

# A IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DOS MANGUEZAIS DIANTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS<sup>1</sup>

Flora Amador Junqueira<sup>2</sup>

Nádia Gilma Bezerra de Lima<sup>3</sup>

Emerson Galvani<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

Os estudos de serviços ecossistêmicos (SEs) têm ganhado consistência e relevância nas últimas décadas, sendo foco de conceituação e discussão sobre as possíveis formas de identificar, mapear e valorar esses serviços (BURKHARD e MAES, 2017; SALDANHA, 2020; BIMRAH et al., 2022; SOUZA et al., 2023). Aliado a isso, tem-se uma crescente compreensão de que os manguezais devem estar na linha de frente do impacto das alterações climáticas (FRIESS et al., 2022). Assim, para uma primeira aproximação com a temática, faz-se necessário uma revisão para entender o estado da arte dos estudos sobre o tema e os direcionamentos que vêm sendo construídos.

Por se tratar de um conceito interdisciplinar, os primeiros estudos sobre SEs, foram de multiplicação e dispersão das discussões, dos conceitos e das metodologias utilizadas. A definição construída pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005) dinamizou os debates e formou uma base dos estudos sobre o tema. A partir disso, os SEs passaram então a ser definidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas e podem ser divididos em: provisão, produtos que são obtidos diretamente do ecossistema (comida, fibras, combustível, água); regulação, benefícios provenientes dos próprios processos ecossistêmicos (regulação da qualidade do ar, do clima, da água, filtragem da água e polinização); culturais, caracterizados como serviços não materiais (diversidade cultural, valores espirituais e religiosos, saberes tradicionais/locais); e, por fim, suporte, definidos como os que sustentam todos os outros, promovendo, muitas vezes, serviços indiretos (formação do solo, fotossíntese, ciclagem de nutrientes e ciclo hidrológico).

Diferente desta definição que evidencia o serviço pelo uso humano, Haines-Young e Potschin (2018) conceituam SEs a partir do foco nos ecossistemas e

---

<sup>1</sup> A pesquisa faz parte do projeto “Análise integrada do impacto de eventos climáticos em manguezais no Sistema Costeiro Cananéia – Iguape, litoral sul do estado de São Paulo: monitoramento e processos de recuperação”, coordenado pela USP e financiada pelo CNPq.

<sup>2</sup> Graduanda do curso de Geografia da Universidade de São Paulo - SP; florajunqueira@usp.br

<sup>3</sup> Doutora pelo curso de Geografia Física da Universidade de São Paulo - SP; nadiagilma@gmail.com

<sup>4</sup> Professor orientador: Professor Doutor, Universidade de São Paulo - SP; egalvani@usp.br

seus processos, pensando-os como benéficos ao equilíbrio ecológico como um todo. Também se constata adaptações a partir dos tipos propostos pela MEA (2005), a depender de escala e impacto para as pessoas, como de Haines-Young e Potschin (2018) em que os serviços de suporte estão juntos dos de regulação.

Os manguezais são ecossistemas intertidais, adaptados às condições de elevada salinidade e solos lodosos (SANTOS, 2009) e são reconhecidos por ter inúmeras funções, tais como berçário de diversas espécies, possuir elevadas taxas de produção de biomassa, atuar como filtro de sedimentos e componentes, conter a erosão costeira, armazenar carbono, entre outros (MMA, 2018; CUNHA-LIGNON et al., 2011; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Assim, vem ganhando atenção por suas qualidades de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, na perspectiva de soluções baseadas na natureza (PELLEGRINI, et al., 2023; GEDAN et al., 2011), sendo tanto sumidouro de carbono (mitigação), como anteparo ao avanço do mar (adaptação).

O manguezal é considerado um indicador biológico das mudanças climáticas e do aumento previsto do nível relativo do mar (ALONGI, 2002; SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2002). Para Godoy (2015), as respostas desse ecossistema às mudanças climáticas serão bastante regionais, a depender das intervenções humanas, que podem ter alterado a condições ambientais do local.

Assim, este estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a importância dos serviços ecossistêmicos dos manguezais, com foco no entendimento dos impactos das alterações climáticas, expressa pelo avanço do nível do mar e pela interação com eventos climáticos extremos.

## **METODOLOGIA**

A revisão da literatura tem o potencial de evidenciar o que já foi produzido sobre o tema, agrupando e identificando caminhos ou lacunas (GRANT, BOOTH, 2009). Assim, nesta pesquisa optou-se por buscas com as palavras-chave “serviços ecossistêmicos”, “manguezais” e “eventos climáticos” para construir uma base de referências, seguindo também revisões recentes neste recorte (BIMRAH et al., 2022; SOUZA et al., 2023), a fim de entender os conceitos e metodologias mais utilizadas, e os serviços que recebem mais atenção.

Como método de organização das referências, utilizou-se o aplicativo Zotero, que explicita as informações importantes das pesquisas, como autores, tipo de documento, ano e palavras-chave. Assim, foi possível passar a base bibliográfica para o

aplicativo Vosviewer, que organiza as informações de termos e autores a partir de seus elos de ligação, construindo uma visualização dos trabalhos reunidos.

Nesta pesquisa, com uma base de 58 trabalhos, incluindo teses, artigos e publicações de órgãos públicos, fez-se uma sistematização das palavras-chave, a fim de unir os termos de mesmo significado, mas escritos de forma diferente - por exemplo, a presença de “mangrove” e “mangroves”, optou-se por utilizar apenas o termo no plural. As palavras-chave de pesquisas brasileiras foram todas traduzidas para o inglês a fim de realizar a ligação com estudos publicados nessa língua. No Vosviewer, foram identificados 143 termos. Definiu-se pela análise de co-ocorrência de palavras-chave, com contagem total. Para uma visualização mais específica, as palavras-chave foram restringidas apenas às que repetissem ao menos duas vezes, reduzindo assim, para 31 termos selecionados e relacionados. Esta organização das referências e a visualização das palavras-chave sustentou a leitura e entendimento também qualitativo sobre o estado das pesquisas nesta preocupação de mudanças no ecossistema.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como resultados, a revisão construiu uma base de como vem sendo feitas as investigações sobre SEs de manguezais, sendo possível visualizar - pelo Vosviewer - os termos que apresentaram maior frequência e força de ligação. Serve assim, para a escolha de conceitos e métodos possíveis de se utilizar na identificação de SEs, contextualizando em cenários de mudanças climáticas.

Bimrah et al. (2022) buscou elucidar as interligações entre as diferentes categorias de serviços ecossistêmicos e mapear as tendências de investigação sobre a interdisciplinaridade nas pesquisas em manguezais. Os autores concluíram que uma grande maioria se concentra na Ásia, devido à concentração e extensão dos manguezais nessa região. Além disso, concluíram que as investigações sobre o armazenamento de carbono e a redução do risco de catástrofes ultrapassou os outros tipos de serviços ecossistêmicos, construindo uma narrativa de que são estudos locais e focados, mas que comunicando com outros constroem o entendimento global.

Na identificação de SEs dos manguezais, há uma ênfase e destaque nos serviços de proteção costeira. Esta categoria recebe atenção em cenário de aumento de temperatura, variação na precipitação e elevação do nível do mar (FRIESS et al., 2022). Esses estudos levam em consideração o contexto dos manguezais, intensidade de eventos extremos e os impactos observados nas populações costeiras (GEDAN et al.,

2011), assim como projeções e alterações pelo aumento do nível do mar (NICHOLLS et al., 1999). Pesquisas que comparam os impactos pós eventos climáticos entre áreas de menor e maior extensão (DAS, 2009), também contribuem para o entendimento deste serviço.

A revisão referente ao mapeamento de SEs também aponta na direção de alguns serviços específicos, indicando uma predominância dos serviços de regulação, como o sequestro e armazenamento de carbono, seguido dos de provisão, como a alimentação (MARTÍNEZ-HARMS e BALVANERA, 2012). O estudo apresenta as fontes de informação, a escala espacial e os métodos de aquisição de dados, para cada tipo de serviço. Assim, é uma interessante base para a escolha de como estudar determinado recorte, partindo do(s) serviço(s), dados e métodos possíveis.

No Brasil, a revisão de Souza et al. (2023), aponta para uma tendência de crescimento no uso de geotecnologias para identificação de possíveis mudanças por eventos importantes, especialmente quando foca sobre os serviços de proteção. Esta indicação está expressa na visualização do vosviewer (Figura 01), que evidencia as palavras-chave de “remote sensing” e “mapping method” como formas de estudo ao relacionar manguezais e SEs.

Também é interessante destacar que o método mais usado é o das relações causais baseadas na compreensão dos SE e na informação facilmente disponível (SOUSA et al., 2016), assim como a importância de mais estudos nas escalas regionais e nacionais. Martínez-Harms e Balvanera (2012) constroem o mesmo encaminhamento, sobre a grande utilização das variáveis de ocupação do solo, a informação topográfica e os índices espectrais de vegetação. Neste sentido, os termos apontados com elevada força de ligação - “mangroves” - no vosviewer, como “vegetation structure”, “canopy” e “monitoring”, reafirmam essa perspectiva.

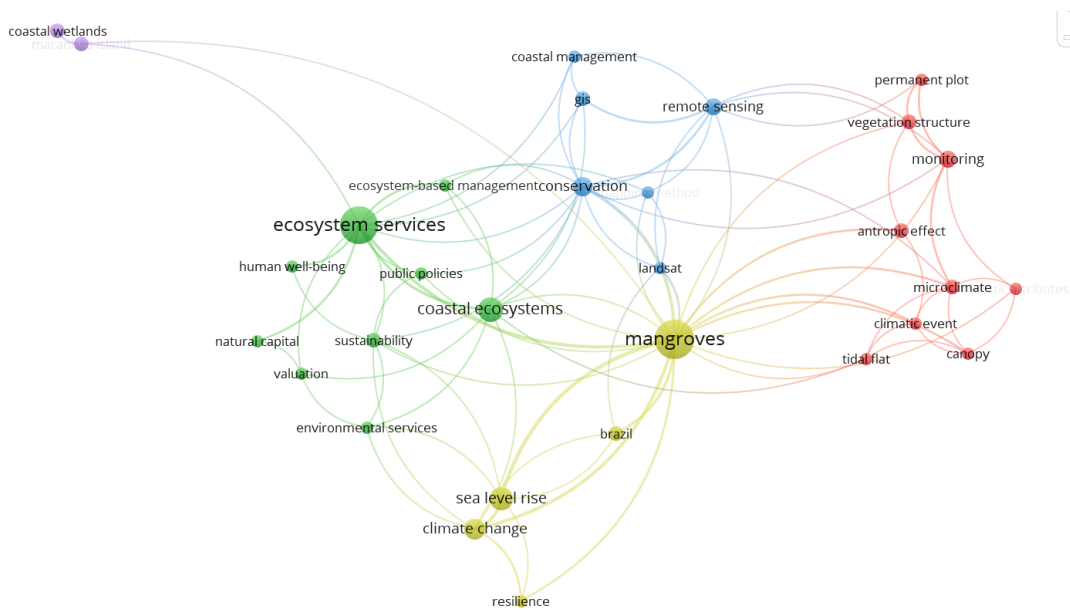
Em relação às referências mais explicitadas, estabelece-se a visualização, na figura 1, por grupos (“clusters”), em que os termos chave são organizados pela quantidade em que são usados nas referências pelas forças de ligação.

A partir da leitura, com a visualização assim organizada, constrói-se o direcionamento das investigações sobre os manguezais - “mangroves” como termo com maior número de ocorrência (20) e força de ligação (43), que se baseiam em estudos de processos e funcionamentos da vegetação (cluster vermelho), além da utilização de métodos de mapeamento (cluster azul). Há também uma grande preocupação nos

estudos com as mudanças climáticas, especialmente as projeções e efeitos do aumento do nível (cluster amarelo).

O agrupamento de “ecosystem services” - termo com 19 ocorrências, mas com metade da força de ligação do termo “mangroves”, neste caso 21 - está mais relacionada às palavras-chave pela relação com os manguezais do que pelos objetivos e métodos de estudo. As investigações de SEs estão, assim, mais direcionadas às problemáticas da gestão costeira, ligado a termos como “public policies”, “sustainability” e “valuation”.

**Figura 1: Visualização pelo Vosviewer das palavras-chave da busca.**



Neste sentido, foi importante complementar com as leituras para a compreensão de que há a discussão sobre os conceitos e métodos utilizados nas pesquisas sobre SE - como o predomínio de uso da CICES, mas que não ficaram aparentes nesta organização por palavra-chave. Esta metodologia, sistematizada por Haines-Young e Potschin (2018), é estruturada de forma hierárquica e visa poder ser aplicada em diferentes escalas,

Entender os cenários das pesquisas e possibilidades de utilização do conceito e metodologias, permite aproximação com um estudo de caso que apresenta características interessantes. Identifica-se que o litoral sul de São Paulo é marcado por intensa ocupação urbana e industrial, ao mesmo tempo que se caracteriza como uma região que forma um contínuo de áreas protegidas (SANTOS, 2009). É uma parte do litoral que constantemente pode ser atingida por eventos climáticos extremos (LIMA et al., 2023), como vem sendo apontado pela ocorrência de clareiras na floresta de mangue (SILVA et al., 2024). Além disso, por sua configuração geomorfológica apresenta o

tensionamento de possível afogamento dos manguezais com a projeção de aumento do nível do mar (GODOY, 2015).

No litoral sul de São Paulo, pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de analisar a dinâmica climática e compreender suas causas e impactos no manguezal, (LIMA et al., 2021; LIMA et al., 2023). Apesar de serem os mais conservados e extensos do litoral paulista (CHIQUETTO et al., 2023), o ecossistema exhibe alterações quanto à dinâmica e desenvolvimento, tanto por alterações antrópicas quanto pela ocorrência de eventos climáticos (LIMA et al., 2023; SILVA et al., 2024). Nesse trecho costeiro, o monitoramento microclimático vem sendo realizado desde 2008 e as variações de atributos climáticos são interpretadas como indicador de alterações na estrutura do manguezal, em sua borda e no interior do ecossistema (LIMA et al., 2021). Os manguezais também desempenham papel importante na interação com eventos climáticos, pois podem reduzir seus impactos, principalmente nas áreas em bom estado de conservação (LIMA e GALVANI, 2018; LIMA et al., 2021).

Assim, dentro do projeto “Análise integrada do impacto de eventos climáticos em manguezais no Sistema Costeiro Cananeia – Iguape: monitoramento e processos de recuperação”, em que participam diferentes instituições (USP, UNESP, UFPE, IPA e Fundação Florestal), financiados pelo CNPq, será realizada a identificação dos serviços ecossistêmicos presentes na área de estudo, com análise de quais serviços têm maior e potencial de ser impactado frente às alterações climáticas. É nesse contexto que essa pesquisa se insere, apresentando um primeiro olhar de como o tema vem sendo abordado e com o intuito de construir as bases teórico-metodológicas para a abordagem de SEs em um estudo de caso, considerando que se insere em cenários regionais e mesmo globais.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A revisão bibliográfica sobre serviços ecossistêmicos em cenário de mudanças climáticas, aponta que os trabalhos estão organizados em bases teórico-conceituais robustas pela preocupação dos pesquisadores em explicitar os conceitos e metodologias usadas. Assim, há a intenção de que os trabalhos em escala global ou local possam se comunicar e construir os cenários dos SEs hoje e os possíveis impactos futuros.

Além da identificação de serviços com base na MEA (2005), uma forma importante de estudo e que interessa à geografia, são as metodologias de mapeamento, entendendo que investigar sobre a localização e distribuição espacial dos serviços



ecossistêmicos é fundamental para entender funcionamentos, prevenir tensões - antrópicos ou naturais - e antever possibilidades de expansão ou contração do ecossistema.

**Palavras-chave:** mangue; proteção costeira; revisão de literatura; mudança climática.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao CNPQ pelo financiamento por meio da bolsa de Pesquisa e Produtividade (nível 1D), à bolsa IC vinculada ao projeto, e aos pesquisadores parceiros e orientadores.

## **REFERÊNCIAS**

ALONGI, Daniel. Present State and Future of the World's Mangrove Forests. **Environmental Conservation**, [s. l.], v. 29, p. 331–349, 2002.

ASMUS, Milton Lafourcade *et al.* Simples para ser útil: base ecossistêmica para o gerenciamento costeiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 44, 2018.

BIMRAH, Kanika *et al.* Ecosystem Services of Mangroves: A Systematic Review and Synthesis of Contemporary Scientific Literature. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 19, p. 12051, 2022.

BURKHARD, Benjamin; MAES. **Mapping Ecosystem Services**. 2017.

CUNHA-LIGNON, Marília *et al.* Characterisation of mangrove forest types in view of conservation and management: A review of mangals at the Cananéia region, São Paulo State, Brazil. **Journal of Coastal Research**, [s. l.], v. I, p. 349–353, 2011a.

DAS, Saudamini; VINCENT, Jeffrey R. Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 106, n. 18, p. 7357–7360, 2009.

FRIESS, Daniel A. *et al.* Mangrove forests under climate change in a 2°C world. **WIREs Climate Change**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. e792, 2022.

GEDAN, Keryn B. *et al.* The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: answering recent challenges to the paradigm. **Climatic Change**, [s. l.], v. 106, n. 1, p. 7–29, 2011.

GODOY, Mario Duarte Pinto. **Alteração nas áreas de mangue em estuários no Estado do Ceará devido a mudanças nos usos do solo e mudanças climáticas**. 2015. 202 f. Doutorado - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2015.

GRANT, Maria J.; BOOTH, Andrew. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health Information & Libraries Journal**, v. 26, n. 2, p. 91–108, 2009.

HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHIN, Marion. **Guidance on the Application of the Revised Structure**. [S. l.: s. n.], 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Atlas dos manguezais do Brasil. Brasília, 2018.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Interaction of climatic attributes in the mangroves of the south coast of São Paulo and their relation with climatic controls. *CONFINS (PARIS)*, v. 1, p. 1-23, 2018.

LIMA, Nádia Gilma Beserra de; CUNHA-LIGNON, Marília; GALVANI, Emerson. Microclimatic analysis of mangroves in two distinct categories of Protected Areas and conserved status. *Sociedade & Natureza*, [s. l.], v. 33, p. e57483, 2021.

LIMA, Nádia *et al.* Impacts of Extreme Weather Event in Southeast Brazilian Mangrove Forest. *Atmosphere*, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 1195, 2023.

MARTÍNEZ-HARMS, María José; BALVANERA, Patricia. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, [s. l.], v. 8, n. 1–2, p. 17–25, 2012.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (PROGRAM) (org.). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005

NICHOLLS, Robert J.; HOOZEMANS, Frank M. J.; MARCHAND, Marcel. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, [s. l.], v. 9, p. S69–S87, 1999.

PELLEGRINI, Izabela Uliana *et al.* Soluções Baseadas na Natureza para a adaptação ao aumento do nível do mar: uma revisão sistemática. *Paranoá*, [s. l.], v. 16, n. 34, p. 1–18, 2023.

SALDANHA, Denise Santos. *Avaliação dos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas úmidas costeiras da zona estuarina no rio Piranhas-Açu (RN/NE Brasil)*. 2020. 140 f. Dissertação de mestrado [s. l.], 2020.

SANTOS, Ana Lucia Gomes Dos. *Manguezais da Baixada Santista - SP: alterações e permanências (1962-2009)*. 2009. Mestrado em Ciência Ambiental - USP, São Paulo.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara; CINTRON-MOLERO, Gilberto; SOARES, Mário. Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world. *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Function*, [s. l.], p. 245–262, 2002.

SILVA, Leticia Stela Bispo Da; LIMA, Nadia Gilma Beserra De; CUNHA-LIGNON, Marília. Processo de recuperação em florestas de mangue após formação de clareiras por eventos climáticos no Sudeste do Brasil. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIVERSIDADE VIRTUAL, 2024. *Anais...* [S. l.]: Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, 2024.

SOUSA, L. *et al.* Ecosystem services provided by a complex coastal region: Challenges of classification and mapping. *Scientific Reports*, [s. l.], v. 6, p. 22782, 2016.

SOUZA, Ana Caroline Damasceno *et al.* A produção científica do serviço ecossistêmico de proteção costeira por manguezais. [s. l.], v. 5, 2023.