



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

ANDERSON NONATO DE FREITAS

VALORAÇÃO AMBIENTAL DO ECOSISTEMA MANGUEZAL NO CEARÁ:
CONTRIBUIÇÕES DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NAS POLÍTICAS
PÚBLICAS

FORTALEZA

2026

ANDERSON NONATO DE FREITAS

VALORAÇÃO AMBIENTAL DO ECOSISTEMA MANGUEZAL NO CEARÁ:
CONTRIBUIÇÕES DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Ciência, Tecnologia e Gestão Costeira e Oceânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kamila Vieira de Mendonça

FORTALEZA

2026

ANDERSON NONATO DE FREITAS

VALORAÇÃO AMBIENTAL DO ECOSISTEMA MANGUEZAL NO CEARÁ:
CONTRIBUIÇÕES DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Marinhas Tropicais. Área de concentração: Ciência, Tecnologia e Gestão Costeira e Oceânica.

Aprovada em: 18/03/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Kamila Vieira de Mendonça (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Juliana Barroso de Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eduardo Lacerda Barros
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dr. Jhones de Lima Vieira
Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF)

Para Irapuan, Neuma e Vanessa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades que me foram concedidas e pelas inúmeras bênçãos em minha vida. Aos meus pais, Irapuan e Iraneuma, meu mais profundo agradecimento por todo o apoio, pelos ensinamentos e por sempre tornarem possível aquilo que, em meio às dificuldades e limitações, parecia distante.

À minha esposa, Vanessa, agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos, pelo incentivo constante e pelo companheirismo ao longo dessa caminhada. A Eliesio e Stela, que também acompanharam essa trajetória, deixo meu carinho e gratidão.

À minha orientadora, Kamila, agradeço pela atenção, pela disponibilidade e pelo acompanhamento ao longo do doutorado. Ao Laboratório de Economia, Direito e Sustentabilidade (LEDS), expressei meu reconhecimento pelo ambiente de aprendizado e troca. Em especial, agradeço ao Prof. Fábio e à Profa. Juliana pelas aulas, orientações e conversas enriquecedoras. Ao Kelven, que me acompanha desde o início do doutorado, agradeço pela parceria e apoio nos momentos desafiadores da pós-graduação. Agradeço também ao Eduardo, pelas conversas e reflexões sobre a tese e aleatoriedades da vida, que contribuíram para o amadurecimento deste trabalho. Obrigado ao Jhones pelas contribuições em python e conversas sobre valoração ambiental.

Aos amigos do crossfit da Turma da Madrugada: Thyago, Paulo Anderson, Ronaldo, Vanessa, Wilton, Max, Karine, Katarina, Katerine, Jordânio, Thiago, Luiz, e aos coaches Miltinho e Isabel, meu agradecimento por tornarem os dias mais leves. A Isadora, Gabi, Mari, Rodrigo e Suzana, pelos momentos compartilhados. A Egberto, Iara, Arthur e Maria Teresa, agradeço pela amizade que tornou as mudanças mais fáceis e os dias mais tranquilos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“A crise ambiental é uma crise da razão, do pensamento, do conhecimento.” (Leff, 2009, p. 18)

RESUMO

Os manguezais desempenham papel relevante na provisão de serviços ecossistêmicos, incluindo proteção da linha de costa, conservação da biodiversidade, regulação de processos ecológicos e suporte a atividades socioeconômicas. Apesar de sua importância, esses ecossistemas têm sido submetidos a processos contínuos de degradação, associados à expansão urbana, à aquicultura, às atividades antrópicas e às mudanças no uso e cobertura do solo. Nesse contexto, a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos configura-se como um instrumento de planejamento capaz de expressar, em termos monetários, os benefícios gerados pelos manguezais, contribuindo para análises comparativas no âmbito da formulação e avaliação de políticas públicas. Este estudo teve como objetivo realizar a valoração ambiental dos serviços ecossistêmicos prestados pelos bosques de mangue do Estado do Ceará e analisar como esses valores se relacionam com as políticas públicas voltadas à conservação e ao uso sustentável desses ambientes. A pesquisa baseou-se na análise da dinâmica espacial dos manguezais ao longo do tempo, utilizando dados de uso e cobertura do solo, e na aplicação do método de transferência de benefícios para a estimativa dos valores econômicos associados aos serviços ecossistêmicos. Além disso, foi realizada uma análise bibliométrica da produção científica sobre valoração ambiental, serviços ecossistêmicos e manguezais. A análise indicou um aumento na área dos bosques de mangue, concomitante à redução das áreas de apicum, evidenciando mudanças na configuração desses ambientes costeiros ao longo das últimas décadas. A análise bibliométrica evidenciou a evolução e a concentração temática das pesquisas sobre serviços ecossistêmicos, indicando o crescimento do interesse científico na temática e sua relação com agendas ambientais globais. Os resultados da valoração ambiental indicaram valores expressivos, especialmente para os serviços de regulação, que atingem a ordem de bilhões de reais, evidenciando a relevância econômica desses ecossistemas e possibilitando a análise da relação entre os valores estimados para os serviços ecossistêmicos dos manguezais e os recursos previstos em instrumentos de planejamento estadual. Dessa forma, o estudo buscou contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre a valoração de ecossistemas costeiros e oferecer subsídios que possam apoiar processos de tomada de decisão no contexto da gestão ambiental e da conservação dos manguezais no Ceará.

Palavras-chave: serviços ecossistêmicos; manguezais; valoração ambiental; políticas públicas.

ABSTRACT

Mangroves play a relevant role in the provision of ecosystem services, including shoreline protection, biodiversity conservation, regulation of ecological processes, and support for socioeconomic activities. Despite their importance, these ecosystems have been subjected to continuous degradation processes associated with urban expansion, aquaculture, anthropogenic activities, and changes in land use and land cover. In this context, the economic valuation of ecosystem services is configured as a planning instrument capable of expressing, in monetary terms, the benefits generated by mangroves, contributing to comparative analyses within the scope of the formulation and evaluation of public policies. This study aimed to carry out the environmental valuation of ecosystem services provided by mangrove forests in the State of Ceará and to analyze how these values relate to public policies aimed at the conservation and sustainable use of these environments. The research was based on the analysis of the spatial dynamics of mangroves over time, using land use and land cover data, and on the application of the benefit transfer method to estimate the economic values associated with ecosystem services. In addition, a bibliometric analysis of the scientific production on environmental valuation, ecosystem services, and mangroves was conducted. The analysis indicated an increase in the area of mangrove forests, concomitant with a reduction in apicum areas, highlighting changes in the configuration of these coastal environments over recent decades. The bibliometric analysis revealed the evolution and thematic concentration of research on ecosystem services, indicating the growth of scientific interest in the topic and its relationship with global environmental agendas. The results of the environmental valuation indicated expressive values, especially for regulating services, reaching the order of billions of reais, highlighting the economic relevance of these ecosystems and enabling the analysis of the relationship between the estimated values for mangrove ecosystem services and the resources allocated in state planning instruments. Thus, the study sought to contribute to the advancement of scientific knowledge on the valuation of coastal ecosystems and to provide support for decision-making processes in the context of environmental management and the conservation of mangroves in Ceará.

Keywords: ecosystem services; mangroves; environmental valuation; public policies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	19
Figura 2 – Rios e manguezais no Estado do Ceará.....	22
Figura 3 – Estado do Ceará e Bacias Hidrográficas.....	23
Figura 4 – Regiões de Planejamento do Ceará.....	28
Figura 5 – Cobertura de linha de costa dos manguezais no mundo.....	31
Figura 6 – Serviços ecossistêmicos e contribuições para o bem-estar.....	35
Figura 7 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos utilizados no estudo.....	46
Figura 8 – Classificação do MapBiomias.....	49
Figura 9 – Integração de classes do MapBiomias.....	50
Figura 10 – Estimativas globais do valor monetário de cada SE por bioma.....	52
Figura 11 – As 50 palavras-chave mais encontradas.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Funções ecossistêmicas.....	33
Quadro 2	– Serviços ecossistêmicos.....	34
Quadro 3	– Métodos de avaliação econômica.....	37
Quadro 4	– Taxonomia Geral do Valor Econômico do Recurso Ambiental.....	37
Quadro 5	– Principais instrumentos legais e programas relacionados aos manguezais no mundo e no Brasil.....	40
Quadro 6	– Transições entre classes Mangue e Apicum nas bacias hidrográficas.....	65
Quadro 7	– Valor monetário dos serviços prestados por áreas úmidas costeiras (em Int.\$/ha/ano – valores de 2007).....	74
Quadro 8	– Valores dos serviços ecossistêmicos atualizados e convertidos para reais....	75
Quadro 9	– Serviços Ecossistêmicos e Categorias.....	76
Quadro 10	– Demonstrativo Consolidado de Valores Financeiros do Eixo 7 do PPA do Ceará.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Produção científica com base na <i>string</i> de pesquisa.....	54
Gráfico 2	– Países de correspondência dos autores.....	56
Gráfico 3	– Mapa temático de densidade e centralidade de temas.....	57
Gráfico 4	– Variação temporal da área de manguezal no Ceará (1985 – 2023).....	60
Gráfico 5	– Variação temporal da área de apicum no Ceará (1985 – 2023).....	61
Gráfico 6	– Evolução das áreas de bosques de mangue nas 6 bacias hidrográficas.....	64
Gráfico 7	– Evolução das áreas de apicum nas 6 bacias hidrográficas.....	65
Gráfico 8	– Principais transições de uso e cobertura das 6 bacias hidrográficas.....	67
Gráfico 9	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Acaraú.....	68
Gráfico 10	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Baixo Jaguaribe.....	69
Gráfico 11	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Coreaú.....	70
Gráfico 12	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Curu.....	71
Gráfico 13	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Litoral.....	72
Gráfico 14	– Principais transições de uso e cobertura da Bacia Metropolitana.....	73
Gráfico 15	– Contribuição percentual de cada categoria de serviço ecossistêmico.....	77
Gráfico 16	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Acaraú.....	78
Gráfico 17	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Baixo Jaguaribe.....	79
Gráfico 18	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Coreaú.....	80
Gráfico 19	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Curu.....	81
Gráfico 20	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Litoral.....	82
Gráfico 21	– Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Metropolitana.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas encontradas para bosques de mangues em estudos.....	59
Tabela 2 – Variação percentual temporal das áreas de mangue e apicum no Ceará dentro e fora de Unidades de Conservação (1985 – 2023).....	62
Tabela 3 – Área das seis bacias hidrográficas selecionadas e participação percentual....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CBD	Convenção sobre Diversidade Biológica
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
GMA	Global Mangrove Alliance
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MCP	Multiple Country Publications
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produtos Internos Global
PPA	Plano Plurianual
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SCP	Single Country Publications
SE	Serviços Ecossistêmicos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UCs	Unidades de Conservação
ZEEC	Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	JUSTIFICATIVA	21
3	OBJETIVOS	27
3.1	Objetivo Geral	27
3.2	Objetivos Específicos	27
4	REVISÃO DE LITERATURA	28
4.1	Caracterização socioeconômica do litoral cearense	28
4.1.1	<i>Região do Litoral Norte</i>	28
4.1.2	<i>Região do Litoral Oeste/Vale do Curu</i>	29
4.1.3	<i>Região da Grande Fortaleza</i>	29
4.1.4	<i>Região do Litoral Leste</i>	30
4.2	Ecossistema Manguezal	30
4.3	Serviços Ecossistêmicos e Valoração Ambiental	32
4.4	Legislação sobre Manguezais	40
5	METODOLOGIA	45
5.1	Abordagem Metodológica	45
5.2	Coleta de Dados	45
5.2.1	<i>Dados do MapBiomias</i>	49
5.2.2	<i>Metodologia de Valoração Ambiental</i>	51
5.2.3	<i>Análise das Políticas Públicas</i>	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6.1	Análise Bibliométrica	54
6.2	Dinâmica Espacial dos Manguezais no Ceará	58
6.3	Ecossistema Manguezal do Ceará e Unidades de Conservação	61
6.4	Bacias Hidrográficas Costeiras do Ceará	63
6.4.1	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum por Bacia Hidrográfica</i>	63
6.4.2	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Acaraú</i>	68
6.4.3	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Baixo Jaguaribe</i>	68
6.4.4	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Coreaú</i>	69
6.4.5	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Curu</i>	70
6.4.6	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Litoral</i>	71

6.4.7	<i>Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Metropolitana</i>	72
6.5	Valoração Ambiental dos Serviços Ecossistêmicos	73
6.5.1	<i>Valor dos Serviços Ecossistêmicos nas Bacias Hidrográficas do Ceará</i>	76
6.5.2	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Acaraú</i>	78
6.5.3	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Baixo Jaguaribe</i>	79
6.5.4	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Coreaú</i>	80
6.5.5	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Curu</i>	81
6.5.6	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Litoral</i>	81
6.5.7	<i>Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Metropolitana</i>	82
6.6	Manguezais e Políticas Públicas no Ceará	83
7	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros desempenham um papel importante na manutenção do equilíbrio ecológico e no suporte às atividades humanas. Contudo, a ocupação desordenada, a exploração intensiva de recursos naturais e as mudanças climáticas colocam esses ambientes sob crescente pressão, ameaçando sua biodiversidade e capacidade de prestar serviços ecossistêmicos essenciais. Diante desse cenário, torna-se cada vez mais urgente promover a conservação e a restauração desses ecossistemas como estratégia vital para o desenvolvimento sustentável e a resiliência ambiental.

A zona costeira concentra uma parcela significativa da população mundial, com estimativas indicando que cerca de 2 bilhões de pessoas vivem a menos de 50 km do litoral, das quais aproximadamente 1 bilhão reside a menos de 10 km da costa (Cosby *et al.*, 2024). Ainda para o autor, além dessa elevada concentração populacional, as áreas costeiras apresentam taxas de crescimento populacional superiores às observadas nas regiões interiores, o que contribui para a intensificação das dinâmicas socioeconômicas e das pressões associadas sobre esses territórios.

A alta concentração populacional nessas áreas gera impactos socioambientais, uma vez que a região litorânea é um ambiente dinâmico e instável, caracterizado pela interação constante entre a atmosfera, a litosfera e a hidrosfera (Tricart, 1977). A ocupação e a exploração desordenadas desses ambientes resultam em degradação ambiental, perda de biodiversidade e aumento da vulnerabilidade das comunidades locais a eventos climáticos extremos.

Os manguezais se destacam entre os ecossistemas costeiros por sua ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais e pela diversidade de serviços ecossistêmicos que prestam em escala global. Estima-se que esses ecossistemas ocorram em mais de 120 países, ocupando a interface entre ambientes terrestres e marinhos (Alongi, 2014; Donato *et al.*, 2011).

Dentro desse contexto, o ecossistema manguezal assume um papel importante, no qual estes são ecossistemas costeiros únicos e que desempenham funções ecológicas essenciais (Monteiro *et al.*, 2006), como a proteção contra a erosão costeira, o sequestro de carbono, a ciclagem de nutrientes e o suporte à biodiversidade marinha. Além disso, funcionam como berçários para diversas espécies de peixes e crustáceos, sustentando cadeias alimentares e atividades econômicas locais, como a pesca e o turismo. No entanto, os manguezais enfrentam ameaças consideráveis devido à urbanização, à poluição, ao desmatamento e às mudanças climáticas.

Além de suas funções ecológicas, os manguezais fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos à população, incluindo proteção costeira, fixação de sedimentos e sequestro de carbono (Zhang *et al.*, 2024). Esses serviços são essenciais para a manutenção do equilíbrio ambiental e para a resiliência das comunidades que dependem desses ecossistemas.

Os manguezais são reconhecidos como um dos principais ecossistemas de "carbono azul", um termo usado para descrever o carbono capturado e armazenado por ecossistemas costeiros e marinhos (Mariano Neto e Silva, 2024). Esses ambientes possuem uma alta capacidade de sequestrar e armazenar carbono, especialmente nos solos ricos em matéria orgânica, que atuam como reservatórios naturais de longo prazo (Beloto, 2024). Além disso, os manguezais desempenham um papel significativo na mitigação das mudanças climáticas, contribuindo diretamente para a regulação dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera.

Em seu estudo intitulado "Um mundo sem manguezais", Duke *et al.* (2007) alertaram para a necessidade urgente de políticas socioambientais e educacionais que promovessem a preservação dos manguezais. Os autores destacaram que esses ecossistemas, que antes cobriam cerca de 200.000 km² das zonas costeiras tropicais e subtropicais, estavam desaparecendo a uma taxa alarmante de 2% ao ano. Pendleton *et al.* (2012) reforçaram essa preocupação, estimando uma perda anual de manguezais entre 0,5% e 3% globalmente. Ambos os estudos apontaram a aquicultura, a agricultura, a construção de barragens e a eutrofização das águas como os principais fatores responsáveis pela degradação desses ecossistemas.

Duke *et al.* (2007) também enfatizaram que a degradação dos manguezais compromete severamente sua capacidade de sequestrar carbono, além de prejudicar cadeias alimentares marinhas e terrestres, resultando em impactos diretos na pesca e na segurança alimentar. Essa deterioração reduz, de forma significativa, a oferta de serviços ecossistêmicos vitais que os manguezais fornecem.

Jia *et al.* (2023) realizaram um mapeamento da distribuição global das florestas de manguezais e constataram que, nos últimos 20 anos, esse ecossistema tornou-se um dos mais protegidos em termos de normas de conservação e gestão, graças a tratados internacionais. No entanto, a eficácia dessas medidas de conservação varia significativamente e é fortemente influenciada por processos de degradação, como desmatamento para aquicultura, falta de incentivos econômicos direcionados à proteção e redução da qualidade do habitat. A Global Mangrove Alliance (GMA, 2024), em seu relatório sobre o estado atual dos manguezais, apontou a aquicultura como principal contribuinte para a redução de manguezais no mundo e que a aquicultura, plantações de dendezeiros e cultivo de arroz representou 43,3% da perda global de manguezais entre 2000 e 2020.

Lacerda *et al.* (2022a) complementaram essas discussões ao destacar que 90% dos manguezais do mundo estão localizados em países em desenvolvimento, nas regiões tropicais e subtropicais, que apresentam taxas de degradação particularmente elevadas. Em outro estudo, os autores enfatizaram a necessidade de abordagens que reduzam lacunas de conhecimento sobre os impactos locais e os processos de degradação dos manguezais, reforçando o papel desses ecossistemas na mitigação das mudanças climáticas (Lacerda *et al.*, 2022b).

Tendo em vista a conservação desses ambientes, as Unidades de Conservação (UCs) podem desempenhar um papel importante para ecossistemas como os manguezais. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000, tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais, a proteção da biodiversidade e a promoção do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2000). As UCs são classificadas em duas categorias principais: Unidades de Uso Sustentável, que permitem a exploração controlada dos recursos naturais, e Unidades de Proteção Integral, destinadas exclusivamente à conservação ambiental.

Em escala global, a relevância desses ambientes também tem sido reconhecida por iniciativas internacionais. Reconhecendo a importância dos oceanos e da zona costeira para o equilíbrio do planeta, a Organização das Nações Unidas (ONU) proclamou o período de 2021 a 2030 como a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável. Esta iniciativa busca promover a cooperação internacional em prol de um oceano limpo, saudável, resiliente, previsível, seguro e sustentável, incentivando ações que garantam a conservação e a restauração dos ecossistemas marinhos e costeiros. Complementarmente, a ONU declarou o período de 2021 a 2030 como a Década da Restauração dos Ecossistemas (ONU, 2024), uma campanha global voltada para a prevenção, a contenção e a reversão da degradação de ecossistemas terrestres e aquáticos. Essa campanha visa restaurar ecossistemas degradados, como manguezais, recifes de coral, florestas e rios, com o objetivo de enfrentar os desafios das mudanças climáticas, garantir segurança alimentar e hídrica e promover o bem-estar humano. A restauração dos ecossistemas, especialmente nas zonas costeiras, é fundamental para a recuperação da biodiversidade, a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais e o fortalecimento da resiliência frente aos impactos ambientais.

Alinhada à visão de um modelo de desenvolvimento sustentável, a ONU lançou, em 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que compõem a Agenda 2030. Os ODS abrangem 17 metas principais que visam equilibrar aspectos sociais, econômicos e ambientais (PNUD, 2021). Em especial, os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 7 (Energia Limpa e Acessível), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), 11 (Cidades e Comunidades

Sustentáveis), 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima), 14 (Vida na Água), 15 (Vida Terrestre) e 17 (Parcerias e Meios de Implementação) estão diretamente relacionados com a promoção de uma zona costeira mais sustentável e resiliente (ONU, 2022).

No contexto dos ODS (Figura 1), os serviços ecossistêmicos são especialmente relevantes em temas como a ação climática, a conservação da vida aquática, a gestão de recursos hídricos e o saneamento, além do consumo e produção responsáveis. Alguns dos ODS, como o 13, o 14 e o 15, alinham-se diretamente com a conservação dos manguezais, uma vez que visam proteger e restaurar ecossistemas naturais fundamentais para a saúde ambiental do planeta (ONU, 2022).

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2022).

No entanto, o alcance dessas metas depende da gestão sustentável dos recursos naturais, especialmente em ecossistemas costeiros, que enfrentam pressões crescentes devido à ocupação desordenada e à exploração intensiva. A utilização não sustentável dos recursos naturais contribui para a degradação e vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros (Acsehrad, 2006). Nesse contexto, o monitoramento do uso e cobertura do solo é uma ferramenta essencial para a gestão ambiental, pois permite compreender as dinâmicas de ocupação e orientar políticas de conservação. Schuldt *et al.* (2019) ressaltaram que a preservação da diversidade é essencial para a manutenção da saúde dos ecossistemas. Dessa forma, o monitoramento do uso e ocupação do solo pode subsidiar ações de preservação e manejo sustentável, contribuindo para a redução dos impactos socioambientais e garantindo a continuidade dos serviços ecossistêmicos.

O Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) classifica os serviços ecossistêmicos em quatro categorias principais: provisão, regulação, culturais e de suporte. Entre os benefícios fornecidos pelos manguezais, destacam-se a provisão de alimentos, a formação do solo e as contribuições para o bem-estar humano (Bratman, 2019). No contexto dos manguezais, esses serviços são essenciais para garantir a segurança alimentar e ambiental, regular o clima e fornecer recursos biológicos de interesse econômico e social, além de oferecer oportunidades de lazer e insumos para produtos farmacêuticos.

Em sua análise sobre o valor dos ecossistemas estuarinos e costeiros, Barbier *et al.* (2011) destacaram que aproximadamente 35% dos manguezais mundiais já foram degradados, comprometendo a oferta de serviços ecossistêmicos como a provisão de alimentos, proteção contra a erosão costeira, sequestro de carbono e oportunidades recreativas e educacionais. Os autores sublinharam a importância da valoração econômica desses serviços para orientar a gestão ambiental e políticas públicas mais eficazes, uma vez que a falta de comercialização direta dos serviços ecossistêmicos faz com que sua valoração seja frequentemente ignorada no planejamento econômico, contribuindo para a degradação contínua desses ecossistemas.

Os fundamentos da valoração têm seus primórdios em 1844, com foco na análise de custo-benefício (Amorim *et al.*, 2025). Andrade *et al.* (2012) apontaram a incorporação da temática ambiental nesse tipo de análise a partir da década de 1960, destacando a relevância dos estudos de Coase (1960) e de Pigou (1920) para a compreensão das externalidades e dos mecanismos de correção econômica. A partir desse contexto, Daily *et al.* (2000) apresentaram a valoração ambiental como uma ferramenta que pode auxiliar os processos de tomada de decisão, ao permitir a consideração, em valor monetário, dos benefícios fornecidos pelos ecossistemas.

Compreender o valor econômico dos serviços ecossistêmicos dos manguezais é uma forma de traduzir sua importância ecológica em termos que favoreçam o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e de programas que busquem alcançar os ODS. Ao atribuir valores monetários aos serviços ecossistêmicos, essa abordagem possibilita que gestores possam comparar cenários de uso do território, avaliar custos associados à degradação ambiental e identificar oportunidades de investimento em conservação.

A valoração ambiental é um instrumento de gestão que pode contribuir nas políticas públicas ao traduzir os benefícios dos serviços ecossistêmicos em métricas ou valores que podem ser compreensíveis para o planejamento, a gestão e a tomada de decisão (Camphora; May, 2006).

2. JUSTIFICATIVA

A incorporação da valoração ambiental na gestão pode auxiliar na priorização de áreas para proteção, na definição de instrumentos econômicos, como pagamentos por serviços ambientais ou programas de compensação, e na integração de critérios ambientais em políticas setoriais, como ordenamento territorial, pesca, infraestrutura e mitigação das mudanças climáticas.

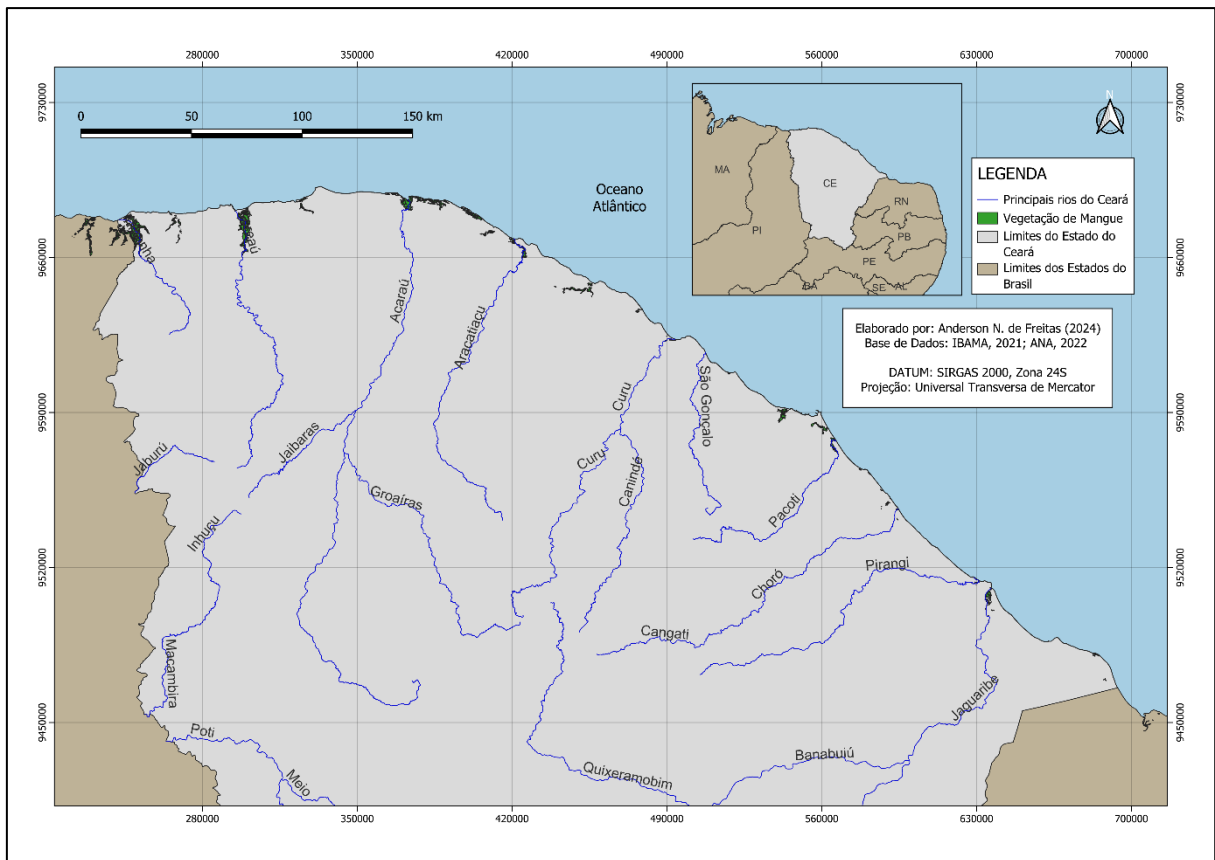
No Brasil, os manguezais distribuem-se ao longo de praticamente todo o litoral, desde o Amapá até Santa Catarina, sendo reconhecidos legalmente como Áreas de Preservação Permanente, conforme a legislação ambiental vigente (Brasil, 2012; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2012).

No Estado do Ceará, a importância dos manguezais também é evidenciada por seu potencial produtivo. Um dos primeiros estudos de levantamento e quantificação dos manguezais cearenses, realizado por Miranda, Martins e Soares (1988), apontou uma área total de 21.848,3 ha de manguezais no Estado. Os autores destacaram, ainda, o papel desse ecossistema na economia local, especialmente na pesca e aquicultura, atividades diretamente ligadas aos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos manguezais.

Os manguezais cearenses se distribuem principalmente ao longo das planícies costeiras, com destaque para as áreas estuarinas dos principais rios, como o Rio Jaguaribe, o Rio Acaraú e o Rio Coreaú. Essas áreas possuem alta biodiversidade e oferecem serviços ecossistêmicos essenciais, como a proteção contra a erosão costeira e a absorção de carbono.

A escolha do Estado do Ceará para análise se deu por conta da sua ampla extensão litorânea, com a ocorrência do ecossistema manguezal em vários estuários de rios (Figura 2). Além disso, o Ceará possui uma grande pressão antrópica na zona costeira, tanto no tocante à expansão imobiliária (Silva, 2022) quanto à expansão da aquicultura (Godoy *et al.*, 2018; Queiroz *et al.*, 2013).

Figura 2 – Rios e manguezais no Estado do Ceará



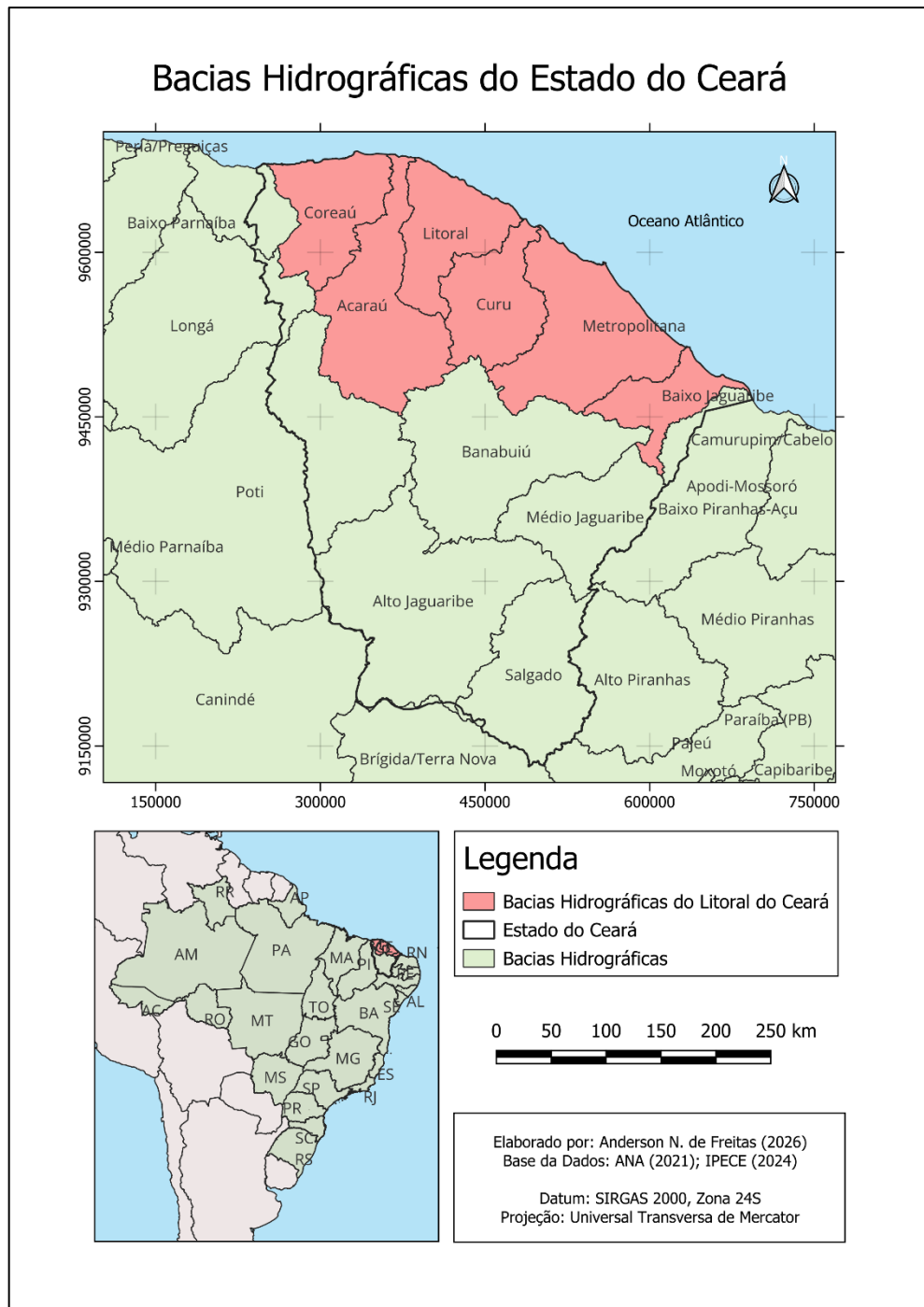
Fonte: elaborado pelo autor.

Desse modo, o estudo dos manguezais no Ceará evidencia esses ecossistemas no contexto semiárido e de crescente urbanização, podendo, assim, contribuir no desenvolvimento de estratégias de gestão, conservação e uso sustentável, tanto na região em questão quanto em outros locais do nordeste brasileiro.

O Estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, possui, de acordo com o Censo de 2022, uma população de 8.794.957 pessoas, densidade demográfica de 59,07 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em 0,734, colocando-o na 12^a posição, se comparado aos 25 Estados brasileiros mais o Distrito Federal (IBGE, 2025).

O Ceará conta com 184 municípios, dos quais 23 são considerados litorâneos, percorrendo 573 km de extensão de linha de costa (SEMA, 2025). Atualmente, o Estado do Ceará apresenta 12 bacias hidrográficas (Figura 3), das quais 6 mantêm relação direta com o litoral, sendo as bacias: Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitana e Baixo Jaguaribe.

Figura 3 – Estado do Ceará e Bacias Hidrográficas



Fonte: elaborado pelo autor.

A utilização das bacias hidrográficas como unidade de delimitação está associada a um recorte espacial que integra processos socioambientais que influenciam a formação, a manutenção e a dinâmica dos manguezais. Por serem áreas naturais de drenagem, as bacias permitem a compreensão da estruturação do ecossistema manguezal e, por terem uma divisão

já consolidada em políticas de gestão ambiental e recursos hídricos, possibilitam uma maior agregação e aplicação dos resultados da pesquisa para instrumentos de planejamento existentes.

Compreender o valor econômico associado aos serviços ecossistêmicos que esses ambientes fornecem para a sociedade e a forma como essas informações podem dialogar com instrumentos de gestão pública permite gerar valores que podem ser utilizados em processos de planejamento territorial, monitoramento costeiro e análise de políticas ambientais.

Além disso, ao relacionar os resultados da valoração ambiental com programas e diretrizes governamentais, o estudo pode contribuir para identificar oportunidades de aprimoramento institucional e subsidiar estratégias de conservação e uso sustentável. Dessa forma, a pesquisa se insere no esforço de produzir informações aplicáveis tanto no campo acadêmico quanto à gestão pública, considerando os desafios atuais relacionados às mudanças climáticas, à conservação dos ecossistemas costeiros e ao ordenamento territorial do estado.

A presente tese parte da hipótese de que as políticas públicas do Estado do Ceará não refletem proporcionalmente o valor ecológico, social e econômico dos serviços ecossistêmicos providos pelos manguezais, resultando em um nível de proteção e investimento inferior ao necessário para a manutenção desses ecossistemas.

A crescente degradação dos ecossistemas e a necessidade de estratégias eficazes para sua conservação destacam a importância de compreender e valorizar os serviços ecossistêmicos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo principal valorar os serviços ecossistêmicos fornecidos pelos manguezais no Estado do Ceará. A valoração econômica desses serviços é uma ferramenta para evidenciar sua relevância ambiental, social e econômica, traduzindo seus benefícios em termos monetários que possam ser compreendidos e incorporados em processos de tomada de decisão.

Os resultados visam fornecer subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes, que considerem a importância dos serviços ecossistêmicos na mitigação das mudanças climáticas, na conservação da biodiversidade e no suporte às comunidades locais. A integração desses valores econômicos em estratégias de planejamento e gestão ambiental é fundamental para promover o uso sustentável dos recursos naturais e garantir a preservação dos manguezais como parte essencial de um desenvolvimento socioeconômico sustentável.

Dada a relevância desses serviços, valorizar e compreender o potencial dos manguezais contribui para a orientação do planejamento, especialmente diante das crescentes pressões sobre esses ecossistemas. Uma compreensão integrada do ambiente é necessária para promover a sustentabilidade, reconhecendo que cada ação humana gera modificações no meio

ambiente e que este, por sua vez, condiciona fatores que moldam a paisagem e os serviços prestados pelos ecossistemas.

Nesse sentido, uma questão orientou este estudo: qual o valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo ecossistema manguezal no Estado do Ceará?

Assim, a tese foi estruturada de forma a abordar, de maneira integrada, os temas centrais relacionados aos manguezais, serviços ecossistêmicos e seus valores econômicos, com destaque para as implicações na formulação de políticas públicas e na conservação ambiental.

A Introdução, apresentada no capítulo anterior, aborda os principais aspectos relacionados ao tema, contextualizando os manguezais no cenário das mudanças climáticas e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), além de situar a relevância dos serviços ecossistêmicos no debate ambiental contemporâneo.

O capítulo Justificativa aprofundou a delimitação do estudo, contemplando a caracterização e localização da área analisada, bem como a fundamentação da relevância científica e aplicada da pesquisa. Nesse capítulo, também foram explicitadas a hipótese e a pergunta de partida que orientaram o desenvolvimento do trabalho.

Na sequência, são apresentados os Objetivos Gerais e Específicos, que delineiam os principais questionamentos e metas da pesquisa. Essa seção estabelece as diretrizes que orientam todas as análises e discussões desenvolvidas ao longo do trabalho.

Para fundamentar a pesquisa, a Revisão de Literatura relata os aspectos socioeconômicos da área em estudo e examina os principais conceitos e estudos relacionados ao ecossistema manguezal, serviços ecossistêmicos, valoração ambiental e políticas públicas. Essa seção fornece as bases teóricas e metodológicas necessárias para a compreensão dos temas e para o desenvolvimento das análises.

O capítulo de Metodologia descreveu os procedimentos utilizados na pesquisa, integrando diferentes abordagens para alcançar os objetivos propostos. Nessa etapa, foram apresentados os métodos de coleta e análise de dados, incluindo a análise bibliométrica, a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos e a escolha para análise de políticas públicas.

Em Resultados e Discussões, foram sintetizados os principais achados da pesquisa, com foco na caracterização dos manguezais do Ceará, na valoração econômica dos serviços ecossistêmicos e na análise das políticas públicas relacionadas a esses ecossistemas. Além disso, foram apresentadas reflexões sobre as perspectivas dos resultados da valoração ambiental dos serviços ecossistêmicos dos manguezais, conectando-os com as discussões teóricas e as práticas de gestão ambiental.

Em Conclusão, está o desfecho do estudo e suas implicações, destacando contribuições para o campo da ciência. Também foram apontadas limitações da pesquisa e apresentadas sugestões para estudos futuros, com o objetivo de aprofundar a compreensão e a gestão sustentável dos manguezais

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Valorar os serviços ecossistêmicos dos manguezais no Ceará e fornecer subsídios para a conservação desses ecossistemas e o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

3.2 Objetivos Específicos

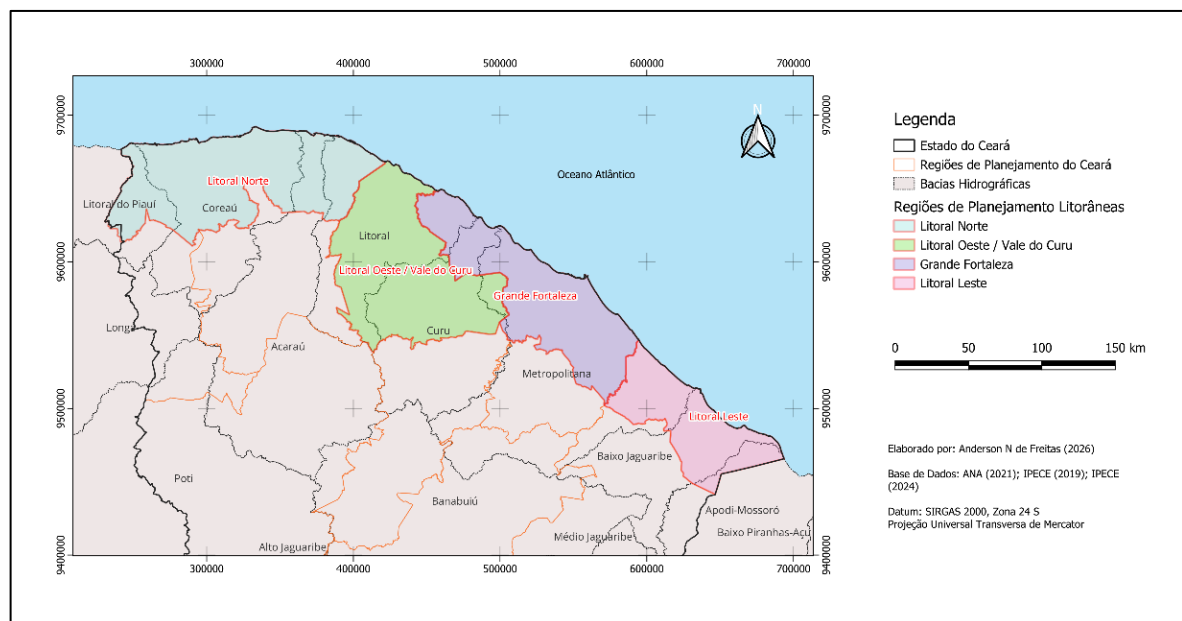
- Investigar experiências e o cenário atual da valoração ambiental de serviços ecossistêmicos.
- Identificar a área atual de manguezais no Estado do Ceará e analisar as mudanças de uso e ocupação da zona costeira nas últimas décadas.
- Comparar o nível de conservação dos manguezais localizados dentro e fora de Unidades de Conservação (UCs), investigando se a delimitação influencia na integridade e preservação desses ecossistemas.
- Estimar o valor econômico dos serviços ecossistêmicos identificados no ecossistema manguezal no Ceará, discriminados por bacia hidrográfica.
- Discutir a relação entre o valor dos serviços ecossistêmicos do ecossistema manguezal e os valores alocados para a conservação do meio ambiente pelo Governo do Estado do Ceará.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Caracterização socioeconômica do litoral cearense

A caracterização socioeconômica das regiões costeiras do Estado do Ceará possibilita a compreensão das dinâmicas demográficas, produtivas e territoriais que influenciam o uso do espaço e a interação entre as atividades humanas e os ambientes naturais ao longo do litoral. Com o objetivo de captar as especificidades de cada bacia hidrográfica analisada, adotou-se, para esta caracterização, a divisão regional proposta pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) (Figura 4). Nessa divisão, o estado é organizado em regiões de planejamento, sendo escolhidas, para análise, as que ficam na zona costeira: Litoral Norte, Litoral Oeste/Vale do Curu, Grande Fortaleza e Litoral Leste.

Figura 4 – Regiões de Planejamento do Ceará



Fonte: elaborado pelo autor.

4.1.1 Litoral Norte

De acordo com o Perfil Regional do IPECE (2024), a região do Litoral Norte do Ceará é composta por 13 municípios e apresenta uma dinâmica populacional associada à concentração urbana em cidades litorâneas e estuarinas. A região abrange a zona costeira das bacias do Coreaú, Acaraú e parte da bacia do Litoral, reunindo uma população superior a 400

mil habitantes. O crescimento demográfico é mais acentuado nos municípios costeiros, onde se observam maiores densidades populacionais. A distribuição da população corrobora contrastes entre áreas urbanas mais adensadas e municípios com maior participação da população rural, refletindo diferentes padrões de ocupação do território e de acesso à infraestrutura básica.

Do ponto de vista econômico, a estrutura produtiva do Litoral Norte caracteriza-se pela predominância do setor de serviços, seguido pela indústria e pela agropecuária. Atividades relacionadas ao turismo, ao comércio, à pesca e à economia do mar compõem parte relevante do Produto Interno Bruto (PIB) regional, ainda que se observem variações entre os municípios.

4.1.2 Litoral Oeste/Vale do Curu

A região do Litoral Oeste/Vale do Curu apresenta uma configuração territorial que combina municípios litorâneos, abrigando parte da bacia do Litoral, e áreas interioranas associadas à montante da bacia hidrográfica do rio Curu. A população regional encontra-se distribuída de forma relativamente dispersa, com a presença de centros urbanos de médio porte e municípios com maior participação da população rural. A dinâmica demográfica reflete, simultaneamente, urbanização vinculada à faixa litorânea e a permanência de atividades tradicionais no interior, relacionadas ao uso do solo e aos recursos hídricos da bacia do Curu (IPECE, 2024).

No aspecto econômico, a região apresenta uma base produtiva com participação do setor de serviços, da agropecuária e da indústria. Destacam-se atividades associadas à agricultura irrigada, à aquicultura, à pesca e aos serviços.

4.1.3 Grande Fortaleza

A Região da Grande Fortaleza concentra a maior parcela da população do Estado do Ceará, apresentando elevado grau de urbanização e alta densidade demográfica. A região abrange a porção costeira das bacias do Litoral, do Curu e grande parte da bacia Metropolitana, caracterizando-se por intensa ocupação do território, infraestrutura urbana consolidada e forte integração entre os municípios que compõem a região metropolitana. A dinâmica populacional é marcada pela concentração de habitantes na capital e em municípios limítrofes, com processos contínuos de expansão urbana (IPECE, 2024).

Sob a perspectiva econômica, a Grande Fortaleza configura-se como o principal polo produtivo do estado, concentrando a maior participação no Produto Interno Bruto (PIB)

cearense. O setor de serviços apresenta peso predominante, seguido pela indústria e pelo comércio, com destaque para atividades industriais, logísticas, portuárias e de serviços especializados.

4.1.4 Litoral Leste

A região do Litoral Leste do Ceará é composta por municípios costeiros e áreas adjacentes, com população distribuída entre núcleos urbanos de pequeno e médio porte, englobando parte da bacia Metropolitana e do Baixo Jaguaribe. A ocupação do território apresenta relação direta com os sistemas estuarinos, principalmente ligados ao Rio Jaguaribe, às atividades costeiras e ao uso dos recursos naturais associados ao litoral, com influência de atividades econômicas ligadas à faixa costeira (IPECE, 2024).

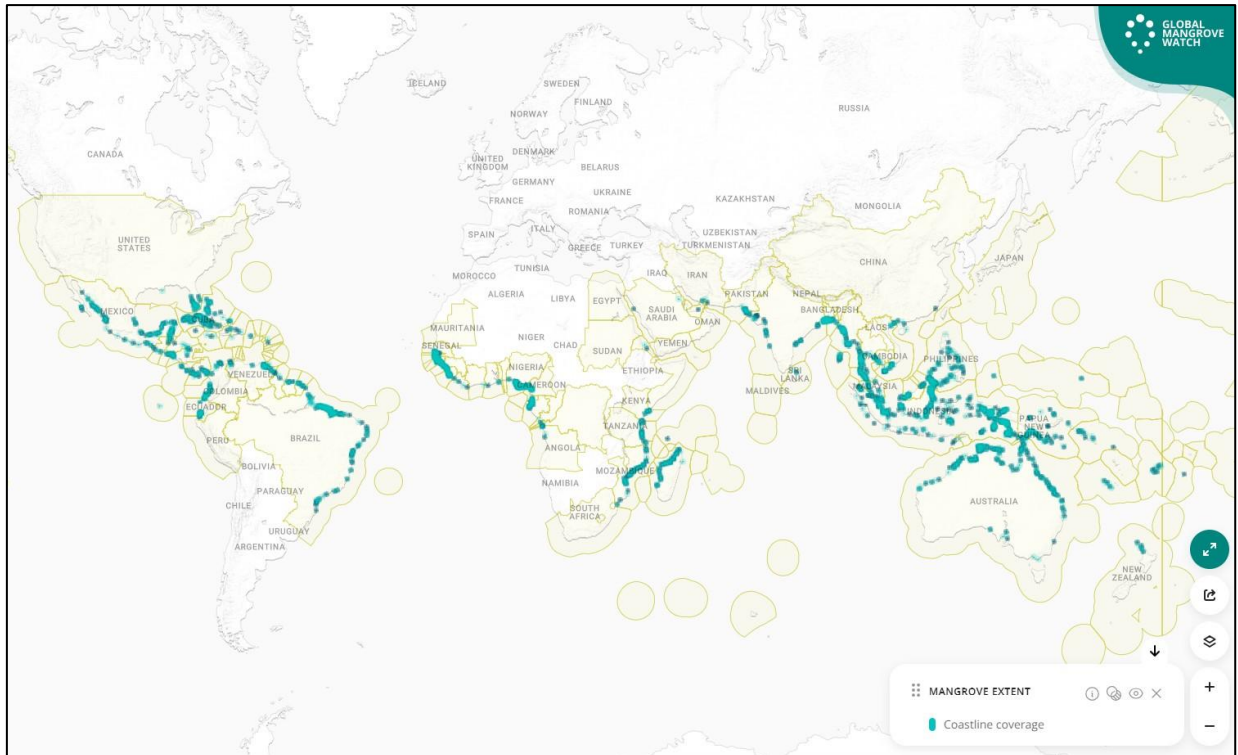
Em termos econômicos, o Litoral Leste apresenta uma estrutura produtiva baseada principalmente no setor de serviços, com participação da agropecuária, da pesca, da aquicultura e de atividades industriais em menor escala. O turismo costeiro e as atividades relacionadas ao uso do litoral contribuem para a economia regional, com o PIB per capita e a capacidade fiscal variando ao longo da região, refletindo distintos níveis de dinamismo econômico e inserção produtiva no contexto estadual.

4.2 Ecossistema Manguezal

A Global Mangrove Alliance (GMA) é uma iniciativa internacional que reúne organizações não governamentais, instituições de pesquisa, governos e organismos multilaterais com o objetivo de promover a conservação e a restauração dos manguezais em escala global. A GMA, por meio de dados da plataforma Global Mangrove Watch (GMW), indicou que, em 2020, o mundo possuía aproximadamente 147.358,99 km² de manguezais (Figura 5), o que representa cerca de 15% de toda a cobertura da linha costeira global. Essa extensão corresponde a 2.139.308,93 km de linha de costa (GMW, 2024).

Apesar da ampla distribuição dos manguezais ao redor do mundo, sua extensão e conservação variam entre as regiões, sendo influenciadas por fatores climáticos, geomorfológicos e antrópicos. No Brasil, esses ecossistemas estão presentes ao longo de grande parte da costa, desempenhando vários serviços ecossistêmicos.

Figura 5 – Cobertura de linha de costa dos manguezais no mundo



Fonte: GMW (2024).

O ecossistema manguezal é classificado como Área de Preservação Permanente (APP) em toda a sua extensão, conforme estabelecido pelo Código Florestal (Brasil, 2012). Trata-se de um ambiente situado na interface entre as marés, influenciado por processos fluviomarinhos. Além disso, os manguezais fazem parte do Bioma Mata Atlântica (Brasil, 2006).

Em outra definição, Schaeffer-Novelli *et al.* (2012) caracteriza o manguezal como um ecossistema composto por depósitos sedimentares diversos, estendendo-se até o limite superior das preamares equinociais, e pode ser subdividido em três feições principais: lavado, mangue e apicum.

- Lavado: Área em contato direto com estuários ou águas costeiras, exposta durante as baixas-marés.
- Bosque de Mangue: Região caracterizada pela vegetação típica de mangue, essencial para a estrutura e funcionalidade do ecossistema.
- Apicum ou Salgado: Área mais interna e hipersalina, atuando como uma planície que armazena nutrientes e sustenta a síntese de matéria orgânica, tanto vegetal quanto animal (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2018).

Embora sejam áreas protegidas por lei, há regiões adjacentes ao ecossistema que são essenciais para sua conservação, mas que não são categorizadas como APPs.

De acordo com Thiers (2016), os manguezais se destacam pela alta produção de matéria orgânica, funcionando como uma importante fonte de alimento para diversos organismos. Além disso, são reconhecidos como ecossistemas altamente produtivos que desempenham papel de berçários naturais, oferecendo condições favoráveis para o desenvolvimento de várias espécies.

Schaeffer-Novelli *et al.* (2012) relatam que os manguezais estão presentes em 17 estados brasileiros, ao longo de uma costa de 8.698 km que margeia o Oceano Atlântico. A autora destaca algumas funções ecológicas relevantes dos manguezais, como a estabilização de sedimentos e poluentes por meio das raízes do mangue, a atenuação dos impactos de tempestades e seu papel vital no ciclo do carbono.

Ainda segundo Schaeffer-Novelli *et al.* (2012), existem feições associadas aos manguezais, como os apicuns ou salgados, que não são reconhecidas como ambientes protegidos pela legislação atual. Embora o Código Florestal (Brasil, 2012) reconheça os manguezais como Áreas de Preservação Permanente (APP), os apicuns podem ser passíveis de ocupação, desde que respeitados limites legais, não podendo a área total ocupada em cada estado ultrapassar 10% dessa fitofisionomia no bioma amazônico e 35% no restante do país.

Essa lacuna na legislação reflete uma deficiência na delimitação do ecossistema manguezal. A falta de critérios claros para a inclusão de áreas adjacentes, como os apicuns, evidencia a necessidade de uma abordagem mais abrangente e específica na conservação dessas regiões, alinhada à conceituação ecológica proposta por estudiosos como Schaeffer-Novelli.

4.3 Serviços Ecossistêmicos e Valoração Ambiental

As primeiras referências aos Serviços Ecossistêmicos (SE) surgiram no final da década de 1960 e início da década seguinte, com ressurgimento do tema nos anos 1990 (De Groot *et al.*, 2002). Costanza *et al.* (1997) definem SE como fluxos de materiais, energia e informações provenientes do capital natural, que, em conjunto com o capital humano, social e manufaturado, proporcionam benefícios e bem-estar às populações humanas, direta ou indiretamente, por meio das funções dos ecossistemas. Essas funções, propriedades inerentes ao funcionamento dos ecossistemas, são essenciais para o fornecimento desses benefícios. Além disso, os autores destacam a interdependência dos processos naturais e a dificuldade,

tanto em termos de viabilidade quanto de custo, de replicar artificialmente esses benefícios proporcionados pelos SE.

De Groot *et al.* (2002) descrevem as funções ecossistêmicas como um subconjunto de processos ecológicos e estruturas que resultam das interações entre componentes bióticos e abióticos do sistema. Os autores identificaram quatro categorias principais de funções do ecossistema: regulação, habitat, produção e informação (Quadro 1).

Quadro 1 – Funções ecossistêmicas

Regulação (manutenção de processos ecológicos essenciais e sistemas de suporte a vida)	Regulação de gases
	Regulação de clima
	Prevenção a distúrbios
	Regulação de água
	Suprimento de água
	Retenção de solo
	Formação de solos
	Regulação de nutrientes
	Regulação de resíduos
	Polinização
	Controle Biológico
Habitat (provisão de habitat para espécies selvagens)	Refúgio
	Berçário
Produção (provisão de recursos naturais)	Produção de alimentos
	Provisão de matérias-primas
	Recursos genéticos
	Recursos medicinais
	Recursos ornamentais
Informação (provisão de oportunidades de desenvolvimento cognitivo)	Estética
	Recreação
	Informação artística e cultural
	Informação histórica e espiritual
	Educação e ciência

Fonte: Adaptado de De Groot *et al.* (2002).

Os SE são derivados dessas funções, conforme descrito no conceito previamente explicitado. Existem diferentes classificações para os SE, sendo as mais utilizadas aquelas propostas pela Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (MA, 2003) e pela Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (Quadro 2).

Quadro 2 – Serviços ecossistêmicos

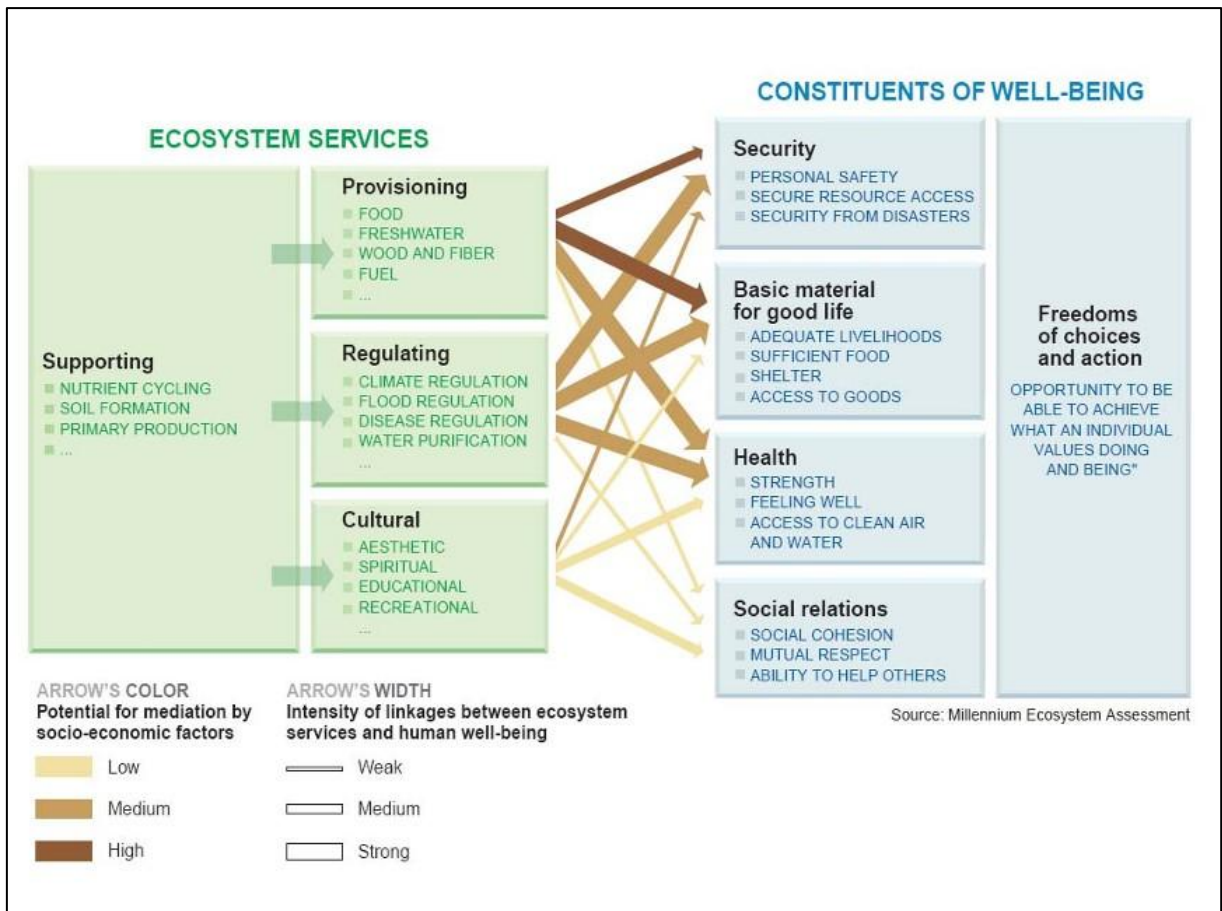
Metodologia	Grupos
Millennium Ecosystem Assessment (MEA)	Provisão
	Regulação
	Culturais
	Suporte
Common International Classification of Ecosystem Services CICES	Provisão
	Regulação e Manutenção
	Cultural

Fonte: elaborado pelo autor.

Andrade e Romeiro (2009) destacam a degradação dos ecossistemas e suas possíveis implicações para os fluxos de SE, ressaltando a relação intrínseca entre os SE e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), propostos pela ONU em 2005. Atualmente, os SE também são relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), dado que os bens e serviços ecossistêmicos, que promovem o bem-estar humano e a regulação ambiental global, estão direta ou indiretamente ligados às metas dos ODS.

As interações entre os serviços ecossistêmicos e o bem-estar humano são complexas e variam conforme os ecossistemas e regiões. A MEA aborda o conceito de potencial de mediação, ou seja, a capacidade de fatores socioeconômicos compensarem a perda de SE. Em alguns casos, tecnologias ou intervenções humanas podem substituir determinados serviços (como alimentos produzidos industrialmente em substituição à agricultura natural). No entanto, para outros serviços, especialmente aqueles relacionados à regulação ambiental, o potencial de mediação é baixo, o que indica que a degradação desses serviços pode resultar em impactos diretos e muitas vezes irreversíveis no bem-estar humano (Figura 6).

Figura 6 – Serviços ecossistêmicos e contribuições para o bem-estar



Fonte: MEA (2003).

Dessa forma, a preservação dos serviços ecossistêmicos é essencial para garantir a segurança, a saúde e o bem-estar da sociedade. A degradação desses serviços, principalmente em ecossistemas frágeis como os manguezais, compromete a capacidade de fornecimento de benefícios vitais, destacando a importância de políticas e práticas sustentáveis que integrem a conservação ambiental ao desenvolvimento socioeconômico.

A crescente degradação dos ecossistemas e a exploração de forma indiscriminada dos recursos ambientais têm levado à necessidade de ações voltadas para a conservação e a restauração ambiental. Reconhecendo essa prioridade global, a ONU declarou a Década das Nações Unidas para a Restauração dos Ecossistemas, com o objetivo de mobilizar esforços internacionais para reverter os danos causados aos ecossistemas, promovendo benefícios ecológicos, sociais e econômicos. Nesse contexto, a valoração ambiental, que consiste na atribuição de valor econômico dos bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas, busca quantificar, em termos monetários, os SE fornecidos pelos recursos naturais, como regulação do clima, purificação da água e valores estéticos e recreativos da natureza.

Motta (1997) aponta que a valoração monetária de um recurso ambiental pode ser considerada como um instrumento de suporte no planejamento de políticas públicas e na determinação de ações e procedimentos dentro da gestão ambiental. Por meio da valoração ambiental, pode-se inferir quais são as prioridades, necessidades, custos e benefícios de determinadas ações no ambiente.

Costanza *et al.* (1997) realizaram a valoração ambiental de 17 serviços ecossistêmicos de todo o planeta, chegando ao valor de US\$ 33 trilhões por ano e enfatizam que a soma dos Produtos Internos Globais (PIB) seria de cerca de US\$ 18 trilhões por ano em 1994. Esse resultado demonstra a contribuição dos ecossistemas para a economia em escala global, mesmo considerando que muitos dos serviços ecossistêmicos não possuem preços explicitamente definidos no mercado. Além disso, reforça a relevância da manutenção e do manejo adequado desses serviços, uma vez que sua substituição por soluções artificiais pode demandar investimentos elevados e, em muitos casos, revelar-se técnica ou economicamente inviável.

Andrade e Romeiro (2009) chamam atenção para o cuidado ao valorar economicamente os SE e para não ser reducionista na análise, desconsiderando fontes de valores que não seriam contabilizadas, entretanto, reconhecem no trabalho de valoração de Costanza *et al.* (1997) a importância do valor dos serviços prestados pelos ecossistemas.

De Groot, Wilson e Boumans (2002) sistematizaram a atribuição de valores aos ecossistemas ao propor uma abordagem baseada em três dimensões complementares: ecológica, sociocultural e econômica. Essa estrutura contribui para ampliar a compreensão dos benefícios fornecidos pelos ecossistemas e oferece subsídios para processos de tomada de decisão no âmbito da formulação de políticas públicas e do gerenciamento de recursos naturais. O ecológico está relacionado à integridade das funções e processos do ecossistema; o sociocultural está associado às percepções de saúde mental, educação e valores espirituais, enquanto o valor econômico pode dividir-se em quatro: avaliação direta, avaliação indireta, avaliação contingente e avaliação de grupo (Quadro 3)

Quadro 3 – Métodos de avaliação econômica

Avaliação direta do mercado	Avaliação indireta do mercado	Avaliação contingente	Avaliação de grupo
Metodologias que utilizam o valor de troca que os bens e serviços têm no mercado	Metodologias que estabelecem um valor para quando não existe mercado direto explícito para determinados bens e serviços	Valor atribuído por meio de cenários hipotéticos por meio de um questionário de pesquisa	União de várias metodologias objetivando uma visão holística sobre os valores determinados com objetivo de maior representação de possíveis valores para bens e serviços ecossistêmicos

Fonte: Adaptado de Motta (1997).

Motta (1997) trouxe outra proposta de classificação com o conceito de Valor Econômico do Recurso Ambiental, dividido em valor de uso e valor de não-uso (Quadro 4). Além disso, ele destaca a importância da determinação entre os conflitos de uso, uma vez que, quando se utiliza um determinado tipo de valoração econômica para um recurso ambiental, pode-se acabar por excluir seu uso para outro determinado fim.

Quadro 4 – Taxonomia Geral do Valor Econômico do Recurso Ambiental

Valor Econômico do Recurso Ambiental			
Valor de Uso			Valor de Não-Uso
Valor de Uso Direto	Valor de Uso Indireto	Valor de Opção	Valor de Existência
Bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje	Bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje	Bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro	Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruísticas

Fonte: Adaptado de Motta (1997).

Motta (1997) traz que cada metodologia utilizada para valoração ambiental vai abordar determinado valor de uso ou de não-uso, indo de encontro à ideia da existência de

conflitos de uso da terra e ao fato de que a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos sempre será inferior ao valor real, devido à insuficiência das metodologias de captar todos os usos e serviços de um ecossistema.

No artigo já citado anteriormente, de título "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital", Costanza *et al.* (1997) propuseram uma metodologia para a valoração dos serviços ecossistêmicos em escala global. Essa metodologia visava quantificar o valor econômico dos benefícios fornecidos pelos ecossistemas naturais, sublinhando a importância dessas contribuições para o bem-estar humano e a economia global. Foram definidas 17 categorias de SE, na qual a abordagem central de Costanza foi a de atribuir um valor monetário a cada serviço ecossistêmico identificado. Para isso, eles utilizaram uma combinação de metodologias de valoração, que incluíram:

- Método de Substituição de Custos: Estimaram o custo que seria necessário para substituir ou replicar artificialmente os serviços fornecidos naturalmente pelos ecossistemas. Por exemplo, calcularam quanto custaria construir infraestruturas para substituir o controle de enchentes ou a purificação da água fornecida naturalmente pelos pântanos.
- Método de Disposição a Pagar: Avaliaram quanto as pessoas estariam dispostas a pagar para preservar os serviços ecossistêmicos, o que reflete o valor que esses serviços têm para a sociedade.
- Estimativas de Mercado: Para serviços que têm valor de mercado direto (como alimentos ou matérias-primas), usaram preços de mercado para determinar seu valor.

Após estimar o valor de cada serviço ecossistêmico em diferentes biomas, foi calculado o valor total dos serviços ecossistêmicos fornecidos globalmente. Foram agregados os valores de todos os serviços e biomas, fornecendo uma estimativa do valor total do "capital natural" do planeta.

Como limitação da metodologia, os autores observaram que as estimativas eram conservadoras e que a valoração econômica não conseguia capturar completamente a complexidade e a importância dos serviços ecossistêmicos. Além disso, ressaltaram que a abordagem estava sujeita a incertezas, devido à falta de dados em algumas áreas e às dificuldades inerentes de atribuir valores monetários a serviços não mercadológicos. Apesar dessas limitações, o estudo destacou a importância de considerar o valor dos serviços ecossistêmicos nas decisões econômicas e políticas. O resultado da pesquisa influenciou a formulação de políticas públicas voltadas para a conservação do meio ambiente e ajudou a

estabelecer a base para futuras pesquisas e projetos, como a *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB).

A TEEB é uma iniciativa global lançada em 2007 com o objetivo de evidenciar a importância econômica da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Os estudos buscam demonstrar como a natureza, muitas vezes subvalorizada nas decisões econômicas, possui um valor significativo que deve ser reconhecido e integrado em políticas públicas, estratégias empresariais e práticas de desenvolvimento.

A abordagem da TEEB está centrada em três pilares principais: reconhecer, demonstrar e capturar o valor da biodiversidade. Isso envolve a análise dos benefícios que os ecossistemas fornecem, a demonstração de como a degradação ambiental impacta a economia e a sociedade e a implementação de mecanismos que incorporem esses valores nas decisões econômicas e políticas. Desde seu lançamento, a TEEB tem influenciado diversos relatórios e políticas ao redor do mundo, destacando a necessidade de uma economia que respeite e proteja o meio ambiente (TEEB, 2024).

No que se refere às limitações da valoração ambiental, Kallis, Baggethun e Zografos (2013) destacam a existência de restrições conceituais e metodológicas que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Eles trazem que a valoração ambiental dos serviços ecossistêmicos não contempla plenamente dimensões ecológicas complexas e, além disso, muitos métodos de valoração dependem de preferências humanas declaradas ou reveladas, as quais podem variar conforme o contexto socioeconômico, cultural e temporal, introduzindo incertezas às estimativas. O uso da valoração também enfrenta restrições relacionadas à disponibilidade de dados, à transferência de valores entre diferentes regiões e à dificuldade de incorporar serviços intangíveis ou de caráter público, como valores culturais, identitários e de existência.

Sobre a metodologia aplicada neste estudo, a transferência de benefícios apresenta limitações associadas principalmente à dependência de estudos previamente realizados em contextos distintos daqueles analisados. As estimativas de valor econômico transferidas podem refletir diferenças institucionais, socioeconômicas, ecológicas e culturais entre as áreas de origem e de aplicação, o que pode afetar a comparabilidade dos resultados (Brouwer, 2000; Navrud & Ready, 2007). Além disso, variações na escala espacial, no período de referência, nas metodologias de valoração empregadas e nas definições dos serviços ecossistêmicos considerados nos estudos originais podem introduzir incertezas nas estimativas finais (Plummer, 2009). O método também tende a simplificar a heterogeneidade dos ecossistemas ao aplicar valores médios a áreas extensas, o que pode não capturar variações locais na provisão

de serviços ecossistêmicos (Johnston *et al.*, 2015). Dessa forma, os resultados obtidos por meio da transferência de benefícios devem ser interpretados considerando essas restrições metodológicas e compreendidos como estimativas aproximadas, úteis para análises comparativas e apoio ao planejamento e à formulação de políticas públicas, mas não como valores absolutos dos serviços ecossistêmicos.

4.4 Legislação sobre Manguezais

A proteção dos manguezais está ancorada em um conjunto articulado de instrumentos legais, acordos internacionais e programas de políticas públicas que operam em diferentes escalas institucionais (Quadro 5). Esses dispositivos refletem o reconhecimento progressivo dos manguezais como ecossistemas estratégicos, não apenas sob a ótica da conservação da biodiversidade, mas também em razão de suas funções regulatórias, de suporte ecológico e de interface entre sistemas terrestres, estuarinos e marinhos.

Quadro 5 – Principais instrumentos legais e programas relacionados aos manguezais no mundo e no Brasil

Escala	Instrumento / Programa	Principais aspectos relacionados aos manguezais
Internacional	Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Convenção de Ramsar)	Reconhece manguezais como zonas úmidas de importância internacional, com foco na conservação e uso racional
Internacional	Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)	Estabelece diretrizes para conservação da biodiversidade, incluindo ecossistemas costeiros e marinhos
Internacional	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	Manguezais relacionados aos ODS 13, 14 e 15, associados a clima, vida marinha e ecossistemas terrestres
Brasil	Constituição Federal de 1988	Reconhece o meio ambiente como bem de uso comum do povo e impõe dever de proteção
Brasil	Lei nº 12.651/2012 (Código Florestal)	Classifica manguezais como Áreas de Preservação Permanente (APP)

Brasil	Lei nº 9.985/2000 - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)	Permite a proteção de manguezais por meio de Unidades de Conservação
Brasil	Política Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/1988)	Estabelece diretrizes para o ordenamento e uso sustentável da zona costeira
Brasil	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)	Orienta ações integradas na zona costeira, incluindo áreas de mangue

Fonte: elaborado pelo autor.

No âmbito internacional, os manguezais são enquadrados principalmente como zonas úmidas costeiras, sendo incorporados a tratados multilaterais de caráter amplo. A Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, conhecida como Convenção de Ramsar e incorporada ao arcabouço legal brasileiro por meio do Decreto nº 1.905/1996 (Brasil, 1996), estabelece um marco conceitual relevante ao reconhecer zonas úmidas como áreas prioritárias para conservação e uso racional, incluindo manguezais entre seus ecossistemas de interesse. De forma complementar, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), ratificada pelo Decreto Federal nº 2.519, de 16 de março de 1998 (Brasil, 1998) e oriunda da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) de 1992, também conhecida como ECO-92, insere as áreas protegidas, entre elas os manguezais, no debate sobre conservação da biodiversidade, uso sustentável e repartição de benefícios, ainda que sem tratar de forma específica suas dinâmicas ecológicas particulares. Esses instrumentos não operam como políticas executivas diretas, mas funcionam como referenciais normativos que orientam legislações nacionais e programas governamentais.

A inserção dos manguezais na Agenda 2030, especialmente no âmbito dos ODS 13, 14 e 15, reforça uma abordagem de caráter multiescalar para a compreensão desses ecossistemas. Nesse contexto, os manguezais aparecem de forma transversal, associados à mitigação das mudanças climáticas, à conservação da vida marinha e à proteção de ecossistemas costeiros. Tal abordagem evidencia que a relevância desses ecossistemas extrapola o campo estritamente ambiental, dialogando com estratégias globais de desenvolvimento, adaptação climática e segurança socioambiental.

No Brasil, esse reconhecimento internacional é internalizado por meio de um arcabouço jurídico relativamente consolidado, no qual os manguezais ocupam posição central.

A Constituição Federal de 1988 estabelece o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito difuso e impõe ao poder público e à coletividade o dever de protegê-

lo. A partir desse fundamento constitucional, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) define as Áreas de Preservação Permanente (APP) como áreas protegidas, cobertas 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. Nesse contexto, o referido Código classifica os manguezais como APP em toda a sua extensão, conferindo-lhes um regime jurídico diferenciado e restritivo quanto ao uso e ocupação do solo; mas, quanto aos apicuns, a legislação brasileira admite sua ocupação sob determinadas condições, desde que respeitados os limites estabelecidos pelo Código Florestal (Brasil, 2012).

Essa classificação não se limita a uma proteção formal da vegetação, mas reconhece implicitamente as funções ecológicas desempenhadas pelos manguezais, como a estabilidade geomorfológica da linha de costa, a manutenção da qualidade da água e o suporte a ciclos biológicos associados a ambientes estuarinos. Nesse sentido, o Código Florestal estabelece uma ponte conceitual entre proteção legal e serviços ecossistêmicos, ainda que não utilize explicitamente essa terminologia. A obrigatoriedade de recomposição de áreas degradadas em APP reforça essa conexão ao vincular a proteção normativa à recuperação das funções ambientais perdidas.

Os manguezais também se inserem no escopo da Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), uma vez que esse bioma abrange ecossistemas costeiros associados, incluindo formações de manguezal (BRASIL, 2006). A lei estabelece diretrizes para a proteção, conservação e uso sustentável da vegetação nativa, impondo restrições à supressão e disciplinando intervenções nesses ambientes. Dessa forma, os manguezais passam a ser contemplados por mais um instrumento legal de proteção, reforçando o arcabouço normativo voltado à conservação desses ecossistemas.

Além do Código Florestal, a Política Nacional de Gerenciamento Costeiro (Brasil, 1988) e seus instrumentos associados ampliam o campo de atuação sobre os manguezais ao integrar variáveis ambientais, econômicas e territoriais no planejamento da zona costeira. Essa política reconhece os manguezais como componentes estruturantes do litoral, sujeitos a pressões antrópicas múltiplas, e propõe uma abordagem integrada que dialoga com o ordenamento do uso do solo, a gestão de recursos hídricos e as atividades produtivas costeiras.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Brasil, 2000) complementa esse arcabouço ao possibilitar a criação de áreas protegidas que incluam manguezais sob diferentes categorias de manejo. Embora nem todos os manguezais estejam inseridos em unidades de conservação, esse instrumento reforça a diversidade de estratégias institucionais disponíveis

para sua proteção, variando entre conservação integral e uso sustentável. Nos casos em que os manguezais estão inseridos em unidades de conservação, observa-se uma duplicidade de proteção, uma vez que esses ambientes passam a ser protegidos tanto pela condição de APP quanto pelas regras específicas da unidade de conservação, o que pode ampliar o nível de restrição e de proteção desses ecossistemas.

O conjunto desses instrumentos aponta que os manguezais são compreendidos institucionalmente como ecossistemas de alta relevância funcional, cuja proteção demanda abordagens integradas. Essa compreensão sustenta a pertinência de estudos de valoração econômica, na medida em que os benefícios gerados pelos manguezais são reconhecidos juridicamente, ainda que nem sempre incorporados de forma explícita nos processos de tomada de decisão. Assim, o marco legal e programático não apenas legitima a conservação dos manguezais, mas fornece o contexto institucional no qual análises econômicas podem contribuir para o aprimoramento das políticas ambientais e do planejamento territorial costeiro.

Além dos instrumentos já citados anteriormente, como o Código Florestal, o SNUC e a lei que trata do Bioma Mata Atlântica, os manguezais no Brasil também estão inseridos no contexto de outros programas, como o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável dos Manguezais do Brasil (ProManguezal) e o Plano de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas e de Importância Socioeconômica do Ecossistema Manguezal (PAN Manguezal).

Estabelecido por meio do Decreto Federal nº 12.045/2024, o ProManguezal estabelece diretrizes abrangentes para a conservação e gestão sustentável dos manguezais, reconhecendo sua importância ecológica, social e econômica. Entre seus princípios, destaca-se o reconhecimento dos serviços ecossistêmicos dos manguezais, incluindo sua contribuição para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, além do papel fundamental na proteção da linha de costa e estocagem de carbono (Brasil, 2024).

O PAN Manguezal, atualizado pela Portaria MMA nº 647/2019, é uma iniciativa estratégica voltada para a proteção e recuperação dos manguezais e ecossistemas associados no Brasil. Esse plano busca integrar esforços governamentais, participação social e políticas públicas para garantir a conservação desses ecossistemas, reconhecendo sua importância para a biodiversidade, para as comunidades tradicionais e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas (Brasil, 2019).

Entre seus objetivos, o PAN Manguezal visa fortalecer o ordenamento territorial nas áreas de manguezal, promovendo a gestão sustentável da pesca e da aquicultura com a participação de comunidades tradicionais. Além disso, busca reduzir impactos socioambientais

decorrentes da poluição, degradação e introdução de espécies exóticas, bem como minimizar a perda de habitat e ampliar áreas de conservação e recuperação. O plano também enfatiza a fiscalização e o monitoramento de atividades com potencial impacto negativo, a capacitação de gestores e atores sociais envolvidos na gestão dos manguezais e a criação de estratégias de comunicação para ampliar a conscientização e a disseminação de informações sobre sua conservação.

5 METODOLOGIA

5.1 Abordagem Metodológica

A presente pesquisa adotou uma abordagem mista, combinando métodos quantitativos e qualitativos para valorar economicamente os serviços ecossistêmicos dos manguezais e analisar como esses resultados se articulam com as políticas públicas. A integração dessas abordagens permitiu uma compreensão mais abrangente do tema, permitindo a mensuração de variáveis ambientais e econômicas, a interpretação e proposição de diretrizes políticas e normativas. De acordo com Creswell (2014), a pesquisa mista pode ser útil em estudos interdisciplinares, pois possibilita uma análise mais holística ao combinar dados estatísticos com a contextualização dos fenômenos investigados.

A pesquisa quantitativa fundamenta-se na análise de dados geoespaciais, na estimativa dos estoques de carbono orgânico do solo e na aplicação de métodos de valoração econômica, fornecendo informações objetivas e mensuráveis sobre a importância dos manguezais. Essa abordagem segue a perspectiva de Tashakkori e Teddlie (2010), que defendem a utilização de métodos quantitativos para estabelecer relações causais e tendências mensuráveis em pesquisas ambientais e sociais.

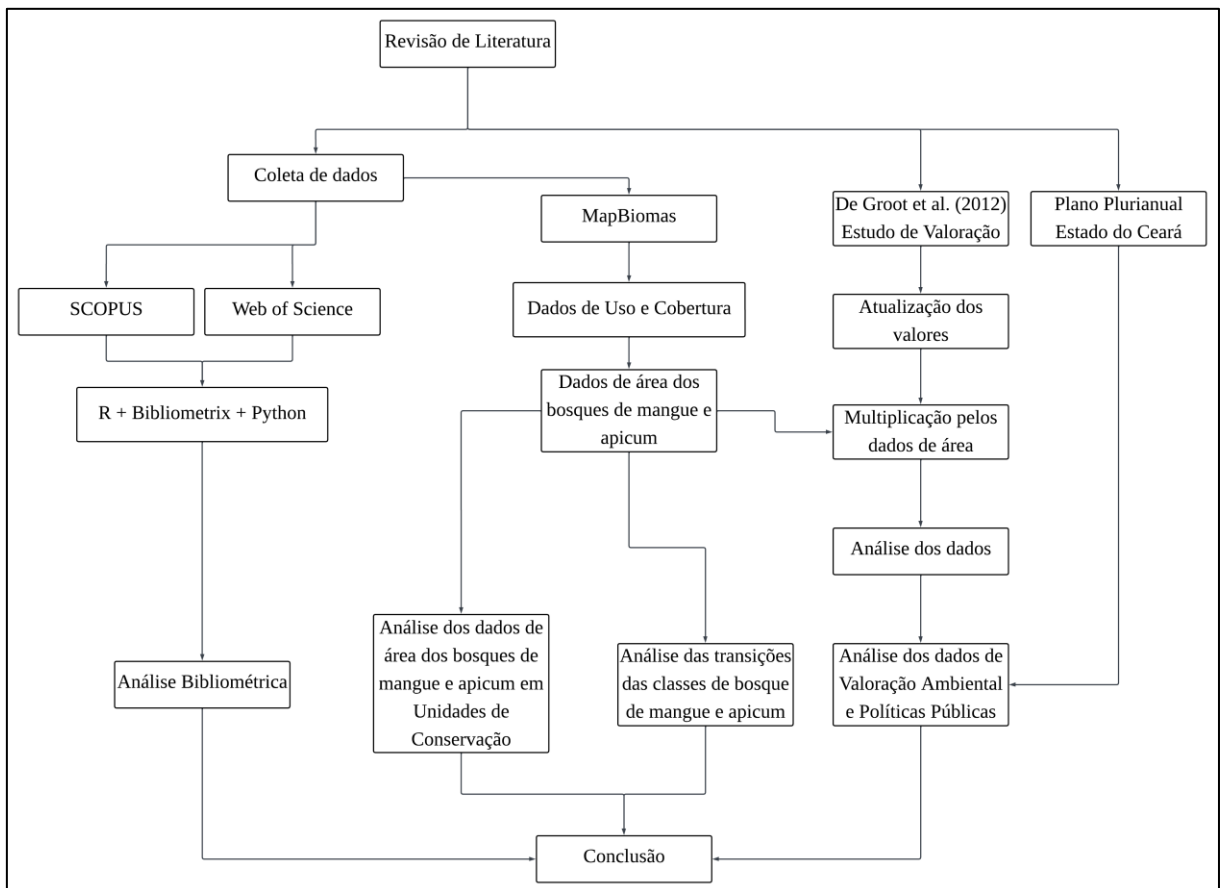
Paralelamente, a abordagem qualitativa busca contextualizar esses resultados no panorama das políticas públicas, examinando documentos institucionais e estratégias governamentais relacionadas à conservação desses ecossistemas. Minayo (2001) destaca que a pesquisa qualitativa é essencial para compreender a dinâmica social e política por trás das decisões ambientais, fornecendo percepções sobre os desafios e oportunidades na formulação de políticas. Dessa forma, a combinação dessas abordagens possibilita não apenas a identificação dos benefícios econômicos dos serviços ecossistêmicos, mas também sua inserção no processo de tomada de decisão, promovendo a formulação de políticas mais eficazes e alinhadas à sustentabilidade ambiental.

5.2 Coleta de Dados

A revisão de literatura levou à obtenção e ao processamento de dados que foram conduzidos para analisar a dinâmica dos manguezais, sua valoração econômica e sua relação com políticas públicas. Para isso, foram utilizadas bases geoespaciais, estudos anteriores e ferramentas computacionais, possibilitando a extração, quantificação e interpretação das

informações. A análise considerou dados sobre uso e ocupação do solo, estoques de carbono orgânico e valoração dos serviços ecossistêmicos, utilizando metodologias consolidadas para garantir a precisão dos resultados. Além disso, foram aplicadas técnicas de exploração bibliométrica e avaliação de políticas públicas, permitindo uma abordagem integrada sobre a conservação e gestão desses ecossistemas (Figura 7).

Figura 7 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos utilizados no estudo



Fonte: elaborado pelo autor.

Além das bases geoespaciais e dos dados utilizados para a análise ambiental, o estudo também incorporou uma etapa de revisão bibliométrica, com o objetivo de explorar e compreender as tendências da pesquisa científica relacionadas à valoração dos serviços ecossistêmicos de manguezais. Essa revisão buscou mapear a evolução das publicações, identificar lacunas de conhecimento e destacar os principais autores, temas emergentes e padrões de produção científica.

As bases de dados SCOPUS e Web of Science foram selecionadas como fonte de investigação devido à sua abrangência e relevância internacional. A pesquisa bibliográfica foi

conduzida utilizando a string de pesquisa ("mangrove*") AND ("valuation" OR "valoration" OR "evaluation" OR "value*") AND ("ecosystem* service*"), combinando termos-chave com operadores booleanos para garantir a recuperação de estudos alinhados ao escopo da tese. A busca, realizada em maio de 2024, resultou em 797 documentos publicados entre 1998 e 2024, dos quais 371 foram removidos automaticamente por duplicidade. A data de pesquisa dos documentos foi baseada na busca de compreender 10 anos de produção científica acerca do tema.

Os metadados recuperados incluíram informações como autores, títulos, ano de publicação, contagem de citações, editoras, revistas, tipos de publicação e idioma. Esses dados foram exportados em formato CSV para permitir sua manipulação e análise. O processamento das informações foi realizado no software R, utilizando o pacote Bibliometrix, que disponibiliza ferramentas estatísticas e gráficas voltadas à análise bibliométrica. A interface Biblioshiny, integrada ao pacote, foi empregada para facilitar a exploração interativa dos dados, possibilitando a geração de gráficos.

A inclusão dessa etapa bibliométrica permitiu contextualizar a valoração dos serviços ecossistêmicos em um panorama global de pesquisa, contribuindo para fundamentar a escolha metodológica e demonstrar como o presente estudo se insere na produção científica existente.

A análise dos padrões de uso e cobertura do ecossistema manguezal foi realizada utilizando dados da Coleção 9 do MapBiomas, que oferece uma série temporal de mapas de uso e cobertura da terra no Brasil, com resolução espacial de 30 metros (MapBiomas, 2023).

A partir dela, foi realizada a quantificação das áreas de manguezal, com extração e análise de dados geoespaciais referentes à cobertura para cada ano do período de estudo. As informações processadas geraram estatísticas descritivas que evidenciam mudanças na área ocupada, destacando tendências de expansão, retração e modificações no uso da terra.

Para a análise espacial dos manguezais, a delimitação territorial adotada considerou as bacias hidrográficas costeiras do Estado do Ceará. Assim, o estudo foi organizado a partir das seis bacias hidrográficas que abrangem os principais estuários onde ocorrem manguezais no estado: Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitana e Baixo Jaguaribe. A definição dessas bacias seguiu a divisão oficial definida pela Lei Estadual nº 14.844 (Ceará, 2010), garantindo compatibilidade com instrumentos de planejamento, como o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e os Planos de Recursos Hídricos. Essa abordagem permitiu analisar, de maneira integrada, a relação entre as dinâmicas de uso e cobertura do solo e seus desdobramentos nos estuários, bem como comparar a distribuição, extensão e mudanças dos

manguezais. Dessa forma, a escala de bacias hidrográficas possibilitou compreender os fatores biofísicos e as pressões antrópicas que influenciam a estrutura e o funcionamento dos manguezais ao longo do litoral cearense.

A valoração econômica dos serviços ecossistêmicos será realizada utilizando os dados de área do ecossistema de manguezal obtidos na análise de uso e ocupação e, por meio da metodologia de transferência de benefícios, será possível estimar o valor econômico dos serviços ecossistêmicos com base em estudos prévios realizados em locais semelhantes, aplicando esses valores ao contexto específico dos manguezais do Ceará.

Essa abordagem será fundamentada nas metodologias desenvolvidas por Costanza (1997) e De Groot *et al.* (2012), que oferecem bases teóricas para a estimativa de valores de serviços ecossistêmicos, como regulação climática (via sequestro de carbono), proteção contra erosão costeira, ciclagem de nutrientes e suporte à biodiversidade. A transferência de benefícios é particularmente vantajosa quando há restrições de tempo e recursos para estudos diretos de valoração em campo, permitindo uma estimativa confiável dos benefícios econômicos associados aos manguezais.

Para a análise de dados e o processamento das informações, foram empregadas diversas ferramentas e softwares:

- RStudio, utilizando o pacote Bibliometrix, foi aplicado para a realização da análise bibliométrica, permitindo a obtenção de dados sobre a produção científica relacionada ao tema do estudo.
- MapBiomas e Google Earth Engine foram utilizados para extração e processamento de dados geoespaciais, possibilitando a análise da dinâmica de uso e cobertura do solo.
- Como ferramenta de apoio, foi utilizado o modelo de linguagem ChatGPT (OpenAI) para auxiliar na verificação ortográfica e na revisão textual, contribuindo para a clareza e organização da redação. Além disso, a ferramenta foi empregada como suporte na construção e ajuste de scripts em linguagem Python, utilizados na elaboração de gráficos dos dados analisados.
- Python para processamento de dados por meio de bibliotecas amplamente utilizadas em estudos ambientais. Os pacotes NumPy e Pandas foram empregados para organização, limpeza e manipulação dos conjuntos de dados; GeoPandas permitiu o tratamento e a análise espacial de dados

vetoriais; Rasterio foi utilizado para leitura e processamento de camadas raster, especialmente as séries temporais provenientes do MapBiomias; e Seaborn e Plotly auxiliou na elaboração de visualizações exploratórias.

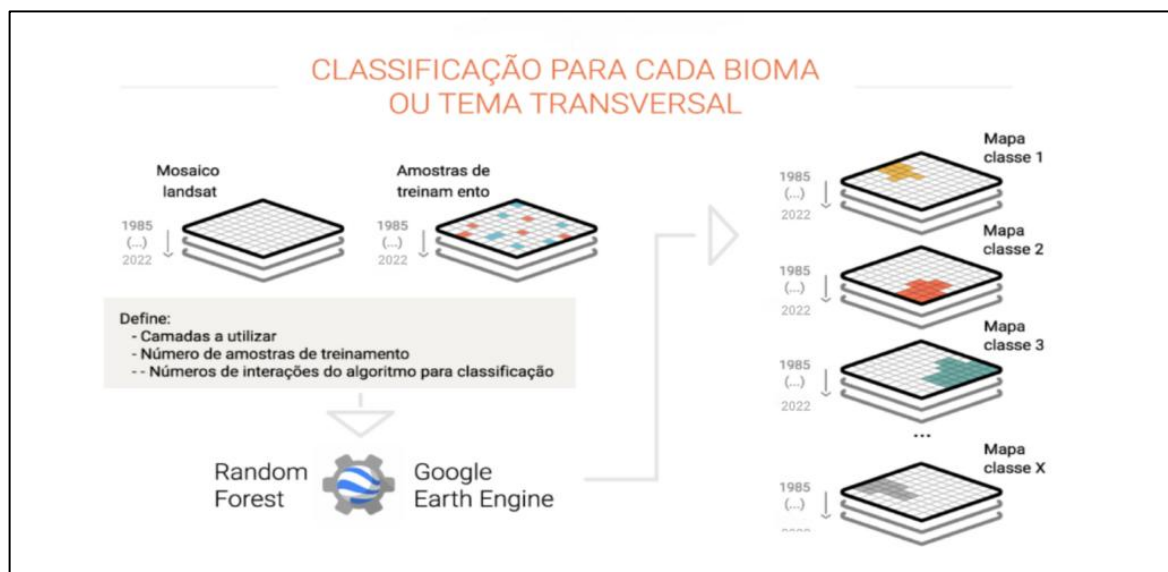
- Estudos anteriores sobre serviços ecossistêmicos e valoração ambiental foram utilizados como referência para a adaptação da metodologia de valoração econômica.

Por fim, foram avaliados os reflexos dos valores econômicos estimados para os serviços ecossistêmicos nas políticas públicas do estado do Ceará. Esta etapa visa identificar como a valoração econômica dos serviços dos manguezais pode contribuir para a formulação e o aprimoramento de políticas ambientais que incentivem a conservação e o uso sustentável desses ecossistemas.

5.2.1 Dados do MapBiomias

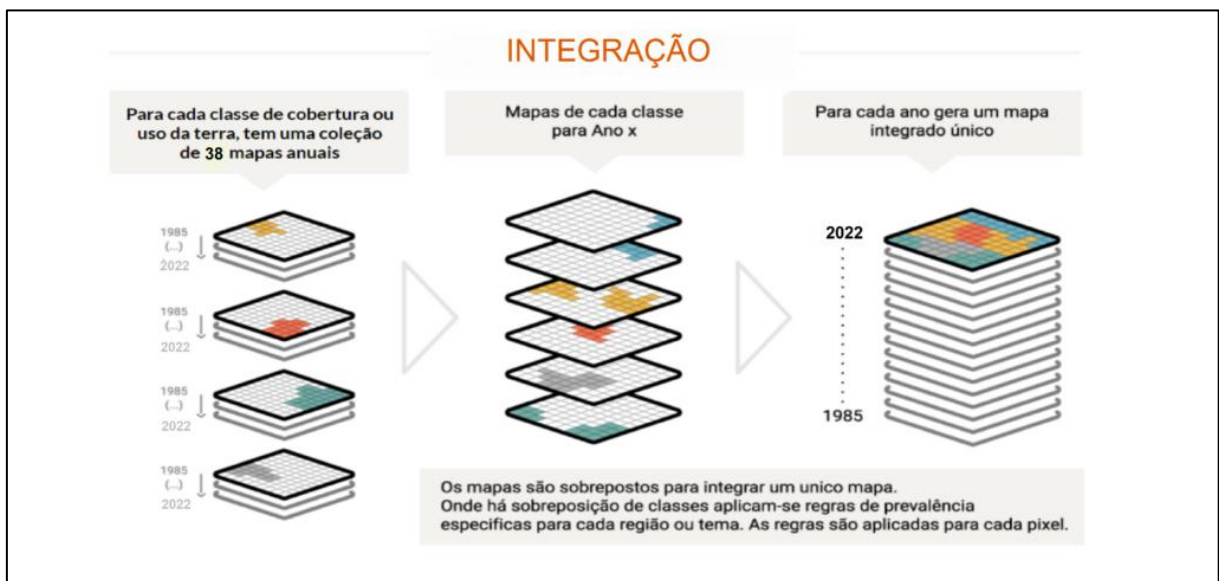
A metodologia do MapBiomias para o mapeamento de uso e cobertura da terra emprega imagens de satélite Landsat, com resolução de 30 metros, processadas na plataforma Google Earth Engine (Figura 8). As imagens são compiladas em mosaicos anuais, capturando até 105 camadas de dados que representam métricas espectrais, como medianas e valores extremos de cada banda. Esses mosaicos formam coleções de dados que suportam a classificação da cobertura e do uso da terra (MapBiomias, 2024).

Figura 8 – Classificação do MapBiomias



A classificação é realizada com o algoritmo Random Forest, utilizando amostras de treinamento obtidas de mapas de referência e interpretação visual das imagens. Esse método permite identificar diversas classes de uso da terra (florestas, pastagens, áreas urbanas etc.) para cada ano da série histórica. Para assegurar a precisão, filtros espaciais e temporais são aplicados, eliminando pixels isolados e corrigindo transições impossíveis entre classes (Figura 9).

Figura 9 – Integração de classes do MapBiomias



Fonte: MAPBIOMAS (2024).

A análise da dinâmica espacial dos manguezais foi realizada com base nos dados de uso e cobertura do solo da Coleção 9, disponibilizados pelo projeto MapBiomias, considerando a série temporal de 1985 a 2023, sendo 1985 o primeiro ano da série e 2023 o mais recente com dados consolidados disponíveis no momento da pesquisa. Foram utilizadas as classes de uso e cobertura definidas pela plataforma, em especial as áreas de manguezal e apicum, a fim de identificar mudanças ao longo do período analisado. A partir desses dados, foram extraídas as áreas correspondentes a cada classe, que serviram como base para a análise das transformações espaciais e para o cálculo dos valores econômicos dos serviços ecossistêmicos, permitindo a integração entre a dimensão espacial e a abordagem de valoração ambiental adotada no estudo.

Esses dados permitiram identificar as áreas de manguezais no Ceará, monitorando sua extensão, uso e transformações ao longo do tempo. Posteriormente, as informações de uso e cobertura da terra serviram como base para a valoração econômica dos serviços

ecossistêmicos dos manguezais, contribuindo para a formulação de estratégias de conservação e uso sustentável.

5.2.2 Metodologia de Valoração Ambiental

A valoração econômica do ecossistema manguezal será realizada com base na metodologia de Transferência de Benefícios desenvolvida por Costanza *et al.* (1997, 2011). Essa abordagem foi amplamente utilizada e posteriormente aprimorada pela iniciativa The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB, 2010) e por De Groot *et al.* (2012, 2014), sendo aplicada para estimar o valor dos serviços ecossistêmicos (SE) em diversos ecossistemas ao redor do mundo. Já utilizada em outros estudos, como Baldim (2022) e Silva, Beltrão e Morales (2023), a escolha dessa metodologia justificou-se pela possibilidade de utilizar estimativas previamente consolidadas na literatura, reduzindo a dependência de metodologias de valoração que, em muitos casos, estão associadas a algum grau de subjetividade, especialmente as baseadas em preferências declaradas. Ao empregar valores derivados de múltiplos estudos empíricos, a metodologia permite maior padronização das estimativas e favorece sua aplicação em diferentes áreas geográficas, possibilitando análises comparativas entre regiões. Além disso, a transferência de benefícios se apresenta como uma alternativa metodológica viável em contextos com limitações de dados primários, permitindo a obtenção de estimativas consistentes da ordem de grandeza dos serviços ecossistêmicos, ainda que sujeitas às restrições inerentes à adaptação de valores entre diferentes contextos ambientais e socioeconômicos.

Essa metodologia inclui a análise de 22 serviços ecossistêmicos em 10 biomas principais, como oceanos abertos, recifes de coral, sistemas costeiros, zonas úmidas, florestas e pastagens (Figura 10), categorizados conforme a TEEB (De Groot *et al.*, 2010).

Figura 10 – Estimativas globais do valor monetário de cada SE por bioma.

	Marine	Coral reefs	Coastal systems	Coastal wetlands ^a	Inland wetlands	Fresh water (rivers/lakes)	Tropical forest	Temperate forest	Woodlands	Grasslands
Provisioning services	102	55,724	2396	2998	1659	1914	1828	671	253	1305
1 Food	93	677	2384	1111	614	106	200	299	52	1192
2 Water				1217	408	1808	27	191		60
3 Raw materials	8	21,528	12	358	425		84	181	170	53
4 Genetic resources		33,048		10			13			
5 Medicinal resources				301	99		1504			1
6 Ornamental resources		472			114				32	
Regulating services	65	171,478	25,847	171,515	17,364	187	2529	491	51	159
7 Air quality regulation							12			
8 Climate regulation	65	1188	479	65	488		2044	152	7	40
9 Disturbance moderation		16,991		5351	2986		66			
10 Regulation of water flows					5606		342			
11 Waste treatment		85		162,125	3015	187	6	7		75
12 Erosion prevention		153,214	25,368	3929	2607		15	5	13	44
13 Nutrient cycling				45	1713		3	93		
14 Pollination							30		31	
15 Biological control					948		11	235		
Habitat services	5	16,210	375	17,138	2455	0	39	862	1277	1214
16 Nursery service		0	194	10,648	1287		16		1273	
17 Genetic diversity	5	16,210	180	6490	1168		23	862	3	1214
Cultural services	319	108,837	300	2193	4203	2166	867	990	7	193
18 Esthetic information		11,390			1292					167
19 Recreation	319	96,302	256	2193	2211	2166	867	989	7	26
20 Inspiration		0			700					
21 Spiritual experience			21							
22 Cognitive development		1145	22					1		
Total economic value	491	352,249	28,917	193,845	25,682	4267	5264	3013	1588	2,871

Numbers in the cells are averages of the values found for a particular service and biome. Calculations are based on a total of 665 values. For details see Appendix 1.
^a Coastal systems include estuaries, continental shelf area and sea grass, but exclude wetlands like tidal marsh, mangroves and salt water wetlands.

Fonte: De Groot *et al.* (2012).

Para os manguezais, a valoração utilizou a base de valores das Coastal Wetlands (Zonas Úmidas Costeiras), na qual os valores obtidos por De Groot *et al.* (2012) foram atualizados em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹ de 2023 para se obter os coeficientes de cada serviço ecossistêmico, que foram multiplicados pela área obtida para o ecossistema conforme a Equação 1.

Equação (1):

$$VSE_t = \sum A_k * CV_k$$

Onde:

VSE_t = Estimativa do valor total dos serviços ecossistêmicos por ano (em US\$)

A_k = Área da categoria de uso e ocupação da terra (em ha)

CV_k = coeficiente do valor de bem e serviço ecossistêmico na categoria k (em US\$.ha⁻¹.ano⁻¹).

Os resultados dessa valoração econômica podem fornecer uma base para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas de conservação, demonstrando a importância econômica dos serviços prestados pelos manguezais. Além disso, a valoração visa sensibilizar gestores, investidores e a sociedade quanto ao valor desses ecossistemas e aos benefícios econômicos indiretos que sua preservação pode gerar.

5.2.3 Análise das Políticas Públicas

Os resultados da valoração econômica dos serviços ecossistêmicos dos manguezais foram utilizados como referência analítica para a discussão das políticas públicas voltadas à conservação desses ecossistemas no Estado do Ceará. A análise teve como base o Plano Plurianual (PPA) do Governo do Estado do Ceará referente ao quadriênio 2020–2023, utilizando como base o ano de 2023, considerando os programas, ações e iniciativas que apresentem relação direta ou indireta com a gestão costeira, a conservação de manguezais, a mitigação das mudanças climáticas e a proteção de ecossistemas naturais.

Foram identificados, nos documentos do PPA, os valores orçamentários associados às políticas ambientais pertinentes, o que permitiu o confronto entre os montantes destinados às ações públicas e os valores estimados para os serviços ecossistêmicos dos manguezais. Essa comparação buscou analisar a correspondência entre a dimensão econômica dos serviços ecossistêmicos estimados e o volume de recursos públicos alocados para sua conservação e uso sustentável.

Ao final dessa análise, buscou-se compreender a extensão do apoio governamental à preservação dos manguezais no Ceará, identificar lacunas na implementação das políticas e sugerir ajustes que alinhem os esforços estaduais com a relevância econômica dos manguezais. Essa avaliação também poderá permitir que o valor econômico dos serviços ecossistêmicos dos manguezais seja usado como argumento na formulação de políticas mais eficazes e alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise Bibliométrica

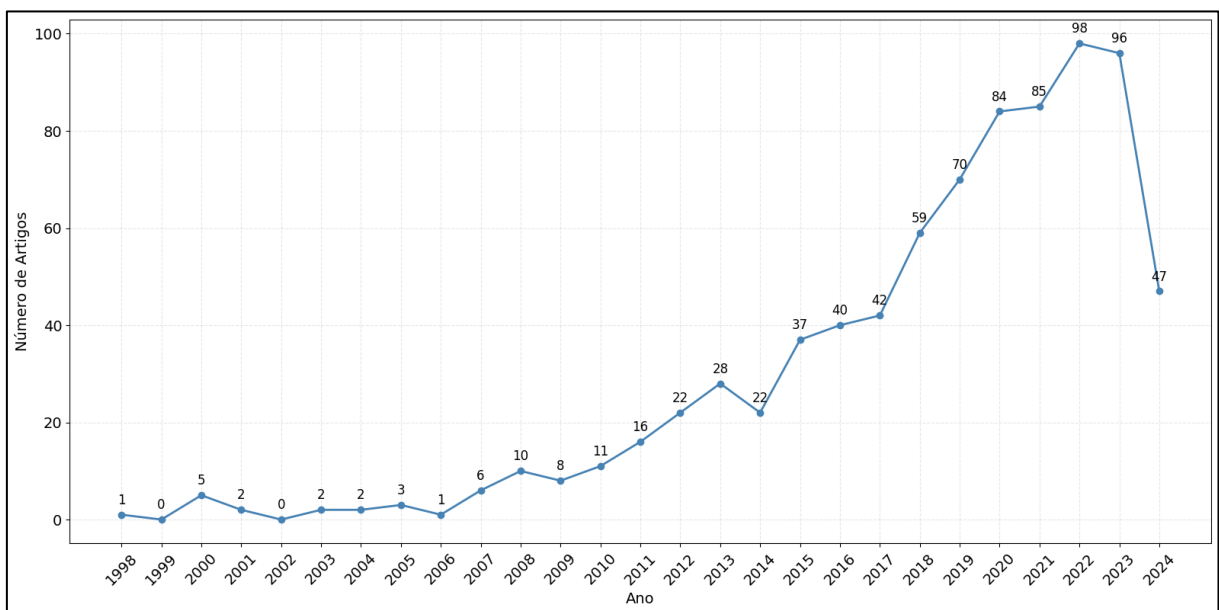
A análise incluiu a identificação de tendências temporais de publicações, principais periódicos e autores, análise de coautoria e análise de citações.

Com base nas pesquisas realizadas, foi possível identificar as principais áreas relacionadas ao tema estudado, os autores mais influentes, bem como as tendências de investigação ao longo do tempo. A integração das ferramentas e metodologias mencionadas permitiu uma revisão bibliométrica com compreensão aprofundada do estado da arte no campo pesquisado.

A análise bibliométrica realizada utilizando as bases de dados da Scopus e Web of Science revela um panorama abrangente da produção científica relacionada ao tema dos serviços ecossistêmicos, com foco particular em manguezais e sua valoração econômica.

A produção científica no tema analisado cobre um período de 1998 a 2024, totalizando 797 documentos publicados em 347 fontes diferentes. A taxa de crescimento anual de 15,96% indica um aumento contínuo no interesse pelo tema ao longo dos anos. Notavelmente, a produção científica teve um crescimento expressivo a partir de 2015 (Gráfico 1), alcançando seu pico em 2022, com 98 artigos publicados.

Gráfico 1 – Produção científica com base na *string* de pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse crescimento sugere uma amplificação na conscientização e na pesquisa sobre os serviços ecossistêmicos dos manguezais, especialmente em relação ao seu valor econômico e à importância na mitigação das mudanças climáticas. A redução na produção observada nos anos de 2023 e 2024 está relacionada ao período de obtenção dos dados, realizado em maio de 2024. Nesse contexto, parte das publicações referentes a esses anos ainda não havia sido indexada nas bases de dados, o que resulta em uma sub-representação da produção científica mais recente.

A maioria dos documentos é composta por artigos (611), seguidos por revisões (67) e capítulos de livros (48). A predominância de artigos demonstra a preferência dos pesquisadores em divulgar seus achados em periódicos científicos, o que também contribui para a alta visibilidade e citação das pesquisas nessa área.

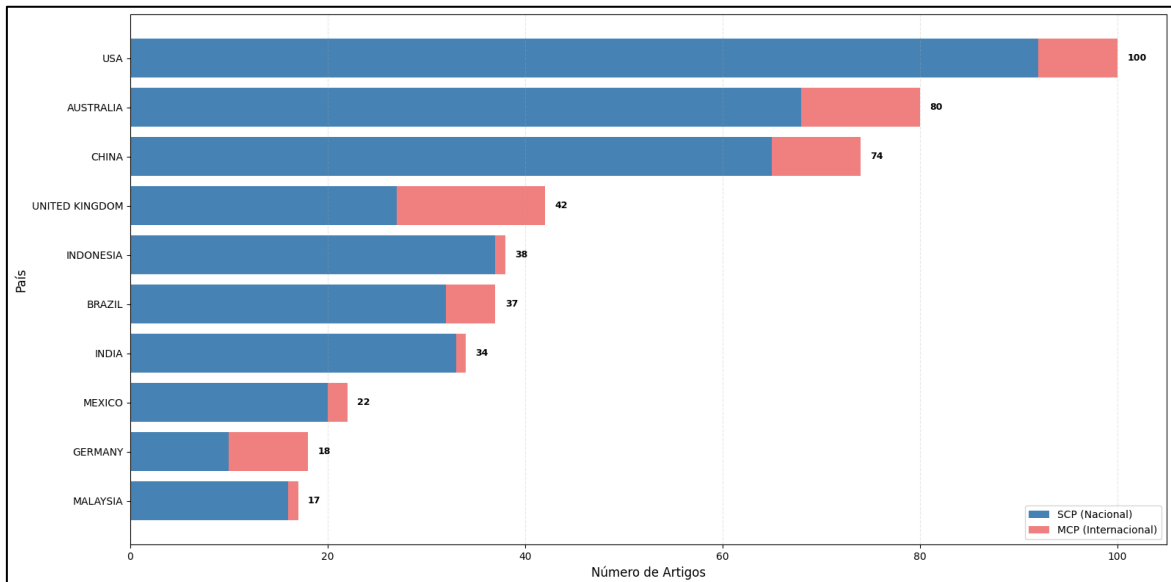
Os dados indicam que a pesquisa na área é altamente colaborativa, com uma média de 4,95 coautores por documento. Entre os autores mais produtivos, destaca-se Edward Barbier, com 19 artigos, seguido por Daniel Friess e Catherine Lovelock, com 13 e 11 artigos, respectivamente. A colaboração internacional representa 12,55% das publicações, o que ressalta a natureza global dos estudos sobre manguezais e serviços ecossistêmicos.

O impacto das pesquisas é evidenciado pela média de 39,68 citações por documento. O artigo de maior destaque é o de Barbier (2011), publicado na *Ecological Monographs*, com 3648 citações, refletindo sua influência no campo. Outros artigos relevantes incluem trabalhos publicados em revistas de alto fator de impacto como *Plos One*, *Science* e *Nature*.

Autores dos Estados Unidos lideram em termos de produção científica e impacto, com 100 artigos e um total de 12.149 citações, seguido pelo Reino Unido e Austrália (Gráfico 2). Esses países são centros globais de pesquisa sobre manguezais, contribuindo significativamente para a compreensão e valorização dos serviços ecossistêmicos. Dos 63 países encontrados na revisão, o Brasil encontra-se na sexta posição, demonstrando sua relevância na produção de estudos relacionados com o tema. Os indicadores SCP (*Single Country Publications*) e MCP (*Multiple Country Publications*), disponibilizados pelo pacote *Bibliometrix*, são utilizados para caracterizar o padrão de colaboração científica entre países. As SCP correspondem às publicações cujos autores estão afiliados a instituições de um único país, refletindo a produção científica de caráter nacional. Por sua vez, as MCP referem-se aos artigos elaborados em colaboração internacional, envolvendo autores de dois ou mais países, o que permite avaliar o grau de internacionalização e cooperação científica em determinada área

de pesquisa. Com isso, podemos observar que as pesquisas sobre a temática foram realizadas em sua maioria por meio de uma cooperação nacional entre os autores.

Gráfico 2 – Países de correspondência dos autores



Fonte: elaborado pelo autor.

As revistas mais relevantes para o tema incluem *Ecosystem Services*, *Ocean and Coastal Management* e *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Essas fontes têm sido fundamentais para a disseminação de pesquisas sobre a valoração dos serviços ecossistêmicos e a conservação dos manguezais, destacando-se como canais preferenciais para os pesquisadores da área.

As palavras-chave mais recorrentes (Figura 11), como “ecosystem services”, “mangroves”, “economic valuation” e “climate change”, refletem as principais preocupações e focos de pesquisa. A presença de termos como “blue carbon” e “carbon sequestration” sugere uma ênfase crescente na interseção entre conservação de manguezais e mitigação das mudanças climáticas. Além disso, a utilização de “remote sensing” como palavra-chave indica a importância das tecnologias de sensoriamento remoto na pesquisa e no monitoramento dos ecossistemas de manguezais.

A análise do mapa temático revela diversas tendências no campo de estudo sobre manguezais e serviços ecossistêmicos.

Os temas “land-use”, “economic value” e “benefit transfer”, embora bem desenvolvidos, representam tópicos mais especializados ou de nicho. Isso pode refletir que estudos sobre a valoração econômica dos serviços ecossistêmicos dos manguezais são mais específicos e ainda não se integram amplamente com outros tópicos centrais na área de manguezais. Os temas “ecosystem services”, “valuation”, “conservation”, “fisheries” e “forest” são altamente relevantes e interconectados, constituindo a base para estudos de manguezais. No entanto, ainda há espaço para o desenvolvimento de pesquisas mais aprofundadas nesses tópicos. A presença de “valuation” e “conservation” como temas centrais sugere que essas são áreas fundamentais que ainda podem ser exploradas para conexão com outras áreas.

O mapa mostra que os estudos sobre manguezais, serviços ecossistêmicos e valoração estão em uma posição central e continuam a evoluir, enquanto áreas como mudanças climáticas e dinâmicas de gestão aparecem como temas emergentes, embora ainda com pouca densidade. A valoração econômica aparece como um nicho importante, sugerindo que há muito trabalho especializado a ser desenvolvido e com potencial de maior interligação no futuro.

A análise bibliométrica revelou que a pesquisa sobre os serviços ecossistêmicos dos manguezais tem crescido substancialmente, com aumento na produção científica e forte colaboração internacional. Os estudos liderados por autores influentes, como Edward Barbier, têm moldado a compreensão global do valor econômico e ecológico dos manguezais. As tendências observadas nas palavras-chave sugerem um foco crescente em questões relacionadas às mudanças climáticas e à conservação, indicando direções futuras promissoras para a pesquisa nesta área.

6.2 Dinâmica Espacial dos Manguezais no Ceará

Inicialmente, foi realizado o reconhecimento da área total do ecossistema manguezal no Estado do Ceará. Para além da classificação de uso e cobertura, como já citado anteriormente, ocorrem algumas limitações e desafios na determinação da área.

O Código Florestal (Brasil, 2012) define o ecossistema manguezal como

[...] 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.

Ao nos depararmos com os mapas que tratam do ecossistema manguezal, eles acabam por se ater apenas à área com vegetação de mangue, também caracterizada como bosques de mangue.

Esse conceito não proporciona uma definição padrão para a determinação da área total do ecossistema manguezal, por não incluir na área a feição “lavado”, que varia de acordo com o regime dos rios, nem os apicuns, como áreas contíguas que funcionam como zona de transição do ecossistema, sendo essenciais para o seu funcionamento.

Devido a isso, é necessário ressaltar que a análise feita para valoração ambiental neste trabalho foi realizada com base na feição dos bosques de mangue, uma vez que os estudos se concentram nessa feição específica para delimitação de manguezais.

Diversos estudos buscaram estimar a área total dos bosques de mangue no Ceará. As metodologias empregadas nesses trabalhos basearam-se principalmente na análise de imagens de satélite e no reconhecimento dessas áreas para a delimitação dos manguezais. É importante destacar que diferentes fontes podem apresentar variações nas estimativas das áreas de bosques de mangue, devido às divergências nas abordagens metodológicas adotadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Áreas encontradas para bosques de mangues em estudos

Estudo	Área de bosques de mangues (ha)
Miranda, Martins e Soares (1988)	21848,30
Herz (1991)	11493,75
Monteiro <i>et al.</i> (2005)	17217,00
Thiers (2013)	16852,68
ICMBio (2018)	19518,21
MapBiomias (2024)	17712,43

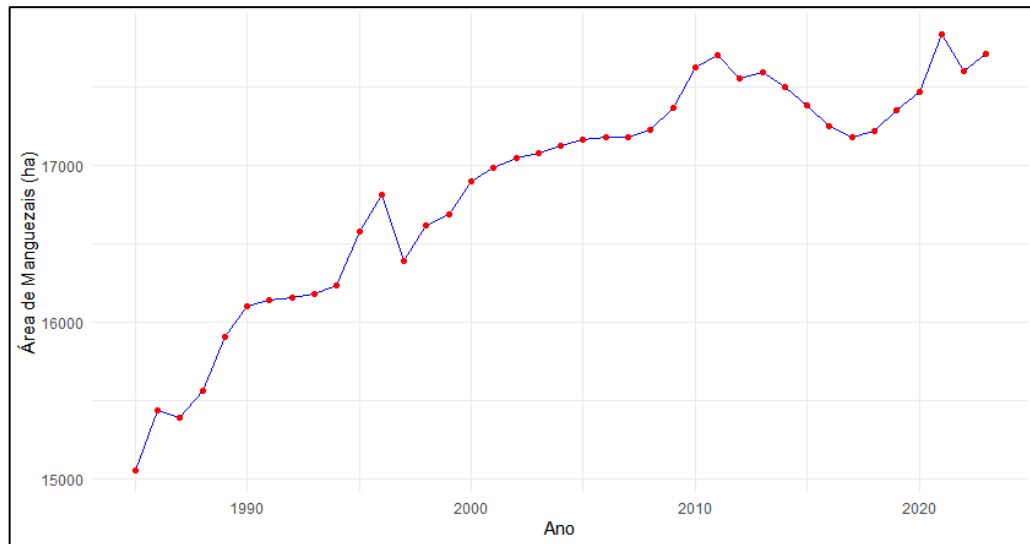
Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado da área encontrada pelo MapBiomias para a categoria Mangue, considerada neste estudo como Bosque de Mangue, corrobora a eficiência do mapeamento de uso e cobertura realizado pelo projeto, uma vez que seus resultados se aproximam de outros estudos voltados à estimativa da área. Vale ressaltar que os valores obtidos pelo mapeamento anual de uso e cobertura do solo do MapBiomias estabelecem uma aproximação da

quantificação real, visto que utilizam imagens do satélite Landsat com resolução espacial de 30 m.

Ao analisarmos a evolução de uso e cobertura do ecossistema manguezal de 1985 a 2023, pode-se observar um aumento da área ocupada pela classe Mangue (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Variação temporal da área de Bosques de Mangue no Ceará (1985 – 2023)

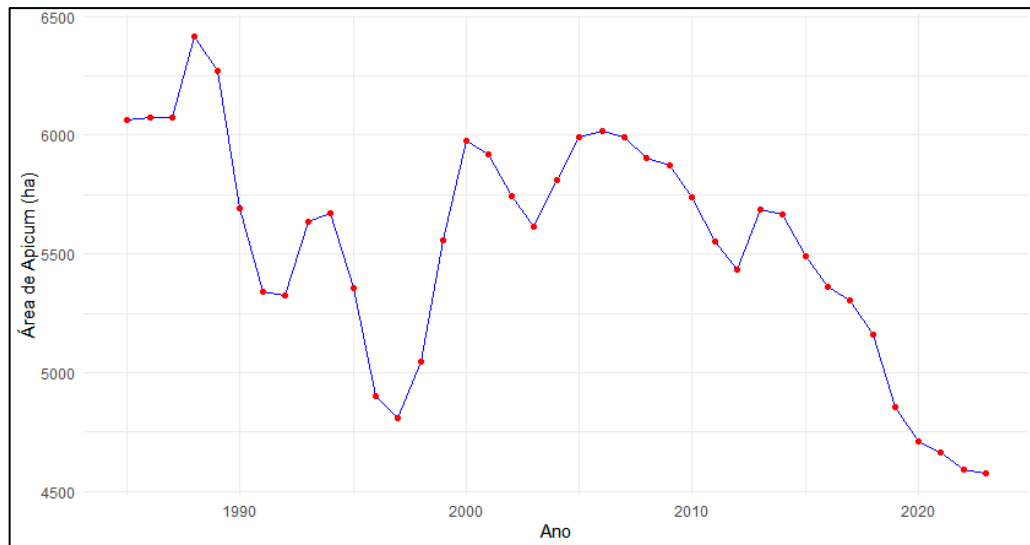


Fonte: Adaptado de MapBiomias (2024).

Esse aumento de área dos bosques de mangue já havia sido evidenciado em Monteiro *et al.* (2005), que relacionou o aumento de área e o aumento da salinização nos estuários do Nordeste, decorrente da redução do fluxo de água doce para os oceanos, provocada pela barragem dos rios na região. Um estudo em andamento da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) apontou a existência de quase 90 mil barragens de água em todo o estado (Diário do Nordeste, 2024). Desse modo, a penetração de águas salinas e o aumento de sedimentos finos depositados nos estuários propiciaram a colonização de uma área maior por manguezais. A área aumentou de 15.048,28 ha em 1985 para 17.712,42 ha em 2023, representando aproximadamente 17,7% de acréscimo de área.

Embora seja evidenciado um aumento da área de bosques de mangue, observa-se uma redução na classe de uso e cobertura de apicum (Gráfico 5), de 6.076,00 ha em 1985 para 4.589,10 ha em 2023, representando uma redução de 24,5% da área de apicum no Ceará.

Gráfico 5 – Variação temporal da área de apicum no Ceará (1985 – 2023)



Fonte: Adaptado de MapBiomias (2024).

6.3 Ecossistema Manguezal do Ceará e Unidades de Conservação

Apesar de o ecossistema manguezal ser considerado, por definição, uma Área de Preservação Permanente (APP), muitos desses ambientes estão localizados dentro de Unidades de Conservação (UCs), o que pode favorecer sua conservação e preservação. Schaeffer-Novelli *et al.* (2012) destacaram a importância da efetividade e da legitimação da proteção desses ecossistemas quando estão inseridos em UCs. Para assegurar a comparabilidade temporal, utilizou-se a poligonal das unidades de conservação de 2023 aplicada retroativamente aos anos analisados. Considerando que a rede é composta por múltiplas UCs criadas em diferentes períodos, o objetivo não foi avaliar a efetividade histórica da proteção, mas verificar se as áreas atualmente protegidas já apresentavam características distintas antes da criação legal. Dessa forma, a análise representa uma comparação espacial entre áreas que hoje integram o sistema de conservação e áreas externas, permitindo avaliar padrões e trajetórias ambientais de longo prazo.

Ao analisar as áreas totais das feições bosque de mangue e apicum e compará-las com aquelas situadas dentro e fora de UCs, foram obtidos os seguintes valores (Tabela 2):

Tabela 2 – Variação percentual temporal das áreas de bosques de mangue e apicum no Ceará dentro e fora de Unidades de Conservação (1985 – 2023)

Feição	Ano	Área total (ha)	Área em UC (ha)	Área fora de UC (ha)
Bosque de mangue	1985	15048,276	5892,009	9207,851
	2023	17712,432	6999,606	10771,14
Apicum	1985	6076,001	2257,457	3829,706
	2023	4589,097	1860,864	2733,793

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2024).

Nesse contexto, observa-se uma variação distinta na área dos bosques de mangue e apicum entre 1985 e 2023. A área total de bosques de mangue teve um aumento de aproximadamente 17,7%, enquanto as áreas de apicum diminuíram em cerca de 24,5% no mesmo período. Analisando a variação dentro das UCs, a área de bosques de mangue cresceu cerca de 18,8%, indicando um papel potencialmente positivo das UCs na proteção desses ecossistemas. Em contrapartida, as áreas de apicum dentro das UCs reduziram-se em aproximadamente 17,6%.

Fora das UCs, as áreas de bosques de mangue também apresentaram crescimento de 16,98%, enquanto os apicuns sofreram uma diminuição mais acentuada de 28,6%, sugerindo maior vulnerabilidade desse tipo de ecossistema quando não está sob proteção de UCs. Em 2023, cerca de 39,5% da área total de bosques de mangue e 40,5% das áreas de apicum estavam localizadas dentro de UCs, demonstrando uma ligeira concentração desses ecossistemas em áreas protegidas.

Esses dados apontam implicações que fomentam a discussão sobre conservação. O aumento relativo na área de bosques de mangue dentro das UCs sugere que essas unidades podem estar sendo eficazes na conservação e recuperação desses ecossistemas. A redução das áreas de apicum, tanto dentro quanto fora das UCs, levanta preocupações sobre possível degradação ambiental ou conversão para outros usos do solo, o que requer atenção específica para ações de conservação, principalmente quando observado nos resultados de que as principais transições da classe de apicum foram para a classe de aquicultura nas bacias Coreaú, Acaraú e Metropolitana.

A comparação entre as áreas dentro e fora das UCs indica que as UCs desempenham um papel na conservação dos bosques de mangue, enquanto os apicuns mostram-se particularmente vulneráveis quando não inserindo nessas áreas, ressaltando a necessidade de estratégias de conservação mais abrangentes para essas feições. Contudo, essa abordagem não

permite inferir causalidade entre a criação das UCs e mudanças de cobertura, nem mensurar diretamente a efetividade temporal da política de conservação.

6.4 Bacias Hidrográficas Costeiras do Ceará

O Estado do Ceará está dividido em 12 bacias hidrográficas, que totalizam 148.927 km² de área, conforme dados da ANA (2021). A maior bacia do estado é a do Alto Jaguaribe, com 25.261,8 km² (16,98% do Ceará), enquanto a menor é a da Serra da Ibiapaba, com 5.721,9 km² (3,84%).

As bacias hidrográficas selecionadas para este estudo correspondem às unidades territoriais cujos limites convergem diretamente com o litoral cearense, onde se concentram os principais sistemas estuarinos que abrigam manguezais. Foram analisadas as bacias do Coreaú, Acaraú, Litoral, Curu, Metropolitana e Baixo Jaguaribe (Tabela 3). Em conjunto, essas bacias totalizam 69.887,15 km² e representam 46,96% da área total do Estado do Ceará.

Tabela 3 – Área das seis bacias hidrográficas selecionadas e participação percentual

Bacia	Área (km ²)	Área (ha)	% em relação ao Ceará	% em relação às 6 bacias
Metropolitana	15.009,06	1.500.905,60	10,09	21,48
Acaraú	14.440,29	1.444.028,70	9,7	20,66
Coreaú	10.627,71	1.062.770,80	7,14	15,21
Curu	8.621,85	862.184,70	5,79	12,34
Litoral	8.571,90	857.189,90	5,76	12,26
Baixo Jaguaribe	7.216,36	721.635,70	4,85	10,33

Fonte: elaborado pelo autor.

A Bacia Metropolitana apresenta a maior área entre as selecionadas, com 15.009,1 km² (21,48% do total das seis bacias), seguida pelas bacias do Acaraú (14.440,3 km²; 20,66%) e do Coreaú (10.627,7 km²; 15,21%).

6.4.1 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum por Bacia Hidrográfica

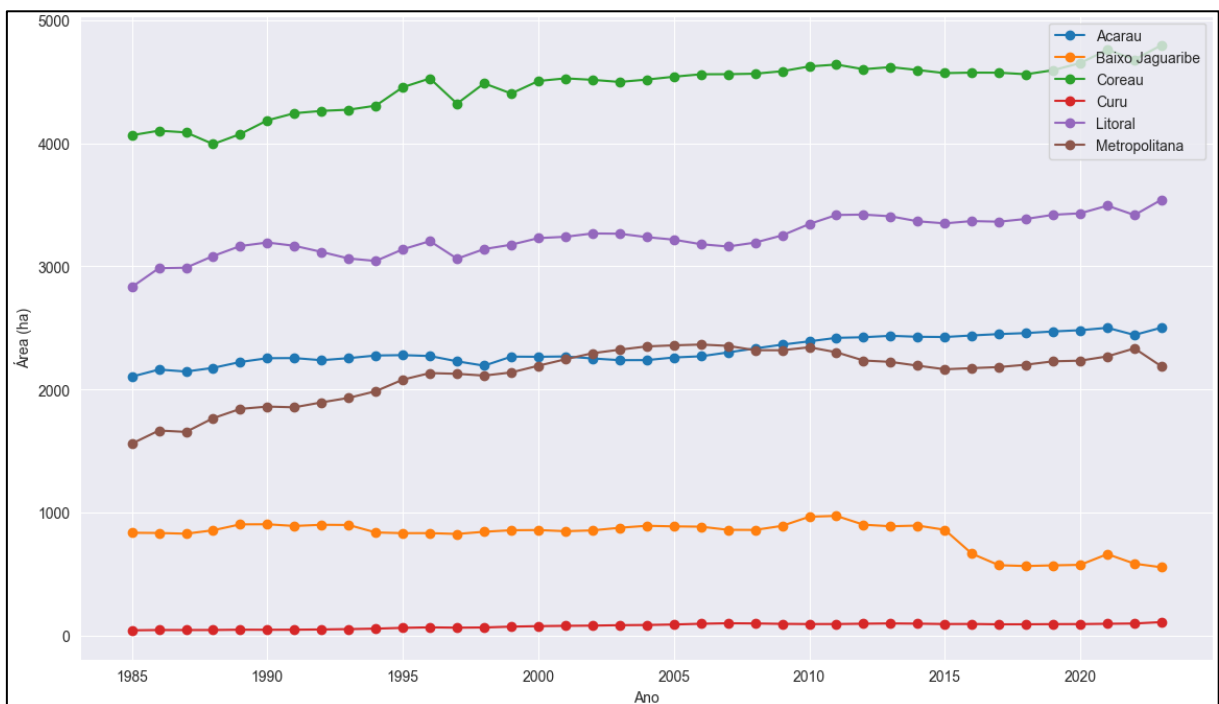
Outra análise realizada foi a das áreas de bosques de mangue e apicum, uma vez que as duas feições são mostradas em classes diferentes na descrição de uso e cobertura do MapBiomias. Das seis bacias hidrográficas, foi possível identificar a mesma tendência de

crescimento da área de bosques de mangue dentro de cada uma delas, sendo principalmente as bacias:

- Metropolitana: 1560 ha → 2187 ha
- Litoral: 2832 ha → 3542 ha
- Coreaú: 4065 ha → 4796 ha
- Acaraú: 2104 ha → 2503 ha

Dentre essas, há exceção da bacia do Baixo Jaguaribe, que apresentou redução na área de uso e cobertura dessa classe, de 837 para 556 ha (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Evolução das áreas de bosques de mangue nas 6 bacias hidrográficas

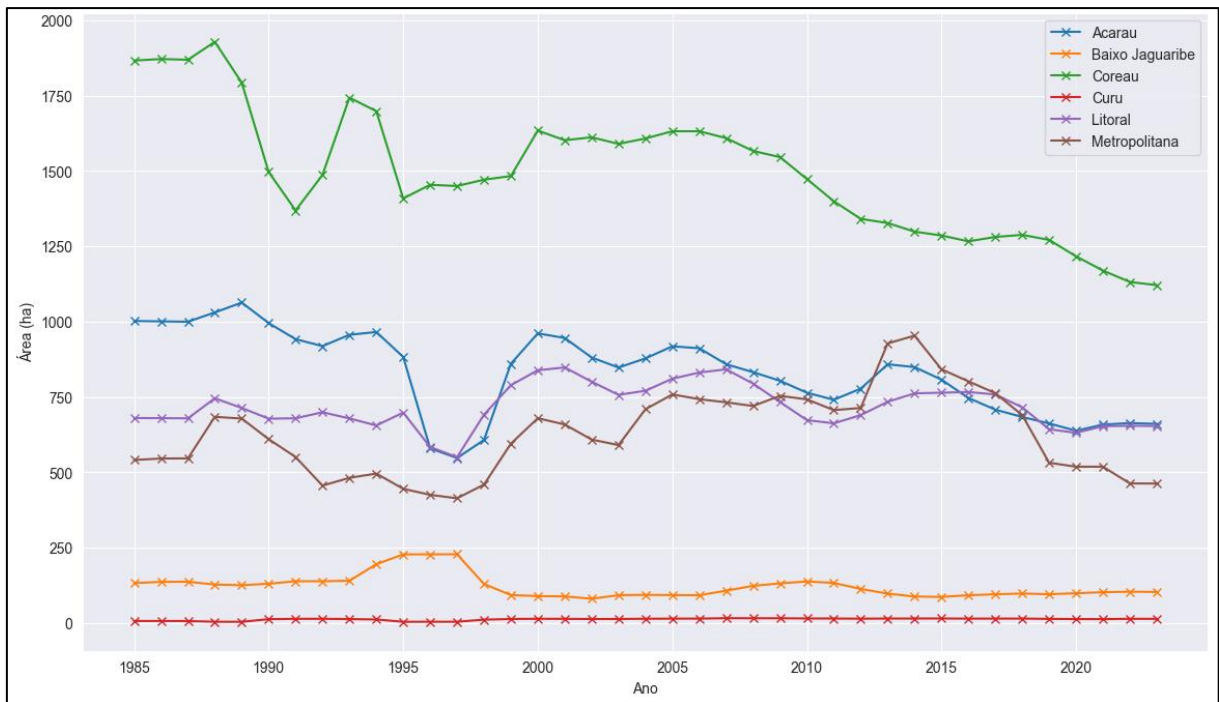


Fonte: elaborado pelo autor.

Ao investigar a área de apicum nas mesmas bacias, foi possível verificar a redução dessa classe na bacia do Coreaú e notar que ela segue uma tendência contrária à dos bosques de mangue (Gráfico 7). Os valores de apicum caíram em quase todas as bacias:

- Acaraú: 1002 ha → 661 ha
- Coreaú: 1866 ha → 1121 ha
- Metropolitana: 541 ha → 463 ha
- Litoral: 680 ha → 347 ha

Gráfico 7 – Evolução das áreas de apicum nas 6 bacias hidrográficas



Fonte: elaborado pelo autor.

As mudanças no uso e na cobertura das áreas de bosques de mangue e apicum nem sempre são totalmente compreendidas quando analisadas apenas a partir de seus valores totais de área. Entretanto, ao relacioná-las às classes de transição identificadas ao longo do período de 1985 a 2023, tornou-se possível reconhecer padrões de ocupação e uso do território, bem como aspectos do comportamento ecológico dessas feições. Esse tipo de análise também evidencia o papel funcional do apicum no sistema costeiro, especialmente em função de sua interação direta com os bosques de mangue.

A observação dessas transições permitiu a sistematização dos dados apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Transições entre classes Mangue e Apicum nas bacias hidrográficas

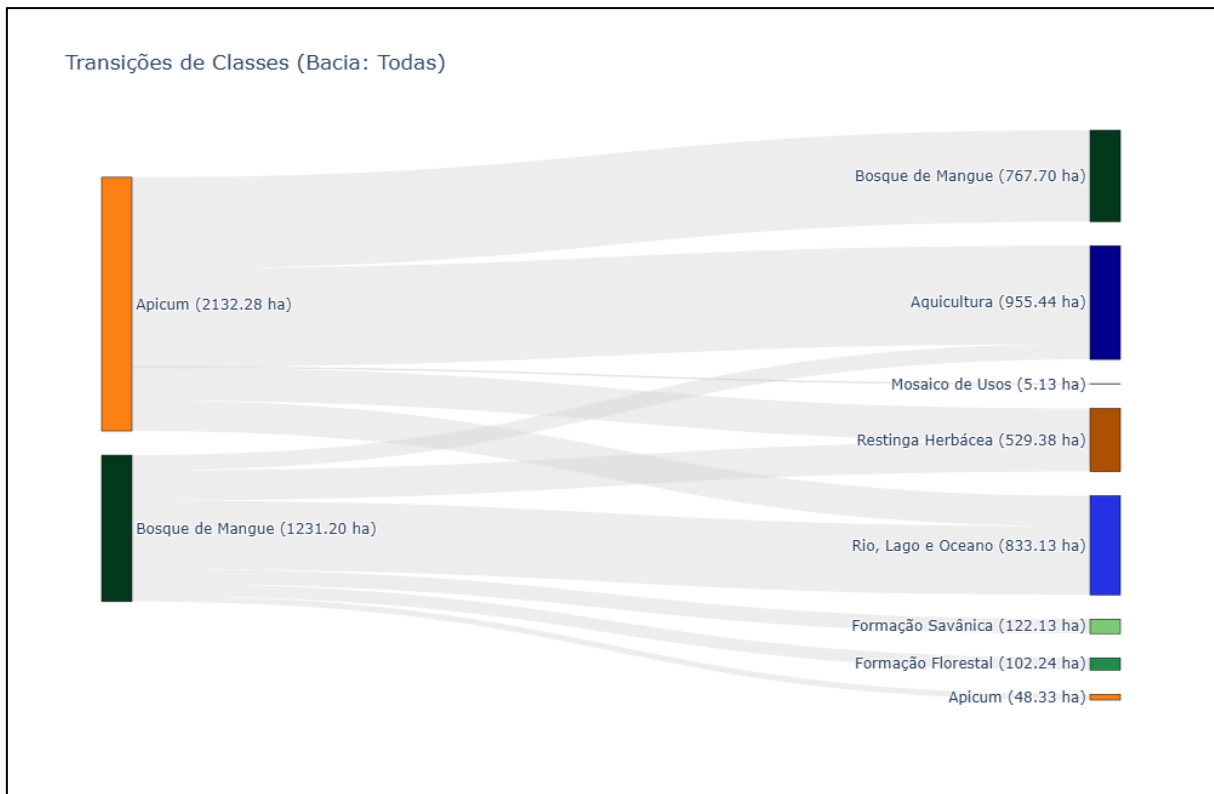
Bacia	Area(ha)	Classe Origem	Classe Destino
Acaraú	39,06	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	35,73	Bosque de mangue	Restinga Herbácea
	31,41	Bosque de mangue	Aquicultura
	223,2	Apicum	Aquicultura
	148,05	Apicum	Bosque de mangue
	115,83	Apicum	Restinga Herbácea
Baixo Jaguaribe	202,77	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	122,13	Bosque de mangue	Formação Savânica

	25,74	Bosque de mangue	Apicum
	50,31	Apicum	Rio, Lago e Oceano
	38,7	Apicum	Aquicultura
	5,13	Apicum	Mosaico de Usos
Coreaú	172,98	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	22,05	Bosque de mangue	Formação Florestal
	21,6	Bosque de mangue	Apicum
	357,75	Apicum	Aquicultura
	327,42	Apicum	Bosque de mangue
	205,11	Apicum	Rio, Lago e Oceano
Curu	0,99	Bosque de mangue	Apicum
	0,72	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	0,72	Bosque de mangue	Restinga Herbácea
	0,81	Apicum	Bosque de mangue
Litoral	119,97	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	97,56	Bosque de mangue	Restinga Herbácea
	80,19	Bosque de mangue	Formação Florestal
	186,3	Apicum	Bosque de mangue
	69,12	Apicum	Restinga Herbácea
	54,09	Apicum	Aquicultura
Metropolitana	117,9	Bosque de mangue	Restinga Herbácea
	97,47	Bosque de mangue	Aquicultura
	42,21	Bosque de mangue	Rio, Lago e Oceano
	152,82	Apicum	Aquicultura
	105,12	Apicum	Bosque de mangue
	92,52	Apicum	Restinga Herbácea

Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo das transições de uso e cobertura entre as classes de bosque de mangue e apicum evidenciou padrões diferentes de mobilidade espacial e interação entre essas classes (Gráfico 8). Observou-se uma dinâmica com valores expressivos na transição da classe de apicum para as classes de bosque de mangue e aquicultura.

Gráfico 8 – Principais transições de uso e cobertura das 6 bacias hidrográficas



Fonte: elaborado pelo autor.

De modo geral, as transições que partem da classe bosque de mangue têm como padrão recorrente uma conversão mais expressiva para a classe “Rio, Lago e Oceano”. As demais transições, como migrações para restinga herbácea, formações savânicas ou aquicultura, apresentaram quantidades menores, ainda que indiquem alterações relevantes na dinâmica do ecossistema manguezal.

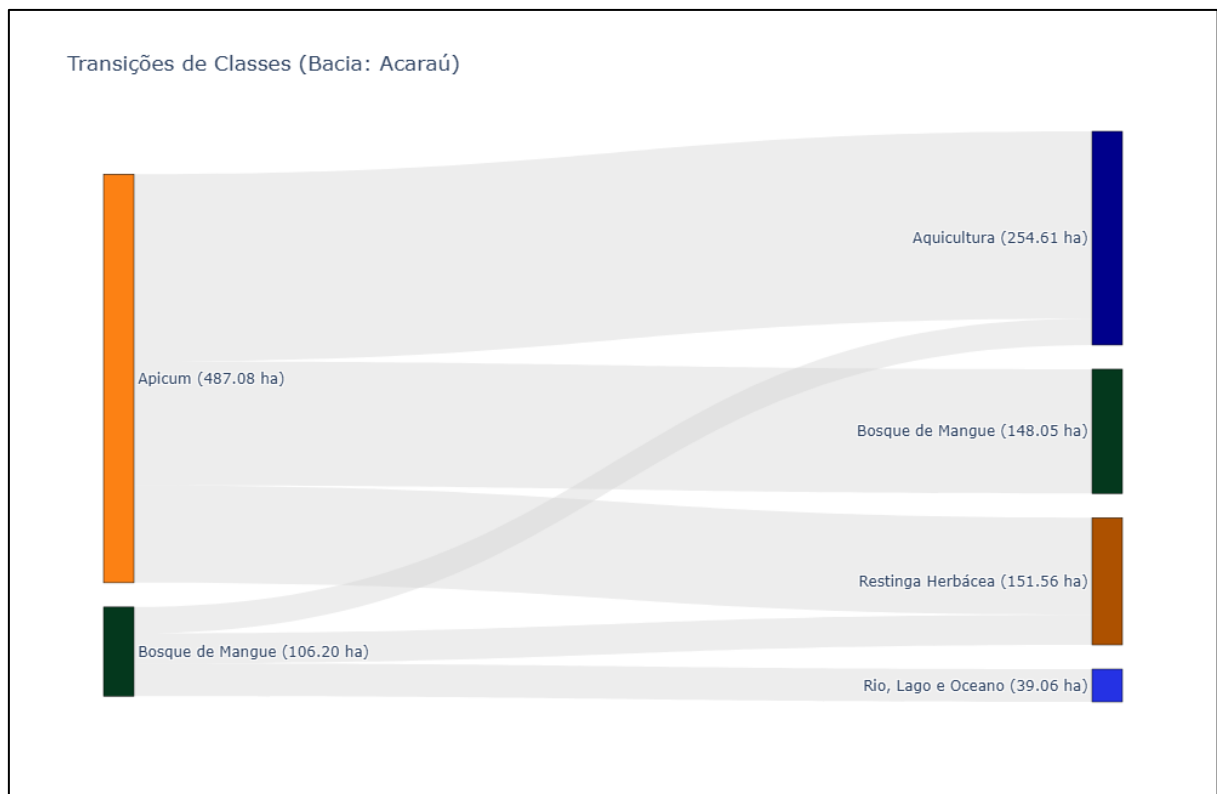
No caso dos apicuns, foi possível notar duas classes de destino mais expressivas. A primeira é a conversão de apicum para aquicultura, principalmente nas bacias do Acaraú, Coreá e Metropolitana, ressaltando que a ausência dessa feição em categorias de proteção pode intensificar seu uso e ocupação, aspecto que se relaciona diretamente com a segunda direção de mudança.

A segunda transição mais marcante é a de apicum para bosque de mangue, observada em diferentes regiões e com forte representatividade, como no Acaraú, Coreá e Litoral. Essa dinâmica evidencia a importância do apicum para o funcionamento espacial do ecossistema manguezal, considerando que há troca de classes entre essas feições, porém, quando o apicum já se encontra ocupado, sua conversão natural para bosque de mangue tende a ser limitada, reduzindo o espaço disponível para a expansão dos bosques de mangue.

6.4.2 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Acaraú

As áreas de bosque de mangue apresentaram transições principalmente para corpos hídricos (39,06 ha), restinga herbácea (35,73 ha) e aquicultura (31,41 ha). No caso do apicum, observaram-se valores expressivos de conversão para aquicultura (223,20 ha), bosque de mangue (148,05 ha) e restinga herbácea (115,83 ha). Os maiores volumes estão concentrados no apicum, especialmente na passagem para aquicultura, que representa a maior mudança registrada na bacia (Gráfico 9). Inclusive, o Diagnóstico da Bacia do Acaraú já evidenciou a degradação do ecossistema manguezal para atividades de carcinicultura (Ceará, 2022).

Gráfico 9 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Acaraú



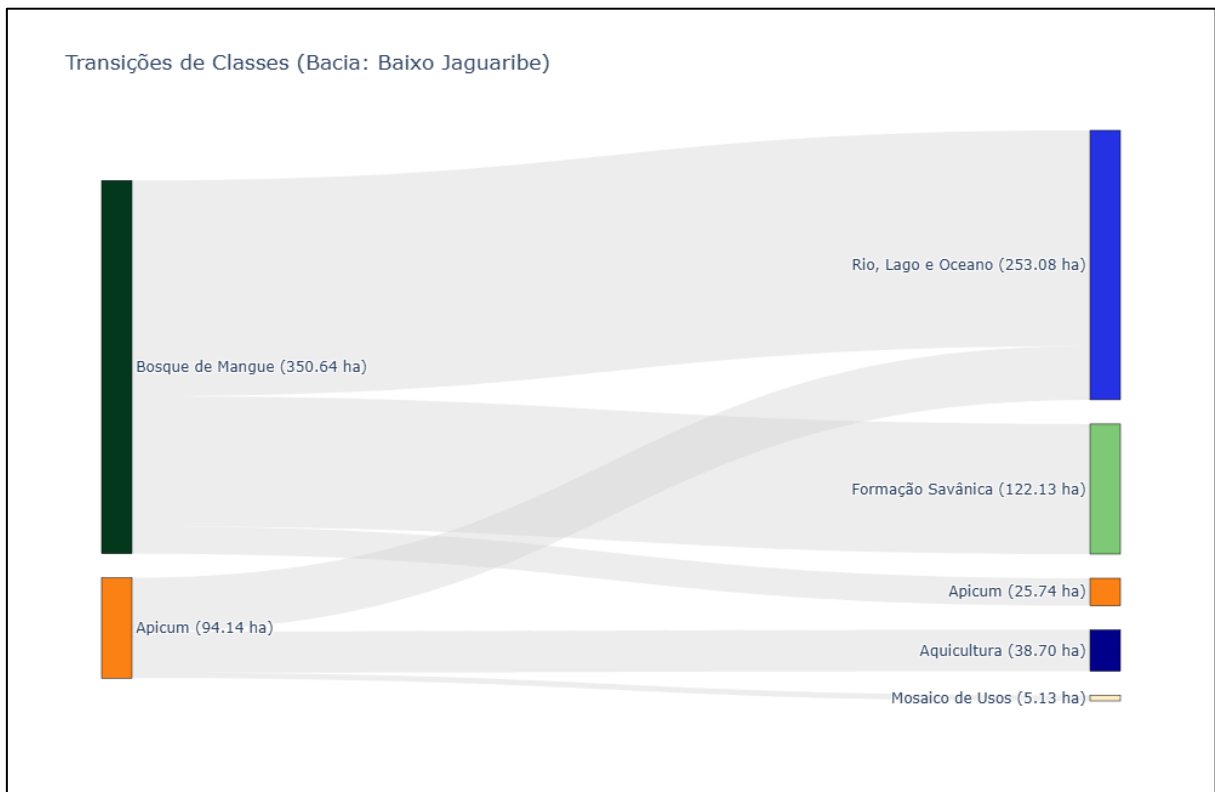
Fonte: elaborado pelo autor.

6.4.3 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Baixo Jaguaribe

A classe bosque de mangue (Gráfico 10) apresentou como principal destino os corpos d'água (202,77 ha), seguido por formação savânica (122,13 ha) e apicum (25,74 ha). O apicum, por sua vez, registrou transições significativas para corpos hídricos (50,31 ha) e aquicultura (38,70 ha), além de mudanças para mosaicos de usos (5,13 ha). A elevada passagem

de “bosque de mangue” para “Rio, lago e oceano” pode estar associada ao fato de a planície costeira dessa região apresentar baixa declividade e elevada sensibilidade a processos hidrodinâmicos, como a ação das marés, a erosão das margens estuarinas e a migração de canais, que podem resultar na submersão temporária ou no recuo da vegetação de mangue ao longo do tempo (Schaeffer-Novelli *et al.*, 2000; Lacerda, 2002). A passagem da classe de bosque de mangue para formação savânica pode evidenciar a degradação e o aterramento do ecossistema manguezal citado na Síntese do Plano da Região Hidrográfica do Baixo Jaguaribe (Ceará, 2023).

Gráfico 10 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Baixo Jaguaribe



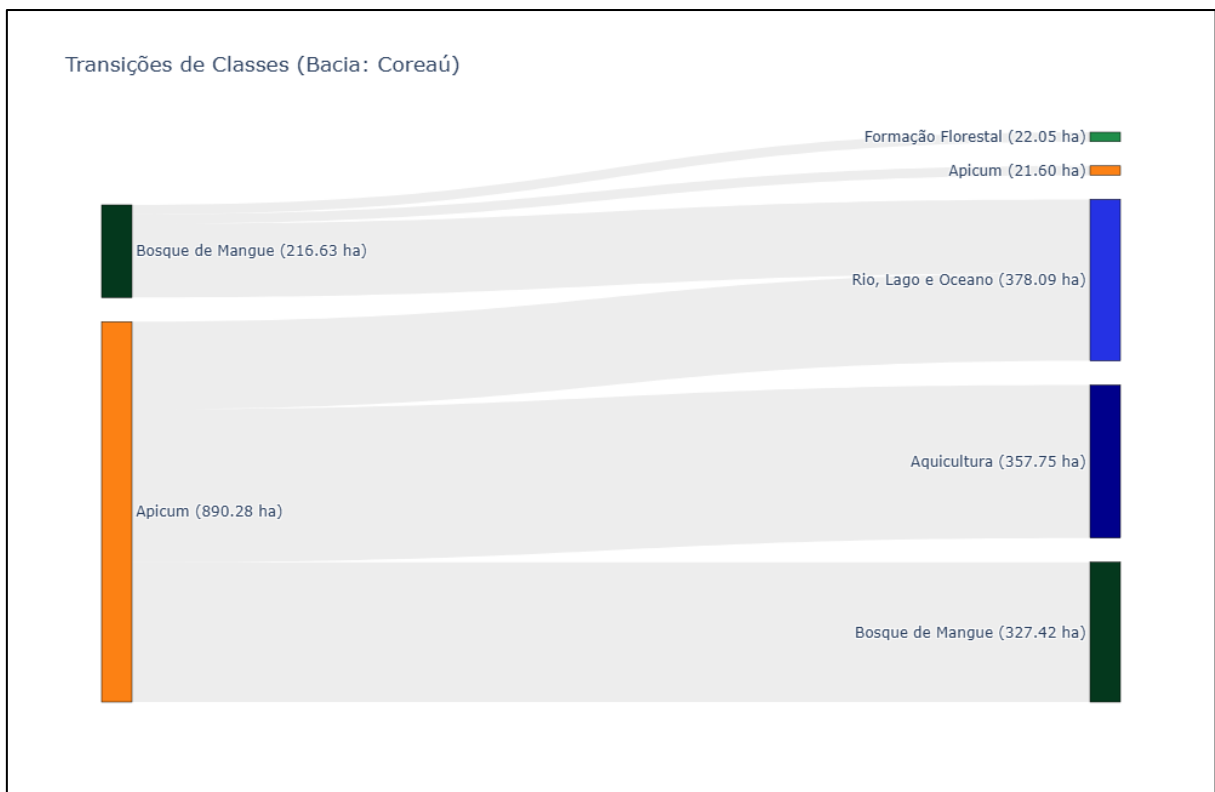
Fonte: elaborado pelo autor.

6.4.4 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Coreau

A bacia do Coreau (Gráfico 11) apresentou o conjunto mais volumoso e diversificado de transições. A classe de bosque de mangue mostrou mudanças para corpos d’água (172,98 ha), formação florestal (22,05 ha) e apicum (21,60 ha). No apicum, observou-se conversão acentuada para aquicultura (357,75 ha) e bosque de mangue (327,42 ha), além de variações para corpos hídricos (205,11 ha). As transições para aquicultura evidenciam as

características socioeconômicas locais, que estão mais associadas a atividades relacionadas à economia do mar, fazendo com que áreas importantes para o ecossistema manguezal sejam degradadas e a dinâmica entre bosque de mangue e apicum seja cada vez mais reduzida (Ceará, 2022). A análise dessas transições na bacia destacou a alternância recorrente entre apicum e bosque de mangue e a forte interação com o ambiente hídrico.

Gráfico 11 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Coreaú



Fonte: elaborado pelo autor.

6.4.5 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Curu

A bacia do Curu (Gráfico 12) apresenta o menor volume de transições entre as feições estudadas. O manguezal apresentou mudanças reduzidas para apicum (0,99 ha), corpos d'água (0,72 ha) e restinga herbácea (0,72 ha). O apicum registrou apenas uma transição para manguezal (0,81 ha). Os valores reduzidos podem sugerir uma estabilidade espacial das classes durante o período analisado.

Gráfico 12 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Curu



Fonte: elaborado pelo autor.

6.4.6 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Litoral

O bosque de mangue do Litoral (Gráfico 13) apresentou transições para corpos d'água (119,97 ha), restinga herbácea (97,56 ha) e formação florestal (80,19 ha). Já o apicum mostrou conversões relevantes para bosque de mangue (186,33 ha), restinga herbácea (69,12 ha) e aquicultura (54,09 ha). Destaca-se a passagem de apicum para bosque de mangue como a maior transição observada na bacia, indicando uma redistribuição das feições ao longo do tempo.

Gráfico 13 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia do Litoral



Fonte: elaborado pelo autor.

6.4.7 Áreas de Bosques de Mangue e Apicum na Bacia do Metropolitana

Nesta bacia, o bosque de mangue transicionou principalmente para restinga herbácea (117,9 ha), aquicultura (97,47 ha) e corpos d'água (42,21 ha). O apicum apresentou mudanças expressivas para aquicultura (152,82 ha), bosque de mangue (105,12 ha) e restinga herbácea (92,52 ha). O volume total dessas transições indica elevada mobilidade espacial e reforça a interação mútua entre apicum e bosque de mangue, além da presença consistente de mudanças associadas a usos produtivos (Gráfico 14).

Gráfico 14 – Principais transições de uso e cobertura da Bacia Metropolitana



Fonte: elaborado pelo autor.

6.5 Valoração Ambiental dos Serviços Ecossistêmicos

A metodologia de transferência de benefícios foi aplicada por Costanza (1997) e posteriormente aprimorada no âmbito da TEEB (2010). Com base nesses avanços, De Groot *et al.* (2012) reavaliaram essa abordagem, mantendo o mesmo referencial metodológico, com o objetivo de estimar o valor econômico dos serviços ecossistêmicos em escala global. Para isso, os autores compilaram mais de 320 estudos de caso, dos quais foram extraídos cerca de 1.350 valores individuais associados aos serviços ecossistêmicos.

Esses estudos incluíam avaliações de diferentes metodologias econômicas, como disposição a pagar, métodos de custos evitados, preço de mercado, entre outros. Os serviços ecossistêmicos foram agrupados em 23 categorias baseadas na tipologia da Millennium Ecosystem Assessment (MEA), divididos em quatro grandes grupos: provisão, regulação, habitat e culturais. A MEA foi uma iniciativa internacional lançada em 2001, sob coordenação das Nações Unidas, com o objetivo de avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas para o bem-estar humano.

De Groot *et al.* (2012) estimaram o valor total dos serviços ecossistêmicos por bioma, sendo que grande parte desse valor é fornecida por ecossistemas costeiros e marinhos (como manguezais e recifes de corais), assim como florestas tropicais e zonas úmidas.

No estudo, alguns ecossistemas, como manguezais e recifes de coral, apresentaram valores monetários estimados mais elevados que outros por hectare, associados à diversidade de serviços ecossistêmicos considerados nos estudos de valoração.

Nesta pesquisa, para a valoração econômica do ecossistema manguezal do Ceará, foram utilizados os dados de *Coastal Wetlands*, nos quais foram analisadas 139 estimativas de valoração, sendo obtidas medidas como médias, medianas, desvios padrão, valores mínimos e máximo. Esses resultados serviram de referência para a valoração econômica da área de estudo (Quadro 7).

Quadro 7 – Valor monetário dos serviços prestados por áreas úmidas costeiras (em Int.\$/ha/ano – valores de 2007)

Coastal Wetlands	No. of used Estimates	Mean Value (int\$/ha/y)	Median Value (Int\$/ha/y)	St Dev of values	Minimum Value (int\$/ha/y)	Maximum Value (Int\$/ha/y)
TOTAL:	139	193.845	12.163	384.192	300	887.828
PROVISIONING SERVICES	59	2.998	935	6.920	18	27.845
1 Food	27	1.111	234	3.564	0	18.743
2 (Fresh) water supply	4	1.217	296	2.055	1	4.277
3 Raw materials	25	358	93	884	0	4.218
4 Genetic resources	1	10	10		10	10
5 Medicinal resources	2	301	301	417	7	596
6 Ornamental resources						
REGULATING SERVICES	35	171.515	7.738	332.731	249	685.696
7 Influence on air quality						
8 Climate regulation	6	65	31	74	7	184
9 Moderation of extreme events	20	5.351	2.238	7.845	2	32.291
10 Regulation of water flows						
11 Waste treatment / water purification	4	162.125	4.197	318.660	6	640.099
12 Erosion prevention	4	3.929	1.226	6.151	188	13.076
13 Nutrient cycling / maintenance of soil fertility	1	45	45		45	45
14 Pollination						
15 Biological control						
HABITAT SERVICES	26	17.138	2.942	38.129	14	145.940
16 Lifecycle maintenance (esp. nursery service)	20	10.648	1.127	29.020	5	123.886
17 Gene pool protection (conservation)	6	6.490	1.815	9.109	9	22.054
CULTURAL SERVICES	19	2.193	549	6.413	20	28.347
18 Aesthetic information						
19 Opportunities for recreation and tourism	19	2.193	549	6.413	20	28.347
20 Inspiration for culture, art and design						
21 Spiritual experience						
22 cognitive information (education and science)						

Fonte: De Groot *et al.* (2012).

De acordo com a metodologia, os valores foram atualizados em dólares (USD), seguindo a Consumer Price Index (CPI), que pode ser traduzida como Índice de Preços ao

Consumidor, sendo o principal índice de inflação americana. A média do CPI encontrada para o ano de 2023 foi de 304.702. Esse valor foi dividido por 207.342, que corresponde ao valor do CPI de 2007, cotação utilizada na tabela por De Groot *et al.* (2012), obtendo os valores atualizados em dólar para 2023. Esses valores foram então multiplicados pela taxa média de câmbio de dólar para reais (USD-BRL) encontrada para 2023, que foi de 5,0 (IBGE, 2023), resultando no Quadro 11, que representa os valores dos serviços ecossistêmicos atualizados para 2023.

Quadro 8 – Valores dos serviços ecossistêmicos atualizados e convertidos para reais

Serviço	Média BRL	Mediana BRL	Desvio Padrão BRL	Mín BRL	Máx BRL
Food	8163,42	1719,39	26187,6	0	137720,04
Water supply	8942,29	2174,95	15099,75	7,35	31426,59
Raw materials	2630,52	683,35	6495,47	0	30993,07
Genetic resources	73,48	73,48	0	73,48	73,48
Medicinal resources	2211,69	2211,69	3064,04	51,43	4379,3
Ornamental resources					
Air quality regulation					
Climate regulation	477,61	227,78	543,74	51,43	1352
Moderation of extreme events	39318,14	16444,4	57643,58	14,7	237268,19
Regulation of water flows					
Waste treatment	1191263,99	30838,77	2341453,72	44,09	4703327
Erosion prevention	28869,55	9008,42	45196,39	1381,39	96079,99
Nutrient cycling	330,65	330,65	0	330,65	330,65
Pollination					
Biological control					
Lifecycle maintenance	78239,5	8280,98	213233,5	36,74	910291,02
Gene pool protection	47687,3	13336,28	66931,22	66,13	162048,64
Aesthetic information					
Recreation and tourism	16113,75	4033,95	47121,52	146,96	208288,42
Inspiration for culture					
Spiritual experience					
Cognitive development					

Fonte: Adaptado de De Groot *et al.* (2012).

6.5.1 Valoração dos Bosques de Mangue nas Bacias Hidrográficas do Ceará

Com os valores atualizados em reais, cada serviço ecossistêmico foi multiplicado pela área correspondente dos bosques de mangue em cada bacia hidrográfica, resultando no valor total estimado dos serviços ecossistêmicos para as unidades de análise no Ceará.

Em consonância com a legislação que faz referência aos serviços ecossistêmicos, Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021 (Brasil, 2021), e com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio, os serviços ecossistêmicos anteriormente classificados por De Groot *et al.* (2012) na categoria Habitat foram enquadrados como serviços de Suporte. Nesse contexto, o serviço denominado *Nutrient cycling* foi especificamente realocado para essa categoria (Quadro 9). Os serviços ecossistêmicos que não possuem valor na tabela original foram ocultados.

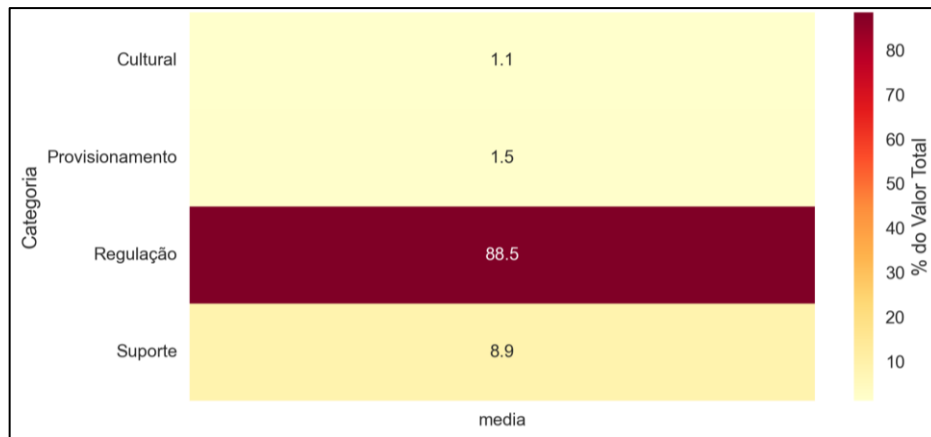
Quadro 9 – Serviços Ecosistêmicos e Categorias

Serviço Ecosistêmico (Em Inglês)	Categoria	Tradução do Serviço Ecosistêmico
Food	Provisão	Alimentos
Water supply	Provisão	Abastecimento de água
Raw materials	Provisão	Matérias-primas
Genetic resources	Provisão	Recursos genéticos
Medicinal resources	Provisão	Recursos medicinais
Climate regulation	Regulação	Regulação do clima
Moderation of extreme events	Regulação	Moderação de eventos extremos
Waste treatment	Regulação	Tratamento de resíduos
Erosion prevention	Regulação	Prevenção da erosão
Nutrient cycling	Suporte	Ciclagem de nutrientes
Lifecycle maintenance	Suporte	Manutenção do ciclo de vida
Gene pool protection	Suporte	Proteção do pool genético
Recreation and tourism	Cultural	Recreação e turismo

Fonte: Adaptado de De Groot *et al.* (2012).

A metodologia aplicada permitiu identificar a contribuição percentual de cada categoria de serviço (Gráfico 15), considerando que os valores derivam de uma tabela padronizada. Os resultados mostram que os serviços de Regulação representam 88,5% do valor total gerado pelos manguezais, evidenciando a predominância dessa categoria na composição econômica dos serviços ecossistêmicos avaliados, enquanto Suporte (8,9%), Provisionamento (1,5%) e Cultural (1,1%) apresentam participações menores.

Gráfico 15 – Contribuição percentual de cada categoria de serviço ecossistêmico



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse contexto, observam-se como principais contribuintes do valor total os serviços de regulação, especialmente “tratamento de resíduos/purificação da água” e “moderação de eventos extremos”. Entre os serviços de habitat/suporte, destacam-se “manutenção do ciclo de vida” e “conservação genética”, que reforçam o papel dos manguezais na sustentação de processos ecológicos essenciais, incluindo a função de berçário de espécies.

Esse resultado aponta a importância dos manguezais para o cumprimento dos ODS, especialmente o 13, que trata da mitigação das mudanças climáticas, já que os serviços de regulação estão associados ao sequestro e armazenamento de carbono.

Essa contribuição também se articula com o Acordo de Paris (Brasil, 2017), uma vez que os manguezais são importantes sumidouros de carbono, capazes de capturar e armazenar grandes quantidades de carbono em seus sedimentos e biomassa. Dessa forma, esses ecossistemas contribuem diretamente para o alcance das metas de mitigação das mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que reforçam a importância da incorporação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), como estratégias integradas para redução de emissões e fortalecimento da resiliência costeira.

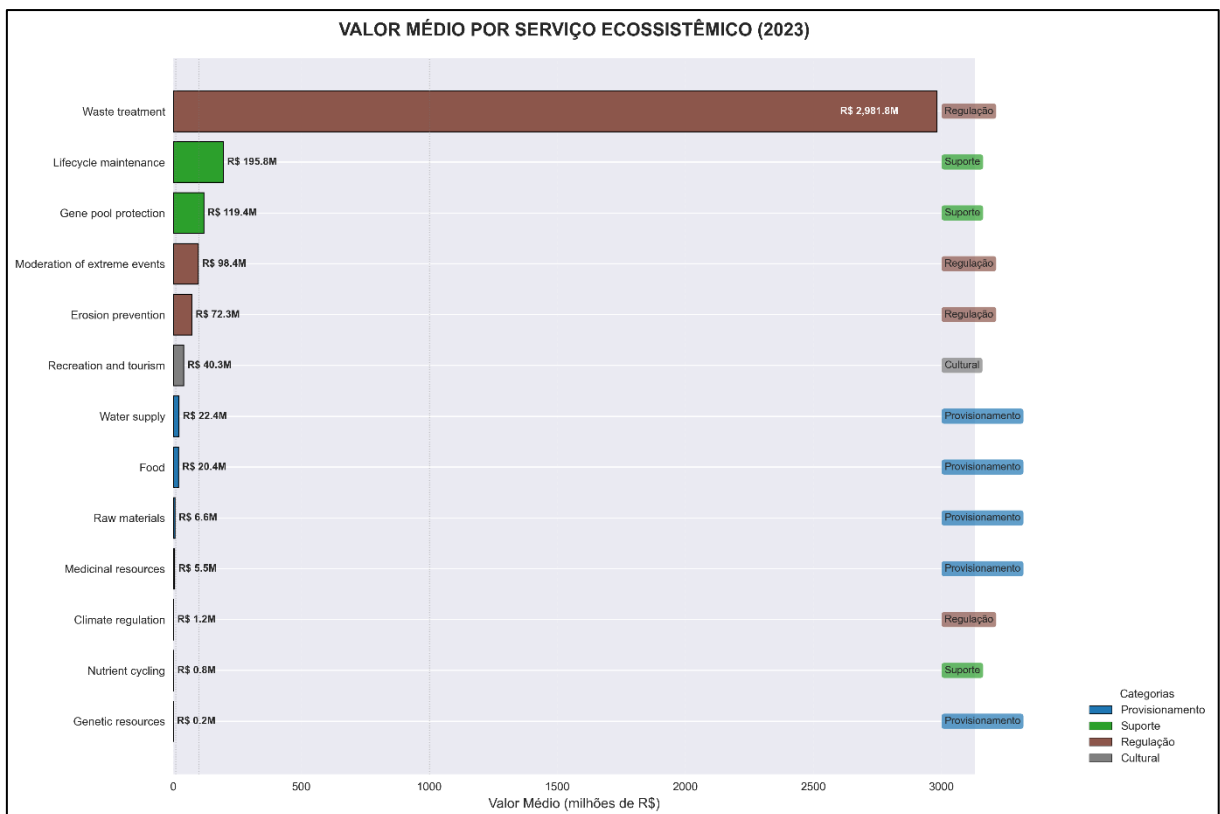
Embora com percentual menor, os serviços de suporte também possuem devida importância no contexto socioeconômico da área em estudo, já que a atividade pesqueira é influenciada pelo papel dos manguezais como berçários de espécies, o que, por sua vez, também impacta nos serviços de provisão de alimentos.

Contribuindo com o menor percentual, também é importante pontuar a importância do valor cultural do ecossistema manguezal, enraizado na cultura das comunidades tradicionais e povos indígenas.

6.5.2 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Acaraú

A Bacia do Acaraú apresenta 2.503,68 ha de bosques de mangue, resultando em valores elevados para os serviços ecossistêmicos. O serviço de maior expressão é o de tratamento de resíduos, estimado em aproximadamente R\$ 2,98 bilhões, representando a principal contribuição dentro da categoria de regulação (Gráfico 16). Os serviços de suporte também são relevantes, especialmente manutenção do ciclo de vida (R\$ 195,84 milhões) e proteção do conjunto genético (R\$ 119,36 milhões).

Gráfico 16 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Acaraú



Fonte: elaborado pelo autor.

Entre os serviços de regulação, destacam-se ainda os valores associados à moderação de eventos extremos (R\$ 98,42 milhões) e à prevenção de erosão (R\$ 72,26 milhões), indicando múltiplas funções ecológicas desempenhadas pelos manguezais nesta bacia. Pode-se salientar que a bacia, em sua porção costeira, abrange atividades econômicas vinculadas à pesca; logo, os serviços de regulação e suporte possuem ligação com a dinâmica socioeconômica regional.

6.5.3 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Baixo Jaguaribe

Com 556,70 ha de bosques de mangue, a Bacia do Baixo Jaguaribe apresenta valores mais modestos quando comparada às demais bacias de maior porte, uma vez que ela ainda é considerada parte de uma bacia maior, a do Rio Jaguaribe (Gráfico 17). Ainda assim, observa-se o valor para tratamento de resíduos em R\$ 663,2 milhões. Os serviços de suporte mantêm sua relevância, especialmente manutenção do ciclo de vida (R\$ 43,56 milhões) e proteção do conjunto genético (R\$ 26,55 milhões). Também se observam contribuições dos serviços de moderação de eventos extremos (R\$ 21,89 milhões) e prevenção de erosão (R\$ 16,07 milhões). Na bacia do Baixo Jaguaribe, os serviços de suporte e regulação apresentam relação direta com a estrutura produtiva regional, marcada pela presença da aquicultura e por alterações no uso e cobertura do solo nas feições do ecossistema manguezal.

Gráfico 17 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Baixo Jaguaribe

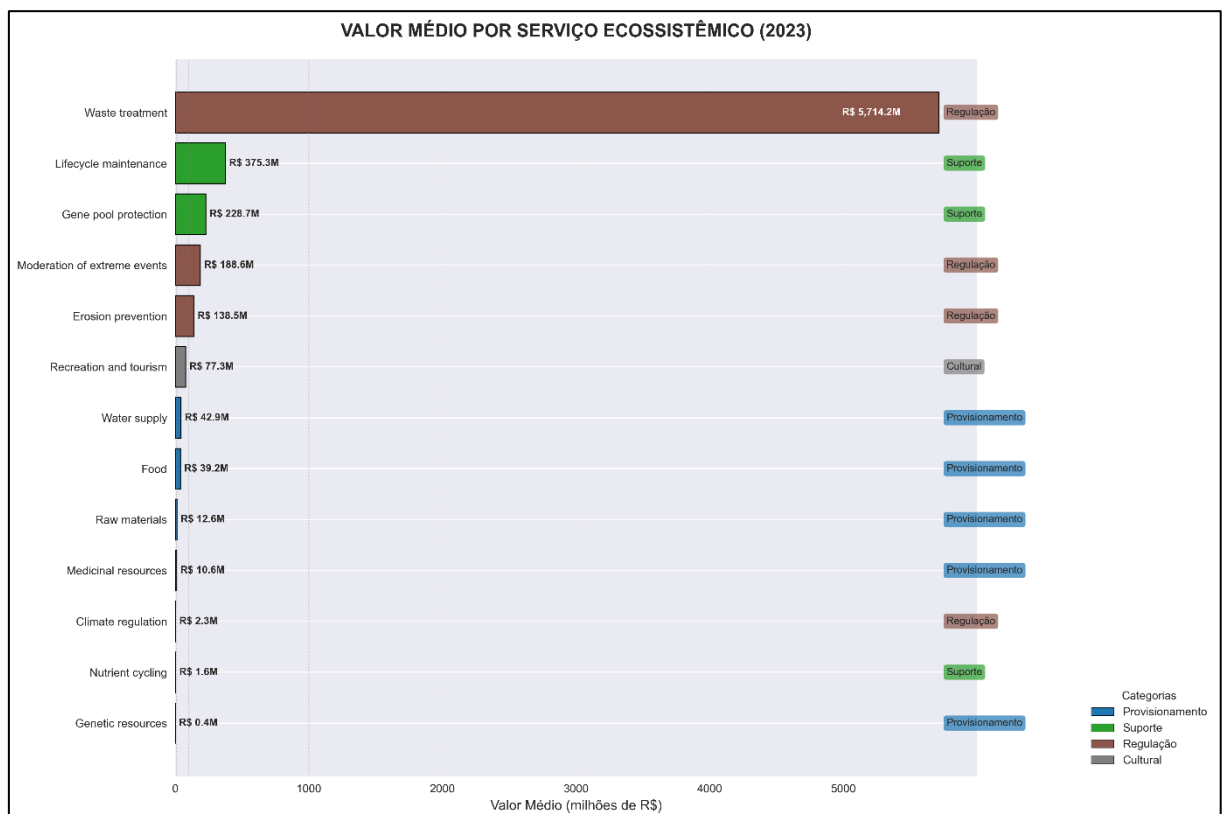


Fonte: elaborado pelo autor.

6.5.4 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Coreaú

A Bacia do Coreaú concentra a maior área de bosques de mangue entre as regiões analisadas, totalizando 4.796,71 ha. Esse fator contribui diretamente para a elevada representatividade econômica dos serviços ecossistêmicos (Gráfico 18). Destaca-se o serviço de tratamento de resíduos, com valor estimado em R\$ 5,71 bilhões, o maior entre todas as bacias. Os serviços de suporte também alcançam expressão significativa, com manutenção do ciclo de vida (R\$ 375,29 milhões) e proteção do conjunto genético (R\$ 228,74 milhões). Entre os serviços de regulação, a moderação de eventos extremos (R\$ 188,60 milhões) e a prevenção de erosão (R\$ 138,48 milhões) também demonstram grande contribuição. O conjunto desses valores evidencia a multiplicidade de funções desempenhadas pelo manguezal nesta bacia de maior extensão.

Gráfico 18 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Coreaú



Fonte: elaborado pelo autor.

6.5.5 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Curu

A Bacia do Curu possui a menor área de bosques de mangue (111,82 ha), o que se reflete nos valores mais reduzidos entre todas as bacias. Ainda assim, o valor para tratamento de resíduos foi avaliado em R\$ 133,21 milhões (Gráfico 19). Os serviços de suporte, como manutenção do ciclo de vida (R\$ 8,75 milhões) e proteção do conjunto genético (R\$ 5,33 milhões), apresentam também valores proporcionais à área. Os serviços de moderação de eventos extremos (R\$ 4,40 milhões) e prevenção de erosão (R\$ 3,23 milhões) demonstram que, apesar da menor extensão, ainda apresentam valores monetários altos, não sendo um local de menor importância, mesmo tendo a menor área.

Gráfico 19 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Curu



Fonte: elaborado pelo autor.

6.5.6 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Litoral

A Bacia do Litoral possui 3.542,09 ha de bosques de mangue e apresenta valores elevados em todas as categorias analisadas (Gráfico 20). O tratamento de resíduos atingiu R\$ 4,21 bilhões. O serviço ecossistêmico de manutenção do ciclo de vida chegou a R\$ 277,13

milhões, e o de proteção do conjunto genético, a R\$ 168,91 milhões. Entre os serviços regulatórios, a moderação de eventos extremos chegou a R\$ 139,27 milhões, enquanto o de prevenção de erosão apresentou o valor de R\$ 102,26 milhões.

Gráfico 20 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Litoral

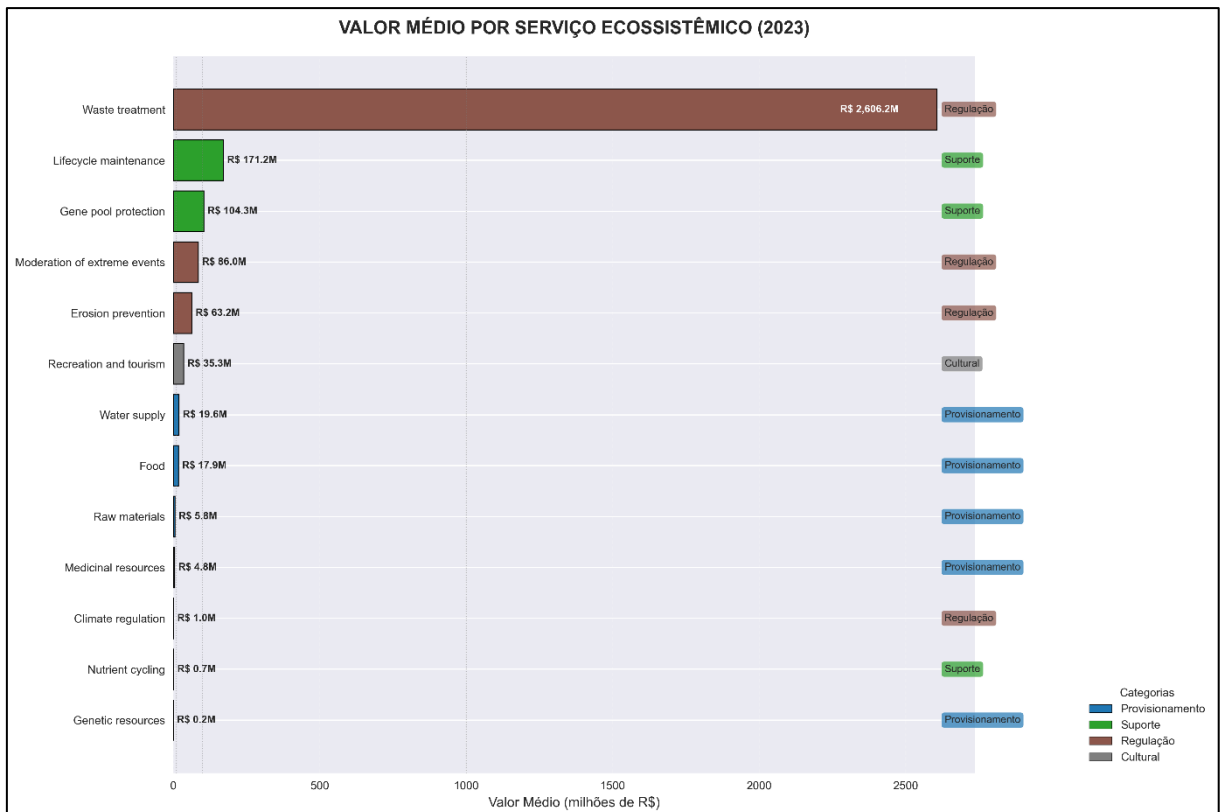


Fonte: elaborado pelo autor.

6.5.7 Valoração dos Bosques de Mangue na Bacia do Metropolitana

A última bacia da análise, com 2.187,73 ha de bosques de mangue, apresenta valores elevados, especialmente nas categorias de regulação (Gráfico 21). O serviço de tratamento de resíduos alcança R\$ 2,61 bilhões, apontando a relevância dessa função em áreas com maior influência urbana. Os serviços de suporte também se destacam, com valores de manutenção do ciclo de vida (R\$ 171,17 milhões) e proteção do conjunto genético (R\$ 104,33 milhões). Entre os serviços com maior valor monetário, observam-se contribuições de moderação de eventos extremos (R\$ 86,02 milhões) e prevenção de erosão (R\$ 63,16 milhões), demonstrando a importância da conservação de manguezais em áreas urbanas.

Gráfico 21 – Valor médio dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Metropolitana



Fonte: elaborado pelo autor.

6.5 Manguezais e Políticas Públicas no Ceará

A valoração econômica dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos bosques de mangue das bacias analisadas evidencia valores expressivos, predominantemente vinculados aos serviços de regulação, como tratamento de resíduos, moderação de eventos extremos e prevenção da erosão.

Esses valores refletem a dimensão dos benefícios indiretos gerados pelos manguezais e o papel estruturante que desempenham na estabilidade ambiental das regiões costeiras. É importante ressaltar, ainda, que a valoração ambiental envolve complexidades na definição do valor, visto que há autores que defendem e outros que são contrários à ideia (Oliveira; Oliveira, 2024).

O Plano Plurianual (PPA) é o instrumento de planejamento que estabelece as diretrizes, objetivos e metas da administração pública do Estado do Ceará para as despesas de capital e programas de duração continuada. Nesse sentido, o PPA expressa as prioridades governamentais e as escolhas pactuadas com a sociedade, orientando a alocação de recursos públicos durante o ano.

Logo, ao analisarmos o PPA do Estado do Ceará (Ceará, 2019), com base no Demonstrativo Consolidado de Valores Financeiros dos anexos da Lei de Revisão (atualizados pela Lei nº 17.860, de 29 de dezembro de 2021 – LOA 2022), é possível verificar que os valores empregados no Eixo 7, Ceará Sustentável, ainda se situam abaixo dos valores obtidos como referência para os ecossistemas (Quadro 10).

Quadro 10 – Demonstrativo Consolidado de Valores Financeiros do Eixo 7 do PPA do Ceará

Tema	Programa	Nome do Programa	Valor 2023 (R\$)
7.2 – Meio Ambiente	721	Ceará Consciente por Natureza	6.854.605,00
7.2 – Meio Ambiente	722	Revitalização de Áreas Urbanas Degradadas	63.573.237,00
7.2 – Meio Ambiente	723	Ceará da Proteção e Bem-Estar Animal	4.600.000,00
7.2 – Meio Ambiente	724	Ceará Mais Verde: Conservar e Proteger os Recursos Naturais e a Biodiversidade	29.650.000,00
7.2 – Meio Ambiente	725	Ceará no Clima: Mitigando e se adaptando às Mudanças Climáticas	600.000,00
7.2 – Meio Ambiente	726	Resíduos Sólidos	63.527.138,00
7.3 – Recursos Hídricos	731	Planejamento e Gestão Participativa dos Recursos Hídricos	14.114.796,00
7.3 – Recursos Hídricos	732	Oferta Hídrica para Múltiplos Usos	542.954.922,00

Fonte: Adaptado de Ceará (2019).

A comparação entre os valores econômicos estimados para os serviços ecossistêmicos dos bosques de mangue e os recursos públicos destinados ao meio ambiente, no âmbito do Eixo 7 – Ceará Sustentável, evidencia uma discrepância estrutural entre a magnitude dos benefícios gerados por esses ecossistemas e o volume de investimento público direcionado à sua gestão. Em 2023, o Tema 7.2 – Meio Ambiente concentrou aproximadamente R\$ 168,8 milhões, destinados a programas que abrangem desde ações institucionais de gestão ambiental

até iniciativas de conservação, revitalização urbana e manejo de resíduos sólidos. Esse montante, embora relevante no contexto orçamentário estadual, representa apenas uma fração do valor econômico associado aos serviços prestados pelos manguezais.

As estimativas de valoração indicam que, apenas na Bacia Metropolitana, os serviços ecossistêmicos dos bosques de mangue alcançam aproximadamente R\$ 3,1 bilhões, valor que supera em mais de 18 vezes o total alocado ao tema Meio Ambiente em todo o estado no mesmo ano. Essa diferença numérica não implica, por si só, insuficiência orçamentária, mas evidencia uma assimetria relevante entre o valor econômico dos serviços gerados pelos ecossistemas e os recursos programados especificamente para sua gestão e conservação. A análise ressalta que os benefícios associados à integridade dos manguezais, especialmente aqueles vinculados aos serviços de regulação e suporte, possuem uma magnitude econômica muito superior aos valores previstos no orçamento ambiental.

Essa assimetria torna-se ainda mais evidente quando se considera o custo potencial associado à restauração de áreas degradadas. A recomposição de manguezais, mesmo em cenários conservadores, demanda investimentos elevados, frequentemente superiores aos valores anuais destinados a programas ambientais. Assim, a perda de áreas relativamente pequenas pode resultar em custos de restauração que ultrapassam, de forma significativa, os recursos regularmente alocados para a conservação ambiental, reforçando a desproporção entre o valor econômico dos serviços ecossistêmicos e o montante disponível para evitar sua degradação. Estudos que abordam a restauração de manguezais apontam que os custos associados a essas intervenções podem variar em função das características ambientais do local, do grau de degradação e das técnicas adotadas para a recuperação (Goto *et al.*, 2025). Em determinados contextos, especialmente quando há necessidade de obras de reconfiguração hidrológica ou intervenções estruturais, os valores envolvidos podem alcançar patamares elevados por unidade de área. Quando considerados em escala territorial mais ampla, esses custos tendem a representar um desafio adicional para programas ambientais, uma vez que podem superar os recursos usualmente previstos nos instrumentos de planejamento e financiamento da conservação, evidenciando limitações orçamentárias para ações de restauração em larga escala.

Nesse contexto, a análise integrada entre valoração econômica e orçamento público não busca estabelecer juízos normativos, mas oferecer uma base quantitativa para compreender os limites da capacidade financeira destinada à gestão ambiental frente à importância funcional e econômica dos manguezais. As estimativas de valor dos serviços ecossistêmicos permitem dimensionar, em termos monetários, os benefícios associados à manutenção desses

ecossistemas e contribuem para ampliar o debate sobre a adequação dos instrumentos de planejamento e financiamento ambiental. Dessa forma, a incorporação da valoração econômica como ferramenta analítica pode subsidiar discussões mais consistentes sobre a alocação de recursos públicos e o fortalecimento de políticas ambientais compatíveis com a relevância ecológica e econômica dos manguezais no estado do Ceará.

7 CONCLUSÃO

A presente tese desenvolveu uma análise integrada da valoração dos serviços ecossistêmicos dos manguezais do Estado do Ceará, articulando a investigação do cenário científico da temática, por meio de análise bibliométrica, com a avaliação da dinâmica espaço-temporal desses ecossistemas e sua inserção nos instrumentos de planejamento público.

À luz dos resultados obtidos, a hipótese que orientou esta pesquisa é corroborada, na medida em que se observou um descompasso entre os valores econômicos estimados para os serviços ecossistêmicos dos manguezais e os recursos efetivamente alocados nos instrumentos de planejamento estadual. Embora sejam identificadas iniciativas voltadas à conservação ambiental, os resultados sugerem que tais políticas podem não refletir plenamente a relevância ecológica, social e econômica desses ecossistemas.

A análise bibliométrica possibilitou identificar tendências, concentrações temáticas e lacunas na produção científica sobre valoração de serviços ecossistêmicos, evidenciando tanto a consolidação do campo quanto a necessidade de maior aprofundamento em contextos regionais.

Os resultados evidenciaram que a distribuição espacial dos bosques de mangue e das áreas de apicum apresenta variações significativas entre as bacias hidrográficas costeiras estudadas, refletindo diferentes níveis de pressão antrópica e padrões de ocupação do território. Essas diferenças indicam que os manguezais estão inseridos em contextos ambientais heterogêneos, o que reforça a necessidade de abordagens individualizadas na gestão desses ecossistemas.

A estimativa do valor econômico dos serviços ecossistêmicos, por meio do método de transferência de benefícios, permitiu dimensionar monetariamente funções ambientais que, em geral, não são incorporadas aos processos tradicionais de planejamento. A comparação entre esses valores e os instrumentos de planejamento estadual, especialmente o Plano Plurianual, revelou limites na incorporação explícita dos manguezais como elementos estratégicos nas políticas públicas. Embora existam iniciativas voltadas à conservação ambiental, a análise sugere que a relevância econômica estimada dos serviços ecossistêmicos nem sempre se reflete de forma proporcional nos programas e recursos destinados a esses ambientes.

As limitações metodológicas do estudo, particularmente associadas ao uso de dados secundários e à aplicação da transferência de benefícios, impõem restrições à precisão dos valores estimados. Além disso, a ausência de estudos locais de valoração primária e de informações sistemáticas sobre os custos associados à conservação e à degradação dos

manguezais dificulta uma análise mais aprofundada da relação entre benefícios ecológicos e decisões orçamentárias. Esses aspectos evidenciam a necessidade de cautela na utilização dos resultados, que devem ser compreendidos como subsídios analíticos ao debate, e não como valores definitivos.

Como perspectivas futuras, destaca-se a importância de ampliar a base empírica de estudos de valoração dos serviços ecossistêmicos em escala local, por meio da aplicação de métodos primários que permitam capturar especificidades ecológicas e socioeconômicas dos manguezais do Estado do Ceará. Adicionalmente, recomenda-se o aprofundamento de análises sobre a efetividade dos instrumentos de conservação, especialmente no que se refere ao papel das UCs na manutenção da integridade desses ecossistemas. Também pode-se avançar na integração entre dados espaciais de alta resolução e abordagens econômicas, de modo a refinar as estimativas de valoração e incorporar dinâmicas territoriais mais detalhadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, Henri. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS, 2., 2006, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006.

ALONGI, Daniel M. Carbon cycling and storage in mangrove forests. **Annual Review of Marine Science**, v. 6, p. 195–219, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Divisão Hidrográfica Nacional (DHN250)** (Shapefile). Brasília, 2021. [Dados geográficos]. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/fb87343a-cc52-4a36-b6c5-1fe05f4fe98c/attachments/micro_RH.zip. Acesso em: 26 set. 2025.

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar Ribeiro; SIMÕES, Marcelo Siqueira. Da teoria à prática da valoração econômica ambiental: uma introdução metodológica. **Revista Economia**, v. 13, n. 2, p. 203–235, 2012.

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “economia dos ecossistemas”. **Texto para discussão**. Campinas: Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), [s.d.].

BALDIM, Matheus Morganti. **Valoração dos serviços ecossistêmicos como instrumento para a criação de unidades de conservação: um estudo de caso no Distrito do Saí** (São Francisco do Sul/SC). 2022. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2022.

BARBIER, Edward B.; HACKER, Sally D.; KENNEDY, Chris; KOCH, Evamaria W.; STIER, Adrian C.; SILLIMAN, Brian R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, p. 169–193, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>

BELOTO, Natália. Bases para a compreensão do potencial de carbono azul em manguezais brasileiros: um experimento e uma revisão bibliográfica. 2024. 103 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

BERNARDINO, Angelo Fraga; MAZZUCO, Ana Carolina Cardoso; COSTA, Renato Ferreira; SOUZA, Felipe; OWUOR, Michael A.; NÓBREGA, Gustavo Nunes; SANDERS, Christian J.; FERREIRA, Tiago Oliveira; KAUFFMAN, J. Boone. The inclusion of Amazon mangroves in Brazil’s REDD+ program. **Nature Communications**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45459-w>

BRASIL. Decreto n. 1.905, de 16 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional (Convenção de Ramsar), de 2 de fevereiro de 1971. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 8520, 17 maio 1996.

BRASIL. Decreto n. 12.045, de 2024. Institui o Programa ProManguezal para conservação e recuperação dos manguezais brasileiros. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2024.

BRASIL. Decreto n. 9.073, de 5 de junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 6 jun. 2017.

BRASIL. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, p. 1, 26 dez. 2006.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. Lei n. 7.661, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 maio 1988.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 20 jan. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n. 647, de 2019. Aprova o Plano de Ação Nacional para Conservação dos Manguezais (PAN Manguezal). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 5 de junho de 1992. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 mar. 1998.

BRATMAN, Gregory N.; ANDERSON, Christopher B.; BERMAN, Marc G.; COCHRAN, Brittany; DE VRIES, Sjerp; FAGERHOLM, Nora; FOLKE, Carl; FRUMKIN, Howard; GROSS, James J.; HARTIG, Terry; KAHN JR., Peter H.; KELLY, Scott P.; KENNEDY, Catherine M.; KLEIN, Justin A.; LEVIN, Phillip S.; LINDBORG, Regina; MEYER-LINDENBERG, Andreas; OUDENHOVEN, Alexander P. E. van; SELTENRICH, Nate; VAN DEN BOSCH, Matilda; WHEELER, Benedict W.; WHITE, Mathew P.; ZENK, Shannon N.; DAILY, Gretchen C. Nature and mental health: an ecosystem service perspective. **Science Advances**, Washington, v. 5, n. 7, p. 1–14, 5 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>

BROUWER, Roy. Environmental value transfer: state of the art and future prospects. **Ecological Economics**, v. 32, n. 1, p. 137–152, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00070-1)

CAMPORA, Ana Lúcia; MAY, Peter H. A valoração ambiental como ferramenta de gestão em unidades de conservação: há convergência de valores para o bioma Mata Atlântica? **Revista Megadiversidade**, Brasília, v. 2, n. 1-2, p. 24–38, dez. 2006.

CEARÁ. Lei n. 14.844, de 28 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH) e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, CE, 30 dez. 2010.

CEARÁ (Estado). Lei n. 17.160, de 27 de dezembro de 2019. Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período 2020–2023. **Diário Oficial do Estado do Ceará**, Fortaleza, CE, 27 dez. 2019.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos; Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Síntese do Plano da Região Hidrográfica do Baixo Jaguaribe**. Fortaleza: SRH/COGERH, 2023.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos; Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Diagnóstico da Região Hidrográfica do Coreaú**. Fortaleza: SRH/COGERH, 2022.

COASE, Ronald H. The problem of social cost. **Journal of Law and Economics**, v. 3, p. 1–44, 1960.

COSBY, Andrew G.; LEBAKULA, Vusi; SMITH, Christopher N.; *et al.* Accelerating growth of human coastal populations at the global and continent levels: 2000–2018. **Scientific Reports**, v. 14, p. 22489, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73287-x>

COSTANZA, Robert; D'ARGE, Ralph; DE GROOT, Rudolf; FARBER, Stephen; GRASSO, Monica; HANNON, Bruce; LIMBURG, Karin; NAEEM, Shahid; O'NEILL, Robert V.; PARUELO, José; RASKIN, Robert G.; SUTTON, Paul; VAN DEN BELT, Marjan. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1038/387253a0>

CRESWELL, John W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.

DAILY, Gretchen C.; SÖDERQVIST, Tore; ANIYAR, Shirin; ARROW, Kenneth; DASGUPTA, Partha; EHRLICH, Paul R.; FOLKE, Carl; JANSSON, AnnMari; JANSSON, Bengt-Owe; KAUTSKY, Nils; LEVIN, Simon; LUBCHENCO, Jane; MÄLER, Karl-Göran; SIMPSON, David; STARRETT, David; TILMAN, David; WALKER, Brian. The value of nature and the nature of value. **Science**, v. 289, n. 5478, p. 395–396, 2000.

DE GROOT, Rudolf S.; ALKEMADE, Rob; BRAAT, Leo; HEIN, Lars; WILLEMEN, Louise. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management, and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260–272, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>

DE GROOT, Rudolf S.; WILSON, Matthew A.; BOUMANS, Roelof M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393–408, 2002.

DE GROOT, Rudolf S.; WILSON, Matthew A.; BOUMANS, Roelof M. J. **The economics of ecosystems and biodiversity (TEEB): ecological and economic foundations**. London: Earthscan, 2010.

DIÁRIO DO NORDESTE. Estudo inédito estima a existência de quase 90 mil barragens no

CE. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/estudo-inedito-estima-a-existencia-de-quase-90-mil-barragens-no-ce-1.2969982>. Acesso em: 20 jan. 2025.

DONATO, Daniel C.; KAUFFMAN, J. Boone; MURDIYARSO, Daniel; KURNIANTO, Sofyan; STIDHAM, Marcus; KANNINEN, Markku. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, v. 4, p. 293–297, 2011.

DUKE, Norman C.; MEYNECKE, Jan-Olaf; DITTMANN, Sabine; ELLISON, Aaron M.; ANGER, Klaus; BERGER, Uta; CANNICCI, Stefano; DIELE, Karen; EWEL, Katherine C.; FIELD, Christopher D.; KOEDAM, Nico; LEE, Shing Yip; MARCHAND, Cyril; NORDHAUS, Inga; DAHDOUH-GUEBAS, Farid. A world without mangroves? **Science**, v. 317, p. 41–42, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.317.5834.41>

GLOBAL MANGROVE ALLIANCE. Site oficial. Disponível em: <https://www.mangrovealliance.org/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

GODOY, Mario Duarte Pinto; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade; LACERDA, Luiz Drude de. Mangrove response to land use change in estuaries along the semiarid coast of Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 34, n. 3, p. 524–533, 2018.

GOTO, G. M. *et al.* Implementation costs of restoring global mangrove forests. **One Earth**, v. 8, n. 7, p. 101342, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101342>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário estatístico do Brasil 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://anuario.ibge.gov.br/2023.html>. Acesso em: 11 fev. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama: Ceará. 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 15 nov. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Perfil regional. Fortaleza: IPECE, 2024. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-regional.xhtml>. Acesso em: 11 fev. 2026.

JIA, Mingliang *et al.* Mapping global distribution of mangrove forests at 10-m resolution. **Science Bulletin**, v. 68, n. 12, p. 1306–1316, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scib.2023.05.004>

JOHNSTON, Robert J.; ROLFE, John; ROSENBERGER, Randall S.; BROUWER, Roy. **Benefit transfer of environmental and resource values: a guide for researchers and practitioners**. Dordrecht: Springer, 2015.

KALLIS, Giorgos; GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik; ZOGRAFOS, Christos. To value or not to value? That is not the question. **Ecological Economics**, v. 94, p. 97–105, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.002>

LACERDA, Luiz Drude de. **Mangrove ecosystems: function and management**. Berlin: Springer-Verlag, 2002.

LACERDA, Luiz Drude de; FERREIRA, Alexander Cesar; WARD, Raymond D.; BORGES, Rebecca. Editorial: mangroves in the Anthropocene. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p. 1–4, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.993409>

LACERDA, Luiz Drude de; WARD, Raymond D.; BORGES, Rebecca; FERREIRA, Alexander Cesar. Mangrove trace metal biogeochemistry response to global climate change. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 5, p. 1–14, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.817992>

LEFF, Enrique. Complexidade, racionalidade ambiental e diálogo de saberes. **Educação & Realidade**, v. 34, n. 3, p. 17–24, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=317227055003>

MAPBIOMAS. Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 23 out. 2024.

MAPBIOMAS. Método de cobertura e uso. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/metodo_cobertura_e_uso. Acesso em: 3 out. 2024.

MARIANO NETO, Manoel; SILVA, Janaína Barbosa da. Estimativas dos estoques de carbono em ecossistema de manguezal no Brasil: uma revisão. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 45, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/75044>. Acesso em: 21 jan. 2025.

MCLEOD, Elizabeth; CHMURA, Gail L.; BOUILLON, Steven; SALM, Rodney; BJÖRK, Mats; DUARTE, Carlos M.; LOVELOCK, Catherine E.; SCHLESINGER, William H.; SILLIMAN, Brian R. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 10, p. 552–560, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1890/110004>

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/Synthesis.html>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

MIRANDA, Luiz Bruner de; MARTINS, Iara Azevedo; SOARES, Maria Lúcia Gomes. **Levantamento e quantificação dos manguezais do Estado do Ceará**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1988.

MONTEIRO, Luiz Henrique Uchôa; SOUZA, Glauco Medeiros; MAIA, Luiz Parente; SILVA, Luís Fernando Farias; LACERDA, Luiz Drude de. Manguezais do Nordeste. **Ciência Hoje**, 2006.

MONTEIRO, Luiz Henrique Uchôa; SOUZA, Glauco Medeiros; MAIA, Luiz Parente; SILVA, Luís Fernando Farias; LACERDA, Luiz Drude de. Evolução das áreas de manguezal do litoral nordeste brasileiro entre 1978 e 2004. **Revista da Associação Brasileira de Ciência do Ambiente**, 2004.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

NAVRUD, Ståle; READY, Richard C. (ed.). **Environmental value transfer: issues and methods**. Dordrecht: Springer, 2007.

NÓBREGA, Gerson Nunes da. **Blue carbon em solos de manguezais do semiárido: importância, métodos de quantificação e emissão de gases C-CO₂**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Década das Nações Unidas da Restauração dos Ecossistemas. Disponível em: <https://www.decadeonrestoration.org/pt-br>. Acesso em: 17 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 25 jun. 2022.

PACTO GLOBAL DA ONU. ODS e Agenda 2030. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods-e-agenda-2030/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

PENDLETON, Linwood; DONATO, Daniel C.; MURDIYARSO, Daniel; SOEHARTONO, Tuti; STARK, David; KAUFFMAN, J. Boone. Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. **PLoS ONE**, v. 7, n. 9, e43542, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>

PIGOU, Arthur Cecil. **The economics of welfare**. London: Macmillan, 1920.

PLUMMER, Mark L. Assessing benefit transfer for the valuation of ecosystem services. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 38–45, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1890/080091>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals.html>. Acesso em: 8 set. 2021.

QUEIROZ, L.; ROSSI, S.; MEIRELES, J.; COELHO, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970–2012: trends after mangrove forest privatization in Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 73, p. 54–62, 2013.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara *et al.* Manguezais brasileiros: características, distribuição e ameaças. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1251–1263, 2012.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara. A diversidade do ecossistema manguezal. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Atlas dos manguezais do Brasil**. Brasília, DF: ICMBio, 2018.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R. R.; CAMARGO, T.

M. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, v. 23, n. 2, p. 319–334, 2000.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; ROVAI, A. S.; COELHO-JR, C.; MENGHINI, R. P.; ALMEIDA, R. Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os manguezais brasileiros. In: COMITÊ BRASIL. **Código Florestal e a ciência: o que nossos legisladores ainda precisam saber**. Brasília, DF: Comitê Brasil, 2012.

SCHULDT, Andreas; EBELING, Anne; KUNZ, Matthias; STAAB, Michael; GUIMARÃES-STEINICKE, Claudia; BACHMANN, Dörte; BUCHMANN, Nina; DURKA, Walter; FICHTNER, Andreas; FORNOFF, Felix; HÄRDTLE, Werner; HERTZOG, Lionel R.; KLEIN, Alexandra Maria; ROSCHER, Christiane; SCHALLER, Jörg; VON OHEIMB, Goddert; WEIGELT, Alexandra; WEISSER, Wolfgang W.; WIRTH, Christian; EISENHAUER, Nico. Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09448-8>

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO CEARÁ (SEMA). Gerenciamento costeiro. 2025. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/gerenciamento-costeiro/sobre-gerenciamento-costeiro/>. Acesso em: 11 out. 2025.

SILVA, Maykon Targino da; BELTRÃO, Neyde Emanuelle Santos; MORALES, Gerson Pita. Valoração dos serviços ecossistêmicos em uma unidade de conservação na Amazônia brasileira. **Revista Geoaraguaia**, v. 13, n. 1, p. 208–227, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/10931>. Acesso em: 22 jan. 2025.

SILVA, Maykon Targino da. **Dinâmica da linha de costa do Estado do Ceará, Brasil**. 2022. 125 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Fortaleza, 2022.

SOUZA, Emanuelle da Silva; ALMEIDA, Maria Clara; BOMFIM, Maria Rita; SANTOS, José A. G. Comparação entre métodos para determinação de carbono orgânico em solos de manguezais da Baía de Todos os Santos. In: CONGRESSO VIRTUAL DE AGRONOMIA (CONVIRAGRO), 10., 2022. **Anais [...]**. [S.l.: s.n.], 2022.

TASHAKKORI, Abbas; TEDDLIE, Charles. **SAGE handbook of mixed methods in social and behavioral research**. 2. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2010.

THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). About & approach. Disponível em: <https://teebweb.org/about/approach/>. Acesso em: 12 set. 2023.

THIERS, Paulo Roberto Lopes; MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade; SANTOS, João Otacílio. **Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Brasília: IBGE, 1977.

ZHANG, Jian; GAN, Shuqing; YANG, Peng; ZHOU, Jun; HUANG, Xia; CHEN, Hui; HE, Hong; SAINTILAN, Neil; SANDERS, Christian J.; WANG, Fei. A global assessment of

mangrove soil organic carbon sources and implications for blue carbon credit. **Nature Communications**, v. 15, p. 8994, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53413-z>.