



## **Soluções Baseadas na Natureza para adaptação ao aumento do nível do mar: uma revisão sistemática**

*Nature-Based Solutions as adaptation to sea level rise: a systematic review*

*Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al aumento del nivel del mar: una revisión sistemática*

PELLEGRINI, Izabela Uliana<sup>1</sup>

BUSSOLOTI, Victor Moura<sup>2</sup>

SALVALAIO, Renata Cerqueira do Nascimento<sup>3</sup>

SANTOS, Juliana Silva Almeida<sup>4</sup>

ALVAREZ, Cristina Engel de<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil  
[izabela.pellegrini@gmail.com](mailto:izabela.pellegrini@gmail.com)  
ORCID: 0000-0001-9942-1072

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil  
[victorbussolotti@hotmail.com](mailto:victorbussolotti@hotmail.com)  
ORCID: 0000-0002-8645-5879

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil  
[renata.salvalaio@ufes.br](mailto:renata.salvalaio@ufes.br)  
ORCID: 0000-0003-1121-6758

<sup>4</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil  
[juliana.sa.santos@aluno.ufes.br](mailto:juliana.sa.santos@aluno.ufes.br)  
ORCID: 0000-0001-5278-1572

<sup>5</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Vitória, Espírito Santo, Brasil  
[cristina.engel@ufes.br](mailto:cristina.engel@ufes.br)  
ORCID: 0000-0002-3898-8515

Recebido em 27/02/2023. Aceito em 22/08/2023



## Resumo

Um dos efeitos das Mudanças Climáticas é o aumento do nível do mar, que poderá trazer inúmeras consequências negativas para cidades costeiras, especialmente para aquelas mais vulneráveis ou mais populosas. Simultaneamente, as pesquisas em torno de soluções de adaptação que integrem os sistemas humanos e naturais, como as Soluções Baseadas na Natureza (SBN), estão sendo ampliadas, incentivando a adoção de estratégias de mitigação e adaptação mais resilientes. Assim, este artigo apresenta os resultados da revisão sistemática de literatura sobre as técnicas tipo SBN implementadas em regiões costeiras nos cenários de aumento do nível do mar a fim de compreender lacunas, desafios e potencialidades. Os resultados apontam que há ainda poucas publicações sobre o tema, principalmente em países em desenvolvimento, e que a eficácia das SBN está atrelada às condições físicas, culturais e socioeconômicas do lugar, não sendo, portanto, efetivas em qualquer cenário.

**Palavras-Chave:** Mudança Climática, Sustentabilidade, Cidades, Nível do Mar, Serviços Ambientais.

## Abstract

*One of the Climate Change's effects is the sea level rise, which could have numerous negative consequences for coastal cities, especially for those that are more vulnerable or heavily populated. Simultaneously, research on adaptation solutions that integrate human and natural systems, such as Nature-Based Solutions (NBS), is being expanded, encouraging the adoption of more resilient mitigation and adaptation strategies. Thus, this article aims at a systematic literature review on NBS techniques implemented in coastal regions in scenarios of sea level rise to understand gaps, challenges and potentialities. The results showed that there are few publications on the subject, mainly in developing countries, and that the effectiveness of NBS is linked to the physical, cultural, and socioeconomic conditions of the place, not being, therefore, effective in all scenarios.*

**Key-Words:** Climate Change, Sustainability, Cities, Sea Level, Environmental Services.

## Resumen

*Uno de los efectos del Cambio Climático es el aumento del nivel del mar, teniendo numerosas consecuencias negativas para las ciudades costeras, especialmente para aquellas más vulnerables o más pobladas. Simultáneamente, se está ampliando la investigación sobre soluciones de adaptación que integran los sistemas humanos y naturales, como las soluciones basadas en la naturaleza (SBN), alentando la adopción de estrategias de mitigación y adaptación más resilientes. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo una revisión sistemática de la literatura sobre técnicas de SBN implementadas en regiones costeras en escenarios de aumento del nivel del mar para comprender las brechas, los desafíos y el potencial. Los resultados mostraron que aún existen pocas publicaciones sobre el tema, principalmente en los países en desarrollo, y que la efectividad de las SBN está ligada a las condiciones físicas, culturales y socioeconómicas del lugar, no siendo, por tanto, efectivas en todos los escenarios.*

**Palabras clave:** Cambio climático, Sostenibilidad, Ciudades, Nivel del Mar, Servicios Ambientales.



## 1. Introdução

Zonas costeiras populosas e com intensas atividades humanas são comuns. Contudo, a alta densidade e atividades antrópicas mal geridas podem causar desequilíbrios nos sistemas ambientais costeiros e até sua destruição. O desafio da gestão de áreas próximas ao mar consiste em equilibrar as necessidades dos sistemas humanos e naturais de forma sustentável, garantindo os direitos atuais e futuros das pessoas e mantendo a infraestrutura necessária para tal (MASSELINK; LAZARUS, 2019). Estes locais estão propensos, entre outros aspectos, a inundações marítimas e processos de erosão do solo, sendo alguns mais vulneráveis a eventos extremos. Ademais, o modelo tradicional de defesa costeira pode não estar apto a resistir aos impactos das mudanças climáticas (FOT; MUSUMECI; STAGNITTI, 2020).

O 6º relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021) aponta que o aumento do nível do mar (no original, *Sea Level Rise* - SLR) vai afetar cidades costeiras e trará efeitos prejudiciais principalmente para megacidades, pequenas ilhas e cidades com rápido processo de urbanização ou com dependência econômica de meios sensíveis ao clima. Os riscos decorrentes dessas mudanças incluem submersão de áreas (permanentes ou sazonais), salinização do solo e de aquíferos, destruição ou perturbação do funcionamento de ecossistemas costeiros e modificação na drenagem natural do solo. O relatório ainda defende que, mesmo reduzindo as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), o SLR é inevitável.

As cidades costeiras nem sempre possuem dados suficientes para definir suas proteções corretamente ou não utilizam processos de aplicação adequados. Por isso, entende-se que o uso das Soluções Baseadas na Natureza (SBN) pode contribuir com a ampliação da resiliência das defesas costeiras ao integrarem técnicas tradicionais e projetos inovadores (FOT; MUSUMECI; STAGNITTI, 2020).

As SBN são intervenções que utilizam a natureza e seus serviços ecossistêmicos para fornecer benefícios ambientais e socioeconômicos. Já as Adaptações Baseadas em Ecossistemas (ABE) englobam apenas estratégias voltadas às adaptações climáticas. O termo SBN aparece pela primeira vez na literatura em 2008 e o ABE em 2009 e estes são frequentemente usados como sinônimos, junto aos termos “infraestrutura verde” ou “infraestrutura verde e azul” (TIWARI *et al.*, 2022). Lebbe *et al.* (2022) incluem como exemplos de ABE a restauração de ecossistemas costeiros como restingas, manguezais e recifes de corais.

Conhecer o sistema costeiro contribui para a definição de estratégias visando evitar desequilíbrios que afetem negativamente os serviços ecossistêmicos prestados, como o sequestro e armazenamento de carbono (carbono azul) e a manutenção da biodiversidade local. Visando a maior eficiência, a ABE deve ser alicerçada nos princípios de participação comunitária, inclusão, respeito ao conhecimento científico e tradicional, responsabilidade e transparência, podendo ainda ser combinada com soluções tecnológicas (VASSEUR, 2021). Os benefícios das SBN incluem a proteção contra inundações e erosão do solo (de origem pluvial, fluvial ou marítima) e o controle de umidade, além de outros co-benefícios (NASSARY *et al.*, 2022), além de geralmente possuírem menos impacto do que as estruturas cinzas tradicionais.

O IPCC (2021) indica que as SBN são capazes de reduzir os impactos do SLR, apoiando a biodiversidade marinha e garantindo os meios de subsistência das comunidades costeiras. O custo de implementação desse tipo de sistema pode ser inferior ao das infraestruturas cinzas. Ademais, vegetações costeiras – como por exemplo, os manguezais –, quando restauradas e corretamente posicionadas podem criar barreiras de defesa para as inundações da costa, evitando perdas humanas



e de infraestrutura urbana. Há, porém, limitações na efetividade dessas soluções frente aos níveis de aquecimento e velocidade de aumento do nível das águas.

Dado o exposto, surge o questionamento acerca da aplicabilidade das SBN no contexto da adaptação das cidades costeiras frente ao SLR. Este estudo teve como objetivo mapear e sistematizar a literatura existente sobre o assunto, a fim de compreender se as SBN são adotadas como estratégia de adaptação ou mitigação aos efeitos do SLR.

## 2. Metodologia

A metodologia adotada consistiu em uma revisão sistemática de literatura com pesquisa feita nas bases *Scopus*, Portal de Periódicos Capes e *Science Direct*, considerando a confiabilidade e abrangência dessas bases. Foram utilizados os mesmos descritores para as três bases de pesquisa, variando apenas os filtros de acordo com a disponibilidade de ferramentas apresentadas pelas plataformas (Quadro 1). Não foi estabelecido um recorte temporal, porém não foram encontrados artigos anteriores a 2017.

**Quadro 1:** Filtros utilizados e resultados encontrados.

BASE	PALAVRAS-CHAVE	FILTROS	ÁREAS DE PESQUISA EXCLUÍDAS	Nº ARTIGOS
Scopus	"nature-based solutions" AND "climate change" AND "sea level rise"	Descritores em título, resumo e palavras-chave. Artigos de pesquisa e revisão.	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology; Computer Science; Medicine; e Agricultural and Biological Sciences.	29
Portal de Periódicos Capes		Artigos em periódicos revisados por pares.	Life Sciences & Biomedicine; Oceanography; Biodiversity	15
Science Direct		Descritores em título, resumo e palavras-chave. Artigos de pesquisa e revisão.	Agricultural and Biological Sciences.	10

Após a busca, as duplicidades e duas publicações que não permitiam a leitura completa foram descartadas, passando de 54 para 34 artigos a serem avaliados e lidos na íntegra para a identificação do objetivo, local do estudo de caso e eixo temático. Dados como ano de publicação, instituições envolvidas, área de concentração e palavras-chave de cada artigo foram sistematizados.

A divisão em eixos temáticos visou auxiliar na discussão dos conteúdos, sendo eles: 1) Artigos teóricos ou de revisão; 2) Simulações; 3) Análise de implantação técnica de uma ou várias SBN; 4) Revisão de políticas voltadas a SBN; e 5) Criação de ferramenta ou metodologia.

## 3. Resultados e Discussão

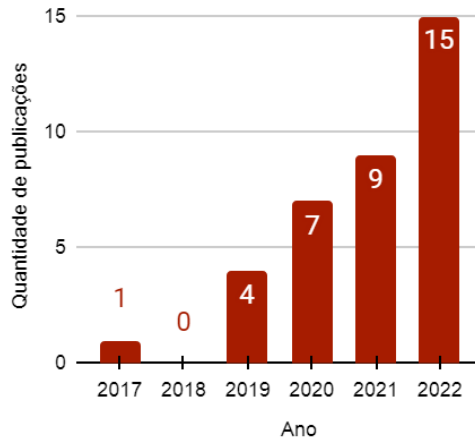
### 3.1. Análise temporal

A análise temporal indicou uma tendência de aumento do número de publicações. Contudo, a produção global se manteve relativamente baixa, com menos de 20 artigos por ano (Figura 1).

A urgência climática é um tema emergente na literatura científica, no entanto, não foi observado um aumento significativo no quantitativo da produção global nos últimos anos. Ainda assim, considerando o período de um quinquênio, observa-se que a produção científica do tema cresceu 1400%, o que indica o fortalecimento da área de pesquisa. O baixo número de publicações anuais pode sugerir a existência

de uma lacuna de pesquisa, tornando ainda mais relevante o delineamento do contexto em que os trabalhos foram realizados, bem como as abordagens, técnicas e dados utilizados.

**Figura 1:** Publicações por ano.

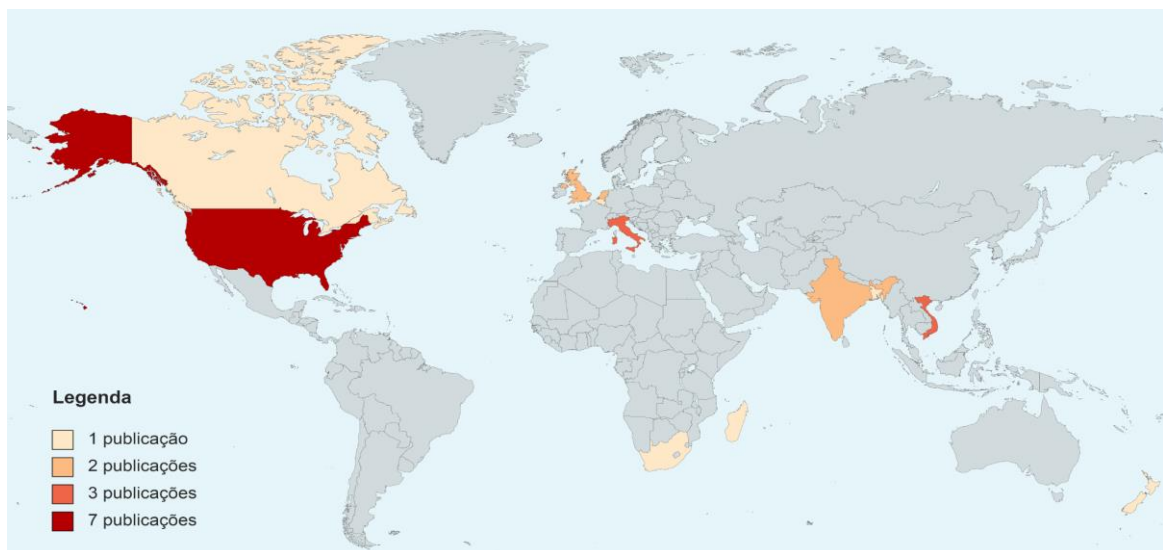


O termo SBN é amplamente, mas não universalmente, utilizado na literatura científica e o IPCC (2021) indica o seu uso em ecossistemas marinhos, mas nem sempre como estratégias exclusivas contra o SLR. Ambos os fatos podem contribuir para o baixo número de publicações, embora os resultados indiquem uma aproximação entre o universo teórico dos dois termos analisados.

### 3.2. Países dos Estudos de Caso

Foram identificados trabalhos em todos os continentes, com exceção da Antártica (Figura 2). Os continentes europeu e americano concentram o maior número (8 cada), ressaltando-se que neste último as investigações ficaram restritas à América do Norte. Logo após, tem-se a Ásia com 6, seguida por África e Oceania, com 1 e 2 estudos, respectivamente. Não foram computados no mapa: os 7 artigos que não possuíam local específico de estudo de caso; um no qual não foi possível identificar a localização do objeto de análise e dois realizados em múltiplos países. Os casos supracitados corresponderam a 29,4% da produção total.

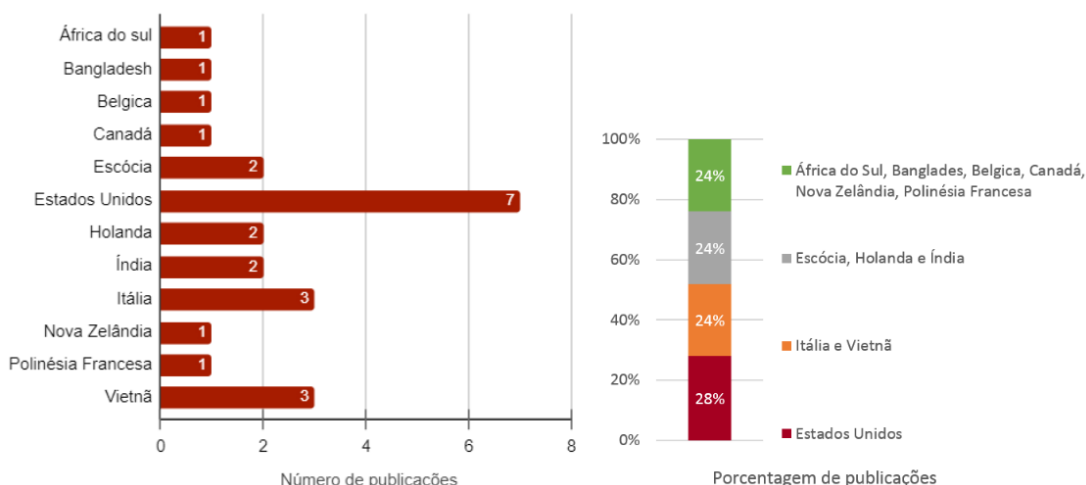
**Figura 2:** Localização dos estudos de caso.



Fonte: Autores a partir de MAPCHART, 2023.

O número de publicações por país oscilou entre 1 e 7 (Figura 3). Quase 30% das publicações que realizaram estudo de caso estudaram cidades dos EUA. Itália e Vietnã, que aparecem em seguida, correspondem juntos a 24% dos estudos de caso. Tal destaque nas produções estadunidenses pode ser justificado pelas sérias repercussões em curso nas áreas costeiras metropolitanas (KARAMOUZ, ZOGHI, MAHMOUDI, 2022). Para Wedding *et al.* (2022), essa pressão cada vez maior sobre os *habitats* costeiros exige esforços de adaptação e mitigação para proteger vidas e propriedades humanas.

**Figura 3:** Distribuição das publicações por localização do estudo de caso.



No caso da relativamente alta publicação no Vietnã, observa-se que a região vem sofrendo com impactos decorrentes das mudanças climáticas, como erosão costeira severa, SLR e intrusão de salinidade, que são agravados pela alta densidade populacional e rápido crescimento urbano (XUAN *et al.*, 2022). Nesse contexto, os estudos acerca das SBN buscam alternativas que combinem o respeito ao meio ambiente e baixo investimento de construção enquanto mecanismos para desenvolver a economia local (TRANG, LOC, 2022).

O Mar Mediterrâneo, que banha o litoral italiano, é considerado uma das regiões mais afetadas pela crise climática global, tendo aquecido 20% mais rápido do que a média global (MedECC, 2020). Há um risco crescente de aumento das ondas de calor e ameaça aos recursos hídricos e alimentares nesta bacia, o que justifica a busca por medidas de adaptação e mitigação na região.

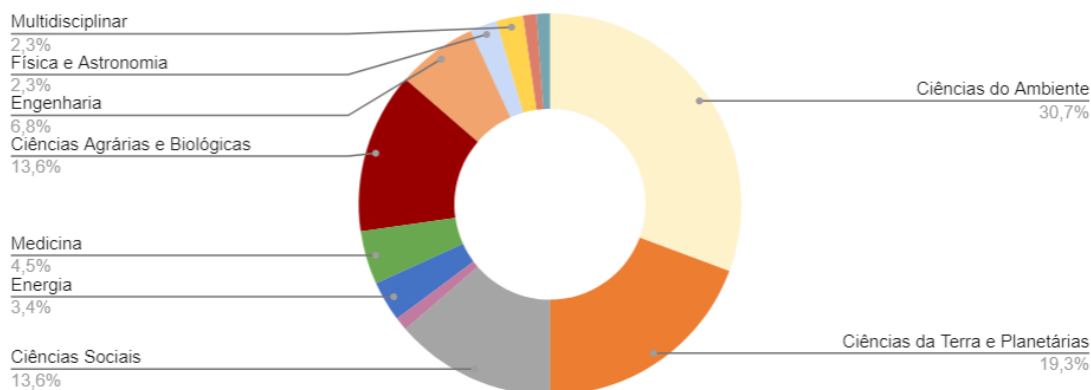
Foi ainda analisada a relação entre a capacidade de produção científica e o nível de desenvolvimento econômico dos países - tendo como referência o *World Bank* (2023) -, onde as nações com elevada qualidade de vida são denominadas “desenvolvidas” e países com nível inferior de desenvolvimento socioeconômico são denominados como “em desenvolvimento”. Dos países identificados, cerca de 67% foram classificados como desenvolvidos (Bélgica, Canadá, Escócia, Estados Unidos, Holanda, Itália, Nova Zelândia e Polinésia Francesa, cujos dados, por se tratar de uma região ultramarina, foram obtidos por meio do Produto Interno Bruto per capita) e 33% classificados como em desenvolvimento (África do Sul, Bangladesh, Índia e Vietnã). Do total de estudos de casos identificados, 18 foram conduzidos em países desenvolvidos (em torno de 75%), enquanto 7 foram executados em países em desenvolvimento (cerca de 25%).

### 3.3. Áreas de concentração

Os resultados da análise demonstram que as publicações estão distribuídas em 27 periódicos, classificados em 12 áreas de conhecimento, conforme informações obtidas junto às suas páginas

oficiais, destacando-se que alguns possuem até 4 áreas, fazendo com que o somatório seja diferente da quantidade de periódicos. O número de artigos publicados por periódico variou de 1 a 3 (Figura 4).

**Figura 4:** Distribuição de periódicos por áreas de atuação.

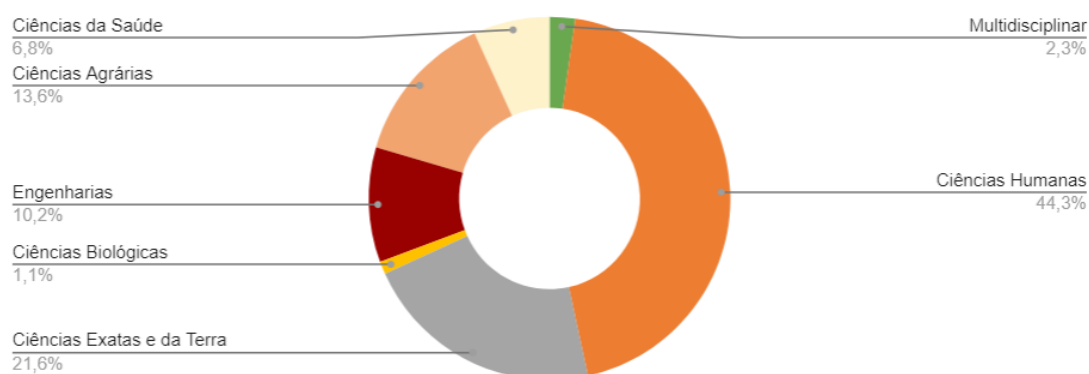


\*Por questões gráficas, as áreas com percentual inferior a 2% não foram rotuladas, a saber: Saúde Ambiental (rosa); Neurociência (verde-água); Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (vermelho); Física e Astronomia (azul claro).

Observa-se a prevalência de artigos em periódicos voltados para as Ciências do Ambiente, que estuda e interpreta fenômenos naturais e processos que produzam perturbações no ambiente, sejam elas de origem natural ou antrópica. Nas últimas décadas vem se ampliando os estudos que demonstram que o planeta entrou numa nova Era Geológica, o Antropoceno, caracterizada pelo impacto do homem na Terra tornando-se um condicionante para transformações globais no clima, na biodiversidade, na utilização global de terras e mares, entre outros (LOPES; VIANA; JUNIOR, 2020). As evidências ainda revelam que as mudanças climáticas estão diretamente relacionadas com a ação do homem, principalmente as que envolvem emissão de CO<sub>2</sub> no ambiente (NOBRE, REID, VEIGA, 2012) ressaltando a importância da temática.

As 12 áreas de conhecimento identificadas foram posteriormente distribuídas entre as 8 áreas definidas pelo CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Para efeitos de classificação, foi acrescentada uma categoria denominada "Multidisciplinar", uma vez que alguns periódicos se autodenominam assim (Figura 5).

**Figura 5:** Distribuição de periódicos por grandes áreas do CNPQ.



Os resultados demonstram uma predominância em publicações cuja área de concentração está focada nas Ciências Humanas. Tal fato provavelmente ocorre em função da abrangência de pesquisas em Geografia, campo da ciência que relaciona a dinâmica da natureza e a as relações humanas, o que é



coerente em pesquisas sobre mudanças climáticas, sendo um resultado compatível com a classificação por área de conhecimento dos periódicos.

### 3.4. Eixos temáticos

#### 3.4.1 Artigos teóricos ou de revisão

Os artigos teóricos ou de revisão abrangem publicações que discutem conceitos, revisam literaturas (sistematicamente ou não) ou trabalham com a percepção dos atores envolvidos (*stakeholders*) sobre a implantação de SBN. Enquadram-se nessa categoria 10 artigos, cujos objetivos foram variados e nem sempre com foco principal nas SBN, apenas citando-as como possibilidades.

Os artigos revisados indicam as SBN como prováveis soluções para os problemas enfrentados pelas cidades costeiras, com argumentos que vão de custos mais baixos à flexibilidade e aceitação por parte dos *stakeholders*, principalmente por populações marginalizadas. Há, ainda, apontamentos pertinentes aos co-benefícios das SBN em relação à qualidade de vida das pessoas e que as SBN, quando combinadas com a infraestrutura cinza, podem ser soluções resilientes e economicamente viáveis para mitigar inundações e tempestades costeiras (TIWARI *et al.*, 2022).

Três estudos utilizam a revisão sistemática de literatura pelo método PRISMA (MOHER, 2009) para objetivos diferentes: Tiwari *et al.* (2022) com foco no papel das SBN na Redução de Riscos de Desastres em contextos de Mudanças Climáticas com abordagens do tipo *Living Lab* (sistemas de simulações reais ou virtuais que consideram a opinião dos atores) na costa europeia; Nassary *et al.* (2022) com objetivo de compreender as lacunas na aplicação das SBN no sul global; e Masselink e Lazarus (2019) para definir o conceito de Resiliência Costeira.

Além dos artigos que propunham revisão de literatura, entram nesta categoria dois artigos de metodologia empírica sobre a percepção do usuário (SUTTON *et al.*, 2022 e LISKI *et al.*, 2019). Isso ocorre devido à compreensão de que a técnica de apresentação de conceitos para a população costeira utilizada pelos artigos contribui para as discussões acerca das próprias tipologias de adaptações discutidas nesta categoria.

As SBN não são o único tipo de estratégia para enfrentamento das mudanças climáticas na área costeira, sendo também comum a integração de soluções do tipo *Hard Protection* (Proteção Dura ou Infraestrutura Cinza) com as *Softs Protection* (Proteção Suave), das quais fazem parte as SBN. As infraestruturas cinzas incluem proteções estáticas e já amplamente utilizadas, como diques, que podem vir a causar processos erosivos indesejados. Já as proteções suaves são caracterizadas por serem mais integradas à natureza local (ex.: reabilitação de dunas, alimentação de areia) e podem ser usadas ou não em combinação com as estruturas tradicionais (LEBBE *et al.*, 2022 e FOT; MUSUMECI; STAGNITTI, 2020).

Fot, Musumeci e Stagnitti (2020) revisaram técnicas ligadas à minimização de riscos costeiros já implantadas, propondo a evolução destas com a utilização de SBN, para torná-las mais fortes a cada vez que são atingidas por estresses. Os autores dividem as estruturas de defesa costeira entre as que garantem uma proteção costeira simples (passivas) e as que produzem um avanço da linha de costa, atenuando a energia do movimento das ondas (ativas). Os autores ainda chamam a atenção para a erosão da costa como fator que pode aumentar os riscos, já que destrói a primeira defesa contra o SLR. Também classificam as proteções costeiras em medidas institucionais (realocação de atividades humanas na linha da costa ou a identificação de zonas de risco); ações de prevenção e alerta (aumentar a rede de monitoramento e a educação ambiental), e intervenções estruturais (atualização de estruturas já existentes, utilização das SBN para criar ambientes resilientes, e a integração de técnicas tradicionais





com técnicas inovadoras de defesa costeira).

Harmonizar a ação humana sobre o sistema marinho, por meio de reservas marinhas, contribui com o incremento da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos; auxilia a manter a subsistência das comunidades costeiras; contribui para a obtenção de renda para eventual recuperação frente a eventos extremos; e aumenta o potencial paisagístico e turístico dessas regiões. Entretanto a carência de pessoas tecnicamente capazes de implantar a solução, a falta de equipamentos ou recursos, a comunicação inadequada com as comunidades costeiras e os problemas de gestão são deficiências que impedem a implementação de Reservas Marinhas e também de outras SBN (ROBERTS *et al.* 2017).

Lebbe *et al.* (2022) dividem as estratégias em duas categorias: estratégias contra o SLR (mitigação) e aquelas voltadas à adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas (adaptação). A partir disso, os autores destacam que, para escolher o melhor tipo de intervenção, deve-se levar em consideração as condições locais em termos culturais, sociais, geográficos e climáticos em abordagens coletivas e multidisciplinares. Os autores também destacam que técnicas que usam as SBN são, normalmente, as que permitem maior participação popular. Dentro dessas classificações, destacam-se alguns exemplos de SBN (Quadro 2):

**Quadro 2:** Tipos de SBN encontradas na categoria de Revisão de Literatura.

Conceito	Definição	Autores
<b>Alojamento</b> Accommodation	O termo alojamento é usado para remodelação de estruturas já existentes para permitir permanência em locais afetados. Abrangem técnicas e métodos de adaptações arquitetônicas e planejamento urbano para proteger as estruturas em caso de aumento do nível do mar ou outros eventos costeiros adversos. Também incluem aumentar a capacidade de monitoramento e a disseminação de informações por meio de políticas públicas.	LEBBE <i>et al.</i> , 2022 e SUTTON <i>et al.</i> , 2022
<b>Retiro Gerenciado</b> Managed Retreat ou <b>Realocação</b> Retreat	É o processo de realocação de pessoas e estruturas para áreas afastadas dos locais de potencial risco. Pode apresentar níveis diferentes de complexidade desde mudanças de algumas casas a cidades inteiras. Quando mal gerido pode trazer prejuízos socioculturais.	
<b>Barreiras de ilhas</b> Barrier islands	Formas de relevo que podem manter suas dimensões intactas. São sistemas resistentes desde que o aumento no nível do mar não seja excessivo.	MASSELINK E LAZARUS, 2019
<b>Dunas Costeiras</b> Coastal Dunes	São resultados da interação entre forças marinhas e os ventos costeiros. Tendem a se recuperar de impactos mais lentamente.	
<b>Zonas úmidas de maré</b> Tidal Wetlands	As vegetações encontradas nas zonas úmidas diminuem a velocidade dos fluxos das marés e auxiliam na acomodação dos sedimentos.	
<b>Sistemas de corais</b> Coral Systems	As ilhas de corais são estruturas capazes de se reorganizar, mesmo diante do aumento do nível do mar.	
<b>Reservas Marinhas</b> Marine reserves	São áreas marinhas protegidas que servem para preservar a biodiversidade contra intervenções antrópicas, possibilitando seus serviços ecossistêmicos, como por exemplo o sequestro de carbono.	ROBERTS <i>et al.</i> , 2017
<b>Linhas costeiras vivas</b> Living shorelines	Uma nova linha costeira é projetada com materiais naturais, imitando a linha natural, para formar uma barreira contra inundações.	SUTTON <i>et al.</i> , 2022
<b>Realinhamento de dique</b> Dyke realignment	Envolve a mudança de posicionamento de diques existentes para melhorar sua capacidade de resposta. Pode causar algum impacto nas cidades próximas às estruturas, principalmente quando há algum tipo de relação com as instalações existentes.	
<b>Realinhamento gerenciado</b> Managed re-alignment	É um tipo de SBN que envolve a conversão de terras agrícolas em áreas que permitem inundações periódicas sem gerar prejuízo à dinâmica urbana.	LISKI <i>et al.</i> , 2019



Ainda há artigos que revisam técnicas de mitigação, como a importância do Carbono Azul e o uso de vegetações marinhas para garantir esse serviço ecossistêmico (JOHANNESSEN, 2022). Outros discutem a distribuição espacial da temática, identificando a lacuna de aplicação desse conhecimento no sul global e trazendo a agricultura urbana como um tipo de SBN (NASSARY *et al.*, 2022). Outras estratégias consideram tipos específicos de sistemas costeiros, como os sapais (tipos de plantas tolerantes ao sal, que vivem na interface de águas doces e salgadas) existentes na Índia (MISHRA; FAROOQ, 2022).

Os trabalhos que estudam a percepção do usuário demonstraram certa resistência por parte dos envolvidos em aceitar algumas soluções, principalmente quando há dúvidas quanto à eficiência ou quando afetam áreas particulares (LISKI *et al.*, 2019). Porém, percebe-se uma abertura para o diálogo e o aprimoramento das SBN, principalmente quando sanadas lacunas de pesquisas e apresentados casos de sucesso.

### 3.4.2 Simulações

A categoria de simulações contém 10 artigos e se divide em quatro subcategorias: modelos físicos (2); experimentos realizados nos locais dos estudos de caso (2); modelos matemáticos (1); e modelos em *softwares* (5).

Manousakas *et al.* (2022) demonstraram o quanto algas conseguem reduzir a altura e a frequência de diferentes tipos de ondas a partir de um modelo físico (maquete) feito em laboratório e baseado em cálculos matemáticos. Os resultados indicam que a localização da vegetação marinha pode desempenhar um papel fundamental no amortecimento da energia das ondas e proteger as regiões costeiras de eventos extremos.

Maiolo, Mel e Sinopoli (2020) estudaram estratégias de proteção costeira na Itália por meio de modelos físicos para testar materiais para redução da ação das ondas. Algumas soluções testadas foram consideradas ineficientes e outras obtiveram sucesso, como, por exemplo, a alimentação das praias apoiada por quebra-mares e os espigões submersos usados para proteger a população costeira ao reduzir a energia das ondas.

Nas simulações por meio de experimentos nos locais de estudo, Zhu *et al.* (2021) avaliaram a dinâmica de bancos de sementes de vegetação costeira frente a alterações marítimas por meio de um estudo em um estuário no noroeste da Europa. Os pesquisadores demonstraram que a mudança climática deve reduzir a persistência de bancos de sementes por meio da intensificação da força das ondas e da perturbação sedimentar associada a esse processo.

Mai *et al.* (2021) analisaram dados de um modelo prático para entender a eficiência de uma cerca de bambu na redução e transmissão de ondas numa área costeira do Vietnã. Os autores utilizaram um protótipo em escala real e as medições de altura de ondas e acúmulo de sedimentação foram realizadas *in loco*, ao longo de um ano. Os efeitos das mudanças climáticas se concentraram na degradação e erosão dos manguezais ao longo das áreas úmidas costeiras.

Já na simulação utilizando modelos matemáticos, Orchard e Schiel (2021) tiveram como objetivo investigar mudanças na linha costeira em Christchurch, Nova Zelândia, em cenários de SLR e atualmente. Os autores buscaram identificar possíveis implicações dos usos da terra para a conservação da costa, identificar as oportunidades para uso de soluções integradas com a gestão de riscos naturais



(incluindo as ABE), e avaliar o contexto atual de recuperação de desastres. Neste estudo, o cenário foi modelado a partir do SIG – Sistema de Informação Geográfica, com simulações numéricas para mudanças na linha costeira e com uma combinação de modelos geométricos e modelos estáticos de inundação. Como resultado, foi identificado que, em costa aberta, um terço da área de estudo está em risco de redução espacial decorrente do SLR, corroborando com a urgência do tema.

Dentro da categoria de simulação por meio de *softwares*, Raw *et al.* (2021) avaliaram o potencial de sequestro de carbono da restauração de tanques de extração de sal em desuso, situados na África do Sul. Foi utilizado o modelo que simula os processos primários que controlam a distribuição do *habitat* estuarino. As conclusões indicaram a necessidade do emprego de projetos de restauração com o objetivo de recompor ecológica e socialmente a área de estudo, bem como identificar os locais mais vulneráveis a mudanças.

Karamouz *et al.* (2022) avaliaram a eficácia da combinação de práticas de gestão costeira baseadas na natureza para mitigação de inundações geradas por tempestades com diferentes intensidades em Nova York. Os pesquisadores usaram dados históricos de tempestades e precipitação na área de estudo para obter valores futuros. Dois modelos de simulação foram utilizados: o hidrodinâmico, Delft3D, para simulações no mar; e o modelo hidrológico distribuído, GSSHA, para modelagem de fluxo terrestre. As práticas no mar propostas resultaram em uma redução do nível da água e da altura das ondas em até 21,53% e 74,51%, respectivamente.

Mazor *et al.* (2021) estudaram a biodiversidade das costas urbanas, adotando três aspectos principais: distribuição dos habitats costeiros; status atual de proteção desses habitats; e as oportunidades de conservação. Para tanto, foram utilizadas diferentes ferramentas de análise espacial, tais como dados de satélite e bases em SIG. Os resultados da análise indicaram que os centros urbanos podem ter perdido grandes porções de habitats costeiros naturais devido à urbanização e fatores como a mudança no fluxo natural da água, poluição e introdução de espécies exótica.

Wedding *et al.* (2022) determinaram o papel do habitat natural na redução da exposição à erosão e inundação no condado de Marin, Califórnia, utilizando um modelo de vulnerabilidade costeira (InVEST). Os autores realizaram a modelagem de serviços ecossistêmicos para determinar o papel do habitat natural na proteção costeira, identificando quais destes devem ser priorizados para restauração a fim de reduzir o risco para as pessoas, propriedades e para os próprios ecossistemas. As recomendações de políticas para mitigação desses efeitos incluem projetos de alimentação de praias, restauração de dunas e diques horizontais em zonas úmidas.

Wong *et al.* (2020) investigaram o papel da infraestrutura verde como medida de redução de danos às construções, usando locais afetados pelo furacão Sandy como estudo de caso. Para isso, realizaram análises por meio de modelos computacionais, identificando o tipo, o tamanho e a configuração das infraestruturas verdes e sua relação com as chances de danos. Chegou-se à conclusão de que as SBN para o combate às inundações costeiras devem ser adaptadas às condições específicas dos locais para serem eficazes, pois podem ter impactos positivos ou negativos na redução e danos.

### **3.4.3 Análise de implantação técnica de uma ou várias SBN**

Foram agrupadas as publicações que apresentaram estudos de caso, teóricos ou empíricos, nos quais foi analisada a viabilidade da implementação de uma ou mais SBN, buscando a redução dos impactos das mudanças climáticas numa determinada região.



Os oito artigos categorizados utilizam ferramentas, modelos probabilísticos ou revisão teórica para chegar em seus resultados. Smith *et al.* (2021) empregaram a revisão sistemática de literatura para sintetizar os resultados de diferentes SBN aplicadas exclusivamente em Bangladesh e identificar sua eficácia. Também, Xuan *et al.* (2022) avaliaram as vantagens e desvantagens das abordagens de gestão costeira disponíveis e aplicadas na região do Delta do Mekong (Vietnã) por meio de um modelo teórico de análise. Vuik *et al.* (2019), por sua vez, adotaram a modelagem probabilística para expressar o desempenho de defesas híbridas contra inundações utilizadas na Holanda.

O SLR e a transmissão de ondas de alta energia figuram entre os principais estressores climáticos. Os estudos que tratam desses aspectos puderam ser observados na pesquisa de Duvat *et al.* (2022), sobre o potencial de realocação interna na Polinésia Francesa; O'Connor *et al.* (2019), em estudo sobre a fitorremediação (técnica que combina bactérias e espécies vegetais para combate ao armazenamento de toxinas) enquanto estratégia na Califórnia, EUA; Kirshen *et al.* (2020), ao realizar análise integrada da viabilidade de diferentes tipos de sistema de barreira contra tempestade sob clima presente e futuro em Boston, EUA; e os estudos já citados de Xuan *et al.* (2022) no Vietnã e Vuik *et al.* (2019) na Holanda.

Fernández-Montblanc e Ciavola (2019) também abordaram o SLR ao avaliar a eficácia da reabilitação do sistema de dunas enquanto medida de redução de riscos de desastres na Itália. O foco da pesquisa se concentrou em dunas costeiras como barreira para tempestades e ondas de vento, combatendo a erosão causada por esses dois fatores.

Apesar da maioria dos trabalhos inseridos nessa categoria terem avaliado a implementação de uma única estratégia de SBN na solução de um problema identificado, alguns dos trabalhos investigaram a viabilidade da aplicação de soluções combinadas para uma gestão sustentável de regiões costeiras. Xuan *et al.* (2022) propõem a adoção de múltiplas linhas de defesa como método para aproveitar os benefícios costeiros de soluções rígidas e soluções de infraestrutura verde, considerando não ser possível resolver o problema complexo da erosão costeira com uma única linha de defesa.

Em pesquisa realizada em Bangladesh, Smith *et al.* (2021) defenderam que, quando bem projetada, a combinação de SBN pode ser eficaz na redução da exposição a desastres naturais, na adaptação às mudanças climáticas e na redução de GEE. Da mesma maneira, em estudo para Boston, Kirshen *et al.* (2020) concluíram que aplicação de um amplo espectro de SBN em nível distrital possui mais vantagens, uma vez que a incorporação de diferentes níveis de proteção forneceria flexibilidade e adaptabilidade, além de benefícios ligados à justiça social.

Os elementos utilizados na análise de viabilidade dos estudos deste grupo são variados. Em alguns casos foi realizada apenas avaliação dos fatores técnicos e econômicos (DUVAT *et al.*, 2022; XUAN *et al.*, 2022) e em outros, o aspecto ambiental (O'CONNOR *et al.*, 2019) e legal (VUIK *et al.*, 2019) também foram considerados. Em alguns estudos, a viabilidade foi avaliada de forma integrada, do ponto de vista técnico, político-institucional, socioeconômico e ambiental. Trang e Loc (2022), ao avaliarem fatores de influência na implementação de um modelo de ecoturismo, incluíram em sua abordagem uma diversidade significativa de elementos para fornecer evidências seguras de sua eficácia, além de permitir o levantamento das potencialidades e barreiras existentes. Kirschen *et al.* (2020) acrescentaram ainda uma análise operacional da infraestrutura proposta para se evitar interrupções na utilização do porto no qual a estratégia estava sendo sugerida, facilitando assim a estimativa do custo-benefício do sistema.

De maneira geral, os resultados apresentados nas pesquisas analisadas tendem a considerar as estratégias utilizadas adequadas e viáveis dentro de seu contexto específico, porém com algumas limitações. O'Connor *et al.* (2019) constataram que o método de fitorremediação pode ser uma solução



adequada ao cenário de redesenvolvimento local, porém é resiliente apenas a um aumento moderado do nível do mar. Trang e Loc (2022) consideraram a proposta de ecoagroturismo como uma estratégia de adaptação baseada na comunidade, mas a caracterizaram como insustentável em termos de capital social e econômico. Resultado semelhante foi encontrado por Duvat *et al.* (2022), entendendo que a realocação interna de populações é viável, todavia as capacidades humanas locais (insuficientes e não treinadas) e o levantamento de recursos financeiros adequados se apresentam como um desafio à implementação da estratégia.

As questões de financiamento também foram apresentadas como um desafio por Smith *et al.* (2021), especialmente para localidades mais pobres, onde o pouco capital financeiro normalmente se apresenta associado a baixos índices de educação e saúde, como é o caso de Bangladesh.

A necessidade de apoio governamental e institucional foi identificada como barreira ao desenvolvimento das estratégias em alguns dos estudos. Cita-se como exemplo: a falta coordenação operacional das ações; a ausência de sobreposição das políticas de planejamento de uso do solo (Trang e Loc, 2022); a falta de vontade política das autoridades públicas nacionais e locais; a ausência de senso de urgência na tomada de decisões (DUVAT *et al.*, 2022); e a carência de informação acessível sobre a eficácia das estratégias disponíveis, principalmente as relacionadas às SBN (SMITH *et al.*, 2021).

#### **3.4.4 Revisão de técnicas ou políticas voltadas a soluções baseadas na natureza**

Foram identificadas 4 publicações para esta categoria, abrangendo novas tecnologias e estratégias para a implementação de defesas contra o SLR em comunidades costeiras, bem como pesquisas que analisaram instrumentos legais ou políticas relacionadas ao tema.

Ruckelshaus *et al.* (2020) analisaram estudos de casos nos quais os benefícios do ecossistema foram quantificados por novas tecnologias de dados e implementados em políticas e investimentos para beneficiar comunidades costeiras. A pesquisa foi desenvolvida no intuito de demonstrar como os avanços na tecnologia de dados podem ajudar a incorporar benefícios políticos.

Vasseur (2021) teve como objetivo introduzir o conceito de ABE e analisar como os princípios e estratégias adotadas por esta abordagem podem garantir ou fortalecer o engajamento das comunidades costeiras rurais nas ações de adaptação à mudança do clima. Embora o SLR seja mencionado no trabalho como um dos principais fatores que têm impacto nas comunidades, a pesquisa não investigou nenhum tipo de estressor climático ou modelagem de avaliação de vulnerabilidade. A autora visou fornecer *insights* exclusivos à etapa de implementação da ABE que, na prática, seria posterior à etapa de delineamento dos impactos locais. Outras formas de abordagem das defesas costeiras foram detectadas por Vasseur (2021) identificando o grau de participação popular e tipo de gestão permitidas por estas. A saber: Adaptação Cinza ou Tecnológicas ou Estruturais, Soluções Suaves, Adaptação Baseada em Políticas, Adaptação Verde ou Baseada em Ecossistema (ABE) e Adaptação Baseada na Comunidade.

Embora Wedding *et al.* (2021) tenham o termo “*nature-based solutions*” citado nas palavras-chave e os termos “*climate change*” e “*sea-level rise*” mencionados no resumo, o estudo não analisa o uso de SBN para o enfrentamento do SLR, citado apenas para contextualização dos impactos das Mudanças Climáticas. O artigo teve como foco os serviços ecossistêmicos promovidos pelas vegetações marinhas, em especial o sequestro de carbono, sem considerar os impactos do SLR sobre o carbono azul. Porém o estudo contribui na elaboração de um escopo metodológico replicável para subsidiar futuras ações e políticas de descarbonização, identificando oportunidades para a incorporação de estratégias em



políticas locais.

### 3.4.5 Criação de ferramenta ou metodologia

Foram identificadas somente duas publicações que tratam de ferramentas ou metodologias para auxiliar gestores públicos e profissionais na tomada de decisão quanto à gestão de ecossistemas frente às mudanças climáticas.

Pricope e Shivers (2022) formularam uma metodologia com o propósito de amparar os gestores públicos na identificação de áreas prioritárias para a implementação de SBN a partir da avaliação da vulnerabilidade de zonas úmidas. Já Gordon *et al.* (2022) desenvolveram um quadro para orientar profissionais e gestores para a avaliação e gestão dos impactos das mudanças climáticas em locais com registros de valor histórico e paisagístico (geopatrimônio).

O SLR foi o único estressor comum aos dois estudos. Pricope e Shivers (2022) propuseram a avaliação da vulnerabilidade de zonas úmidas, quantificando o nível de exposição desses ambientes às inundações e a sensibilidade da vegetação à variabilidade climática. Gordon *et al.* (2022) consideraram múltiplos estressores (aumento do nível do mar, mudanças na temperatura e as alterações no regime de precipitações e na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos) para avaliar o risco de degradação dos sítios estudados.

Os estudos têm distintas metodologias. Pricope e Shivers (2022) utilizaram ferramentas computacionais e dados geoespaciais para a criação de um modelo analítico em um SIG. Os dados de entrada foram baseados em dados de zonas de inundação, previsões de SLR e séries temporais de dados do satélite Landsat 8. Já Gordon *et al.* (2022) utilizaram diretrizes existentes como base para a elaboração de seu quadro de recomendação. Os dois trabalhos utilizaram um estudo empírico para validar a aplicabilidade da metodologia proposta, sendo realizados nos Estados Unidos (PRICOPE; SHIVERS, 2022) e na Escócia (GORDON *et al.*, 2022).

## 4. Considerações Finais

Compreende-se que a relação entre as SBN e os efeitos do SLR, apesar de importantes e urgentes, ainda não estão suficientemente abordadas na literatura acadêmica. Porém, os estudos existentes identificam importantes questões para auxiliar na implantação dessas soluções, tais como: integração com a comunidade local; estudo da viabilidade financeira e ligada à obtenção de recursos para implantação e manutenção das soluções; estudos de viabilidade diante das condições climáticas atuais e futuras, possibilitada pelos estudos que envolvem simulações e análises de soluções implantadas.

Os desafios acerca da implantação das SBN também apontam que a complexidade técnica dessas soluções e a necessidade de uma análise local podem ser fatores que impedem o correto uso desses instrumentos como proteções contra o SLR e efeitos envolvidos. Ainda assim, os estudos indicam que o uso de soluções suaves, integradas ou não com as infraestruturas cinzas, podem trazer vantagens como a maior aceitação popular, menor custo e menores impactos adversos nos ecossistemas naturais.

Ressalta-se que o Alojamento é a medida que envolve diretamente a participação de arquitetos e urbanistas, utilizando técnicas baseadas na natureza ou não. Inovações e tecnologias que alterem a estrutura de edifícios aumentando sua resiliência, desenvolvimento de novas formas de habitar, adaptações nos serviços urbanos, principalmente voltados para a drenagem e desenvolvimentos de estudos e técnicas que permitem monitoramento e mapeamento de vulnerabilidades são exemplos da importância desse tipo de adaptação costeira (LEBBE *et al.*, 2022).



As técnicas de defesa contra o SLR devem ser integradas ao planejamento das áreas urbanizadas, já que a infraestrutura de cidades costeiras vai ser inevitavelmente afetada por este fenômeno. Também é de responsabilidade dos gestores urbanos, apoiados pelos estudos de vulnerabilidade multidisciplinares, analisar possíveis estratégias de retiro gerenciado, caso as condições climáticas não permitam adaptações, evitando, assim, a criação de áreas urbanas resultantes da migração climática com prejuízos para os sistemas humanos e naturais.

Esta pesquisa atingiu os objetivos pretendidos na medida que, a partir da literatura qualificada existente, identificou as técnicas de SBN utilizadas para a mitigação e adaptação ao SLR, principalmente quanto aos seus desafios e potencialidades.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento 001).

## Referências

DUVAT, V K E. et al. Internal Relocation as a Relevant and Feasible Adaptation Strategy in Rangiroa Atoll, French Polynesia. **Scientific Reports**, v.12, n.1, 2022.

FERNÁNDEZ-MONTBLANC, T; DUO, E; CIAVOLA, P. Dune reconstruction and revegetation as a potential measure to decrease coastal erosion and flooding under extreme storm conditions. **Ocean & Coastal Management**, v. 188, p. 105075, 2020.

GORDON, J E. et al. Planning for Climate Change Impacts on Geoheritage Interests in Protected and Conserved Areas. **Geoheritage**, v. 14, n. 4, 2022.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: the physical science basis, 2021. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press 2021.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.

JOHANNESSEN, S C. How Can Blue Carbon Burial in Seagrass Meadows Increase Long-Term, Net Sequestration of Carbon? A Critical Review. **Environmental Research Letters**, v.17, n.9, 2022.

KARAMOUZ, M, ZOGHI, A e MAHMOUDI, S. Flood Modeling in Coastal Cities and Flow through Vegetated BMPs: Conceptual Design. **Journal of Hydrologic Engineering**, v.27, n.10, 2022.

KIRSHEN, P. et al. Integrated Assessment of Storm Surge Barrier Systems under Present and Future Climates and Comparison to Alternatives: A Case Study of Boston, USA. **Climatic Change**, v.162, n.2, p. 445–464, 2020.

LEBBE, T B. et al. Designing Coastal Adaptation Strategies to Tackle Sea Level Rise. **Frontiers in Marine Science**, v.8, 2021.

LISKI, A H. et al. Governance and Stakeholder Perspectives of Managed Re-Alignment: Adapting to Sea Level Rise in the Inner Forth Estuary, Scotland. **Regional Environmental Change**, v.19, n.8, p. 2231–2243, 2019.



LOPES, A R S. e VIANA JUNIOR, M M. O Antropoceno como regime de historicidade. **Revista Brasileira de História e Ciências Sociais**, v.12, n.23. 2020.

MAI V. C. et al. Bamboo Fences as a Nature-Based Measure for Coastal Wetland Protection in Vietnam. **Frontiers in Marine Science**, v.8, 2021.

MAIOLO, M; MEL, R A; SINOPOLI, S. A Stepwise Approach to Beach Restoration at Calabaia Beach. **Water**, v.12, n.10, 2020.

MANOUSAKAS, N. et al. Effects of Seagrass Vegetation on Wave Runup Reduction – A Laboratory Study. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, v.1072, n.1, 2022.

MAPCHART. Create your own custom map. 2023. Disponível em: [www.mapchart.net](http://www.mapchart.net). Acesso:24 fev. 2023.

MASSELINK, G; LAZARUS, E D. Defining Coastal Resilience. **Water**, v.11, n.12, 2019.

MAZOR, T. et al. Large conservation opportunities exist in >90% of tropic-subtropic coastal habitats adjacent to cities. **One Earth**, v.4, n.7, p.1004–1015, 2021.

MedECC. **Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report**. Marseille, France, 2020.

MISHRA, A K. e FAROOQ, S H. Lack of ecological data hinders management of ecologically important saltmarsh ecosystems: A case study of saltmarsh plant *Porterasia coarctata* (Roxb.). **Journal of Environmental Management**, v.321, 2022.

MOHER, D. et al. The PRISMA Group (2009) preferred reporting items for systematic reviews and Meta Analyses: the PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009.

NASSARY, E K. et al. Exploring urban green packages as part of Nature-based Solutions for climate change adaptation measures in rapidly growing cities of the Global South. **Journal of Environmental Management**, v.310, 2022.

NOBRE, C. A., REID, J. e VEIGA, A P S. Fundamentos científicos das mudanças climáticas. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012.44 p. Transcrição de palestra proferida por Carlos A. Nobre em novembro de 2010 em Brasília, DF.

O'CONNOR, D., ZHENG, X., HOU, D., SHEN, Z., LI, G., MIAO, G., OCONNELL, S. GUO, M. Phytoremediation: Climate change resilience and sustainability assessment at a coastal brownfield redevelopment. **Environment International**. v. 130. 2019.

ORCHARD, S e SCHIEL, D R. Enabling Nature-Based Solutions for Climate Change on a Peri-Urban Sandspit in Christchurch, New Zealand. **Regional Environmental Change**, v. 21, n. 3, 2021.

PRICOPE, N e SHIVERS, G. Wetland Vulnerability Metrics as a Rapid Indicator in Identifying Nature-Based Solutions to Mitigate Coastal Flooding. **Hydrology**, v. 9, n. 12, p. 218, 2022.

RAW, J L. et al. Vulnerability to sea-level rise and the potential for restoration to enhance blue carbon storage in salt marshes of an urban estuary. *Estuarine*, **Coastal and Shelf Science**, v. 260, 2021.

ROBERTS, C M. et al. **Marine Reserves Canmitigate and Promote Adaptation to Climate Change**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v.114, n.24, p.6167–6175, 2017.





- RUCKELSHAUS, M. et al. Harnessing new data technologies for nature-based solutions in assessing and managing risk in coastal zones. **International journal of disaster risk reduction**, v.51, 2020.
- SMITH, A C. et al. Nature-Based Solutions in Bangladesh: Evidence of Effectiveness for Addressing Climate Change and Other Sustainable Development Goals. **Frontiers in Environmental Science**, v.9, 2021.
- SUTTON, K. et al. Coastal Resident Perceptions of Nature-Based Adaptation Options in Nova Scotia. **Canadian Geographer**, 2022.
- TIWARI, A. et al. Building Climate Resilience in Coastal City Living Labs Using Ecosystem-Based Adaptation: A Systematic Review. **Sustainability**, v.14, n.17, 2022.
- TRANG, N T T e LOC, H H. Eco-agritourism as an Ecosystem-based adaptation (EBA) against climate change impacts for the Vietnamese Mekong Delta: a viewpoint. **Earth and Environmental Science**, v. 1028, n.1, 2022.
- VASSEUR, L. How Ecosystem-Based Adaptation to Climate Change Can Help Coastal Communities through a Participatory Approach. **Sustainability**, v.13, n.4, p.1–10, 2021.
- VUIK, V. et al. Salt marshes for flood risk reduction: Quantifying long-term effectiveness and life-cycle costs. **Ocean & Coastal Management**, v.171, p.96–110, 2019.
- WEDDING, L M. et al. Embedding the value of coastal ecosystem services into climate change adaptation planning. **PeerJ**, v.10, 2022.
- WEDDING, L M. et al. Incorporating blue carbon sequestration benefits into sub-national climate policies. **Global Environmental Change**, v.69, 2021.
- WONG, S M. et al. A Preliminary Assessment of Coastal GI's Role during Hurricane Sandy: A Case Study of Three Communities. **Urban Water Journal**, v.17, n.4, p. 356–367, 2020.
- WORLD BANK GROUP. **Global Economic Prospects**. Washington, EUA, 2023. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/publication/global-economic-prospects>>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- XUAN, T. et al. Evaluation of coastal protection strategies and proposing multiple lines of defense under climate change in the Mekong Delta for sustainable shoreline protection. **Ocean & Coastal Management**, v. 228, 2022.
- ZHU, Z. et al. Effects of Waves and Sediment Disturbance on Seed Bank Persistence at Tidal Flats. **Frontiers in Marine Science**, v.8, 2021.



### **Izabela Uliana Pellegrini**

Mestre em Arquitetura e Cidade pela Universidade de Vila Velha. Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Espírito Santo.

**Contribuição de coautoria:** Concepção, Curadoria de dados, Análise, Metodologia, Redação - rascunho original e Redação - revisão e edição.

### **Victor Moura Bussolotti**

Mestre e doutorando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo.

**Contribuição de coautoria:** Concepção, Curadoria de dados, Análise, Metodologia e Redação - rascunho original, Redação - revisão e edição.

### **Renata Cerqueira do Nascimento Salvalaio**

Mestre em Artes pela Universidade Federal do Espírito Santo. Doutoranda e Arquiteta e Urbanista na Universidade Federal do Espírito Santo.

**Contribuição de coautoria:** Curadoria de dados, Análise, Redação - rascunho original e Redação - revisão e edição.

### **Juliana Silva Almeida Santos**

Mestre e doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo.

**Contribuição de coautoria:** Curadoria de dados, Análise, Visualização, Redação - rascunho original e Redação - revisão e edição.

### **Cristina Engel de Alvarez**

Doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo. Professora Titular na Universidade Federal do Espírito Santo.

**Contribuição de coautoria:** Supervisão e Redação - revisão e edição.

**Como citar:** PELLEGRINI, I. U, et al. Soluções Baseadas na Natureza para a adaptação ao aumento do nível do mar: uma revisão sistemática. Revista Paranoá. N.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.25

**Editores responsáveis:** Daniel Sant'Ana, Livia Santana, Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes, Sílvio Roberto Magalhães Orrico e Thiago Alberto da Silva Pereira.