das áreas de manguezal, possibilitando o cálculo e a soma dessas áreas, e, dessa forma, a sua quantificação, bem como a delimitação das áreas de APP, considerando que o manguezal é área de preservação em toda a sua extensão. Além disso, foi feito um *buffer* da área do Riacho, considerando sua largura e a legislação, resultando em um *buffer* de 50m, além disso, foi realizado um *buffer* de 30 m para a Lagoa localizada entorno do Riacho. Com todos os dados necessários, foram acrescentados os dados do OpenStreetMap, como logradouros através do QGIS e do plugin OSMDownload para montagem dos resultados em layouts preparados no QGIS.

Para efeito de arborização, foram utilizados símbolos SVG para ornamentação e o preenchimento de dados vetoriais em formato de figura raster. Essas ferramentas e os símbolos SVG estão disponíveis dentro QGIS, quanto as figuras raster, podem ser obtidas na internet.



maior há risco de assoreamento, contaminação por metais pesados e lixiviação, além de acúmulo dos resíduos sólidos (CASTRO et al, 2017).

Com a ocupação das margens do Riacho, há o desmatamento das áreas que antes seriam ciliares e importantes para a rede de drenagem, impactando diretamente nas funções do manguezal, como por exemplo no amortecimento da erosão costeira, além de sua expansão e possível recuperação, considerando que a zona costeira da Cappinga é antropizada, como evidenciado na imagem acima.

A Lei 12.651 estabelece limites para as áreas de preservação permanente em relação à largura do Rio, o Riacho Cappinga Roseira na sua extensão localizada na área de estudo possui aproximadamente 50m de extensão, assim devendo acrescentar 50 metros de APP, conforme a figura 11. Nota-se que a APP do Riacho coincide com a cobertura vegetal da Lagoa próxima ao Riacho que, por se encontrar em área urbana, necessita de 30m de APP. Vale ressaltar que o riacho e a lagoa fazem parte do sistema fluviomarinho da Lagoa da Velha Ana. Inclusive essa região contava com a presença de várias outras lagoas, hoje aterradas para a expansão urbana (MEIRELES, 2008).

Figura 11 – Áreas de Preservação Permanente Do Riacho Caponga Roseira e Lagoa do entorno, Cascavel – CE delimitadas conforme a Lei 12.651.



Fonte: Autora.

Durante as visitas de campo constatou-se a demarcação de lotes nas margens ciliares da Lagoa que são áreas de APP (Figura 12). Embora não seja o ponto principal de discussão neste trabalho, é importante trazê-lo, pois o loteamento de suas margens enfatiza a pressão da expansão urbana sob o Riacho e o manguezal, visto que estão localizados lado a lado e que a APP do Riacho abriga parte da mata ciliar da Lagoa.

Figura 12 – Loteamento das margens da Lagoa localizada próxima ao Riacho, a presença da cerca de madeira é mostrada em meio a vegetação.



Fonte: Autora

Em partes da APP do Riacho, há trechos totalmente urbanizados, onde a vegetação divide espaço com equipamentos urbanos, como pontes e depósitos de lixo. Na figura a seguir (Figura 13) é retratada uma sequência que traz com maiores detalhes como o ecossistema se encontra nesses trechos. A presença de entulho e resíduos é comum nas margens.

Figura 13 – Divisão do espaço entre manguezal e urbanização em partes do Riacho Caponga Roseira, Cascavel - CE.



Fonte: Autora

Em relação ao gênero do manguezal, registrou-se o mangue branco (Figura 13) sendo possível encontrá-lo nas margens do Riacho e em áreas próximas, embora em extensão segmentada e com uma visualização não tão evidenciada nas imagens de satélite.

Figura 14 – Mangue Branco –  
*Laguncularia Racemosa*

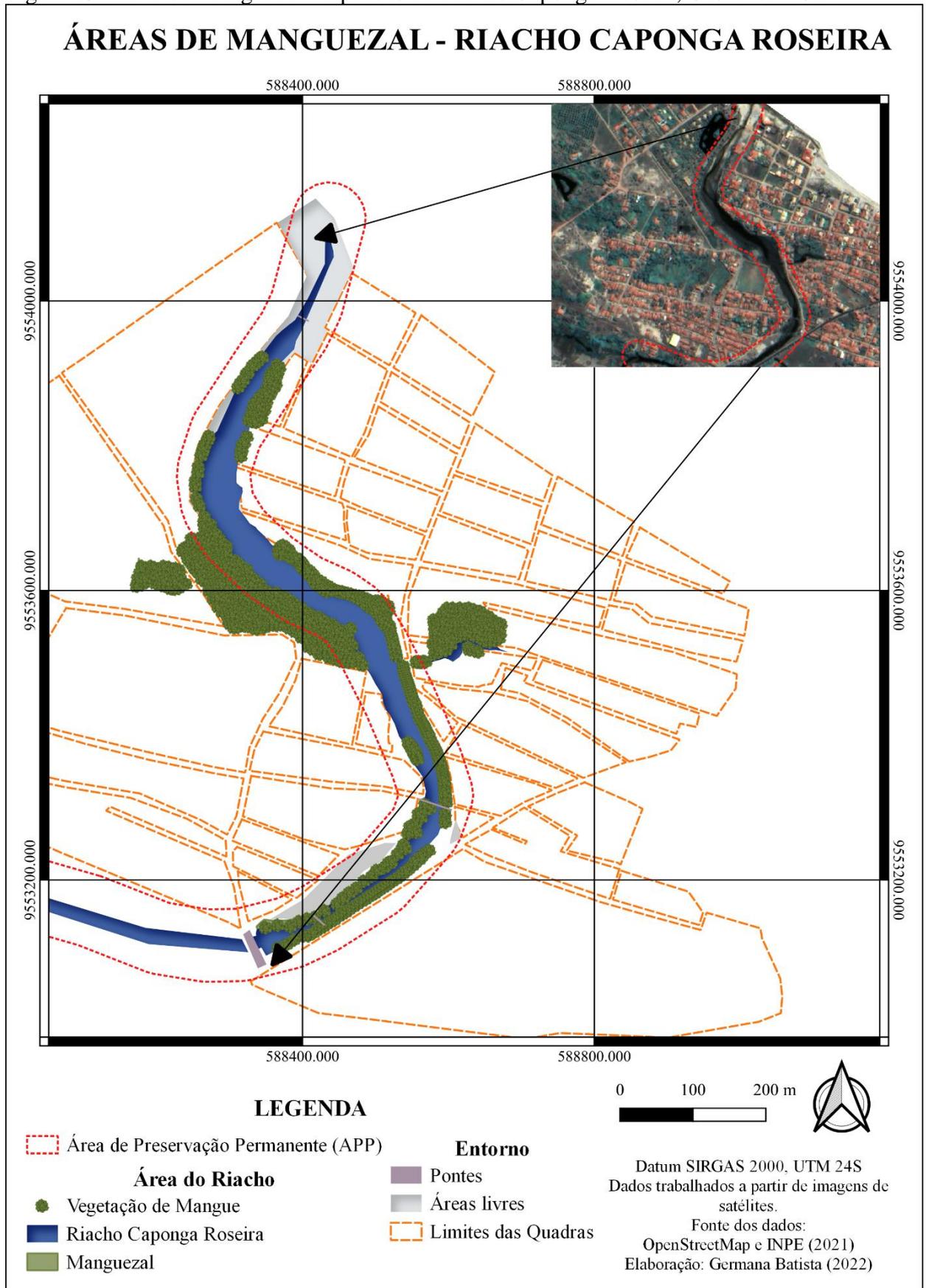


Fonte: Autora

Com o mapeamento das áreas de mangue (figura 15), foi possível calcular as áreas na tabela de atributos do *shapefile* e fazer seu somatório. Assim o ecossistema possui uma área aproximada de 3 hectares, com áreas fragmentadas e como visto anteriormente antropizadas em grande parte.

A seguir, tem-se o mapa com as áreas de mangue restantes nas margens do Riacho.

Figura 15 - Área de Manguezal Mapeadas no Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE.



Fonte: Autora

Nas áreas de mangue, é nítido que a expansão urbana não reconhece os limites dos ecossistemas e sua importância, reforçado na imagem a seguir.

Figura 16 – Alicerce de casa em área de bosque de mangue do Riacho Caponga Roseira.



Fonte: Autora

A poluição afeta os manguezais já que no caso de rios poluídos, além de reter sedimentos, o manguezal reterá também os poluentes. Assim, vale destacar que durante período chuvoso, a Caponga acaba por ter diversas ruas alagadas e o riacho acumula mais água que o comum, juntamente com lixo, chegando a causar mal-estar nos moradores.

Pode-se dizer que a restrição do manguezal a áreas cada vez menores, como visto na imagem abaixo (Figura 17) aponta para o seu desaparecimento, juntamente com o fim da proteção ciliar do riacho, considerando que a expansão urbana tem atuado fortemente sobre ele e que ficaria sem vegetação para combater a erosão e seu assoreamento, impactando diretamente no canal estuarino, que já se encontra com um volume alto de sedimentos e artificializado.

Figura 17 – Fragmentação das áreas de manguezal do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE.



Fonte: Autora

Ao conversar com alguns dos moradores da região, foi relatado que o manguezal possuía uma extensão maior, que há cerca de 15 anos houve mudanças bruscas em suas feições que deram espaços a casas que foram construídas sobre o ecossistema e suas zonas de transição, impactando diretamente na ida e vinda de espécies, como por exemplo o siri. Na imagem acima fica evidente a artificialização da área de manguezal e sua compartimentação.

MEIRELES (2008), afirma que

Com a expansão da vila de pescadores, utilizando as dunas, praia, setores antes destinados ao manguezal (impermeabilizando o solo, canalizando seu leito e utilizando a desembocadura para a edificação de residências e do Caponga Beach Hotel), foram acarretados danos ambientais diretamente relacionados com a diminuição da potencialidade de transporte hidrodinâmico e diminuição da biodiversidade.

As visitas de campo mostraram que ainda é possível encontrar o bosque de mangue e o lavado, que fazem parte das feições do manguezal apontadas pelo Atlas dos Manguezais do Brasil. Notou-se que eles têm algum contato com a poluição, dividindo seu espaço com as casas, havendo fragmentação do manguezal, conforme mostrado nas figuras anteriores.

Durante o levantamento bibliográfico, foi utilizado o Google Earth Pro, no qual possui uma coletânea de imagens das áreas. Ao pesquisar, foi encontrado imagens que trazem a feição de apicum presente na região e que durante a visita de campo não foi encontrada. Portanto, há no espaço mudanças que foram propiciadas pelas construções que tem mudado o caminho das águas de chuva, o escoamento superficial, que passaram a ficar localizadas nas áreas que anteriormente eram de apicum e que estão descaracterizadas (Figura 18).

Figura 18 – Comparação das áreas de apicium do Manguezal do Riacho Caponga Roseira - CE.



Fonte: Google Earth Pro (2013) e a autora (2022).

Primack e Rodrigues (2001), argumentam que a maior ameaça à diversidade biológica é a perda de habitat. Portanto, a maneira mais importante de proteger esta diversidade é preservando-se os habitats.

Com os dados obtidos, é possível comparar com as imagens do trabalho de MEIRELES (2008), que trouxe a evolução do Riacho até o ano de 2004, cerca de 18 anos antes da realização deste. Na imagem a seguir, tem-se a evolução do Riacho Caponga Roseira a partir dos meandros localizados na desembocadura de acordo com o autor.

Figura 19 – Evolução do Riacho Caponga Roseira em sua desembocadura para os anos de 1958, 1968, 1996, 2002, 2004 e 2006 de acordo com MEIRELES (2008).



Fonte: MEIRELES (2008)

Meireles (2008) evidenciou na imagem acima que os diques de enrocamento artificializaram o canal estuarino de modo que restringiu seu leito para um único eixo de deságue no mar. Portanto acarretaram danos ambientais relacionados com a ocupação da APP e diminuição de seu potencial de transporte (barramento da foz com areia proveniente da faixa de praia e estagnação da água acumulada em sua bacia hidráulica). A área de APP também passou por um processo de artificialização, pois impossibilitou a expansão do manguezal.

Durante a visita de campo, foi registrando a presença de gabião conforme apontado por Meireles (2008), o muro apontado na imagem acima está desaparecendo, permitindo que o manguezal possa se expandir e reocupar seus espaços. Na figura abaixo, tem-se uma sequência que mostra como estão os gabião e a desembocadura do Riacho em comparação com as imagens de Meireles (2008).

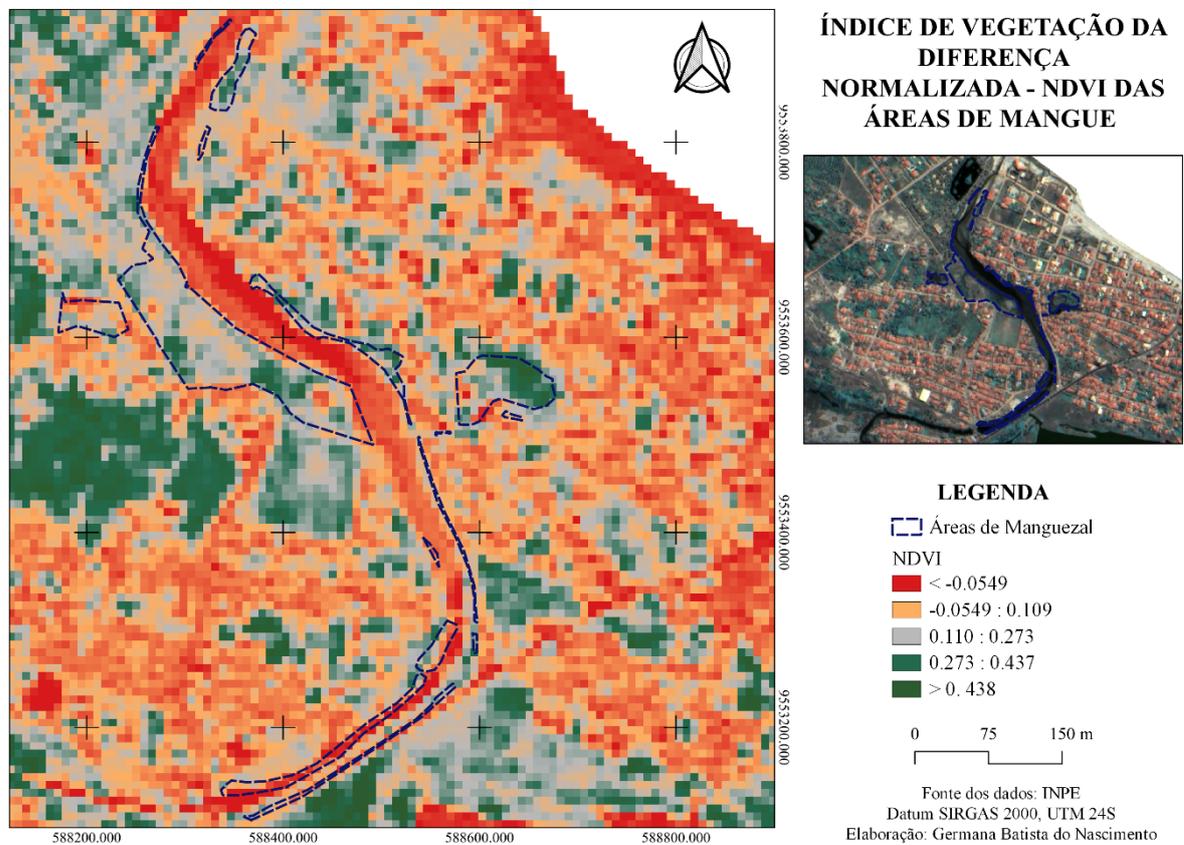
Figura 20 – Situação da desembocadura do Riacho Caponga Roseira, Cascavel – CE em 2008 e 2022.



Fonte: Meireles (2008) e a autora.

Para compreender melhor a qualidade das áreas de manguezal, foi calculado o NDVI, que revela o quão saudável é a vegetação nas áreas de manguezal e na APP que seria do riacho. A Figura 21 a seguir evidencia isso.

Figura 21 – Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada – NDVI



Fonte: Autora

Nota-se que nas áreas de mangue (Figura 21) há uma qualidade de vegetação que é variável, estando em alguns ambientes sadia e em outros não. Na APP tem-se uma variedade de tons, com o riacho e a ocupação em tons mais vermelhos e alaranjados e a vegetação entre tons de cinza e verde. Na imagem a seguir, vemos que o manguezal tem uma vegetação bem verde, que evidencia sua atividade fotossintética.

Figura 22 - Vegetação de mangue, Riacho Caponga, Cascavel – CE.



Fonte: Autora

Leal et al (2017), argumenta que as principais pressões feitas nas áreas de mangues estão relacionadas às ações antrópicas referente à descaracterização dessas áreas devido à crescente expansão urbana costeira, que conseqüentemente ameaça a sobrevivência de todas as espécies dos manguezais. Notou-se que a expansão urbana avança sob as áreas de mangue em estudo. Assim, Gomes (2020), reforça sobre o ecossistema que ele é um dos pontos mais críticos quanto à ocupação irregular, que traz como consequência a degradação e descaracterização da paisagem e de sua dinâmica.

Com a obtenção dos resultados, foi possível organizar um layout (Figura 23) que traz maiores informações sobre a área, permitindo a espacialização de alguns trechos que evidenciam que o manguezal possui bosques de mangues mais fechados e, portanto, conservados e trechos mais antropizados ou com ausência de vegetação, além da feição lavado.

Figura 23– Composição urbanística do entorno do Riacho Caponga Roseira com a identificação das feições de manguezais.



Datum SIRGAS 2000, UTM, 24S  
 Sistema de Coordenadas UTM  
 Fonte das imagens: Autora (2022)  
 Dados Cartográficos: OpenStreetMap  
 Mapa auxiliar: CBERS 4A - DNPE  
 Elaboração: Germana Batista do Nascimento (2022)

Fonte: Autora

## 5 CONCLUSÃO

No estudo ficou evidente que as margens do Riacho possuem áreas de mangue ocorrem pontualmente e de forma irregular, havendo pontos com maiores extensões, juntamente com uma vegetação mais densa e conservada e outras com pouquíssima ou nenhuma presença. Isso aponta que o ecossistema está em processo de desaparecimento, que pode acarretar na extinção parcial ou total do que resta do mangue. A poluição faz-se presente ao longo do ecossistema e acaba ameaçando a qualidade da água do riacho. Vale destacar que o Índice de Vegetação, mostrou que a vegetação é predominante sadia como mostram as fotografias de campo.

Sobre as geotecnologias, elas mostraram-se eficazes no estudo e sua utilização incorporada aos dados vetoriais e visitas de campo propiciaram o desenvolvimento pleno da pesquisa. Elas devem ser utilizadas para o monitoramento da área ao longo do tempo, assim é interessante que haja o monitoramento desse ecossistema, que em alguns pontos tem perdido espaço para casas, como foi evidenciado no trabalho de MEIRELES (2008) e reforçado nos resultados deste.

Vale ressaltar que a geotecnologia deve ser incorporada à gestão e ao planejamento costeiro, portanto os ecossistemas costeiros devem ser monitorados, assim como as áreas mais frágeis como manguezais em sua extensão completa, considerando os apicuns. Outro ponto crucial, é a presença da educação ambiental, que deve ser incorporada a população, carecendo de políticas públicas para seu desenvolvimento, pois o acúmulo de lixo nos manguezais não prejudica somente as espécies que necessitam dele, mas os pescadores que o utiliza. É de extrema importância que haja uma visão holística sobre o ecossistema e que seja incorporada a consciência ambiental, visto que os serviços ecossistêmicos do manguezal são valiosos e em uma zona costeira antropizada, que possuem fortes processos erosivos, sua presença é mais do que importante, é crucial.

Em um cenário ideal, a APP do Riacho deveria ser maior, para que pudesse abranger também as áreas de manguezal que não fazem parte dos 50 metros ao seu redor, servindo não só como APP, mas também como área de amortecimento dos impactos, garantindo também o livre acesso das espécies e extensão da vegetação. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o manguezal tem suas áreas restritas e margeadas pela ocupação urbana, sendo fragmentado em alguns pontos, isso pode prejudicar as espécies que dependem do ecossistema e transitam entre os fragmentos.

O estado de conservação do ecossistema é crítico e carece urgentemente de ações de revitalização, para que possa haver expansão desse e aumentos da prestação de serviços ecossistêmicos, enquanto o ser humano não entender que sem a natureza não há desenvolvimento, ficaremos a perder ecossistemas tão valiosos para a manutenção da vida, como os manguezais.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. **IBGE divulga lista de municípios defrontantes com o mar.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28010-ibge-divulga-lista-de-municipios-defrontantes-com-o-mar>. Acesso em: 12 dez. 2021.

AGROSOLUTIONS. **Sensoriamento remoto na agricultura.** Disponível em: [https://www.agrosolutions.agr.br/blog/assunto/Sensoriamento-remoto-na-agricultura;jsessionid=v1DCer\\_-rhInP867NWV0IA](https://www.agrosolutions.agr.br/blog/assunto/Sensoriamento-remoto-na-agricultura;jsessionid=v1DCer_-rhInP867NWV0IA). Acesso em: 16 jan. 2022.

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMERO, Ademar Ribeiro. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. **IE/UNICAMP**: Campinas, n. 155, p.1-45, 2009.

ANDRADE, Daniel Caixeta. **Modelagem e valoração de serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica.** 2010. 261 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, SP.

ANDRADE, João Ângelo Peixoto de; MATOS, Fábio de Oliveira. Nas trilhas da educação ambiental: por uma relação renovada com ecossistemas manguezal. **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, Fortaleza, v. 7, n. 12, p. 91-103, 2016.

AQUINO, Marisete Dantas de.; MOTA, Suetônio.; PITOMBEIRA, Erasmo da Silva. Impactos ambientais da ocupação desordenada da praia da Caponga - CE. In: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 2., 2003, Recife. **Anais[...]** Recife: [s.n.], 2003. p. 1-4.

BERNARDINO, Ângelo F. *et al.* Monitoramento de ecossistemas bentônicos estuarinos. In: TURRA, Alexander; DENADAI, Márcia Regina (Orgs.). **Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos.** São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, 134-154 p.

BEZERRA, Denilson da Silva. **O Ecossistema Manguezal em Meio Urbano no Contexto de Políticas Públicas de Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Rio Anil, São Luís, Maranhão.** 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde e Ambiente, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidente da República, [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em 02 fev. 2021.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1998, institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 1988.

BRASIL. Decreto nº5.300, de 7 de dezembro de 2004, que regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 dez. 2004.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mai. 2012.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 303, de 20 de mar. de 2002. Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, Brasília-DF, 20 mar. 2002.

CASTRO, Jhon Linyk Silva Castro; FERNANDES, Lucas da Silva; FERREIRA, Kyanna Elizandra de Jesus; TAVARES, Marijara Serique Almeida; ANDRADE, Janael Bruno Leão de Andrade. Mata ciliar: importância e funcionamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8, 2017, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande, 2017, p. 1-7.

DEMATTE, José Alexandre; POPPIEL, Raul; SILVERO, Nélida E.; BELLINASSO, Henrique. (2020). **A Importância das Geotecnologias na Caracterização do Meio Físico com vistas ao aumento da Produtividade**. Piracicaba: NPCT, 2020.

FERNANDES, André; ALVES, Bruno. Dos estuários e das propriedades gerais dos espaços estuarinos. In: CONGRESSO DA GEOGRAFIA PORTUGUESA, 11., 2017, Porto. **Anais [...]**. Porto, 2017. p. 293-296.

GRASKI, Kledson Róber. *et. al.* Estudo da dinâmica da urbanização e seus impactos sobre ambientes costeiros baseado em Sensoriamento Remoto e SIG. Caso do município de Santa Vitória do Palmar, RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: INPE, 2015. p, 4165-4171.

GOMES, Bárbara Alexandra Alexandra Costa. Análise dos impactos ambientais ocorridos pela ocupação irregular no manguezal do estuário do Rio Ceará - Fortaleza, ce. **Ensaios de Geografia**, v. 6, n. 11, p. 11-31, 2020.

GONZÁLEZ, Alba María Guadalupe Orellana. **Modelo de simulação dinâmica para valoração ecológica de serviços ecossistêmicos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 2010. 174 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

INPE. **Câmeras imageadoras CBERS 4A**. Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso 19 jan. 2022.

FRAZÃO, Paloma Leal; FERREIRA, Samara Pinheiro; BOGGIONE, Giovanni Araújo; NAZARENO, Nilton Ricetti Xavier Nazareno. Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica das imagens do satélite CBERS-4. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 8., 2017, Santos. **Anais [...]**. Santos: INPE, 2017. p. 6249-6256.

LEAL, Eloison Bezerra; JUNIOR, Sérgio Lima da Silva; BORGES, Anderson Coelho; LIRA, Odenato Vitor dos Santos. Análise do processo de ocupação em área de mangue no bairro de São Miguel, no município de Maracaná/PA. *In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA*, 1., 2017, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Instituto de Geociências - Unicamp, 2017. p. 6804-6816.

MATIAS; Lidiane; SILVA, Milena Dutra da. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 2, n. 3, p. 312-319, 2017.

MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. **Confins**, [Online], n. 2, 2008.

MESQUITA; João Lara. **A importância do manguezal. Saiba mais sobre os mangues**. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/a-importancia-do-manguezal/>. Acesso em 10 jan. 2022.

MIGOTTO, Álvaro E. **Mangue-vermelho**. Banco de imagens *Cifonauta*. Disponível em: <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/577/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MIGOTTO, Álvaro E. **Mangue-branco**. Banco de imagens *Cifonauta*. Disponível em: <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/568/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MIGOTTO, Álvaro E. **Mangue-preto**. Banco de imagens *Cifonauta*. Disponível em: <http://cifonauta.cebimar.usp.br/media/539/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Limites Municipais e Estaduais**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/component/k2/item/9008>. Acesso em: 15 dez. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A zona costeira e seus múltiplos usos**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/zona-costeira-e-seus-m%C3%BAltiplos-usos.html>. Acesso em: 16 dez. 2021.

NASCIMENTO, Regina Célia Macêdo do. et. al. Qualidade da água de três estuários tropicais expostos a diferentes níveis de urbanização. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 20, n.3, p 169-178, 2020.

ODUM, Eugene. P. (2001). **Fundamentos de Ecologia**. 6.Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

ORNELLAS, Joaquim Lemos. **Percepção ambiental em relação aos serviços ecossistêmicos do manguezal das comunidades tradicionais**. 2019. 83 f. TCC (Graduação em Biologia,) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2019.

PEIXOTO, M. **PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: Aspectos teóricos e proposições legislativas**. Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado, 2011.

PEREIRA; Luís Flávio; GUIMARÃES, Ricardo Morato Fiúza, OLIVEIRA; Raphael Rivadávia Mendes. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, Recife, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2018.

PIX FORCE. **O que é NDVI e qual sua aplicação na agricultura**. Disponível em: <https://pixforce.com.br/o-que-e-ndvi/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

RODRÍGUEZ, José Joaquín; WINDEVOXHEL, Néstor José. **Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana**. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, 1998. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis-regional-de-la-situaci%C3%B3n-de-la-zona-marina-costera-centroamericana.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia, [S. l.]**, v. 16, p. 81-90, 2011. DOI: 10.7154/RDG.2005.0016.0009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 23 jan. 2022.

ROCHA, G.C; DINIZ, M.T.M. Caracterização da orla marítima da praia da Caponga – Litoral Leste do Estado do Ceará: subsídio ao gerenciamento costeiro. **Scientia Plena**. v. 10, n. 1, p 1 – 12, 2014.

SANTOS, Nayara Marques. **Serviços ecossistêmicos em manguezal: identificação e mapeamento dos serviços de provisão no manguezal do rio Tijupá, Ilha do Maranhão - MA, Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., VALE, CC., and CINTRÓN, G. 2015. Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais. In: TURRA, A., and DENADAI, MR. (Orgs). **Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 62-80 p.

SILVA, Margarida Cardoso da. Estuários: Critérios para uma classificação ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p 25-35, 2000.

SOUZA, C.A. et. al. 2018. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica. In: Pinheiro, M.A.A. & Talamoni, A.C.B. (Org.). **Educação Ambiental sobre Manguezais**. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, 16-56 p.

SOUSA, Marina Costa de. **Análise espaço-temporal de ocupação do solo na área de influência da PA-458, zona costeira no município de Bragança - PA.** 2021. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

THIERS, Paulo Roberto Lopes; MEIRELES, Antônio Jeovah Andrade; SANTOS, Jader de Oliveira. **Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades.** E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/19468>. Acesso em: 12 jan. 2022

