

FITOECOLOGIA DOS MANGUEZAIS DO LITORAL SETENTRIONAL BRASILEIRO: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MONITORAMENTO AMBIENTAL NO SETOR COSTEIRO SEMIÁRIDO

Larissa de Pinho Aragão¹

Universidade Federal do Ceará

E-mail: larissaaragao@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3276-4278>

Edson Vicente da Silva²

Universidade Federal do Ceará

E-mail: cacauceara@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Jurandir Rodrigues de Mendonça Júnior³

Universidade Federal do Ceará

E-mail: jurandir.rodriquesmjr@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2319-3752>

Khokhy Barros Sefo⁴

Universidade Federal do Ceará

E-mail: sefobarros@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7487-9631>

Flavia Rebelo Mochel⁵

Universidade Federal do Maranhão

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

Resumo

Manguezais são ecossistemas essenciais para a regulação das dinâmicas climáticas, físicas e ecológicas das zonas costeiras, bem como para o provimento de bens e serviços às populações humanas. A sua distribuição e caracterização no Litoral Setentrional Brasileiro são diversificadas em função das diferentes condições físico-geográficas, especialmente na Região Semiárida Nordestina, com destaque para a costa cearense. O objetivo deste estudo foi discutir a necessidade de planos de monitoramento ambiental voltados à conservação e preservação dos ecossistemas manguezais, em decorrência do atual contexto de mudanças climáticas e da intensa pressão humana sobre essas áreas. Inicialmente, realizou-se uma análise geoambiental e fitoecológica dos manguezais distribuídos na Margem Atlântica Setentrional, com ênfase no litoral do Ceará, por meio de uma abordagem ecológica, com o uso de fotografias aéreas, imagens de satélites e dados quantitativos, referenciados pela literatura específica. Por fim, discute-se as possibilidades de implementação de planos de monitoramento ambiental desses ecossistemas na zona costeira cearense.

Palavras-chave: manguezais; mudanças climáticas; litoral setentrional semiárido; métricas da paisagem; planos de monitoramento.

¹ Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

² Professor Titular no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

³ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

⁴ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará.

⁵ Professora Associada da Universidade Federal do Maranhão.

PHYTOECOLOGY OF THE MANGROVES OF THE NORTHERN BRAZILIAN COAST: CLIMATE CHANGE AND ENVIRONMENTAL MONITORING IN ITS SEMI-ARID SECTOR

Abstract

Mangroves are ecosystems that are essential for regulating the climatic, physical, and ecological dynamics of coastal areas, as well as for providing goods and services to human populations. Their distribution and characteristics along the northern coast of Brazil are diverse due to different physical and geographical conditions, especially in the semi-arid region, particularly along the coast of Ceará. The objective of this study was to discuss the need for environmental monitoring plans aimed at the conservation and preservation of mangrove ecosystems, due to the current context of climate change and intense human pressure on these areas. Initially, a geo-environmental and phytoecological analysis of the mangroves distributed along the northern Atlantic coast was carried out, with an emphasis on the coast of Ceará, using an ecological approach, with the use of aerial photographs, satellite images, and quantitative data, referenced by specific literature. Finally, the possibilities for implementing environmental monitoring plans for these ecosystems in the coastal zone of Ceará are discussed.

Keywords: mangroves; climate change; semi-arid northern coast; landscape metrics; monitoring plans.

FITOECOLOGIA DE LOS MANGLARES DE LA COSTA NORTE BRASILEÑA: CAMBIO CLIMÁTICO Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN SU SECTOR SEMIÁRIDO

Resumen

Los manglares son ecosistemas esenciales para la regulación de las dinámicas climáticas, físicas y ecológicas de las zonas costeras, así como para el suministro de bienes y servicios a las poblaciones humanas. Su distribución y caracterización en el litoral norte de Brasil son diversas debido a las diferentes condiciones físico-geográficas, especialmente en la región semiárida, con destaque para la costa de Ceará. El objetivo de este estudio fue discutir la necesidad de planes de monitoreo ambiental orientados a la conservación y preservación de los ecosistemas de manglares, debido al contexto actual de cambio climático y la intensa presión humana sobre estas áreas. Inicialmente, se realizó un análisis geoambiental y fitoecológico de los manglares distribuidos en la costa atlántica septentrional, con énfasis en el litoral de Ceará, mediante un enfoque ecológico, con el uso de fotografías aéreas, imágenes de satélite y datos cuantitativos, referenciados por la literatura específica. Por último, se discuten las posibilidades de implementación de planes de monitoreo ambiental de estos ecosistemas en la zona costera de Ceará.

Palabras clave: manglares; cambio climático; litoral septentrional semiárido; métricas del paisaje; planes de monitoreo.

Introdução

Manguezais são ecossistemas situados nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente em ambientes estuarinos, onde ocorre o encontro das águas salgadas dos oceanos e mares com os aportes fluviais provenientes das bacias de drenagens (Alongi, 2002). São constituídos por uma flora ecologicamente adaptada às diferentes sazonalidades dos fluxos hídricos, com inundações constantes e uma grande variação em seus gradientes de

oxigênio no substrato e de salinidade hídrica (Macnae, 1968; Duke *et al.*, 1998; K *et al.*, 2024). Representam um dos sistemas costeiros com maior produtividade primária, além de acumularem elevados estoques de carbono em seus sedimentos e na biomassa vegetal (Howard *et al.*, 2017).

Os ecossistemas manguezais apresentam importância ecológica e econômica em função da sua elevada produtividade e capacidade de estabilização e regulação dos processos físicos costeiros (Huxham *et al.*, 2017; Queiroz *et al.*, 2017; Owuor *et al.*, 2024). Predominantemente, estão localizados na Ásia (especialmente na Malásia e na Índia), na África Atlântica (sobretudo na Nigéria e no Senegal) e na América Atlântica (particularmente no Brasil e na Venezuela). Estima-se que existam aproximadamente 14,8 milhões de hectares de manguezais distribuídos pelo mundo (FAO, 2023).

Sob o ponto de vista ecológico, os manguezais possuem funções relacionadas à habitat, alimentação e reprodução de diferentes espécies da fauna marinha, fluvial, terrestre e do próprio estuário, compreendendo moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos. Configura-se como uma importante fonte de recursos naturais para as comunidades litorâneas tradicionais, como grupos indígenas, quilombolas, marisqueiros e pescadores (Owuor *et al.*, 2024). No litoral brasileiro, a sua distribuição espacial estende-se do Cabo Orange, no Amapá, até o município de Laguna, em Santa Catarina, totalizando uma área estimada de 14.000 km² (Brasil, 2018).

O termo manguezal é utilizado para designar o respectivo ecossistema, enquanto a palavra mangue refere-se à vegetação arbórea-arbustiva desse ambiente estuarino (Macnae, 1968). Apicum corresponde às feições gramíneo-herbáceas situadas em ambientes abertos, no interior e nas bordas dos manguezais, enquanto os salgados são afloramentos de sedimentos salinizados, desprovidos de qualquer tipo de vegetação, no interior da planície fluviomarina (Albuquerque *et al.*, 2014). A Vegetação Paludosa Marítima de Mangue (Gomes F. C.; Bezerra F., 1990) é formada por uma densa cobertura vegetal arbórea, onde predominam cinco principais espécies: mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), mangue-preto (*Avicennia schaueriana*; *A. germinans*) e o mangue botão (*Conocarpus erectus*).

Segundo Silva e Rodriguez (2011), o litoral brasileiro possui uma extensão longitudinal aproximada de 7.400 km, subdividida em dois grandes conjuntos: o Litoral Oriental, que se estende do Arroyo do Chuí (Rio Grande do Sul) ao Cabo do Calcanhar (Rio Grande do Norte); e o Litoral Setentrional, que se prolonga do Cabo do Calcanhar até o

Oiapoque (Amapá). O Litoral Setentrional Brasileiro apresenta ótimas condições ambientais, para o desenvolvimento de um ecossistema manguezal em seu estágio de clímax ecológico, que são favorecidas pelo clima mais úmido e pela presença de extensas zonas intertidais, com fluxos hídricos fluviais permanentes e intensa deposição sedimentar.

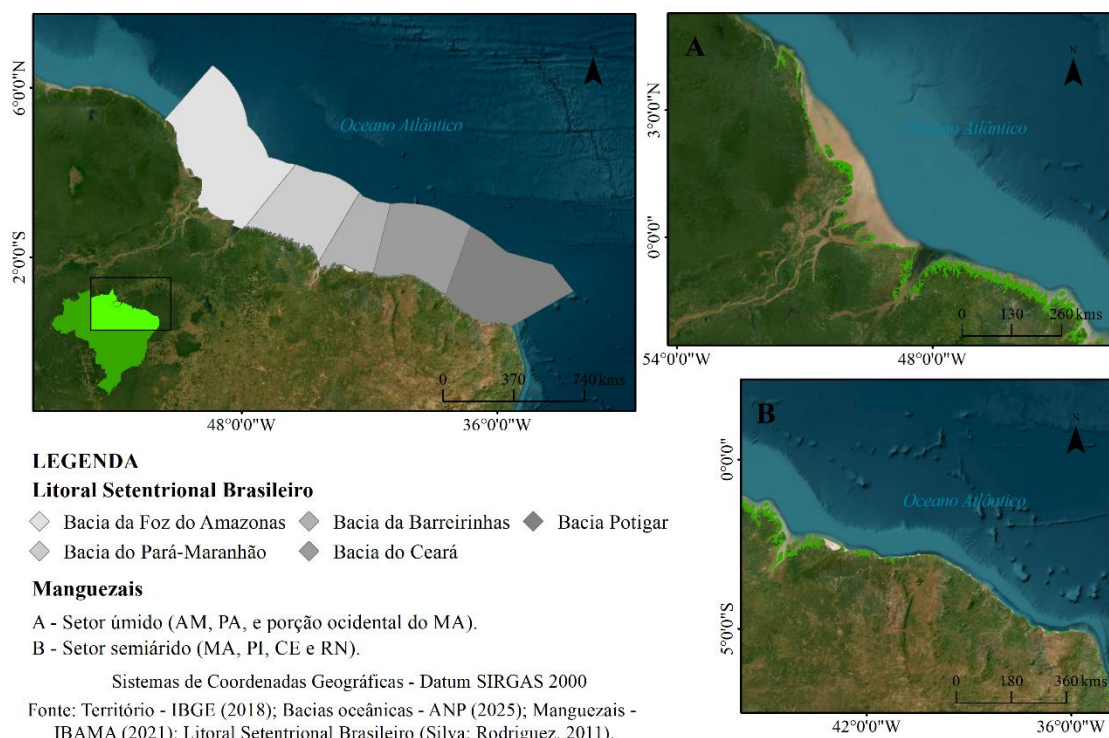
O Litoral Setentrional Brasileiro corresponde a uma extensa faixa costeira com cerca de 3.000 km de extensão linear, apresentando elevado grau de conservação ambiental quando comparado a outros setores do litoral nacional. Esse segmento reúne dois contextos físico-geográficos distintos: um associado à Região Amazônica, marcado por forte influência fluviomarina e elevada disponibilidade hídrica, e outro inserido no Nordeste, caracterizado por condições climáticas predominantemente semiáridas, que condicionam dinâmicas costeiras e ecológicas diferenciadas.

A compartimentação do litoral brasileiro em grandes setores físico-geográficos constitui um instrumento fundamental para a compreensão da organização espacial dos ambientes costeiros e de seus controles climáticos, oceanográficos e morfoestruturais, especialmente no Nordeste. Nesse sentido, a orientação da linha de costa e os condicionantes estruturais explicam contrastes ambientais expressivos entre os setores setentrional e oriental, conforme evidenciado nas propostas clássicas de regionalização costeira e em revisões mais recentes (Silveira, 1964; Muehe, 2006).

O Litoral Setentrional apresenta uma orientação predominante W–E e NW–SE, fortemente influenciada por processos fluviomarinhos, responsáveis pela formação de extensas áreas estuarinas e de ambientes de baixa energia hidrodinâmica. Essa configuração geomorfológica favorece a instalação e a manutenção dos ecossistemas manguezais, ao ampliar a disponibilidade de sedimentos finos, matéria orgânica e zonas de intermaré, elementos essenciais ao funcionamento ecológico desses sistemas (Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

No contexto da fitoecologia dos manguezais do Litoral Setentrional Brasileiro (Figura 1), essa compartimentação assume papel central na interpretação dos padrões estruturais e funcionais da vegetação. A interação entre condições climáticas contrastantes, regimes de marés, aporte fluvial e geometria costeira influencia diretamente a conectividade estuarina, a salinidade e a estabilidade dos substratos, refletindo-se na composição florística, na estrutura e no vigor fisionômico dos manguezais ao longo desse setor costeiro (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

Figura 1. Litoral Setentrional Brasileiro e seus setores



Fonte: Elaboração própria (2025)

Os estados do Amapá, Pará, Maranhão e Piauí possuem, em seus estuários e reentrâncias, uma vegetação de mangue com um maior porte arbóreo e desenvolvimento ecológico, em razão do clima úmido equatorial. Os biomas da Floresta Amazônica e do Cerrado são os ambientes contíguos ao litoral dos estuários do Amazonas, do Pará e Maranhão, onde a drenagem fluvial apresenta um sistema perene que aporta grandes volumes de água doce e sedimentos durante todos os períodos sazonais do ano. Possuem paisagens naturais associadas a extensas planícies fluviomarinhas, pequenos trechos com praias arenosas e tabuleiros suavemente ondulados.

Os litorais do Ceará e do Rio Grande do Norte estão sob influência de um clima tropical semiárido, fazendo com que seus manguezais sejam mais vulneráveis às mudanças climáticas. Os setores sub-regionais que correspondem aos dois estados recebem cursos fluviais de regime intermitente, afluindo grandes volumes hídricos apenas nos períodos chuvosos. As feições paisagísticas predominantes relacionam-se a extensos campos de dunas, faixas de praia bem desenvolvidas, planícies de marés, pontas, falésias e tabuleiros costeiros planos e pouco recortados. Os manguezais desses dois setores sub-regionais estão em permanente estado de estresse hídrico, não permitindo um pleno desenvolvimento da sua cobertura vegetal.

A distribuição espacial da vegetação de mangue no Brasil, expressa em área e percentual por unidade federativa (Brasil, 2018), revela uma forte concentração no Litoral Setentrional Brasileiro, com uma maior ocorrência nos ambientes estuarinos e costeiros do Maranhão (36%), Pará (28%) e Amapá (16%), os quais juntos concentram cerca de 80% dos manguezais existentes no país. Em contraste, o Extremo Litoral Oriental apresenta baixa representatividade, com valores reduzidos no Piauí (0,40%), Rio Grande do Norte (1,0%) e Ceará (1,4%), resultado sobretudo das condições climáticas de semiaridez e da predominância de sistemas fluviais intermitentes, os quais limitam a expansão desses ecossistemas.

A problemática deste estudo insere-se no contexto da crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas de manguezais no litoral cearense, em que a limitada extensão dessas formações naturais contrasta com a intensidade dos processos de ocupação urbana, expansão econômica e uso inadequado do solo. A ausência de planejamento territorial integrado tem favorecido a degradação ambiental, a fragmentação da paisagem e a perda de funções ecológicas essenciais, ampliando a vulnerabilidade desses sistemas costeiros. Esse cenário compromete não apenas a integridade ambiental, mas também as atividades socioeconômicas diretamente dependentes dos manguezais.

Associado a esse quadro de ocupação espacial, as mudanças climáticas intensificam os riscos ambientais, por meio da elevação do nível do mar, da alteração do regime hidrosedimentar e do aumento da frequência de eventos extremos. Tais processos atuam de forma sinérgica com as pressões humanas, agravando os desequilíbrios ecológicos e dificultando a capacidade de resiliência dos manguezais cearenses. A falta de informações sistematizadas e de instrumentos contínuos de monitoramento limita a compreensão dessas dinâmicas e enfraquece as ações de gestão ambiental.

O objetivo deste estudo é discutir a necessidade de implementação de planos de monitoramento ambiental voltados aos ecossistemas de manguezais, considerando o contexto das mudanças climáticas e da intensificação das ações antrópicas no litoral do Ceará. Busca-se, de forma específica, analisar as principais pressões ambientais, compreender as interações entre os componentes físicos, biológicos e antrópicos da paisagem e subsidiar estratégias de planejamento e gestão que contribuam para a conservação e o uso sustentável desses ecossistemas costeiros.

Metodologia

Delineamento metodológico

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa, com abordagem descritiva, analítica e interpretativa, fundamentada nos pressupostos teóricos da Geoecologia da Paisagem e da Fitoecologia, aplicada aos manguezais do litoral do estado do Ceará. A metodologia adotada buscou compreender as funções ecológicas desses ecossistemas, bem como suas relações com os condicionantes físico-naturais e as pressões antrópicas, com vistas a subsidiar propostas de monitoramento ambiental frente ao atual contexto de mudanças climáticas.

Trata-se de um estudo de base documental, cartográfica e espacial, desenvolvido sem a realização de trabalho de campo, em que se priorizou a integração de dados secundários, análise de imagens de satélite e revisão da literatura científica especializada. Essa abordagem é amplamente empregada em estudos costeiros e ambientais, especialmente quando o objetivo é analisar padrões espaciais, dinâmicas da paisagem e funções ecológicas em escala regional e sub-regional (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016).

Área de estudo

A área de estudo compreende os manguezais distribuídos ao longo do litoral do estado do Ceará, inseridos no setor semiárido do Litoral Setentrional Brasileiro. Esse segmento costeiro distingue-se por apresentar elevada sazonalidade climática, drenagens fluviais predominantemente intermitentes, variações acentuadas de salinidade e regimes de mesomarés, fatores que condicionam diretamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas manguezais (Silva; Rodriguez, 2011; Diniz; Oliveira, 2016).

A escolha do litoral cearense justifica-se pela baixa representatividade espacial dos manguezais, associada à intensa pressão antrópica decorrente da expansão urbana, do turismo costeiro e da modificação dos sistemas estuarinos. A localização geográfica desses manguezais em um contexto climático semiárido, os torna particularmente vulneráveis às mudanças climáticas, reforçando a necessidade de análises voltadas à compreensão de suas funções ecológicas e à proposição de estratégias de monitoramento ambiental (Silva, 2024).

Base de dados e fontes de informação

A base de dados utilizada no estudo foi composta por informações secundárias provenientes de fontes institucionais, literatura científica e imagens de satélite. Foram utilizados dados sobre a distribuição espacial e a extensão dos manguezais disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (CENIMA/IBAMA) e adotados pelo Ministério do Meio Ambiente, além de informações quantitativas e qualitativas apresentadas em estudos prévios sobre manguezais brasileiros e nordestinos.

Complementarmente, foram consultados trabalhos clássicos e atuais sobre compartimentação costeira, geomorfologia litorânea e fitoecologia de manguezais, que serviram de base conceitual e interpretativa para a análise das funções ecológicas desses ecossistemas (Silveira, 1964; Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016; Silva, 2024).

Uso e interpretação de imagens de satélite

A análise espacial dos manguezais do litoral cearense foi realizada com o uso de imagens de satélite de alta resolução, obtidas por meio da plataforma *Google Earth*, amplamente utilizada em estudos ambientais e costeiros. Essas imagens permitiram a visualização detalhada da linha de costa, dos sistemas estuarinos, das áreas ocupadas por manguezais e das principais formas de uso e ocupação do solo em seu entorno imediato.

As imagens de satélite foram empregadas para identificar feições geomorfológicas relevantes, como planícies de maré, canais estuarinos, áreas de deposição sedimentar e setores sujeitos à fragmentação da vegetação. Esse procedimento possibilitou reconhecer padrões espaciais de conservação e degradação dos manguezais, bem como alterações associadas às pressões antrópicas e às limitações impostas pelo clima semiárido (Scheffers; Scheffers; Kelletat, 2012; Diniz; Oliveira, 2016).

Procedimentos de análise das funções ecológicas dos manguezais

A análise das funções ecológicas dos manguezais do litoral do Ceará foi conduzida a partir de uma abordagem integrada da paisagem, considerando a interação entre os componentes físicos, biológicos e antrópicos. Foram analisadas funções, como a estabilização geomorfológica, a retenção e redistribuição de sedimentos, a regulação hidrológica, o suporte à biodiversidade e a conectividade entre os sistemas terrestre, estuarino e marinho, conforme proposto por Tricart (1977), Gomes F. A. e Bezerra P. (1990), Rodriguez, Silva e Cavalcante (2022) e Silva (2024).

A interpretação das imagens de satélite, associada aos dados secundários e à literatura científica, permitiu avaliar como fatores, como a intermitência fluvial, a elevada salinidade e a pressão antrópica, interferem no desempenho ecológico dos manguezais cearenses. Essa análise possibilitou identificar setores mais vulneráveis e áreas com maior potencial de manutenção das funções ecológicas, mesmo em condições ambientais adversas.

Com base na integração das análises fitoecológicas, espaciais e geoambientais, foi elaborada uma síntese interpretativa voltada a subsidiar a discussão de planos de monitoramento ambiental para os manguezais do litoral do Ceará. Essa síntese considerou indicadores relacionados à integridade da vegetação, à conectividade paisagística, à estabilidade dos ambientes estuarinos e à intensidade das pressões humanas.

A metodologia adotada demonstra que o uso de imagens de satélite, aliado à abordagem integrada da paisagem, constitui um instrumento eficiente para o acompanhamento das dinâmicas ambientais dos manguezais, reforçando sua aplicabilidade em ações de planejamento, gestão e conservação desses ecossistemas costeiros frente aos cenários atuais e futuros de mudanças climáticas (Muehe, 2006; Diniz; Oliveira, 2016; Silva, 2024).

Resultados e Discussão

Os manguezais do litoral do estado do Ceará e suas funções ecológicas

Os manguezais localizados no Ceará são espacialmente pouco frequentes e a sua ocorrência está relacionada à foz dos rios, com estuários geralmente planos, sujeitos à penetração da água do mar e à dissolução gradual pela água do rio (Alcântara Filho, 1978). Lugo e Snedaker (1974) classificou os manguezais de acordo com a topografia de suas bacias e a sua localização em relação às trocas de águas fluviais e marítimas. Caracterizam-se por ser um ecossistema com alto poder de fixação de energia, apresentando um nível de produtividade apenas superado pelos recifes de coral. A elevada produtividade dos manguezais está vinculada aos aportes de nutrientes inorgânicos oriundos das águas dos rios, que são transformados em materiais orgânicos e exportados para os ecossistemas vizinhos. Alterações na estrutura ou nos fluxos de matéria e energia dos manguezais causam repercussões imediatas nas unidades ecossistêmicas próximas, comprometendo todo o funcionamento do conjunto paisagístico costeiro.

No seu papel ecológico entre os sistemas terrestres e marítimos costeiros, o manguezal possui funções específicas que contribuem para a manutenção do equilíbrio desses ambientes, sistematizadas a seguir:

Estabilização Geomorfológica

O manguezal atua na bioestabilização (Tricart, 1977) da matéria orgânica, contribuindo para uma melhor conservação da paisagem. Os efeitos de estabilização geomorfológica proporcionados pelo manguezal são realizados por meio da: (i) proteção contra cheias, devido à diminuição da força das correntes e ao avanço das marés; (ii) fixação de solos instáveis, favorecendo a redução da erosão das margens de canais e estuários; (iii) deposição de sedimentos fluviais na planície fluviomarina; (iv) conservação no equilíbrio dos processos geomorfológicos dos ecossistemas costeiros, regulando os mecanismos de intemperismo e atenuando a ação do transporte de sedimentos eólicos; e (v) contribuição para a manutenção do litoral e da faixa de praia.

Conservação dos recursos hídricos superficiais

A conservação dos recursos hídricos superficiais no setor semiárido do litoral setentrional brasileiro, em grande parte, depende da conservação dos manguezais. Os principais efeitos desses ecossistemas para a manutenção dos recursos hídricos são: (i) amenidade microclimática por meio da vegetação, reduzindo as taxas de evaporação das águas superficiais; (ii) regularização da qualidade das águas, devido à assimilação de nutrientes e à deposição de partículas nos solos dos manguezais; e (iii) redução de inundações dos canais de drenagem, em virtude da proteção das margens com a vegetação.

Fertilização

Os manguezais auxiliam na fertilização dos ambientes estuarinos e marinhos, em função da constante produção de biomassa, ocasionada pela disponibilidade de energia solar para a realização da fotossíntese e pelo fornecimento de nutrientes dissolvidos e particulados provenientes das águas. A eficiente reciclagem de matéria e energia nessas áreas auxilia a produção e a conservação de recursos biogeoquímicos, contribuindo também para a fertilização do ambiente marinho. Sobre a importância do poder de fertilização do manguezal, pode-se citar: (i) o enriquecimento de nutrientes no ecossistema marinho, devido aos aportes de água que compreendem detritos orgânicos, nitratos e fosfatos; e (ii) a

exportação de matéria orgânica para o mar, contribuindo para o desenvolvimento do plâncton, que serve de base às cadeias alimentares costeiras e à promoção da produtividade marinha.

Função como habitat e produção biológica

O manguezal possui importância ecológica como habitat de diversas espécies da fauna terrestre, marinha e estuarina, além de atuar como um excelente produtor biológico. Segundo Mc Hugh (1989), o ecossistema manguezal é responsável pela sobrevivência de 2/3 da população piscícola mundial, podendo, em algumas regiões, atingir o nível de 97%. Esse fato se deve, principalmente, ao seu papel de habitat para a reprodução e o desenvolvimento larval de grande parte das espécies marinhas (Aguaiza *et al.*, 2024). Entre as funções biológicas e de produtividade do habitat do manguezal, destacam-se: (i) a elevada produtividade primária, incluindo a vegetação de mangue, algas e fitoplâncton; (ii) o desenvolvimento de uma cadeia tropical complexa, composta por espécies diversificadas e abundantes; (iii) o fornecimento de substrato para espécies bentônicas, escavadoras e aquáticas, com uma diversidade de espécies de peixes, crustáceos e moluscos; (iv) servir de habitat para uma variedade de aves migratórias e outras espécies que o ocupam constantemente; e (v) contribuir como um ambiente temporário para um vasto número de espécies, as quais declinam noutros ecossistemas, como dunas ou praias.

Importância econômica dos manguezais

Devido ao baixo nível de utilização agrícola da zona costeira contígua ao mar, os manguezais adquirem grande relevância como fonte de recursos utilizados pelas populações locais (Owuor *et al.*, 2024). O manguezal contribui substancialmente para a complementação alimentar das comunidades litorâneas, desempenhando também funções que estimulam o desenvolvimento socioeconômico regional, tais como: (i) redução do avanço de dunas móveis sobre áreas aráveis e cursos d'água, passíveis de exploração econômica; (ii) fonte de recursos vegetais utilizados predominantemente na extração de madeira para a construção e como combustível; (iii) fonte de recursos animais explorados por meio da pesca (peixes, crustáceos e moluscos); (iv) área de reprodução de peixes marinhos de grande valor econômico para a região; e (v) enriquecimento da beleza paisagística costeira que impulsiona a exploração turística.

Considerações sobre a importância ecológica e econômica dos manguezais são decisivas na avaliação da sua capacidade de uso e preservação. Entende-se que os manguezais, com suas funções de produção, construção e proteção são essenciais para a preservação da paisagem costeira. Alterações na estrutura dos manguezais, além de causar prejuízos ambientais, têm um impacto negativo nas condições socioeconômicas da população que se beneficia dos seus recursos naturais.

Flora e vegetação do manguezal

O ecossistema manguezal apresenta uma vegetação do tipo halófito, classificada como Vegetação Paludosa Marítima de Mangue por Gomes F. C. e Bezerra F. H. R. (1990). Mundialmente, a flora dos mangues reúne 13 famílias, com cerca de vinte gêneros, enquanto a América do Sul, incluída no reino Fitogeográfico Neotropical, possui apenas três famílias, com quatro gêneros: *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*), *Verbenaceae* (*Avicennia*) e *Combretaceae* (*Laguncularia* e *Conocarpus*), que são as denominadas espécies obrigatórias do mangue. As espécies facultativas, como bugi (*Dalbergia hecastophyllum*), samambaia do mangue (*Acrostichum aureum*), tububa (*Thypha domingensis*), gramíneas e ciperáceas, ocupam as áreas mais externas do mangue. A vassoura do mangue (*Batis maritima*) é outra espécie facultativa que ocorre com frequência no interior dos manguezais estudados no litoral cearense.

Alguns autores admitem que o mangue botão (*Conocarpus erectus*) é membro da vegetação marginal, contudo, Pannier e Pannier (1980) consideram-no como parte integrante da vegetação do mangue. Avaliando a sua presença frequente nos manguezais da região, o mangue botão (*Conocarpus erectus*) sem dúvida deve ser considerado como membro dos componentes florísticos obrigatórios desse ecossistema no litoral cearense.

A maior parte das espécies vegetais obrigatórias desenvolve-se nas áreas atingidas pela maré, onde predominam os solos de mangue, enquanto as espécies facultativas ocupam regiões influenciadas pelas marés de maior amplitude e em solos mais arenosos. Todos os componentes florísticos obrigatórios da Vegetação Paludosa Marítima de Mangue apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas específicas às condições ambientais existentes, necessárias para o pleno desenvolvimento das espécies, determinadas, principalmente, pelos componentes hídricos e edáficos. As particularidades de cada espécie são descritas separadamente abaixo, destacando as suas principais adaptações.

Família Rhizophoraceae

Rhizophora mangle – mangue sapateiro, vermelho ou verdadeiro

Árvore de copa bastante dispersa, que atinge alturas de até dezesseis metros na área de estudo, em ambientes que apresentam melhores níveis de conservação da cobertura vegetal. Essa espécie ocupa as margens dos canais, próximos às águas do manguezal, onde existem solos com maiores percentuais de argila e silte. Também demonstram uma maior adaptabilidade às condições de baixa salinidade, embora seu desenvolvimento seja menor.

Suas folhas são cobertas por camadas de cera e tanino, o que retarda o processo de decomposição. É, no entanto, o seu sistema radicular aéreo, o qual se origina nos troncos e ramos que se estendem até o solo, que constitui a principal característica de *Rhizophora mangle*. Essas raízes aéreas ajudam a sustentar a árvore no solo solto, contribuem para a assimilação de nutrientes e a respiração por meio de suas lenticelas. Essa espécie também possui um sistema fisiológico que permite a filtragem da água salgada a partir da absorção de sais pelas raízes, permitindo que os níveis de concentração interna de sais permaneçam constantes.

O manguezal (*Rhizophora mangle*) é uma espécie vivípara, pois seu fruto só sai da árvore quando atinge o nível de desenvolvimento de uma muda já germinada. As mudas apresentam elevada capacidade de flutuabilidade e poder de permanência no ambiente aquático, geralmente com elevados níveis de salinidade. Seu sistema de dispersão de mudas é realizado por meio de hidrocoria, sendo de grande importância a intensidade do fluxo de água. Geralmente, os locais ideais para a fixação das mudas são sempre abaixo das árvores adultas, que constituem ambientes mais protegidos.

Família Combretaceae

Laguncularia racemosa – mangue manso, rajado ou branco

Espécie arbórea, atingindo alturas superiores a quinze metros nas áreas de mangue pesquisadas. Ocupa áreas de mangue indistintamente após a faixa de dominância de *Rhizophora mangle* às margens dos canais, tendo preferência por solos mais arenosos. Suas folhas, por terem uma decomposição mais rápida no meio aquático, são rapidamente digeridas por microrganismos. Não contribui, portanto, com maiores aportes de matéria orgânica para os sedimentos do manguezal.

Cobrindo a base do tronco da *Laguncularia racemosa* estão as lenticelas, agrupamentos de estruturas celulares que facilitam as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera. Possui

também sistema radicular pouco profundo, o qual contém raízes respiratórias (pneumatóforos) que se projetam para cima, com geotropismo negativo.

É considerada uma planta semivivípara, pois seus frutos germinam ao entrar em contato com a água, que também é o seu meio de dispersão. Após a queda e germinação, os frutos podem permanecer flutuando por cerca de um mês e, em razão do seu pequeno porte, são capazes de alcançar maiores extensões em sua distribuição. Em condições desfavoráveis à frutificação ou à dispersão de sementes, a *Laguncularia racemosa* pode brotar pelos galhos.

Família Verbenaceae

Avicennia germinans (*Avicennia schaueriana*; *A. germinans*) – mangue canoé, preto ou siriba

As espécies *Avicennia schaueriana* e *A. germinans* apresentam semelhanças significativas, distinguindo-se pela morfologia de suas folhas e flores. Caracterizam-se pelo aspecto arbóreo e pela coloração mais escura das folhas, atingindo alturas de até dezesseis metros nos manguezais locais. Dentre as demais espécies da vegetação de mangue, são as que demonstram uma maior tolerância às condições edafoclimáticas adversas. Desenvolvem-se em áreas com solos com altas concentrações de sais, adaptando-se a um ambiente mais arenoso.

A *Avicennia* possui glândulas nas folhas que excretam o excesso de sais absorvidos pela planta. Em seu sistema radicular, possui um grande número de pneumatóforos, cuja função é auxiliar nas trocas gasosas, já que os solos de mangue são pobres em O₂. Essa espécie também apresenta dispersão dos frutos por hidrocoria, é semivivípara e o embrião pode flutuar apoiado em cotilédones por períodos de muitas semanas antes de se fixar ao solo. Com adaptações semelhantes às de *Laguncularia racemosa*, o gênero *Avicennia* pode brotar em galhos e troncos, quando as condições ecológicas se tornam mais críticas para a reprodução normal.

Família Combretaceae

Conocarpus erectus – mangue botão ou ratinho

Conocarpus erectus ocorre em áreas mais externas do mangue, onde predomina um substrato mais arenoso, margeando quase toda a planície fluviomarinha local. Não apresenta viviparidade em seu sistema reprodutivo, com frutos dispersos pela ação da gravidade, dos ventos ou pela zoocoria. Possui um alto poder de brotação a partir dos troncos e galhos, evidência confirmada pelas cercas construídas com estacas de troncos dessa espécie.

Diversos fatores favoreceram a atual formação de associações dessa vegetação às condições ecológicas naturais, tais como, a estrutura e a composição do solo; e as variações nos fluxos de água doce e salina no interior do mangue.

Possui o dossel arbóreo em suas áreas mais conservadas, com alturas entre quinze e dezessete metros (*Avicennia*, *Laguncularia* e *Rhizophora*), enquanto a *Conocarpus erectus*, que compõe o estrato arbóreo, consorte com *Dalbergia hecastophyllum*, mantém-se em altura média de cinco a seis metros. Nas margens do mangue, próximo aos canais, existem plantas como a samambaia de mangue (*Acrostichum aureum*) e a tabuba (*Thypha domingensis*). A proliferação dessas espécies indica que há uma diminuição progressiva da intrusão das águas marinhas, o que favorece a sua expansão espacial no interior da zona estuarina.

A ação humana sobre os recursos vegetais dos manguezais influencia por meio da exploração seletiva de determinadas espécies, assim como pela alteração das condições ambientais naturais. A degradação e a redução da superfície dos manguezais, resultantes da ação conjunta de processos naturais e humanos, estão relacionadas à: (i) diminuição da qualidade ambiental, com a exposição de impactos negativos; (ii) redução da produtividade biológica e consequente diminuição do potencial dos recursos naturais do mangue, com impactos ambientais causando efeitos negativos nas condições socioeconômicas da população local; (iii) contaminação das águas subterrâneas causada pelo aumento gradativo de fossas em áreas residenciais e pela falta de saneamento básico; (iv) transformação substancial da paisagem, com alteração da integridade dos componentes ambientais, como água, vegetação, solo, fauna etc.; e (v) deficiências da administração pública no controle das condições ambientais dos ecossistemas locais e de toda a paisagem.

Monitoramento ambiental frente às mudanças climáticas

No Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro do Ceará, realizado pela Sema (2023), foram identificadas 15 grandes zonas estuarinas com manguezais, presentes em 18 municípios Chaval, Barroquinha, Camocim, Acaraú, Itarema, Itapipoca, Trairi, Paracuru, Paraipaba, São Gonçalo, Caucaia, Fortaleza, Aquiraz, Cascavel, Beberibe, Fortim, Aracati e Icapuí.

A elaboração da pesquisa realizada por Godoy (2015) oferece um maior detalhamento da dinâmica espacial sobre 12 das áreas estruturais com maior superfície de mangues conservados. Dos estuários estudados com as maiores extensões de cobertura vegetal, destacam-se os dos rios Timonha no extremo Oeste do Litoral cearense, com um

total de 42,78 km²; Coreaú, com 30,61 km²; Jaguaribe, com 7,29 km²; Ceará, com 7,36 km²; Cocó, com 4,52 km²; Aracatiaçu, com 4,75% e o Tapiú, com 4,9 km². Dentre essas áreas de manguezais, as dos rios Aracatiaçu e Timonha apresentaram um maior decréscimo da sua vegetação, com 14,3 % e 4,4%, respectivamente. O estuário com as reduções mais amplas de seus manguezais foi o do Pirangi, com 77,6% (Figura 2, Quadro 1).

A redução das áreas de manguezais dos estuários em questão aponta a carcinicultura como a principal causa. Por outro lado, a conservação com a instituição de áreas de proteção ambiental e parques ecológicos favoreceu um maior controle dos desmatamentos e impedimentos de instalação de energia eólica, constatando-se que os estuários dos rios Ceará (+28,3%), Cocó (+23,8 %) e Pacoti (+47,8 %) obtiveram um aumento substancial das suas coberturas vegetais por serem instituídos como unidades de conservação (UC). Esse fato corrobora a eficiência do estabelecimento de UCs nas zonas estuarinas do estado do Ceará e o papel do Estado na fiscalização e no monitoramento ambiental.

Apesar de legislações específicas, como o Código Florestal, as superfícies de manguezais dos estuários cearenses precisam continuamente ser monitoradas quanto aos seus estados de conservação. Em Godoy (2015), são discutidos importantes registros e subsídios para que se possam estabelecer projeções de cenários quanto às zonas estuarinas cearenses.

Por meio do sensoriamento remoto, do uso de fotografias aéreas e de veículos aéreos não tripulados (VANT), é possível implantar projetos para o estabelecimento de métricas da paisagem voltados para o controle da redução dos manguezais, assim como para a restauração e a ampliação dessas áreas. Ademais, as instituições de pesquisa devem formular parcerias com órgãos de planejamento, monitoramento e de controle de mudanças climáticas.

Figura 2. Áreas de manguezais distribuídas na zona costeira cearense



Fonte: Adaptado de Godoy (2015)

Quadro 1. Quantitativo de áreas de manguezais no estado do Ceará em 2011

Estuário	Área (km ²)	Variação
(1) Timonha	42,78	-4,4
(2) Tapuio	4,9	+9,1
(3) Coreaú	30,61	+8,7
(4) Aracati Mirim	0,86	+437,5
(5) Aracatiaçu	4,75	-14,3
(6) Lagamar do Sal	0,53	+47,2
(7) Rio Ceará	7,26	+28,3
(8) Rio Cocó	4,52	+22,8
(9) Rio Pacoti	3,4	+47,8
(10) Choró	0,7	+40,0
(11) Pirangi	0,3	-77,6
(12) Jaguaribe	7,29	+4,1

Fonte: Adaptado de Godoy (2015)

A interpretação de médias, máximas e mínimas de dados pluviiais e térmicos permite a organização de informações sobre as mudanças ambientais presentes nos manguezais. Ou seja, o monitoramento das condições meteorológicas e climáticas torna-se essencial para o acompanhamento da evolução espaço-temporal dos ecossistemas manguezais.

Os resultados espacialmente cartográficos, somados aos dados quantitativos e qualitativos, devem ser publicitados em plataformas que divulguem os diagnósticos e possam estar acessíveis à população. A partir dos resultados obtidos, será possível a formulação de medidas preventivas de controle e manejo dos manguezais.

A fitoecologia dos manguezais assume uma grande importância ecológica para a dinâmica e o funcionamento de uma rede trófica presente no litoral cearense, com reflexos associados às condições socioambientais do território, a saber: (i) otimizar os usos e a preservação dos recursos naturais e paisagísticos; (ii) reduzir os efeitos negativos dos impactos ambientais; (iii) proteger espécies ameaçadas de extinção ou redução populacional; (iv) ampliar o conhecimento sobre o litoral do estado do Ceará, especialmente dos manguezais; (v) manter o controle sobre a qualidade ambiental dos ecossistemas locais; e (vi) auxiliar a administração pública no planejamento regional.

No litoral cearense existem 5 grandes unidades de conservação com presença de manguezais, sendo eles: (i) Parque Estadual do Cocó; (ii) Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti; (iii) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará – Rio Maranguapinho; (iv) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Curu; e (v) Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Mundaú. Ficam de fora desse acautelamento ambiental zonas estuarinas importantes, como as do rio Timonha, Coreá, Jaguaribe, Aracatiaçu e Tapuio, as quais devem ser protegidas de forma emergencial, por meio da instituição de parques e/ou áreas de proteção ambiental.

A implementação de novas unidades de conservação é uma forma eficiente de controle das pressões relacionadas aos diferentes tipos de uso e ocupação territorial que se implementam sobre áreas de manguezais em toda área do Litoral Setentrional Brasileiro e, sobretudo, no estado do Ceará. Destacando a necessidade de uma maior eficiência e controle na conservação nos interiores dos ecossistemas manguezais, principalmente em razão das expansões residenciais, da carcinicultura, da instalação de parque eólicos e de outros empreendimentos, o manejo e a fiscalização sobre os manguezais devem envolver, além da esfera estadual, as de ordem municipal e local, em busca de uma melhor participação comunitária.

Instituições de controle e monitoramento climático, como a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), a SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura), o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e o ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), devem unir esforços com instituições científicas, como universidades e institutos tecnológicos, no sentido de organizarem grupos de pesquisa de caráter regional, estadual, no âmbito de bacias hidrográficas e de escala local. O investimento de recursos para a promoção de planos de manejo para os manguezais deve incluir medidas de monitoramento ambiental permanentes, frente às possibilidades de cenários mais críticos em relação às mudanças climáticas.

Considerações Finais

Os manguezais associados ao setor costeiro cearense do Litoral Setentrional Brasileiro, assumem uma importância ecológica fundamental para a biodiversidade e o controle da acentuada dinâmica da linha de costa. Economicamente, influem diretamente sobre a abundância dos recursos piscícolas, por serem áreas de reprodução e de desenvolvimento de diferentes espécies fluviomarinhas e marinhas, tendo a pesca artesanal como um dos pilares socioeconômicos de maior relevância para o desenvolvimento local.

As mudanças climáticas manifestam-se com maior intensidade no setor semiárido costeiro do litoral nordestino, onde o estresse ambiental sobre os manguezais ocorre, sobretudo, pela redução dos aportes de água pelas bacias hidrográficas nos períodos de estiagem. Isso acelera o processo de sedimentação eólica das bordas e dos leitos das planícies fluviomarinhas, reduz o processo de hidrocoria na dispersão de sementes e plântulas de mangues, provoca limitações ambientais para o pleno desenvolvimento da biota, estimula o assoreamento de barras e reduz o potencial de atividades, como a pesca e a mariscagem.

O monitoramento dos manguezais deve ser realizado a partir da delimitação de seus limites espaciais, por meio de imagens de satélite de alta resolução e do emprego de drones. Recomenda-se o estabelecimento de parcerias com entidades de gestão e monitoramento das condições climáticas, como a FUNCEME, para a análise das variações de precipitação e de temperatura ao longo dos últimos 50 anos, bem como a COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), para a obtenção de dados sobre os fluxos e volumes hidrográficos estuarinos. Adicionalmente, faz-se necessária a identificação de áreas de regeneração natural

e dos ambientes deposicionais e erosivos, a fim de subsidiar medidas adequadas de gestão das feições fitoecológicas dos manguezais.

Acredita-se que a implementação de um sistema de monitoramento ambiental desses ambientes proporcionará melhores informações, de forma constante e atualizadas, frente às ações humanas e às mudanças climáticas, permitindo a instituição de planos de manejo ambiental de caráter eficiente e participativo.

Referências

ALBUQUERQUE, A. G.; FERREIRA, T. O.; CABRAL, R. L.; NOBREGA, G. N.; ROMERO, R. E.; MEIRELES, A. J.; OTERO, X. L. Hypersaline tidal flats (apicum ecosystems): the weak link in the tropical wetlands chain. **Environmental Reviews**, v. 22, p. 99-109, 2014.

AGUAIZA, C.; MUMBY, P. J.; RASTOIN-LAPLANE, E.; ABURTO-OROPEZA, O.; SALINAS-DE-LEÓN, P. Mangroves as nursery habitats for Galapagos reef fishes. **Marine Ecology Progress Series**, Oldendorf, v. 747, p. 99-115, 2024. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v747/p99-115>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ALCANTARA FILHO, P. de. **Contribuição para o conhecimento da biologia e ecologia do caranguejo-uça, *Ucides cordatus* no manguezal do Rio Ceará.** São Paulo: USP, 1978.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 29, p. 331-349, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas dos manguezais do Brasil.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas-1/manguezal>. Acesso em: 3 jul. 2025.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 565–590, 2016.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, v. 7, p. 27–47, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The world's mangroves 2000–2020.** Rome: FAO, 2023. 72 p. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7f15adf1-2756-4e86-a6dd-77d0fc26d97c/content>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GODOY, M. D. P. **Alteração nas áreas de mangue em estuários no estado do Ceará devido a mudanças nos usos do solo e mudanças climáticas.** 2015. 96f. Tese

(Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

GOMES, F. A.; BEZERRA, P. **Estudo Fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicação Ltda, 1990.

GOMES, F. C.; BEZERRA, F. H. R. Vegetação paludosa marítima de mangue do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 2, p. 85–102, 1990.

HOWARD, J.; SUTTON-GRIER, A.; HERR, D.; KLEYPAS, J.; LANDIS, E.; MCLEOD, E.; PIDGEON, E.; SIMPSON, S. Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 42-50, fev. 2017.

HUXHAM, M.; DENCER-BROWN, A.; DIELE, K.; KATHIRESAN, K.; NAGELKERKEN, I.; WANJIRU, C. Mangroves and people: local ecosystem services in a changing climate. *In*: RIVERA-MONROY, V.; LEE, S.; KRISTENSEN, E.; TWILLEY, R. (eds.). **Mangrove ecosystems: a global biogeographic perspective**. Cham: Springer, 2017. p. 245-274.

K, A.; PARVEEN; K. H., SNEHA V. K.; BUSHEERA, P.; MUHAMMED, J.; AUGUSTINE, A. Mangroves in environmental engineering: harnessing the multifunctional potential of nature's coastal architects for sustainable ecosystem management. **Results in Engineering**, [S. l.], v. 21, p. 101765, mar. 2024. Elsevier BV.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Annual review of ecology and systematics**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 39-64, 1974.

MACNAE, W. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. *In*: RUSSELL, Frederick S.; YONGE, Maurice (ed.). **Advances in Marine Biology**. London: Academic Press, 1968. v. 6, p. 73–270.

MC HUGH, J. B., HOPKINS, R. T., O’LEARY, R. M.; MILLER, W. R.; RYTUBA, J. J. Analytical results of vein rock, stream-sediment, mangrove-sediment, sinter, and heavy-mineral concentrate samples from Yap and Truk, Federated States of Micronesia. **U.S. Geological Survey**, Open-File Report 89-170, 1989.

MUEHE, D. Geomorfologia costeira. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 253–308.

OWUOR, M.; SANTOS, T. M. T.; OTIENO, P.; MAZZUCO, A. C. A.; IHEATURU, C.; BERNARDINO, A. F. Flow of mangrove ecosystem services to coastal communities in the Brazilian Amazon. **Frontiers in Environmental Science**, [S. l.], v. 12, p. 1-18, fev. 2024.

PANNIER, R.; PANNIER, F. Estructura y dinámica del ecosistema de manglares: un enfoque global de la problemática. *In*: Estudio científico e impacto humano em el ecosistema del manglares. Cali, Colombia, 1978. Memorias de seminário. Montevideo,

Uruguai, oficina regional de ciência y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 1980. p.47-55.

QUEIROZ, L. de S.; ROSSI, S.; CALVET-MIR, L.; RUIZ-MALLÉN, I.; GARCÍA-BETORZ, S.; SALVÀ-PRAT, J.; MEIRELES, A. J. de A. Neglected ecosystem services: highlighting the socio-cultural perception of mangroves in decision-making processes. **Ecosystem Services**, Amsterdam, v. 26, p. 137–145, 2017.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. de P. B. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

SCHEFFERS, A.; SCHEFFERS, S.; KELLETAT, D. The use of Google Earth imagery for coastal geomorphological mapping. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 145–146, p. 1–10, 2012.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do estado do Ceará. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira do Ceará – ZEEC: diagnóstico do meio físico**. Fortaleza, Governo do estado do Ceará, 2023.

SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M. Geocologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e sub-úmidos. **Revista Geográfica de América Central**, San José, n. esp. EGAL, p. 1–12, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820666.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2025.

SILVA, E. V. **Fitoecologia dos manguezais do litoral setentrional brasileiro: mudanças climáticas e monitoramento ambiental no setor semiárido**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2024. Manuscrito.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. R. **Geocologia da paisagem: fundamentos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

SILVEIRA, J. D. Morfologia do litoral brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 3–47, 1964.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, 1977.