

CARBONO AZUL E RECUPERAÇÃO DE MANGUES: POTENCIALIDADES NO ECOSISTEMA DO CEARÁ

FERNANDA BEATRYZ ROLIM TAVARES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

LUANNA MARIANE PEREIRA RAMOS GIL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

RAIMUNDO EDUARDO SILVEIRA FONTENELE

Introdução

A compensação de carbono de zonas úmidas costeiras, conhecida como “carbono azul”, oferece uma perspectiva promissora para abordar esses desafios de maneira sustentável. Ao investigar como essa abordagem pode ser aplicada no contexto específico do Ceará, pode-se fornecer informações valiosas para a conservação dos manguezais, o desenvolvimento econômico local e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, ao aprender com experiências nacionais e internacionais, permite identificar melhores práticas que podem ser adaptadas e implementadas de forma eficaz na região costeira do Ceará.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Como a implementação de projetos de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras (carbono azul) pode contribuir para a restauração dos manguezais no estado do Ceará? o objetivo deste artigo é discutir, com base em experiências nacionais e internacionais, como a compensação de carbono em zonas úmidas costeiras (carbono azul) pode contribuir para os aspectos sociais, econômicos e a preservação dos manguezais no estado do Ceará.

Fundamentação Teórica

Os mangues são ecossistemas costeiros relevantes, que promovem diversos serviços ecossistêmicos, a regulação do clima, a proteção contra tempestades e a produção de recursos pesqueiros, são alguns exemplos (RAMOS, 2022). Apesar disso, esses ecossistemas estão sendo ameaçados pela ação antrópica, como a exploração madeireira e a conversão de terras para aquicultura e outros usos (JUNIOR et al., 2019). Quando degradados, os mangues liberam GEE na atmosfera, favorecendo prejuízos nas mudanças climáticas, tornando-se fontes significativas de gerando impactos sobre o bem-estar humano.

Metodologia

A presente pesquisa possui uma abordagem qualitativa e trata-se de um estudo de caso, visando promover proposições de aplicação em um contexto específico, o estado do Ceará e explorando como a compensação de carbono de zonas úmidas costeiras pode ser aplicada nessa área. Para investigar a viabilidade e os benefícios da implementação desses projetos no estado do Ceará, foi conduzida uma abordagem metodológica abrangente, envolvendo leitura de materiais acerca da temática coletados de fontes nacionais e internacionais.

Análise dos Resultados

PRÁTICAS NO CONTEXTO INTERNACIONAL Diretrizes específicas elaboradas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) possibilitaram a aplicação em relação ao estoque de carbono e à avaliação das emissões de GEE (HIRAISHI et al., 2014). PRÁTICAS NO CONTEXTO NACIONAL Segundo o mapeamento realizado pelo CSR/Ibama, apresentado no Atlas dos Manguezais do Brasil, o ecossistema de manguezal se estende por aproximadamente 14.000 km² ao longo da costa brasileira. CARACTERIZAÇÃO DOS MANGUES NO ESTADO DO CEARÁ No Ceará, os mangues estão presentes em cerca de 22 municípios.

Conclusão

O estudo realizado objetivou discutir as contribuições sociais, econômicas e ambientais do carbono azul junto a recuperação de mangues através de experiências nacionais e internacionais, visto que é uma temática relevante e globalmente debatida, principalmente pelo fato de que os manguezais armazenam quantidades significativas de carbono e metodologias de compensação são uma importante estratégia de recuperação dessas áreas.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, R.; COELHO JÚNIOR, C. Manguezal e serviços ecossistêmicos. In: Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p. ANGELSEN, A.; BROWN, S.; LOYSEL, C.; PESKETT, L.; STRECK, C.; ZARIN, D. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD): An Options Assessment – Prepared for The Government of Norway, 2009.

Palavras Chave

carbono azul, mangues, Ceará

CARBONO AZUL E RECUPERAÇÃO DE MANGUES: POTENCIALIDADES NO ECOSISTEMA DO CEARÁ

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos da mudança climática têm demonstrado consequências prejudiciais para os ecossistemas, as populações e os meios de subsistência em todo o mundo, onde o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tornou-se uma preocupação global, dada sua capacidade de causar desequilíbrios no planeta, e, embora tenham sido implementados diversos esforços e práticas para abordar essa questão, o desafio persiste devido ao crescimento da população mundial e à crescente demanda por energia e alimentos (ZARATE-BARRERA; MALDONADO, 2015).

A busca por reduzir as emissões pode se concentrar em indústrias ou em nível nacional, permitindo a instalação de tecnologias de redução ou a aquisição de compensações de carbono no mercado (SAPKOTA; WHITE, 2020). Nesse contexto, Van der Gaast e Spijker (2013) destacam que o incentivo financeiro ganhou aceitação no cenário global na década de 1990, resultando na criação do mercado de carbono, onde créditos são obtidos por meio do pagamento por estratégias de redução de emissões. Esses créditos de carbono são medidos em toneladas (tCO₂) e representam a quantidade de redução de emissão e/ou captura adicional de carbono para compensar emissões feitas em outras áreas (LANE et al., 2016). A aplicação desse sistema já é considerada em vários setores, incluindo silvicultura, agricultura e restauração/conservação de zonas úmidas (SAPKOTA; WHITE, 2020).

Segundo Macreadie *et al.* (2019) a ideia de "carbono azul" foi inicialmente introduzida como uma representação destinada a ressaltar que os ecossistemas costeiros desempenham um papel significativo no armazenamento de carbono, evoluindo inicialmente para abranger estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas por meio da preservação e recuperação de ecossistemas costeiros com vegetação, e, ganhou destaque global devido à sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas.

Os manguezais se estendem por cerca de 15 milhões de *hectares* nas regiões costeiras tropicais e subtropicais em todo o mundo, desempenhando um papel estratégico na mitigação e adaptação à mudança climática, oferecendo uma ampla gama de benefícios e serviços ecossistêmicos. Esses ecossistemas atuam como sumidouros de carbono, absorvendo o carbono da atmosfera, e também são fontes de CO₂ oceânico (DUKE *et al.*, 2007). Esse ecossistema, em particular, armazena quantidades significativas de carbono, mas a degradação nas últimas décadas resultou na emissão de grandes quantidades de carbono armazenado, contribuindo para o aquecimento global (VALIELA; BOWEN; YORK, 2001). Portanto, a restauração e conservação dos manguezais são cruciais para manter os serviços ecossistêmicos que eles oferecem, além de representarem um potencial significativo para participar de mercados de carbono (SAPKOTA; WHITE, 2020).

A preservação dos manguezais é uma preocupação constante no estado do Ceará, devido à extensa presença desses ecossistemas costeiros na região. A construção de infraestrutura e a carcinicultura têm contribuído para a degradação desses habitats, comprometendo os serviços ecossistêmicos que eles prestam (MAIA *et al.*, 2019). Cerca de 84,1% das fazendas dedicadas à carcinicultura provocaram impactos ambientais diretos, afetando tanto a fauna quanto a flora dos manguezais no estado (IBAMA, 2005).

Assim, a restauração de manguezais contribui significativamente para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que esses ecossistemas são considerados importantes sumidouros de carbono (FERNANDEZ, 2015). Nesse contexto, as metodologias de compensação de carbono em zonas úmidas costeiras podem ser uma estratégia importante para a restauração dos manguezais no estado do Ceará. A compensação de carbono pode ser uma

estratégia promissora para financiar a restauração de manguezais na região, e compreender as metodologias aplicáveis às zonas úmidas costeiras pode ajudar a identificar as melhores práticas para geração de receita, aumentando a viabilidade econômica da restauração de manguezais.

Para tanto, o presente artigo traz como questão norteadora: Como a implementação de projetos de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras (carbono azul) pode contribuir para a restauração dos manguezais no estado do Ceará? Considerando os desafios ambientais, econômicos e sociais específicos dessa região, o objetivo deste artigo é discutir, com base em experiências nacionais e internacionais, como a compensação de carbono em zonas úmidas costeiras (carbono azul) pode contribuir para os aspectos sociais, econômicos e a preservação dos manguezais no estado do Ceará.

A pesquisa demonstra sua relevância devido à conjunção de desafios ambientais, econômicos e sociais que afetam os manguezais no estado do Ceará. A compensação de carbono de zonas úmidas costeiras, conhecida como “carbono azul”, oferece uma perspectiva promissora para abordar esses desafios de maneira sustentável. Ao investigar como essa abordagem pode ser aplicada no contexto específico do Ceará, pode-se fornecer informações valiosas para a conservação dos manguezais, o desenvolvimento econômico local e a mitigação das mudanças climáticas. Além disso, ao aprender com experiências nacionais e internacionais, permite identificar melhores práticas que podem ser adaptadas e implementadas de forma eficaz na região costeira do Ceará, gerando benefícios significativos para o meio ambiente e as comunidades locais.

2 CARBONO AZUL COMO PROPOSTA PARA CONSERVAÇÃO DOS MANGUES

Os mangues são ecossistemas costeiros relevantes, que promovem diversos serviços ecossistêmicos, a regulação do clima, a proteção contra tempestades e a produção de recursos pesqueiros, são alguns exemplos (RAMOS, 2022). Apesar disso, esses ecossistemas estão sendo ameaçados pela ação antrópica, como a exploração madeireira e a conversão de terras para aquicultura e outros usos (JUNIOR *et al.*, 2019). Quando degradados, os mangues liberam GEE na atmosfera, favorecendo prejuízos nas mudanças climáticas, tornando-se fontes significativas de emissão, gerando impactos sobre o bem-estar humano, condições de saúde, redução de rendas, aumento da pobreza, insegurança alimentar, redução da desigualdade e perda da qualidade de vida (ALMEIDA; COELHO JÚNIOR, 2018).

Com o objetivo de mitigar e adaptar-se às mudanças climáticas, governos e cientistas estão em busca de soluções para limitar as emissões de GEE (IPCC, 2014; PEIXER, 2019). Dentre as alternativas cabíveis, o mercado de carbono ou comércio de emissões de carbono, surgiu como uma ferramenta para auxiliar na política de redução de emissões de GEE (OLIVEIRA, 2022). Sua implantação ocorreu inicialmente por meio do Protocolo de Quioto, que possibilitou a construção de um mercado global entre os países signatários, a qual essa estrutura de mercado permitiu a criação de outros instrumentos e políticas de mitigação complementares aos créditos de carbono, com o objetivo de aumentar a cooperação entre os países e incentivar projetos de baixa emissão de GEE (LUO, CHEN, WAN, 2016; QIU, QIAO, PARDALOS, 2017), bem como a preservação e o reflorestamento de áreas verdes, entre outras ações (OECD, 2016).

O crédito de carbono é entendido como uma unidade de medida que representa a mitigação de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) ou equivalente em outros GEE da atmosfera. Essa mitigação pode ser alcançada por meio de projetos que implementam práticas mais sustentáveis, tais como o reflorestamento, a adoção de fontes de energia renováveis e a captura e armazenamento de carbono (LIMA JUNIOR, 2021; WANG *et al.*, 2022). Esses créditos são negociados em mercados financeiros e podem ser comprados por empresas ou governos que desejam compensar suas próprias emissões de GEE, mecanismo este conhecido

como mercado de carbono e tem o objetivo de incentivar a redução das emissões de GEE e a transição para uma economia de baixo carbono (WANG *et al.*, 2019).

O "carbono azul" está relacionado ao mercado de crédito de carbono. Esse termo se refere especificamente ao carbono armazenado em ecossistemas marinhos e costeiros, como manguezais, pradarias marinhas e recifes de coral, ecossistemas estes que atuam como sumidouros de carbono, capturando dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e armazenando-o em sua biomassa e sedimentos (THE BLUE CARBON INITIATIVE, 2019). Assim, projetos relacionados ao tópico "carbono azul", que envolvem a conservação e restauração de ecossistemas costeiros, podem gerar créditos de carbono, contribuindo para a redução líquida das emissões de GEE, para a preservação dos ecossistemas costeiros e tornando-se uma proposta viável para conservação dos mangues.

Os manguezais pertencem às principais zonas úmidas costeiras que fornecem o sequestro de carbono e armazenamento do "carbono azul", e apesar de uma área menor que a de florestas terrestres, a contribuição por unidade de área para o armazenamento do carbono tem valores representativos (LOVELOCK *et al.*, 2017; MCLEOD *et al.*, 2011). Assim, esse sistema possui potencial para participação no mercado de carbono (CARR *et al.*, 2018). As zonas úmidas costeiras podem receber valor monetário devido suas contribuições no ciclo global do carbono e na mitigação da concentração do CO₂, incentivando a economia para conservação e restauração dessas zonas (ZARATE-BARRERA; MALDONADO, 2015).

Os projetos de crédito de carbono nos mangues são geralmente implementados por organizações não governamentais (ONGs) e comunidades locais, em parceria com empresas e governos. Esses projetos podem incluir a restauração de áreas degradadas, a proteção de áreas intactas de mangue, o manejo sustentável da pesca e o envolvimento da comunidade local na conservação dos mangues (MORRISSETTE *et al.*, 2023). Além de mitigar as emissões de GEE, os projetos de crédito de carbono nos mangues também trazem benefícios sociais e econômicos para as comunidades locais, como a geração de empregos e a promoção da segurança alimentar (ZENG *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa possui uma abordagem qualitativa e trata-se de um estudo de caso, visando promover proposições de aplicação em um contexto específico, o estado do Ceará e explorando como a compensação de carbono de zonas úmidas costeiras pode ser aplicada nessa área. Para investigar a viabilidade e os benefícios da implementação desses projetos no estado do Ceará, foi conduzida uma abordagem metodológica abrangente, envolvendo leitura de materiais acerca da temática coletados de fontes nacionais e internacionais, bem como a criação de tabelas ilustrativas de exemplos de metodologias de compensação de carbono aplicáveis à restauração do ecossistema.

Com objetivo de obter uma visão holística da prática de carbono azul e dos projetos de restauração de manguezais, foram realizadas pesquisas em bases de dados a exemplo da *Web of Science*, *Scopus* e Google Acadêmico. Foram utilizadas palavras-chave e combinações, como "carbono azul", "manguezais", "compensação de carbono" e "restauração de zonas úmidas costeiras" para identificar artigos acadêmicos, relatórios técnicos e documentos governamentais pertinentes. A partir da análise dos documentos pertinentes e para compreender as diferentes abordagens de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras e como elas podem ser aplicadas à restauração de manguezais, foi elencado exemplos de projetos que estão implementados no contexto nacional e internacional, e assim, construída tabelas de apresentação para colaborar na discussão.

Por fim, a partir das informações coletadas, pretendeu-se promover discussões com proposições à recuperação de mangues no estado do Ceará, com base na implementação do carbono azul.

4 PROJETOS PARA COMPENSAÇÃO DE CARBONO E RECUPERAÇÃO DE MANGUES

Nesta seção, objetiva-se explorar as práticas internacionais e nacionais de destaque no âmbito da compensação de carbono e recuperação de mangues. A implementação bem-sucedida dessas estratégias em diferentes partes do mundo oferece insights valiosos para o estudo sobre a viabilidade da compensação de carbono de zonas úmidas costeiras no estado do Ceará. Serão analisados exemplos específicos de projetos internacionais e de algumas regiões no Brasil, destacando sua metodologia e aplicabilidade, bem como as atividades realizadas, com o objetivo de extrair lições relevantes para a conservação e restauração dos manguezais na região costeira do Ceará.

4.1 PRÁTICAS NO CONTEXTO INTERNACIONAL

Diretrizes específicas elaboradas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) possibilitaram a aplicação em relação ao estoque de carbono e à avaliação das emissões de GEE em projetos de compensação de carbono (HIRAISHI *et al.*, 2014).

Dessa forma, os países começaram a criar métodos para adaptação e inserção nesse mercado, a exemplo, a União Europeia e outros países desenvolvidos como o Canadá e a Coreia do Sul possuem um Sistema de Comércio de Emissões (ETS), alguns estados dos Estados Unidos criaram regulamentações tanto estaduais como iniciativas regionais para reduzir a emissão dos GEE (KUWAE *et al.*, 2022). A Austrália incluiu ecossistemas de carbono azul em suas contas nacionais de GEE, desenvolvendo diretrizes abrangentes para esse fim, o Japão apresenta projetos de compensação de carbono; o carbono azul das plantações de florestas de mangue foi transacionado sob metodologias AR na Ásia, África e América do Sul por diferentes organizações voluntárias, incluindo *Plan Vivo* e *Worldview International Foundation*. (KUWAE *et al.*, 2022; WORLD BANK, 2019; ZARATE-BARRERA; SAPKOTA; WHITE, 2020).

Ao se tratar do sistema de crédito do mercado voluntário, os Estados Unidos e a Europa se destacam como administradores, com regras criadas pela *Verra* (EUA), *Gold Standard* (Suíça) e *Plan Vivo* (Reino Unido). Exemplificando, a *Plan Vivo* elaborou o primeiro crédito de carbono azul comunitário do mundo para a conservação e regeneração de florestas de mangue na região de Gazi, no Quênia (KUWAE *et al.*, 2022).

O Quadro 1 apresenta exemplos de projetos acerca de metodologias de compensação de carbono nessas áreas costeiras de mangues, elaborados em alguns países e que vêm sendo alvo de inúmeras pesquisas empíricas.

Quadro 1 - Exemplos de metodologias de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras aplicáveis à restauração do ecossistema.

ESTADOS UNIDOS			
Local	Fundamentação Teórica	Metodologia / Aplicabilidade	Atividade do Projeto

Mississippi Delta	Mack; Lane; Day (2012)	Restauração de zonas úmidas deltaicas degradadas do delta do Mississippi. Zonas úmidas florestadas e não florestadas degradadas.	Regeneração natural assistida, semeadura e plantio de árvores (como ciprestes e manguezais); Gestão hidrológica (desvio do rio para zonas húmidas, introdução de escoamento de fontes não pontuais, descarga de efluentes municipais tratados em zonas húmidas ou a combinação destas atividades); e quaisquer outras atividades que evitem a perda de áreas úmidas.
Louisiana, também aplicável a outras regiões dos EUA	Standard (2014)	Criação de Áreas Úmidas Costeiras. Zonas úmidas que foram degradadas para águas abertas.	Criação de pântano: estabelecimento do substrato, estabelecimento da vegetação ou combinação de ambos.
Aplicação mundial	Emmer <i>et al</i> (2015)	Metodologia para restauração de zonas úmidas e ervas marinhas. Pântanos de maré degradados, florestas de maré e prados de ervas marinhas	Gestão hidrológica, alteração do abastecimento de sedimentos, alteração das condições de salinidade, melhoria da qualidade da água, reintrodução de comunidades de plantas nativas, práticas de gestão melhoradas (por exemplo, remoção de espécies invasoras) ou uma combinação de qualquer uma destas atividades.
Delta Sacramento-San Joaquin, estuário da Baía de São Francisco e áreas costeiras da Califórnia	(Deverel <i>et al.</i> , 2017)	Restauração das zonas úmidas costeiras e deltaicas da Califórnia. Terras agrícolas e zonas húmidas de maré degradadas.	Cultivo de arroz (em terras agrícolas e zonas húmidas sazonais), zonas húmidas geridas (em terras agrícolas e zonas húmidas sazonais) ou zonas húmidas de maré (em todas as condições de referência).
JAPÃO			
Local	Fundamentação Teórica	Metodologia / Aplicabilidade	Atividade do Projeto
Crédito Yokohama BC	Kuwae <i>et al.</i> (2022)	Prados de ervas marinhas (Nível 1); Leitos de macroalgas; Aquicultura de macroalgas	Criação/ restauração/ conservação (metodologia IPCC aplicada) Redução de emissão de CO 2
Crédito Fukuoka BC	Kuwae <i>et al.</i> (2022)	Prados de ervas marinhas (Nível 1); Leitos de macroalgas	Criação/ restauração/ conservação (metodologia IPCC aplicada) Redução de emissão de CO 2
Crédito J-Blue (Nacional)	Kuwae <i>et al.</i> (2022)	Prados de ervas marinhas (Nível 1); Leitos de macroalgas.	Criação/ restauração/ conservação (metodologia IPCC aplicada) Redução de emissão de CO 2
QUÊNIA			
Local	Fundamentação Teórica	Metodologia / Aplicabilidade	Atividade do Projeto
Quênia (Projeto Mikoko Pamoja)	Mikoko Pamoja (2023)	Oferecer incentivos de longo prazo para a restauração e proteção de manguezais - conta	Projeto de ganho triplo (conservação do clima, da comunidade e da biodiversidade).

		com a participação da comunidade.	Atividades de conservação, conscientização e venda de créditos de carbono de mangue. A receita gerada (de US\$ 24.000/ano) com a venda de créditos de carbono é usada para apoiar projetos de desenvolvimento local em água e saneamento, educação, saúde e conservação do meio ambiente.
--	--	-----------------------------------	--

Fonte: elaborado pelos autores com base nas pesquisas Sapkota; White (2020), Kuwae *et al.* (2022) e Mimoko Pamoja (2023).

O Quadro 1 é abrangente e apresenta uma variedade de projetos de restauração de manguezais em nível internacional, destacando a diversidade de abordagens adotadas em diferentes regiões do mundo.

Diversos esforços foram realizados nos Estados Unidos a partir de 2012 a fim de restaurar áreas úmidas no mercado de carbono, com atividades certificadas por diversos mercados (SAPKOTA; WHITE, 2020). A Califórnia, por exemplo, possui um programa de compensação de conformidade para crédito de carbono, aprovado para projetos relacionados a floresta, floresta urbana, pecuária, metano de mina, substâncias destruidoras de ozônio e cultivo de arroz (CLIMATE ACTION RESERVE, 2019; SAPKOTA; WHITE, 2020).

A fim de garantir o sustento da economia associada a essa região, a restauração e conservação dessas áreas é uma necessidade ao longo do litoral dos Estados Unidos, a qual é um ambiente diversificado ao se considerar a geologia, geomorfologia, hidrologia, clima, aumento relativo do nível do mar e necessidades de restauração que afetam esse sistema, portanto, as metodologias de carbono de zonas úmidas tendem a ser projetadas de forma específica às atividades de restauração (SAPKOTA; WHITE, 2020).

Em conjunto com os esforços internacionais, o Japão passou a reconhecer a importância do carbono azul e buscam esforços para implementação social, onde as empresas privadas, organizações administrativas e outros indivíduos incorporaram a conservação dos ecossistemas como novas oportunidades de negócio, declarando assim sua intenção de buscar o potencial do carbono azul como fonte para estratégia de longo prazo baseada no Acordo de Paris (KUWAE *et al.*, 2022; NOBUTOKI; YOSHIHARA; KUWAE; 2019). O país relata como objetivos socioeconômicos das iniciativas de carbono azul as melhorias do valor do capital e os benefícios econômicos dos ecossistemas costeiros (incentivos econômicos, créditos de compensação de carbono, pagamentos por serviços ecossistêmicos, receita de fundos), mantendo uma relação custo-benefício como obras públicas e promover negócios locais (THOMAS, 2014).

Em Yokohama, foi estabelecido um "Plano de Ação para Contramedidas de Aquecimento Global" com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 7% até 2020 e 30% até 2030, em comparação com os níveis de 2013. Em 2014, foi lançado o Projeto *Yokohama Blue Carbon*, que visa a criar impactos positivos no meio ambiente (purificação da água e conservação da biodiversidade), na sociedade (melhoria das amenidades e da marca Yokohama) e na economia (aumento de recursos, alimentos e turismo). Em Fukuoka, foi estabelecido o segundo esquema de crédito de compensação de carbono azul e o primeiro esquema de financiamento no Japão, usando taxas de entrada de navios e doações de empresas como recursos financeiros para atividades de conservação e restauração ambiental. Em 2020, o Ministério Japonês de Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo implementou um projeto de demonstração de crédito compensado em colaboração com a *Japan Blue Economy Association* (JBE), envolvendo várias iniciativas de pesquisa e desenvolvimento de métodos para medir a absorção de CO₂ pela vegetação nas margens das comunidades locais.

Como já retratado anteriormente, o primeiro crédito de carbono azul comunitário do mundo para a conservação e regeneração de florestas de mangue foi criado na região de Gazi, no Quênia. O projeto *Mikoko Pamoja* tem como integrantes o *Kenya National Marine Fisheries Research Institute* (KMFRI) e organizações britânicas e americanas como atores e financiadores. De acordo com o próprio site do projeto, trata-se de uma instalação de compensação de carbono de pequena escala que usa manguezais como domínio, buscando oferecer incentivos de longo prazo para a restauração e proteção dos manguezais, contando com a participação da comunidade. *Mikoko Pamoja* é um exemplo de projeto com “ganho triplo”, considerando a conservação do clima, da comunidade e da biodiversidade.

4.2 PRÁTICAS NO CONTEXTO NACIONAL

Segundo o mapeamento realizado pelo CSR/Ibama, apresentado no Atlas dos Manguezais do Brasil, o ecossistema de manguezal se estende por aproximadamente 14.000 km² ao longo da costa brasileira. Cerca de 80% dos manguezais no território brasileiro estão concentrados em três estados do bioma amazônico: Maranhão (36%), Pará (28%) e Amapá (16%) (ICMBIO, 2018).

Os créditos de carbono têm sido gerados através de projetos conhecidos como Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD) que visa a redução das emissões dos GEE ocasionadas pelo desmatamento e degradação florestal mediante agregação de valor econômico do carbono estocado nas florestas (ANGELSEN *et al.*, 2009). Dessa forma, o Brasil vem apresentando projetos e estudos que visam reduzir áreas desmatadas em manguezais como iniciativa de redução das emissões de GEE.

O Quadro 2 demonstra exemplos de projetos utilizando metodologias de recuperação de mangues realizados em alguns estados brasileiros.

Quadro 2 - Experiências de Recuperação de áreas de Mangues no Brasil

Local	Fundamentação teórica	Metodologia/aplicabilidade	Atividade do projeto
Baixada Santista	Menezes e colaboradores (2005)	Replântio de três parcelas com reduzida regeneração natural e sedimentos expostos nas marés mais baixas	Plantio de propágulos e plântulas de <i>Rhizophora mangle</i> . As plântulas possuem entre 0,3 e 0,5 m de altura, sem presença de ramificações ou rizóforos, possuindo um par de folhas, no mínimo.
Rio Itajaí Açu, Santa Catarina	Tognella-de-Rosa e colaboradores (2002, 2004)	Replântio com transporte das plantas com escavação ao redor do sistema de raízes e a árvore ser imediatamente transportada para outro local.	Plantio da espécie <i>Laguncularia racemosa</i> para recuperação dos manguezais e manutenção da flora.
Reserva Ecológica Particular de Sapiranga, cidade de Fortaleza	Bonilla e colaboradores (2010)	Replântio de três parcelas onde parte das mudas e sementes foi retirada de locais onde sua ocorrência é maior e preparadas em viveiros.	Plantio das espécies <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Conocarpus erectus</i> .

Fonte: elaborado pelos autores, adaptado do estudo de Casasco, Santos e Quiñone (2014)

O quadro apresentado destaca três projetos de restauração de manguezais implementados em diferentes regiões do Brasil. Cada projeto adotou uma metodologia específica para abordar os desafios de conservação e restauração dos manguezais em seus respectivos locais. Essas iniciativas abrangem desde o replantio de espécies de mangue, como *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*, até estratégias de transporte de árvores inteiras para novos locais de plantio. A diversidade de abordagens ilustra a adaptabilidade necessária para lidar com as particularidades de cada ambiente costeiro e seus ecossistemas únicos.

O projeto de recuperação de mangue na Baixada Santista (São Paulo) e o projeto de recuperação de mangue no Rio Itajaí-Açu (Santa Catarina) se concentram na restauração e preservação dos manguezais em cada região. Essa intervenção visa à restauração do ecossistema de manguezal, que desempenha um papel crucial na proteção da costa contra a erosão, na conservação da biodiversidade marinha, no fornecimento de abrigo e alimento para diversas espécies, e na mitigação das mudanças climáticas. Os projetos também buscam envolver as comunidades locais na conservação e no manejo sustentável dos manguezais, promovendo uma abordagem integrada que equilibra a conservação ambiental com as necessidades socioeconômicas das populações costeiras.

A Reserva Ecológica Particular de Sapiranga é uma área de preservação localizada na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, oficialmente reconhecida como uma unidade de conservação por meio de uma portaria da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Sua importância está relacionada à preservação de um ecossistema de manguezal e planície fluviomarina, ambiente fundamental devido à sua alta produção de biomassa, servindo como berçário para inúmeras espécies marinhas e continentais. Além disso, a reserva desempenha um papel crucial na preservação da biodiversidade e na prestação de serviços ecossistêmicos essenciais à sociedade. A reserva visa restringir os usos inadequados da área, garantindo assim a conservação desse valioso ecossistema, além de promover a realização de pesquisas científicas.

5 CARACTERIZAÇÃO DOS MANGUES NO ESTADO DO CEARÁ

No Ceará, os mangues estão presentes em cerca de 22 municípios, ocupando 19.518,21 ha em área, correspondente a 1,40% em relação a área total do país (9ª posição) (Leão *et al.* 2018), sendo sua costa pouco recortada, apresentando extensas praias arenosas com limitados manguezais (VALE; SCHAEFFER-NOVELLI, 2018). As autoras ainda reforçam Fortaleza como uma das capitais costeiras que mais cresce no Brasil, com grande aglomeração urbana e que os manguezais necessitam resistir, a exemplo dos estuários dos rios Ceará e Cocó, uma área relevante para o equilíbrio ambiental, com potencial de contribuir na mitigação de impactos ambientais, e que merece atenção por serem ecossistemas sensíveis, necessitando de cuidados e preservação.

Os mangues do estado do Ceará são ecossistemas costeiros únicos, compostos por uma variedade de plantas e animais adaptados às condições de água salgada, salinidade e lama que prevalecem nessas áreas (DO CARMO, 2020). O estado do Ceará é rico em manguezais distribuídos ao longo de sua costa. Dentre os principais manguezais da região, destacam-se a Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará, localizada próxima à cidade de Fortaleza, a Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Pacoti, situada próximo à cidade de Cascavel, e a Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Cocó, localizada nas proximidades da capital, Fortaleza (BRASIL, 2018; THIERS *et al.* 2016). Esses manguezais abrangem áreas significativas em torno dos estuários dos rios correspondentes, com destaque

para o Rio Cocó, que desemboca no Oceano Atlântico. Além disso, a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Cauípe, próxima à cidade de Caucaia, também merece menção, pois abrange uma considerável área ao redor da foz do Rio Cauípe. É importante ressaltar que esses são apenas alguns exemplos das áreas de mangue presentes no Ceará (BRASIL, 2018). Ao longo da costa cearense, existem também outros manguezais menores, porém igualmente relevantes, desempenhando um papel crucial na proteção da biodiversidade e no equilíbrio ecológico dessa região.

De acordo com Thiers, Meireles e Santos (2016), a vegetação dos mangues do Ceará é caracterizada, sobretudo, por árvores e arbustos que conseguem sobreviver na água salgada e na lama, como o mangue-vermelho, o mangue-branco e o mangue-preto. Essas plantas têm raízes aéreas e raízes subterrâneas que possibilitam a sua sobrevivência em condições adversas.

Todavia, os mangues do Ceará sofrem constantes ameaças antrópicas, incluindo a urbanização, a exploração de recursos naturais e a carcinicultura. Medidas de conservação e preservação desses ecossistemas devem ser fortalecidas, a fim de garantir a sua sobrevivência e a continuidade dos serviços ecossistêmicos que eles oferecem.

6 PROPOSIÇÕES À RECUPERAÇÃO DE MANGUES NO ESTADO DO CEARÁ

No contexto específico do estado do Ceará, onde os manguezais costeiros desempenham um papel vital na sustentabilidade ambiental e no bem-estar das comunidades locais, a abordagem do carbono azul emerge como uma promissora oportunidade de preservação e recuperação. O carbono azul representa não apenas a capacidade dos manguezais de atuar como sumidouros de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas, mas também uma fonte potencial de financiamento para a restauração desses ecossistemas e o fortalecimento econômico das regiões costeiras do estado.

O estado possui algumas leis e projetos voltados para a conservação e restauração de seus ecossistemas costeiros, embora não estejam especificamente focados no conceito de carbono azul. À medida que são exploradas as implicações do carbono azul para o Ceará, é importante considerar como essas políticas e ações já existentes podem ser integradas ou adaptadas para fortalecer ainda mais a conservação e recuperação dos manguezais.

Em 2019 foi criada a Lei Estadual 16.996/2019 que prevê a realização da Semana Estadual de Proteção aos Manguezais do Ceará anualmente no mês de julho, tomando como referência a data de proteção aos manguezais em todo o mundo. No entanto, debater anualmente sobre a proteção desse ecossistema não é suficiente, tornando necessário difundir de forma mais abrangente a temática em todas as camadas sociais e propor a criação de políticas públicas e projetos que contribuam de forma efetiva, com resultados concretos.

Em dezembro de 2022 foi aprovado na Assembleia Legislativa do Estado do Ceará o projeto que cria a Política Estadual de Conservação e Uso Sustentável dos Recursos do Mar (PERM), também conhecida como a “Lei do Mar” (Lei nº 18.298/22) visando melhor organização com a exploração desses recursos, de forma sustentável, atrelando o desenvolvimento econômico a preservação do meio ambiente. A parceria entre sociedade civil e o governo é fundamental para o avanço de políticas eficientes, realizadas de forma racional e que prevaleça respeito aos interesses das comunidades e a responsabilidade com o meio ambiente.

No que diz respeito à proteção dos manguezais, é fundamental destacar a existência de decretos específicos no estado que visam à conservação e preservação desses ecossistemas críticos. Estas normas estabelecem diretrizes e medidas para a proteção dos mangues, reconhecendo sua importância ecológica e socioeconômica. A exemplo de algumas áreas de mangues protegidas no Ceará, tem-se: Parque Estadual do Cocó (Decreto nº 32.248, de 07/06/2017), Área de Proteção Ambiental do Rio Pacoti (Decreto nº 25.778, de 15/02/2000),

Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Mundaú (Decreto nº 24.414, de 29/03/1999), Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Curu (Decreto nº 25.416, de 29/03/1999), e Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará - Rio Maranguapinho (Decreto nº 25.413, de 29/03/1999).

No estado do Ceará destaca-se a significativa importância dos estoques de carbono azul do solo em manguezais do semiárido tropical, com base em informações coletadas ao longo da costa semiárida do estado, revelando que os solos dos manguezais nesse contexto específico exibem uma notável capacidade de armazenamento de carbono, que pode chegar a ser até seis vezes maior do que a capacidade média de armazenamento observada em outras unidades vegetais típicas do semiárido brasileiro (NÓBREGA *et al.*, 2019). Assim, percebe-se que a localização geográfica do Ceará, com sua extensa costa e manguezais, confere ao estado um papel de destaque, demonstrando que a conservação e recuperação desses ecossistemas é relevante para a promoção da sustentabilidade ambiental e socioeconômica.

Em seu estado saudável, esses ecossistemas desempenham um papel crucial no armazenamento e sequestro de carbono, desempenhando um papel essencial na mitigação das mudanças climáticas, na promoção da biodiversidade e no suporte às comunidades costeiras que dependem desses ambientes. Dessa forma, iniciativas relacionadas ao carbono azul no Ceará têm o potencial não apenas de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, mas também de apoiar a conservação desses ecossistemas e promover o uso sustentável do ambiente. Isso, por sua vez, pode resultar em benefícios ambientais, como a redução das emissões de carbono, bem como na sustentabilidade das atividades de subsistência e na preservação dos ecossistemas encontrados no estado.

O comparativo com a implementação bem-sucedida de projetos semelhantes em diferentes partes do mundo pode ser relevante como exemplo, permitindo avaliar as lições aprendidas e *insights* que podem ser replicados. Para tanto, serão discutidas proposições a partir de comparações com outros projetos relevantes, a fim de ilustrar as possibilidades e potencialidades do carbono azul no contexto do estado do Ceará.

Nos Emirados Árabes, o Projeto de Demonstração do Carbono Azul de Abu Dhabi quantificou, mapeou e identificou aplicações de políticas para o carbono azul no Emir de Abu Dhabi, a qual posteriormente, foi expandido para um Projeto Nacional de Carbono Azul, contendo esforços significativos de restauração e plantação de manguezais. No contexto do Ceará, seria igualmente valioso seguir um caminho semelhante. Isso implicaria quantificar, mapear e identificar aplicações de políticas específicas relacionadas ao carbono azul no estado. Além disso, a implementação de esforços significativos de restauração e plantação de manguezais, assim como o fortalecimento da colaboração com a comunidade local e o setor privado, poderiam ser medidas essenciais para a preservação e expansão bem-sucedida de projetos relacionados ao carbono azul na região.

Um exemplo notável já mencionado é o projeto *Mikoko Pamoja*, localizado no Quênia. Ele adota uma abordagem integrada que não apenas visa à conservação dos manguezais, mas também se concentra em criar um impacto positivo abrangente nas comunidades locais e no meio ambiente. No âmbito da conservação, este projeto se dedica à proteção e restauração dos manguezais e possui como um aspecto distintivo a sua estratégia de venda de créditos de carbono gerados pelos manguezais preservados, a qual esses créditos são adquiridos por organizações que buscam compensar suas próprias emissões de carbono. Embora o exemplo do projeto *Mikoko Pamoja* provenha de uma realidade distante no Quênia, suas estratégias e realizações podem ser relevantes para o contexto dos manguezais do estado do Ceará, tendo em vista que assim como no Quênia, a região costeira do Ceará enfrenta desafios críticos relacionados à conservação de seus manguezais, que desempenham um papel vital na mitigação das mudanças climáticas e na sustentabilidade das comunidades locais. Enquanto observa-se o sucesso do projeto, é possível extrair lições valiosas e considerar sua aplicação no contexto do

Ceará. Essa abordagem pode ser adaptada ao contexto do Ceará, pois ao preservar os manguezais e gerar créditos de carbono, a região poderia atrair investimentos que não apenas beneficiariam a conservação ambiental, mas também fortaleceriam setores-chave, como educação, saúde, água e saneamento nas comunidades locais. A aplicação desses recursos financeiros em iniciativas de desenvolvimento sustentável poderia criar um ciclo virtuoso de benefícios, tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas que dependem desses ecossistemas.

O Japão apresenta um exemplo notável ao reconhecer a importância do carbono azul e direcionar esforços para sua implementação social. Isso inclui o envolvimento ativo de empresas privadas, órgãos administrativos e indivíduos na conservação dos ecossistemas costeiros como uma oportunidade de negócio inovadora. Da mesma forma, o Ceará poderia adotar uma abordagem semelhante, encorajando a participação ativa do setor privado, governos locais e a comunidade em geral.

A análise dos projetos realizados no Brasil, como na Baixada Santista e Rio Itajaí-Açu em Santa Catarina, oferece uma base sólida para considerarmos iniciativas semelhantes no Ceará. Esses projetos compartilham a abordagem de replantio e recuperação de manguezais, com a utilização de diferentes metodologias para alcançar a restauração desses ecossistemas críticos. Considerando a rica extensão da costa cearense e a importância dos manguezais para as comunidades costeiras, a aplicação dessas abordagens adaptadas ao contexto cearense pode ser altamente benéfica, sendo capaz de resultar na recuperação de áreas degradadas, na preservação da biodiversidade e na promoção de oportunidades socioeconômicas sustentáveis para as comunidades locais.

No próprio estado, na capital Fortaleza, foi retratado a Reserva Ecológica Particular da Sapiranga, oficialmente reconhecida por meio da Portaria da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) nº 031/97, datada de 03/02/1997. A área foi estabelecida como uma Reserva Ecológica, devido à sua relevância na preservação da biodiversidade e à capacidade de apoiar pesquisas científicas. A relevância desta área reside na sua capacidade de preservar a planície fluvio-marinha com manguezais. Este ecossistema, caracterizado por sua alta produção de biomassa, desempenha um papel fundamental como berçário para inúmeras espécies marinhas e continentais.

É importante ressaltar que esse exemplo deve ser considerado além de uma questão local, como uma oportunidade que deve ser estendida a todo o estado do Ceará. Proporcionar a proteção desse valioso ecossistema e a implementação de projetos de carbono azul não apenas beneficiaria a região imediata, mas também estenderia seus efeitos positivos para além das fronteiras. O Ceará, com sua extensa costa e riqueza em manguezais, possui o potencial de liderar iniciativas de conservação e mitigação das mudanças climáticas em todo o estado. Além disso, ao abraçar essa visão, o Ceará pode demonstrar seu compromisso com a sustentabilidade ambiental, promovendo o uso responsável de seus recursos costeiros e contribuindo para um futuro mais resiliente e sustentável.

Além de desempenharem um papel fundamental como fonte de renda, os manguezais também desempenham um papel crítico na garantia da segurança alimentar das comunidades tradicionais costeiras na região cearense. A implementação dos projetos pode promover um significativo aumento na segurança alimentar, assegurando meios de subsistência sustentáveis, aumentando a produção de alimentos, bem como a disponibilidade e o acesso a uma dieta adequada para a população.

A região em estudo possui um potencial significativo devido ao rico ecossistema presente em suas terras, o que abre oportunidades para a concepção e implementação de diversos modelos de projetos relacionados ao carbono azul. Esses projetos têm o potencial de gerar benefícios não apenas locais, mas também nacionais e até mesmo globais. Além dos benefícios ambientais e econômicos evidentes, eles podem proporcionar vantagens intangíveis,

incluindo valores sociais, culturais, melhorias na saúde, garantia de segurança alimentar e muito mais em todo o estado.

3 CONCLUSÃO

O estudo realizado objetivou discutir as contribuições sociais, econômicas e ambientais do carbono azul junto a recuperação de mangues através de experiências nacionais e internacionais, visto que é uma temática relevante e globalmente debatida, principalmente pelo fato de que os manguezais armazenam quantidades significativas de carbono e metodologias de compensação são uma importante estratégia de recuperação dessas áreas.

Diante os resultados, percebe-se a viabilidade e a sustentabilidade financeira de preservar a extensão dos manguezais por meio de financiamentos de carbono. No contexto cearense, vale ressaltar que os solos tropicais têm uma capacidade de armazenamento de carbono seis vezes maior do que o observado em outros lugares. Isso indica que os projetos de conservação e restauração dos manguezais no Ceará têm o potencial de fornecer benefícios abrangentes, desde a revitalização dos ecossistemas costeiros até o fortalecimento da economia local e a garantia de segurança alimentar para as comunidades envolvidas. Portanto, a promoção do carbono azul não apenas representa uma estratégia ambientalmente responsável, mas também uma oportunidade valiosa para impulsionar o desenvolvimento sustentável no estado do Ceará.

Com base nas análises de experiências trazidas ao longo do texto é importante frisar que ao se tratar do replantio nos manguezais, as experiências demonstraram que há uma perda considerável de mudas quando não se atenta a alguns aspectos da região, tais como: as influências das marés, aspectos do solo, incidência solar, sistema de raízes além do tamanho da muda a ser plantada. Cada tipo de mangue possui especificidades que necessitam de atenção e análise antes do plantio, considerando a vasta variedade de mangues no Ceará, para um maior sucesso do projeto, essas análises são fundamentais.

Em síntese, a pesquisa e os exemplos apresentados destacam a crescente relevância do carbono azul como uma estratégia na mitigação das mudanças climáticas globais, a qual esse ecossistema possui um papel crucial na manutenção da biodiversidade, na proteção contra eventos climáticos extremos e no sustento das comunidades locais. Através da implementação de projetos de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras, como os exemplos nacionais e internacionais mencionados, o Ceará tem a oportunidade de fortalecer sua resiliência ambiental e socioeconômica, contribuindo para a saúde do planeta e para o bem-estar das comunidades costeiras.

Portanto, a promoção do carbono azul pode ser considerada não apenas uma estratégia ambientalmente responsável, mas também uma medida fundamental para garantir um futuro sustentável e próspero para o estado do Ceará.

Assim, o artigo propõe ampliar esse campo de conhecimento e contribuição teórica, a fim do desenvolvimento de futuros projetos que beneficiem o estado do Ceará, tendo em vista a capacidade do carbono azul em gerar compensações nos crescentes mercados de carbono voluntário, a qual os projetos de restauração podem colaborar nas atividades de restauração e conservação costeira, promovendo, assim, valor econômico na região, capital para execução de projetos de restauração dos mangues e contribuições para redução do impacto ambiental pela emissão de carbono na atmosfera.

No entanto, vale destacar algumas limitações deste estudo. Embora tenham sido exploradas experiências nacionais e internacionais relevantes, a aplicação direta dessas estratégias em um contexto tão específico quanto o estado do Ceará pode enfrentar desafios e nuances únicas. Portanto, são necessárias pesquisas adicionais para adaptar e personalizar abordagens de compensação de carbono de zonas úmidas costeiras para as condições cearenses.

Além disso, embora os benefícios potenciais da compensação de carbono para a conservação de manguezais e o desenvolvimento socioeconômico local tenham sido destacados, a implementação bem-sucedida requer a colaboração de várias partes interessadas, incluindo governos, comunidades locais e organizações não governamentais. Pesquisas futuras podem se concentrar na construção de parcerias eficazes e na governança desses projetos para garantir resultados sustentáveis. Também é importante expandir o escopo das análises para considerar os impactos de longo prazo da compensação de carbono, bem como sua interação com outras estratégias de conservação e desenvolvimento regional. Isso permitirá entender melhor como a promoção do carbono azul pode se encaixar em uma abordagem mais abrangente e integrada para abordar os desafios ambientais, econômicos e sociais do estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.; COELHO JÚNIOR, C. Manguezal e serviços ecossistêmicos. In: **Atlas dos Manguezais do Brasil** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.
- ANGELSEN, A.; BROWN, S.; LOYSEL, C.; PESKETT, L.; STRECK, C.; ZARIN, D. **Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD): An Options Assessment** – Prepared for The Government of Norway, 2009.
- BRASIL. **Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 179 p., 2018.
- CARR, E. W.; SHIRAZI, Y.; PARSONS, G. R.; HOAGLAND, P.; SOMMERFIELD, C. K. Modeling the economic value of blue carbon in Delaware estuary wetlands: historic estimates and future projections. **Journal of environmental management**, v. 206, p. 40-50, 2018.
- CEARÁ. **Decreto Estadual nº24.414, de 29 de março de 1999**. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental - APA do estuário do Rio Mundaú, localizada na divisa dos municípios de Itapipoca e Trairi, e adota outras providências.
- CEARÁ. **Decreto Estadual nº25.778, de 15 de fevereiro de 2000**. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pacoti nos Municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz e dá outras providências.
- CEARÁ. **Decreto Estadual nº32.248/2017, de 07 de junho de 2017**. Dispõe sobre a criação da unidade de conservação estadual do grupo de proteção integral denominada parque estadual do cocó, no município de fortaleza e dá outras providências. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, CE, 2017.
- CEARÁ. **Decreto nº 25.413, de 29 de março de 1999**. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental do estuário do Rio Ceará, localizada na divisa dos municípios de Fortaleza e Caucaia e adota outras providências.
- CEARÁ. **Decreto nº 25.416, de 29 de março de 1999**. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental do estuário do Rio Curú, localizada na divisa dos municípios de Paracuru e Paraipaba e adota outras providências.
- CEARÁ. **Lei Estadual nº 16.996, de 24 de setembro de 2019**. Institui a semana estadual de proteção aos manguezais. Estado do Ceará, 2019. Disponível em:<
<https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/datas-comemorativas/item/6774-lei-n-16-996-24-09-19-d-o-26-09-19>>. Acesso em: 06 de maio de 2023.
- CEARÁ. **Lei Estadual nº18.298, de 27 de dezembro de 2022**. Cria a Política Estadual de Conservação e o Uso Sustentável dos Recursos do Mar – PERM como instrumento de proteção dos ecossistemas marinhos e desenvolvimento sustentável do Estado do Ceará, 2022.

Disponível em: <[http://www.climateactionreserve.org/how/california-compliance-projects/register-a-compliance-offset-project/](https://bela.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/meio-ambiente-e-desenvolvimento-do-semiarido/item/8250-lei-n-18-298-de-27-12-2022-d-o-28-12-22#:~:text=LEI%20N%C2%BA18.-,298%2C%20de%2027.12.2022.,(D.O%2028.12.22)&text=CRIA%20A%20POL%C3%8DTI%20ESTADUAL%20DE,SUSTENT%C3%81VEL%20DO%20ESTADO%20DO%20CEAR%C3%81.> Acesso em: 08 de maio de 2022.</p>
<p>CLIMATE ACTION RESERVE - CAR. Register a Compliance Offset Project. Climate Action Reserve. Los Angeles, CA, 2019. Disponível em: <. Acesso em 02 de maio de 2023.

DEVEREL, S.; OIKAWA, P.; DORE, S.; MACK, S.; SILVA, L.; BALDOCCI, D.; VERFAILLIE, J. **Restoration of California deltaic and coastal wetlands**. American Carbon Registry, Arlington VA, 2017.

DO CARMO, M. Antigas Salinas Urbanas e sua Oportunidade para promover Cidades Verdes: O Caso do Parque Estadual do rio Cocó em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Cuadernos de investigación urbanística**, n. 129, p. 89-104, 2020.

DUKE, N., J. MEYNECKE, S. DITTMANN, M. ELLISON, K. ANGER, U. BERGER, S. CANNICCI, K. DIELE, KC EWEL, C. FIELD, N. KO EDAM, S. LEE, C. MARCHAND, I. NORDHAUS, E F. DAHDOUNH GUEBAS. 2007. A world without mangroves?. **Science**, v.317, p. 41-43, 2007.

EMMER, I.; NEEDELMAN, B.; EMMETT-MATTOX, S.; CROOKS, S.; MEGONIGAL, P.; MYERS, D.; ORESKA, M.; MCGLATHERY, K.; SHOCH, D. **VM0033 Methodology for Tidal Wetland and Seagrass Restoration V1.0**. Verified Carbon Standard (VCS). Washington, DC, 2015.

FERNANDEZ, V. **Para onde vamos com o sequestro de carbono? A rede sociotécnica do carbono assimilado por manguezais**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2015.

HIRAIISHI, T.; KRUG, T.; TANABE, K.; SRIVASTAVA, N.; BAASANSUREN, J.; FUKUDA, M.; TROXLER, T. G. **2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands**. IPCC, Switzerland, 2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. **Diagnóstico da Carcinicultura no Estado do Ceará, relatório final**. Diretoria de Proteção Ambiental (DIPRO), Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental. (DILIQ) e Gerência Executiva do Ceará (GEREX-CE). v.1, 177p, 2005.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: synthesis report**. Geneva: IPCC. 151p, 2014. Disponível em: https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/ipcc/resources/pdf/IPCC_SynthesisReport.pdf. Acesso em: 03/05/2023

JUNIOR, A. C.; DA SILVA, E. V.; DE CARVALHO, R. G.; RABELO, F. D. B. Áreas protegidas para a conservação dos manguezais em Guiné-Bissau: estudo sobre a importância do parque natural dos tarrafes do Rio Cacheu. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 123-154, 2019.

KUWAE, T.; WATANABE, A.; YOSHIHARA, S.; SUEHIRO, F.; SUGIMURA, Y. Implementation of blue carbon offset crediting for seagrass meadows, macroalgal beds, and macroalgae farming in Japan. **Marine Policy**, v.138, p.104996, 2022.

LANE, R. R.; MACK, S. K.; DAY, J. W.; DELAUNE, R. D.; MADISON, M. J.; PRECHT, P. R. Fate of soil organic carbon during wetland loss. **Wetlands**, v.36, p. 1167-1181, 2016.

LEÃO, A.R.; PRATES, A.P.L.; FUMI, M. Manguezal e as unidades de conservação. In: **Atlas dos Manguezais do Brasil** / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

LIMA JUNIOR, N. S. **Neutralização das emissões de gases de efeito estufa através de ações de sequestro de carbono e negociações municipais**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo Sustentável e Ordenamento do Território), Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2021.

LOVELOCK, C. E.; ATWOOD, T.; BALDOCK, J.; DUARTE, C. M.; HICKEY, S.; LAVERY, P. S.; MASQUE, P.; MACREADIE, P. I.; RICART, A.M.; SERRANO, O.; STEVEN, A. Assessing the risk of carbon dioxide emissions from blue carbon ecosystems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.15, n.5, p. 257-265, 2017.

LUO, Z.; CHEN, X.; WAN, X. The role of co-opetition in low carbon manufacturing. **European Journal of Operational Research**, v. 253, n. 2, p. 392-403, 2016.

MACK, S. K.; LANE, R. R.; DAY, J. W. **Restoration of degraded deltaic wetlands of the Mississippi Delta v2. 0**. American Carbon Registry (ACR). Arlington, VA: Winrock International, 2012.

MACREADIE, C.; *et al.* The future of blue carbon science. **Nature Communications**, v.10, p.1-13, 2019.

MAIA, R. C.; SOUSA, K N S; ALMEIDA, J.; BENEVIDES, J.; AMORIM, V. G. SOUSA, R. M. Impactos ambientais em manguezais no ceará: causas e consequências. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, v.13, n. 5, p. 69-77, 2019.

MCLEOD, E.; CHMURA, G. L.; BOUILLON, S.; SALM, R.; BJÖRK, M.; DUARTE, C. M.; LOVELOCK, C. E.; SCHLESINGER, W.H; SILLIMAN, B. 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.

MIMOKO PAMOJA. **Site oficial - About**. Disponível em <<https://www.mikokopamoja.org/sample-page/>>. Acesso em: 08 de maio de 2023.

MORRISSETTE, H. K., *et al.* Belize Blue Carbon: Establishing a national carbon stock estimate for mangrove ecosystems. **Science of The Total Environment**, v. 870, p.161829, 2023.

NOBUTOKI, M.; YOSHIHARA, S.; KUWAE, T. Carbon offset utilizing coastal waters: Yokohama blue carbon project. **Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems: Carbon Dynamics, Policy and Implementation**, p. 321-346, 2019.

OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Effective carbon rates: pricing CO₂ through taxes and emissions trading systems**. Paris: OECD Publishing, 2016. Disponível em: <https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/effective-carbon-rates_9789264260115-en#page26>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

OLIVEIRA, Y. P. L. Desafios do Mercado de Carbono após o Acordo de Paris: Uma revisão. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.4, n.1, p.02-20, 2022.

PEIXER, J. F. B. **A contribuição nacionalmente determinada do Brasil para cumprimento do Acordo de Paris: metas e perspectivas futuras**. Tese (Doutorado em Direito). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2019.

QIU, Y., QIAO, J., PARDALOS, P. M. A branch-and-price algorithm for production routing problems with carbon cap-and-trade. **Omega**, v. 68, n. 4, p. 49-61, 2017.

RAMOS, C. L. **Aprendizagem baseada em projetos na investigação dos serviços ecossistêmicos dos manguezais em Estância-SE**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências Ambientais). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil, 2022.

SAPKOTA, Y.; WHITE, J. R. Carbon offset market methodologies applicable for coastal wetland restoration and conservation in the United States: A review. **Science of The Total Environment**, v.701, 2020.

SOUZA, K. N. S.; MAIA, R. M. Análise ambiental de manguezais no Ceará por meio da caracterização dos resíduos sólidos presentes nestes ambientes costeiros. In: DE OLIVEIRA MATOS, F., DE OLIVEIRA RIBEIRO, G., VASCONCELOS, F. H. L., & HOLANDA, A. K. C. **Educação Ambiental: olhares e saberes**. Campinas, SP: Pontes, 2019.

STANDARD, V. C. **Methodology for Coastal Wetland Creation. V1.0**. Verified Carbon Standard (VCS). Washington, DC, 2014.

THE BLUE CARBON INITIATIVE. Carbono Azul: métodos para evaluar las existencias y los factores de emisión de carbono en manglares, marismas y pastos marinos. La Educación, 2019, 181p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372868_spa>. Acesso em: 24 de setembro de 2023.

THIERS, P. R. L.; MEIRELES, A. J. A. M.; SANTOS, J. O. **Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. 126 p. (Estudos da Pós-Graduação).

THOMAS, S. Blue carbon: Knowledge gaps, critical issues, and novel approaches. **Ecological Economics**, v.107, p.22-38, 2014.

VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; YORK, J. K. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments. **Bioscience**, v.51, n.10, p.807-815, 2001.

VAN DER GAAST, W. P.; SPIJKER, E. **Biochar and the carbon market**. The Interreg IVB North Sea Region Programme, 2013. Disponível em: <<https://static1.squarespace.com/static/54e5ee5de4b0c694a3dc63e2/t/55916025e4b05b489b7d1475/1435590693308/WP43+-+Biochar+and+the+Carbon+Market.pdf>>. Acesso em: 03 de maio de 2023.

WANG, Y., WANG, F., WANG, Z. How carbon allowance allocation rule affects manufacturing/remanufacturing decisions under the carbon credits buy-back policy. **Energy Reports**, v. 8, p. 14061-14071, 2022.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2019**. The World Bank, Washington, DC, USA, 2019.

ZARATE-BARRERA, T. G.; MALDONADO, J. H. Valuing blue carbon: carbon sequestration benefits provided by the marine protected areas in Colombia. **PloS one**, v.10, n.5, 2015.

ZENG, Y.; FRIESS, D. A.; SARIRA, T. V.; SIMAN, K.; KOH, L. P. Global potential and limits of mangrove blue carbon for climate change mitigation. **Current Biology**, v.31, n.8, p.1737-1743, 2021.