

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

JOÃO VITOR CIPRIANO

**EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS DA LAGOA DE IBIRAQUERA, SANTA CATARINA, BRASIL**

FLORIANÓPOLIS

2025

JOÃO VITOR CIPRIANO

**EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS DA LAGOA DE IBIRAQUERA, SANTA CATARINA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao
Mestrado Profissional em
Clima e Ambiente do
Campus Florianópolis do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção do
diploma de Mestre em Clima
e Ambiente.

Orientador: Dr. Walter
Martin Widmer

Coorientador: Dr. João
Henrique Quoos

**FLORIANÓPOLIS
2025**

CDD 574.5
C577e

Cipriano, João Vitor

Efeitos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibraquera, Santa Catarina, Brasil [DIS] / João Vitor Cipriano; orientação de Walter Martin Widmer; coorientação de João Henrique Quoos - Florianópolis, 2025.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Serviços ecossistêmicos. 2. Gestão costeira. 3. Mudanças climáticas. 4. Lagoas costeiras. 5. CICES. I. Widmer, Walter Martin. II. Quoos, João Henrique. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC

Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis

Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117



Folha de Aprovação

Aluno (a): **JOÃO VITOR CIPRIANO**

Título:	EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS DA LAGOA DE IBIRAQUERA, SC.
----------------	---

Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente

Dr(a). Walter Martin Widmer



Documento assinado digitalmente
WALTER MARTIN WIDMER
Data: 15/12/2025 11:35:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) / Presidente / IFSC / Florianópolis – SC

Participação: ☐ Presencial ☒ Videoconferência
☒ Aprovado ☐ Reprovado

Dr(a). Mathias Alberto Schramm



Documento assinado digitalmente
MATHIAS ALBERTO SCHRAMM
Data: 16/12/2025 13:35:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Interno / membro / Itajaí - SC

Participação: ☐ Presencial ☒ Videoconferência
☒ Aprovado ☐ Reprovado

Dr(a). Thiago Pereira Alves



Documento assinado digitalmente
THIAGO PEREIRA ALVES
Data: 15/12/2025 21:10:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Interno / membro / Itajaí - SC Participação:

☐ Presencial ☒ Videoconferência
☒ Aprovado ☐ Reprovado

Dr(a). Francisco Arenhart da Veiga Lima



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO ARENHART DA VEIGA LIMA
Data: 15/12/2025 16:12:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador(a) Externo / membro / Brasília - DF

Participação: ☐ Presencial ☒ Videoconferência
☒ Aprovado ☐ Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

- () maioria simples
(X) unanimidade

Florianópolis, 15 de dezembro de 2025



AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao IFSC, instituição pública, gratuita e de qualidade que me abrigou, durante os anos de mestrado e, com toda sua pluralidade, me proporcionou amizades e ensinamentos valiosos que levarei para a vida, bem como a estrutura necessária para concluir esse processo.

Agradeço à FAPESC pelo financiamento da bolsa de mestrado, importantíssima para que a pesquisa fosse realizada.

Agradeço ao Programa de Mestrado em Clima e Ambiente por toda estrutura e apoio. Aos professores, por toda dedicação e paciência durante as aulas, por sempre estarem dispostos ao diálogo e por todos os ensinamentos e ajuda na construção desta dissertação.

Um agradecimento especial àqueles que estiveram comigo desde a concepção até a finalização deste trabalho. Ao meu orientador, Walter Martin, por todos os ensinamentos, pelas trocas e motivação durante nossas conversas e, principalmente pela paciência e pela confiança depositada em mim durante esse processo. E ao meu coorientador, meu xará João Quoos, pelas conversas sempre motivantes, pelas visitas de campo, por tantos conhecimentos compartilhados e por compartilhar, como moradores da região, da paixão pela Lagoa de Ibiraquera.

Agradeço também aos seguintes professores e pesquisadores que contribuíram com a melhoria desta dissertação, pela leitura atenciosa, discussões, sugestões e recomendações: Francisco Veiga, Mathias Schramm e Thiago Pereira. Obrigado também aos pesquisadores do LAGECI pela recepção e também por suas contribuições.

Agradeço a minha companheira amada, Amanda, por todo carinho e amor, pelo apoio e motivação durante todo esse tempo de mestrado e pela oportunidade de compartilhar a vida, os sonhos e os desafios que vierem. Minha fonte de inspiração e motivação sempre.

Agradeço a todos meus amigos e amigas pelo amor, pela amizade e por tornarem a caminhada um pouco mais leve.

Por fim, agradeço à minha família, em especial meus pais, minha irmã e avós, por todo o carinho e esforço para que eu pudesse estar aqui hoje e por me darem a oportunidade de conhecer desde cedo este lugar mágico que é a Lagoa de Ibiraquera. Também por todo apoio durante esse processo, vocês foram essenciais.

RESUMO

A Lagoa de Ibiraquera, objeto de estudo desta dissertação, é uma laguna costeira localizada no litoral sul do Brasil e beneficia diversos atores sociais através de serviços ecossistêmicos (SE) importantes do ponto de vista social, cultural e econômico. Ao mesmo tempo, as mudanças climáticas e vetores de pressão de origem antrópica podem ameaçar a provisão de SE essenciais ao bem-estar humano e equilíbrio ecológico. Diante da falta de informações qualificadas sobre os SE e efeitos das mudanças climáticas à oferta destes serviços, o objetivo geral desta pesquisa é analisar os serviços ecossistêmicos associados à Lagoa de Ibiraquera e avaliar de que forma variáveis climáticas relevantes influenciar a qualidade e a disponibilidade desses serviços. A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (BHLI), com ênfase no corpo lagunar. Para alcançar o objetivo os processos metodológicos utilizados foram os seguintes: mapeamento dos ecossistemas da BHLI através de análise cartográfica, fotointerpretação, visitas à campo e revisão bibliográfica; Identificação e classificação dos SE através da aplicação de uma Matriz de Ecossistemas e Serviços com base na CICES V5.1, revisão bibliográfica e validação das informações com especialistas; identificação das principais ameaças climáticas presentes na área de estudo através de uma análise climática regionalizada para a BHLI a partir dos cenários projetados para as próximas décadas; avaliação dos SE mais ameaçados a partir da classificação do nível de ameaça climática estabelecido por um modelo conceitual. Como resultado foram identificados 11 ecossistemas na BHLI, com níveis diferentes de antropização. Todos estes ecossistemas produzem 23 SE, dos quais 14 também são ofertados pela Lagoa de Ibiraquera. A classificação dos SE revelou que os diferentes atores sociais identificados, como a comunidade local, pescadores artesanais e setor de turismo, recebem múltiplos benefícios, incluindo a pesca artesanal, turismo, recreação e prática de esportes, segurança para ocupação, atenuação de efeitos de eventos extremos e valores culturais associados ao modo de vida tradicional. A análise climática indicou que a Lagoa de Ibiraquera é sensível a diferentes ameaças, principalmente à elevação do nível do mar, aumento da temperatura de aumento da frequência e intensidade de eventos extremos de precipitação, que podem atuar conjuntamente à vetores de pressão de origem antrópica como o lançamento de efluentes, infraestruturas e construções urbanas e drenagem urbana. Entre os SE mais ameaçados estão a provisão de animais aquáticos e seus materiais genéticos, regulação de fluxos de base e das condições da água, mediação de resíduos e substâncias tóxicas, e serviços culturais de interações físicas e experienciais com o ambiente. Os resultados demonstram a importância de medidas integradas de adaptação às mudanças climáticas e mitigação de impactos de origem antrópica a partir da abordagem de adaptações baseadas em ecossistemas e proposição de soluções baseadas na natureza. Portanto, espera-se que os produtos gerados favoreçam a compreensão e sensibilização da comunidade sobre os benefícios gerados pela Lagoa de Ibiraquera e demais ecossistemas da BHLI, as ameaças resultantes das mudanças climáticas e atividades antrópicas, bem como da responsabilidade compartilhada de todos os atores sociais na manutenção dos SE.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos; Gestão costeira; Mudanças climáticas; lagoas costeiras; CICES.

ABSTRACT

Ibiraquera Lagoon (Lagoa de Ibiraquera), the subject of this dissertation, is a coastal lagoon located in southern Brazil that benefits various stakeholders through ecosystem services (ES) that are socially, culturally, and economically important. At the same time, climate change and anthropogenic pressure drivers may threaten the provision of ES that are essential for human well-being and ecological balance. Given the lack of qualified information regarding ES and the effects of climate change on their provision, the objective of this research is to analyze ecosystem services associated with the Ibiraquera Lagoon and assess how climatic variables affect the quality and availability of these services. The study area comprises the Ibiraquera Lagoon basin (ILB), with emphasis on the lagoon ecosystem. To achieve this objective, the methodological procedures included: mapping ILB ecosystems through cartographic analysis, photointerpretation, field surveys, and literature review; identification and classification of ES through the application of an Ecosystem Services Worksheet based on CICES V5.1, literature review, and validation of information with experts; identification of the main climate-related threats in the study area through a regionalized climate analysis for the ILB based on future projections; and evaluation of the most threatened ES based on the classification of climate threat level established by a conceptual model. As a result, 11 ecosystems were identified in ILB, each exhibiting different levels of anthropization. All of these ecosystems produce 23 ES, 14 of which are also provided by Ibiraquera Lagoon. The classification of ES revealed that the different stakeholders identified, such as the local community, artisanal fishers, and the tourism sector, receive multiple benefits, including artisanal fishing, tourism, recreation and sports activities, security for occupation, attenuation of extreme events, and cultural values associated with traditional ways of life. The climate analysis indicated that Ibiraquera Lagoon is sensitive to several threats, particularly sea level rise, increasing surface temperature, and increasing frequency and intensity of extreme precipitation events, which may act in combination with anthropogenic pressure vectors such as wastewater discharge, urban infrastructure and construction, and urban drainage. Among the most threatened ES are the provision of aquatic animals and their genetic materials, regulation of base flows and water conditions, mediation of waste and toxic substances, and cultural services related to physical and experiential interactions with the environment. The results highlight the importance of integrated strategies for climate change adaptation and mitigation of anthropogenic impacts through an ecosystem-based adaptation and the implementation of nature-based solutions. Therefore, it is expected that the products generated will contribute to enhancing community understanding and awareness regarding the benefits provided by Ibiraquera Lagoon and other ILB ecosystems, the threats posed by climate change and human activities, and the shared responsibility of all stakeholders in maintaining ES.

Key-words: Ecosystem services; Coastal management; Climate change; coastal lagoons; CICES.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da Lagoa de Ibiraquera nos municípios de Imbituba e Garopaba – SC.	20
Figura 2: Porcentagem de lagoas costeiras reconhecidas como prestadoras de cada tipo de Serviço Ecossistêmico (SE). 100% corresponde a 32, ou seja, o número total de lagoas participantes do estudo em questão. N = 32.....	32
Figura 3: porcentagem de SE que pode ser afetada pelas mudanças climáticas em lagoas costeiras.	37
Figura 4: Delimitação da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera e subdivisão em 04 setores: Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa de Baixo e Lagoa do Saco.	43
Figura 5: Comunidades na região da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera. ...	44
Figura 6: esquema com um resumo dos processos metodológicos realizados.....	45
Figura 7: Ilustração do processo de produção de uma fotografia 360º: (a) posição de capturas das fotos pelo drone; (b) composição em uma projeção equiretangular; (c) exemplos de exibição - realidade virtual, computador e smartphones.	47
Figura 8: Esquema do roteiro metodológico para aplicação da Matriz de Ecossistemas e Serviços.....	49
Figura 9: Estrutura hierárquica da CICES V5.1, exemplificando um serviço de provisão.....	50
Figura 10: mapa com a divisão da América do Sul e América Central em regiões de acordo com o AR6 do IPCC. A área de estudo está inserida na região SES.....	52
Figura 11: Mapa com os ecossistemas identificados na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.	59
Figura 12: Lagoa de Ibiraquera - Lagoa do Saco em período da barra aberta.	60
Figura 13: Lagoa de Ibiraquera: Lagoa de cima, com destaque para a desembocadura de um rio na lagoa, no bairro Campo D'úna.	60
Figura 14: Lagoa de Ibiraquera: Lagoa de Cima, no canal que marca a separação com a Lagoa do Meio, no bairro Ibiraquera.....	61
Figura 15: Lagoa de Ibiraquera – Lagoa do Meio, no bairro Ibiraquera.	61
Figura 16: Lagoa de Ibiraquera – Lagoa do Meio, no canal que marca a separação com a Lagoa de Cima, no bairro Ibiraquera.	62

Figura 17: Marismas – marismas na Lagoa de Baixo em período da barra aberta, no bairro Barra de Ibiraquera.	62
Figura 18: Lagoa e Marisma - Vegetação predominante nas margens da lagoa, na Lagoa de Baixo, no bairro Arroio.....	63
Figura 19: Lagoa de Ibiraquera - Lagoa de Baixo próximo ao encontro com o Mar em período da barra aberta.....	63
Figura 20: Banhado – banhado em período chuvoso, no bairro Barra de Ibiraquera.	64
Figura 21: Restinga – região de restinga, no bairro Barra de Ibiraquera.....	64
Figura 22: Dunas - dunas atrás da vegetação de restinga, no bairro Barra de Ibiraquera.	65
Figura 23: Lagoa doce, no bairro Arroio.....	65
Figura 24: Fragmento florestal do bioma mata atlântica, no bairro Campo D’una, próximo à Lagoa de Cima.	66
Figura 25: Rio que conecta a Lagoa Doce à Lagoa de Ibiraquera, no bairro Arroio, na Lagoa de Baixo.	66
Figura 26: Vista aérea da área urbana, no bairro Ibiraquera, próximo à Lagoa de Cima.....	67
Figura 27: Agricultura e pastagens, no bairro Arroio do Rosa.....	67
Figura 28: Diagrama Sankey ilustrando a correlação entre a Lagoa de Ibiraquera, serviços ecossistêmicos e atores sociais.	75
Figura 29: Esquema sintético relacionando as principais ameaças climáticas consideradas (esq.), mudanças de estado (centro) e possíveis impactos sobre a Lagoa de Ibiraquera (dir.).....	93
Figura 30: Diagrama Sankey ilustrando a correlação entre a Lagoa de Ibiraquera, serviços ecossistêmicos e atores sociais, considerando a atuação das ameaças climáticas e o consequente decréscimo da provisão do serviço ecossistêmico.....	97
Figura 31: Simulação da elevação relativa do nível do mar a partir do MDT, considerando elevação de 1,07 m para a projeção do cenário SS5-8.5 no período 2081-2100.	108
Figura 32: Página inicial do sítio eletrônico.	113
Figura 33: Fragmento da página do sítio eletrônico com o item “SOBRE NÓS” que traz uma contextualização do projeto.....	114

Figura 34: Mapa interativo da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera, disponível no sítio eletrônico.	115
Figura 35: Links disponíveis para acessar no item “ECOSSISTEMAS”.	116
Figura 36: Apresentação do conteúdo do item “ECOSSISTEMAS”, utilizando como exemplo o ecossistema “banhado”	117
Figura 37: Apresentação da página do item “FOTOS 360º”.	118
Figura 38: Exemplo de fotografia de drone da paisagem da Lagoa de Ibiraquera em 360º.	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre objetivos específicos, metodologia e resultados na estrutura do documento.....	46
Tabela 2: Classificação do nível de ameaça de acordo com as possíveis consequências no SE.....	53
Tabela 3: Área dos ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera. ...	56
Tabela 4: Serviços ecossistêmicos da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera. .	68
Tabela 5: Projeções para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do IPCC até o ano 2100 em relação às seguintes ameaças: aumento da temperatura da superfície, elevação relativa do nível do mar, aumento da intensidade de eventos extremos de chuva. ..	89
Tabela 6: Classificação dos SE da Lagoa de Ibiraquera quanto ao valor do nível de ameaça (A _{ES}) para os cenários SSP2-4.5 e SS5-8.5.	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definições de SE de acordo com diferentes autores.....	26
Quadro 2: Atores sociais beneficiados pelos SE dos ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.	70
Quadro 3: Serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera.....	74
Quadro 4: Serviços ecossistêmicos de provisão da Lagoa de Ibiraquera.	76
Quadro 5: Serviços ecossistêmicos de regulação e manutenção da Lagoa de Ibiraquera.	79
Quadro 6: Serviços ecossistêmicos culturais da Lagoa de Ibiraquera.	83
Quadro 7: Vetores de pressão de origem antrópica identificados na Lagoa de Ibiraquera.	86
Quadro 8: Medidas de adaptação propostas para a Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AbE	Adaptação baseada em Ecossistemas
APABF	Área de Preservação da Baleia Franca
AR6	Sexto Relatório de Avaliação do IPCC
AU	Áreas Úmidas
BHLI	Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera
BPBES	Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos
CICES	Classificação Internacional Comum de Serviços Ecossistêmicos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
GBE	Gestão com Base Ecossistêmica
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFSC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Internacional de Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional para Conservação da Natureza
MEA	Avaliação Ecossistêmica do Milênio
MDT	Modelo Digital de Terreno
MES	Matriz de Ecossistemas e Serviços
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PTT	Produto Técnico e Tecnológico
SbN	Soluções baseadas na Natureza
SE	Serviço(s) Ecossistêmico(s)
SES	Sudeste da América do Sul (do inglês “Southeastern South America”)
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SSPs	Trajetórias Socioeconômicas Compartilhadas
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	ÁREA DE ESTUDO	19
1.2	PERGUNTAS GERADORAS.....	22
1.3	OBJETIVOS.....	22
1.3.1	Objetivo geral	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1	LAGOAS E LAGUNAS COSTEIRAS	24
2.2	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	25
2.3	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	33
2.4	LAGOA DE IBIRAQUERA.....	38
3	METODOLOGIA.....	42
3.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.2.1	Mapeamento dos ecossistemas da BHLI.....	46
3.2.2	Classificação dos SE da bacia da Lagoa de Ibiraquera.....	48
3.2.3	Ameaças climáticas.....	51
3.2.4	Avaliação do nível de ameaça aos serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera.	52
3.2.5	Elaboração de um Produto Técnico e Tecnológico (PTT).....	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1	ECOSSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE IBIRAQUERA (BHLI)	56
4.2	CLASSIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE IBIRAQUERA	68
4.2.1	Serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera	73
4.2.2	Vetores de pressão de origem antrópica sobre os serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera	85
4.3	AMEAÇAS CLIMÁTICAS	88

4.4	AMEAÇAS CLIMÁTICAS E OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA LAGOA DE IBIRAQUERA.....	94
4.4.1	Definição dos valores de ameaça e serviços ecossistêmicos mais ameaçados	94
4.4.2	Elevação do nível do mar no entorno da Lagoa de Ibiraquera	106
4.5	MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO.....	109
4.6	PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO (PTT)	112
5	CONCLUSÕES.....	120
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	123
	REFERÊNCIAS.....	125
	APÊNDICE A – MATRIZ DE ECOSSISTEMAS E SERVIÇOS (MES) DA BHLI	132
	APÊNDICE B – REGISTRO DA REUNIÃO DE VALIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DA MES	146

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, os seres humanos foram responsáveis por promover alterações substanciais nos ecossistemas, sob a premissa da necessidade de alimentos, água doce, madeira, fibras, combustível, dentre outros recursos para suprir as demandas de uma sociedade em constante desenvolvimento. Estas alterações resultaram em perdas, muitas vezes, irreversíveis na biodiversidade da Terra (MEA, 2003; Seixas; Turra; Ferreira, 2025). Além disso, as mudanças introduzidas nos ecossistemas em virtude do desenvolvimento econômico e de um ideal de bem-estar humano tiveram consequências diretas sobre a degradação de muitos serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo que contribuíram para o aumento da pobreza de determinados grupos sociais que dependiam de recursos naturais destes ecossistemas para subsistência (IPCC, 2023c).

O sexto relatório (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) indica que a mudança do clima causada pelo homem já está afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões do mundo. Isto vem resultando em impactos generalizados, e perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas. Ecossistemas terrestres, de água doce, criosféricos e costeiros e de oceano aberto tem sido afetados e, conseqüentemente, seus serviços ecossistêmicos e o bem-estar das populações humanas que se beneficiam destes serviços (IPCC, 2023b).

Os serviços ecossistêmicos (SE), aqui definidos como “os benefícios que os ecossistemas fazem para o bem-estar humano” (Haines-Young; Potschin, 2018), podem ser classificados em serviços de provisão, como alimentos, água, madeira e fibra; serviços de regulação, que afetam o clima, as inundações, as doenças, os resíduos e a qualidade da água; serviços culturais que proporcionam benefícios recreativos, estéticos e espirituais; e serviços de suporte como formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes (MEA, 2005).

Os SE são vitais não apenas para a manutenção e a saúde dos próprios ecossistemas e seus componentes, como também para as populações que vivem na zona costeira (Odum, 2008). Além disso, os SE podem se configurar como indicadores

da qualidade ambiental e do bem-estar humano, servindo para orientar a disposição das atividades humanas (Nicolodi; De Camargo, 2022).

Neste sentido, os problemas socioambientais têm sido cada vez mais abordados por meio da perspectiva dos SE (West et al., 2021). Permeando os diversos setores da sociedade, a abordagem ecossistêmica sob a ótica dos serviços está cada vez mais sendo incorporada nas agendas políticas, nos planejamentos setoriais e nos debates da sociedade civil organizada (Asmus et al., 2018). O aumento do interesse e da repercussão de estudos nessa área do conhecimento surge da melhor compreensão de que os seres humanos e a natureza são intimamente conectadas e interdependentes (Haines-Young; Potschin, 2018). Dada a complexidade dos ecossistemas, e considerando que um único ecossistema pode proporcionar diversos benefícios, é preciso tentar esclarecer quais capacidades o tornam útil para as pessoas e utilizar estas características para entender como os ecossistemas e as pessoas estão interligados (Potschin; Haines-Young, 2016). Desta forma, o uso de informações qualificadas sobre os SE pode auxiliar nos processos de planejamento e gestão territorial e na proposição e fortalecimento de políticas públicas e de uma Gestão com Base Ecossistêmica, principalmente quando levam em consideração os SE produzidos e os atores sociais envolvidos (Asmus et al., 2018; Ferraz et al., 2019; Scherer; Asmus, 2016).

Um dos recortes territoriais onde esta abordagem ecossistêmica tem se demonstrado essencial é a zona costeira (Barragán Muñoz, 2014; Nicolodi; De Camargo, 2022). Isto porque trata-se de uma região com sistemas de alta diversidade e complexidade ecológica, econômica, social, política e cultural, onde estão inseridos diversos ecossistemas, como costões rochosos, praias arenosas, dunas, marismas, manguezais, lagoas costeiras, restinga, entre outros. Todos esses ecossistemas geram diversos SE, associados à diferentes grupos de atores sociais.

A zona costeira, definida como o “espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre” é uma região que abriga grande parte da população mundial. No Brasil, que possui uma das mais extensas zonas costeiras do mundo com mais de 8500 km, 26,6% da população vive neste território, que compreende 17 estados da federação e abriga 13 das 27 capitais brasileiras. Desta forma, constitui-se uma região

com grande interesse econômico, ambiental, social e populacional, sendo que tal atratividade é, ao mesmo tempo, um fator de geração de oportunidades e de desafios para a gestão do território e de seus recursos (Nicolodi; De Camargo, 2022). Este cenário deriva da intensa exploração de recursos naturais, uso desordenado do solo e pouca priorização e efetividade de políticas incidentes nessa porção do território (Marengo; Scarano, 2016).

Adicionalmente, os cenários de mudanças climáticas podem representar ameaças aos ecossistemas costeiros (Asmus et al., 2019). As implicações das mudanças climáticas são mais significativas para as áreas costeiras do que em qualquer outro lugar (Lozoya et al., 2014). Nenhuma outra região está mais ameaçada por desastres naturais, incluindo ventos fortes, tempestades, ondas gigantes, furacões e tsunamis (Kron, 2013). No entanto, os resultados decorrentes destes eventos dependem também da interação entre circunstâncias políticas, financeiras, sociais, técnicas e naturais. Isso demonstra a necessidade e relevância do planejamento e gerenciamento costeiro, visando o uso sustentável dos recursos naturais, ordenamento do uso do solo e priorização de políticas públicas efetivas nessa porção do território

Neste cenário, destacam-se as lagoas costeiras, que ocupam cerca de 13% da zona costeira no mundo, e geram inúmeros benefícios às comunidades humanas através de SE relacionados com as atividades de pesca, aquicultura, navegação, turismo, recreação, esportes, pesquisa científica, saneamento, bem como a beleza cênica, conforto visual e atividades culturais, dentre outros (Kjerfve, 1994; Newton et al., 2018). Estes ecossistemas aquáticos são corpos d'água interiores, geralmente orientados paralelamente à linha de costa, separados do oceano por uma barreira e conectados a ele por uma ou mais entradas restritas que permanecem abertas pelo menos de forma intermitente, com profundidades que raramente excedem alguns metros. A influência das marés pode estar presente ou ausente, e a salinidade pode variar desde condições de água doce até ambientes hipersalinos, dependendo do balanço hidrológico local (Kjerfve, 1994).

Como as lagoas costeiras estão localizadas na interface entre ecossistemas de água doce, marinhos e terrestres, os SE prestados pela transcendem a própria lagoa e beneficiam a sociedade em um contexto espacial e histórico mais amplo (Rodrigues-

Filho et al., 2023). No entanto, estes ecossistemas estão sujeitos às pressões decorrentes de atividades antrópicas, como drenagem, urbanização, aquicultura, pesca e turismo, que provocam alterações em sua estrutura e funcionamento ecológico (Anthony et al., 2009).. A modificação de conexões hidrológicas naturais, a poluição e a introdução de espécies exóticas contribuem para a redução da biodiversidade, substituição de espécies nativas por oportunistas e degradação da qualidade ambiental (Bonetti; Bonetti; Beltrame, 2005; De Freitas et al., 2022; Pérez-Ruzafa et al., 2019).

Adicionalmente, as mudanças climáticas impõem novas ameaças e podem intensificar os impactos antrópicos nesses sistemas frágeis. Fatores como o aumento da temperatura, do nível do mar e da ocorrência de tempestades ou eventos extremos são algumas das principais mudanças que podem afetar a qualidade ou a saúde destes ecossistemas costeiros ou prejudicar as atividades sociais e econômicas que utilizam ou dependem dos serviços ecossistêmicos para o seu desenvolvimento.

Mudanças na temperatura do ar influenciam diretamente a temperatura da água em lagoas costeiras (Rodrigues et al., 2021). Este é um dos parâmetros mais importantes para processos químicos e biológicos nestes ecossistemas, influenciando, por exemplo, as concentrações de oxigênio dissolvido, a fisiologia dos organismos da lagoa e a demanda de oxigênio, a distribuição geográfica das espécies e os padrões de migração, bem como o momento dos processos lagunares (Anthony et al., 2009). A elevação do nível do mar, por sua vez, pode modificar as barreiras que protegem as lagoas, muitas vezes rompendo-se ou desaparecendo (Carrasco; Ferreira; Roelvink, 2016). Outras alterações também podem estar relacionadas ao maior fluxo de sedimentos e poluentes terrestres para as lagoas durante eventos extremos de chuva (Anthony et al., 2009).

Todas estas alterações podem gerar impacto sobre os SE ofertados pelas lagoas costeiras, embora possam apresentar diferenças regionais na magnitude das mudanças nos fatores de impacto e na resposta do ecossistema (IPCC, 2023b). O resultado de uma eventual perda ou degradação dos SE pode afetar não apenas a qualidade ambiental deste ecossistema costeiro, mas também o nível de bem-estar social das comunidades que habitam estas regiões ou dependem dela para diferentes

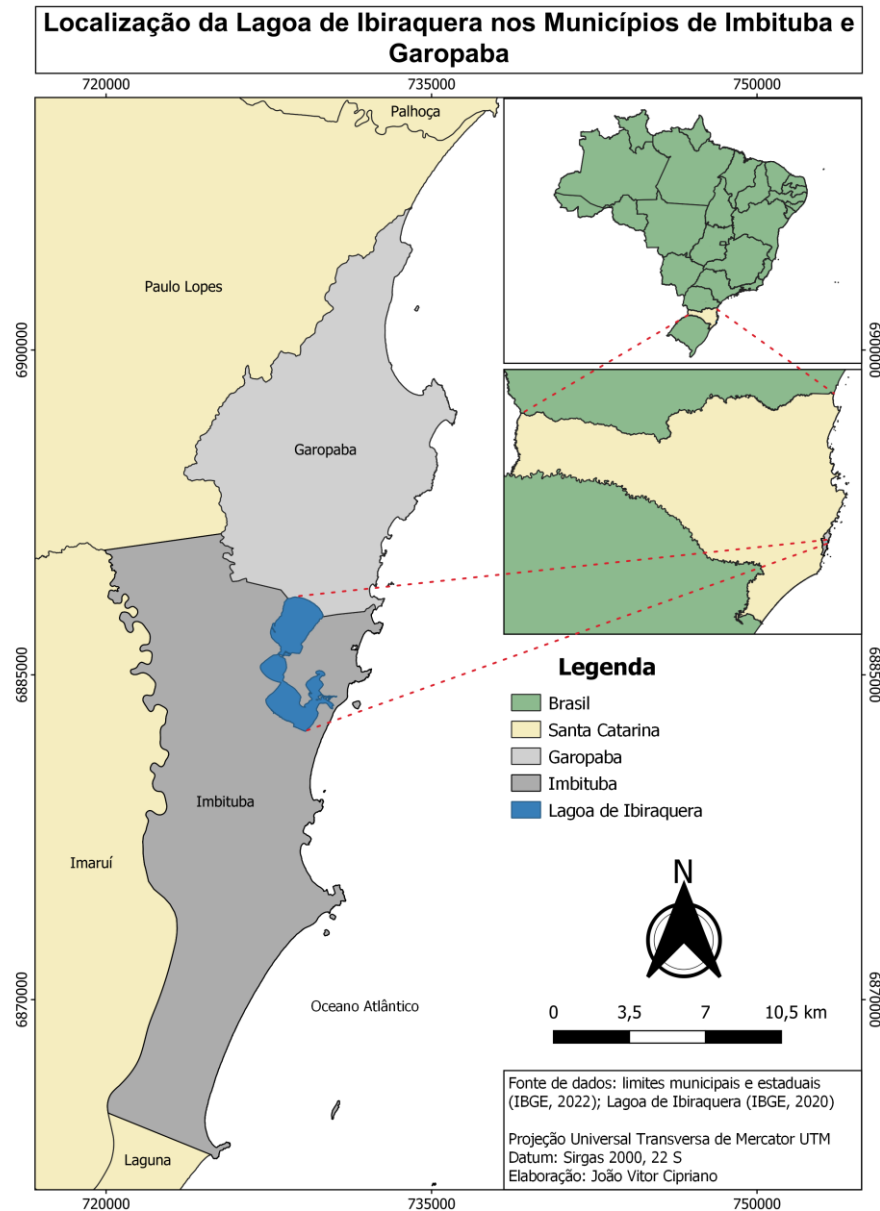
atividades (Asmus et al., 2019). Desta forma, a gestão das lagoas costeiras no contexto das mudanças climáticas é crucial (Brito et al., 2012).

1.1 ÁREA DE ESTUDO

O litoral de Santa Catarina, no sul do Brasil, é diverso em paisagem e ecossistemas. Costões rochosos, praias arenosas, dunas, manguezais, lagoas costeiras, contracenando com florestas sobre as encostas do relevo e sobre as planícies quaternárias, constituem importantes ecossistemas que oferecem serviços essenciais à sociedade. As lagoas costeiras distribuem-se ao longo de toda a planície costeira de Santa Catarina, desde o litoral Norte (Laguna do Acaraí, município de São Francisco do Sul) até o extremo sul do estado (Lagoa do Sombrio, incluída nos municípios de Sombrio, Santa Rosa do Sul, São João do Sul, Passo de Torres e Balneário Gaivota) e representam importantes ecossistemas da zona costeira do Brasil (Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). Estes ecossistemas são diversos em relação à sua morfologia e também aos SE gerados para as comunidades humanas.

Na região sul do estado de Santa Catarina, encontram-se algumas lagoas e lagunas, como a Lagoa da Conceição e Lagoa do Peri, em Florianópolis, Lagoa de Garopaba, em Garopaba e o Complexo Lagunar Sul Catarinense com diversas lagoas costeiras, entre os municípios de Imbituba, Imaruí e Laguna. Nesta região está inserida também a Lagoa de Ibiraquera, objeto de estudo deste trabalho, localizada entre os municípios de Imbituba e Garopaba (Figura 1). A Lagoa de Ibiraquera é uma laguna salobra de aproximadamente 868 ha de espelho d'água com conexão intermitente com o oceano em único ponto na praia da Barra de Ibiraquera, em Imbituba. Embora seja classificada como uma laguna, visto que possui conexão com o oceano, neste trabalho será chamada de lagoa tendo em vista que é o termo utilizado nos documentos oficiais e amplamente utilizado pelos atores sociais desta região.

Figura 1: Mapa de localização da Lagoa de Ibiraquera nos municípios de Imbituba e Garopaba – SC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Lagoa de Ibiraquera é um ecossistema com grande valor socioambiental, com diversos SE e atores sociais associados. Além disso, há uma série de outros sistemas ambientais conectados que se relacionam diretamente à Lagoa, como marismas, dunas, restinga, banhado, áreas urbanizadas e agrícolas, entre outros (De Freitas et al., 2022). Em toda a região, as diversas atividades realizadas, usos e ocupação do solo geram impactos que interferem na qualidade e quantidade dos SE produzidos, positiva e negativamente. Desta forma, as atividades realizadas nestes

ecossistemas podem gerar potencialidades e vulnerabilidades em relação à manutenção destes SE. De acordo com Freitas e Beltrame (2012), devido à urbanização e consequentes mudanças de uso e ocupação do solo ao longo dos anos, houve uma perda significativa de vegetação nativa e áreas para a restauração de ecossistemas. Além disso, a contaminação da Lagoa por efluentes domésticos e a ocupação irregular também são ameaças à qualidade ambiental deste ecossistema (Sobral, 2020). Estas pressões sobre o ecossistema lagunar tendem a ser intensificadas pelos efeitos das mudanças climáticas, podendo afetar diretamente a provisão de SE pela lagoa (IPCC, 2023b).

No entanto, na região da Lagoa de Ibiraquera, ainda há poucas informações sobre os SE produzidos pela lagoa, quais são os benefícios gerados e atores sociais beneficiados, bem como sobre as ameaças associadas às mudanças climáticas e eventos climáticos extremos, que tem ocorrido de forma crescente e tendem a ser cada vez mais frequentes (IPCC). Essa falta de informações torna-se uma limitação significativa para o estabelecimento de um modelo de gestão costeira que possa prevenir, mitigar ou compensar os riscos decorrentes das mudanças climáticas na zona costeira (Asmus et al., 2018).

Além disso, essa ausência de informações dificulta a possibilidade de estabelecer uma política pública capaz de organizar e integrar ações entre as instituições e atores sociais interessados na gestão da Lagoa de Ibiraquera, considerando os riscos e efeitos das mudanças climáticas sobre os sistemas ambientais. Situações como essa são relativamente graves em regiões onde as iniciativas do governo estadual ou local ainda não alcançaram a implementação de instrumentos de apoio à gestão e sua governança necessária, conforme previsto na política brasileira de gestão costeira (Asmus et al., 2018).

Diante da problemática apresentada, o presente estudo busca analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos associados ao sistema lagunar da Lagoa de Ibiraquera, de modo a gerar uma nova base de informações qualificadas sobre SE e contribuir com iniciativas de gestão costeira do território e medidas de adaptação às mudanças climáticas, tendo em vista a conservação da saúde e integridade da Lagoa de Ibiraquera, a manutenção de seus

SE e a conscientização da população sobre a importância destes serviços para o bem-estar humano.

1.2 PERGUNTAS GERADORAS

Diante da ideia de que informações sobre os SE ofertados pela Lagoa de Ibiraquera podem contribuir para a conservação destes SE e, conseqüentemente, para o aumento da capacidade adaptativa das comunidades humanas em relação às mudanças climáticas, definiu-se as seguintes perguntas geradoras desta dissertação: Quais os ecossistemas associados à Lagoa de Ibiraquera? Quais os SE produzidos por esses ecossistemas, em especial pela Lagoa de Ibiraquera, e como beneficiam os atores sociais do território? Como as pressões antrópicas atuais e as mudanças climáticas podem afetar ou estão afetando a provisão de SE pela Lagoa de Ibiraquera? Quais SE “chave” podem ser ou estão sendo afetados?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar os serviços ecossistêmicos associados ao sistema lagunar da Lagoa de Ibiraquera e avaliar de que forma variáveis climáticas relevantes (como regime de precipitação, temperatura e eventos extremos) podem influenciar a qualidade e a disponibilidade desses serviços.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) identificar e mapear os ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera;
- b) identificar e classificar os serviços ecossistêmicos da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera;

c) identificar as principais ameaças climáticas que geram risco de impacto aos SE da Lagoa de Ibiraquera;

d) identificar os serviços ecossistêmicos mais ameaçados pelos efeitos das mudanças climáticas e avaliar quais os impactos sobre a provisão destes serviços na Lagoa de Ibiraquera;

e) elaborar um material didático com informações dos ecossistemas, serviços ecossistêmicos e mudanças climáticas na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera como ferramenta para a comunidade local e instituições interessadas em discussões e ações de gestão da Lagoa de Ibiraquera.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LAGOAS E LAGUNAS COSTEIRAS

As lagoas costeiras são ecossistemas aquáticos com influência marinha, mas isolados do mar por uma barreira, ponta de terra ou relevo semelhante, às vezes com uma ou mais entradas, através das quais ocorre uma troca mais ou menos restrita de água e organismos com o mar aberto (Kennish, 2016; Kjerfve, 1994). Em alguns casos, são construídas estruturas artificiais para manter uma conexão permanente com o oceano.

Em relação à morfologia, caracterizam-se por serem corpos d'água rasos, com profundidade média raramente superior a 2 m e com fortes gradientes físico-químicos em um espaço restrito (Pérez-Ruzafa et al., 2019; Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). As áreas variam bastante, desde lagoas com menos de 1 km² até 10.144 km² de espelho d'água, como é o caso da Lagoa dos Patos, no Brasil (Kjerfve, 1994).

A entrada de água doce nestes ecossistemas se dá através de rios, lençóis freáticos e atmosfera (precipitação). As lagunas também trocam água e sal com o mar adjacente, apresentando um gradiente salino, sendo que as águas provenientes do mar são mais salgadas e, por isto, mais densas do que as águas da laguna. A mistura das águas de diferentes densidades vai acontecer na laguna quando as condições de circulação, normalmente influenciadas pelo vento, forem favoráveis (Kjerfve, 1994).

Devido às baixas profundidades, a lâmina d'água é fortemente influenciada por agentes climatológicos, tais como a precipitação, a evaporação e os ventos, os quais promovem flutuações em pequenas escalas de tempo em suas características físico-químicas. (Bonetti; Bonetti; Beltrame, 2005). Apesar das condições extremas, a fauna e a flora lagunares demonstram adaptações fisiológicas e comportamentais à amplitude de flutuações físicas e químicas, incluindo salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido (Pérez-Ruzafa; Mompeán; Marcos, 2007). A heterogeneidade espacial (substratos variados, zonas de entrada, áreas internas) e temporal (marés, sazonalidade) reforça a diversidade de comunidades presentes (Pérez-Ruzafa et al., 2019).

Além disso, as lagoas funcionam como habitat para espécies migratórias e residentes, servindo como áreas de reprodução, alimentação, abrigo e como reservatórios genéticos valiosos (Newton et al., 2018; Pérez-Ruzafa; Mompeán; Marcos, 2007; Rodrigues-Filho et al., 2023). A complexidade ecológica observada desafia análises simplificadas desses sistemas e reforça a capacidade de resiliência destes ecossistemas, embora vulneráveis à intensificação de pressões antrópicas e mudanças do clima (Kennish, 2016; Pérez-Ruzafa et al., 2019). Desta forma, a diversidade ecológica e funcional das lagoas costeiras resulta de um equilíbrio dinâmico entre fatores ambientais, biogeográficos e históricos, exigindo abordagens integradas para sua conservação e manejo (Kennish, 2016).

2.2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

O conceito de serviços ecossistêmicos (SE), ultrapassando os limites dos meios acadêmicos e científicos, vem se tornando cada vez mais visível nas agendas de governo e nos debates e iniciativas das organizações civis que atuam na mitigação dos conflitos entre a sociedade humana e o meio ambiente (Ferraz et al., 2019; Nicolodj; De Camargo, 2022; Seixas; Turra; Ferreira, 2025; UNEP, 2021). Além disso, o caráter objetivo e prático do conceito dos serviços ecossistêmicos o coloca em destaque na esfera dos debates sobre o meio ambiente, economia e sustentabilidade, na medida em que evidencia as relações entre o funcionamento dos ecossistemas e as demandas de subsistência e bem-estar da espécie humana (Alcamo; Bennett, 2003).

Embora a discussão e conceituação das relações entre natureza e sociedade sejam antigas, o conceito de serviços ecossistêmicos passou a fazer parte dos debates, de modo mais efetivo, a partir do final da década de 1990, impulsionado pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a Rio 92 (Ferraz et al., 2019). Diversos autores adotaram este termo e publicaram trabalhos que se tornaram referência internacional. Alguns dos conceitos mais relevantes de SE são apresentados a seguir:

Quadro 1: Definições de SE de acordo com diferentes autores

Fonte	Definição de Serviços Ecossistêmicos
(Daily, 1997)	Serviços ecossistêmicos são condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana.
(Costanza et al., 1997)	Serviços ecossistêmicos são condições e processos provenientes dos ecossistemas naturais e das espécies que os compõem que sustentam e mantêm a vida humana.
(Odum; Odum, 2000)	A natureza contribui para a economia através dos serviços ecossistêmicos. Em função de limites termodinâmicos, a valoração desses serviços deve estar associada à quantidade de energia requerida para produzir um bem de consumo ou serviço, e não ao valor ou preço que as pessoas desejam, por questões subjetivas, pagar.
(De Groot; Wilson; Boumans, 2002)	Funções ecossistêmicas podem ser compreendidas como a capacidade do ecossistema para fornecer bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas e são, portanto, valorizados pelos seres humanos.
(MEA, 2003)	Serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas.
(Fisher; Turner; Morling, 2007)	Serviços ecossistêmicos são os aspectos dos ecossistemas utilizados, ativa ou passivamente, para produzir bem-estar humano.
(Boyd; Banzhaf, 2007)	Serviços ecossistêmicos não são os benefícios, são componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem-estar humano.
(TEEB, 2010)	As contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano.
(Haines-Young; Potschin, 2018)	As contribuições que os ecossistemas fazem para o bem-estar humano.

Fonte: Adaptado de Ferraz et. al (2019).

Percebe-se que, embora haja tantos trabalhos com propostas de conceito para os SE, não há um consenso definitivo sobre o significado exato sobre este termo. Há certas diferenças principais entre estes conceitos. Costanza et al. (1997) e De Groot et al. (2002) enfatizam a ideia de que os SE constituem bens e serviços derivados explicitamente de funções ecossistêmicas capazes de serem utilizados em benefício da humanidade. Para Daily (1997) os SE são equiparados às condições e processos

provenientes dos ecossistemas naturais, deixando apenas de modo implícito a ideia de funções ecossistêmicas associadas. Já a definição apresentada pelo MEA (2003) traz uma lógica mais simplista e direta estabelecendo que os SE consistem nos benefícios providos de uma forma geral pelos ecossistemas. Em contrapartida, a abordagem de Fisher, Turner e Morling (2007) e Boyd e Banzhaf (2007) é de que os SE não são benefícios de forma geral e sim componentes da natureza, diretamente aproveitados, consumidos ou usufruídos para o bem estar humano (Ferraz et al., 2019).

Outro conceito importante é o das funções ecossistêmicas, que do ponto de vista científico podem ser definidas como processos interativos entre os elementos estruturais, bióticos e abióticos, de um dado ecossistema, capazes de gerar serviços explicitamente definidos (Daly; Farley, 2004; Ferraz et al., 2019).

No presente trabalho optou-se por adotar o conceito de SE de Haines-Young e Potschin (2018): “os SE são as contribuições que os ecossistemas fazem para o bem-estar humano”. Os autores destacam que os SE diferem dos bens e benefícios que as pessoas subsequentemente obtêm deles. Estas contribuições são enquadradas em termos de “o que os ecossistemas fazem” pelas pessoas. Desta forma, o uso desta definição objetiva uma classificação dos SE que identifique os propósitos ou usos que as pessoas têm para os diferentes tipos de serviços, e os associe às características ou comportamentos específicos do ecossistema que os sustentam.

Além disso, nas últimas décadas também foram organizados fóruns nacionais e internacionais e criadas redes de pesquisas, plataformas, agências e institutos com foco na abordagem dos SE. A partir dos grupos elencados por Ferraz et. al (2019), destacam-se os seguintes:

1. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), iniciativa da ONU, executada por um conjunto de cientistas de várias nações, com o objetivo de avaliar as consequências da mudança do ecossistema para o bem-estar humano e a base científica das ações necessárias para melhorar a conservação e o uso sustentável desses sistemas (www.millenniumassessment.org).

2. A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB), iniciativa global cujo objetivo é integrar os valores da biodiversidade e dos SE para interessados e tomadores de decisão (www.teebweb.org/).

3. A Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES), criada em 2012, para avaliar o estado da biodiversidade do planeta, seus ecossistemas e os serviços que estes fornecem para a sociedade, bem como as ferramentas e métodos para proteger e usar de forma sustentável esses recursos naturais vitais (Díaz et al., 2015) (www.ipbes.net/).

4. A Ecosystem Service Partnership (ESP), rede mundial de especialistas para melhorar a ciência e a aplicação prática de SE (Burkhard et al., 2010) (www.es-partnership.org).

5. O Mapeamento e Avaliação de Ecossistemas e seus Serviços (MAES), estratégia da União Europeia para reunir informação para orientar as decisões sobre questões públicas complexas em conformidade com a avaliação dos ecossistemas do milênio (EMA). (www.biodiversity.europa.eu/maes).

6. A Classificação Internacional Comum de Serviços de Ecossistemas (CICES), criada com o objetivo de propor uma classificação comum para os SE (Potschin; Haines-Young, 2017) (www.cices.eu).

7. O Projeto de Capital Natural, parceria entre a Universidade de Stanford, a Universidade de Minnesota, The Nature Conservancy e o World Wildlife Fund, com o objetivo de integrar o valor que a natureza fornece à sociedade nas decisões importantes, de modo a melhorar o bem-estar de todas as pessoas e da natureza (<https://www.naturalcapitalproject.org/>).

8. O Biodiversity Observation Network (GEO BON), que consiste em um sistema global para o monitoramento das alterações nos serviços ecossistêmicos (Tallis et al., 2012) (www.earthobservations.org/).

9. A Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES), que atualmente possui a missão de produzir regularmente sínteses do melhor conhecimento disponível pela ciência acadêmica e saberes tradicionais sobre Biodiversidade, Serviços Ecossistêmicos e suas relações com o bem-estar humano e

promover diálogos com os diferentes setores da sociedade (<https://www.bpb.es.net.br>).

Muitos destes marcos conceituais foram elaborados para facilitar o intercâmbio e entendimento desses termos entre os cientistas e os tomadores de decisão, que atuam em áreas correlatas como ecologia, sociologia, economia, biologia, engenharia florestal e outras (Ferraz et al., 2019).

Neste sentido, a Classificação Internacional Comum de Serviços de Ecossistemas (CICES) vem sendo desenvolvida desde 2009 pela Agência Ambiental Europeia (EEA) em contribuição direta com o Sistema de Contabilidade Econômica Ambiental (SEEA) da Divisão de Estatística das Nações Unidas (UNSD). A CICES foi projetada para ajudar a medir, contabilizar e avaliar os SE. A última versão, versão 5, é de 2018 e além de fornecer uma forma de classificar os serviços ecossistêmicos, a CICES também teve a intenção de ser uma classificação de referência que permite a tradução entre diferentes sistemas de classificação de SE (Haines-Young; Potschin, 2018), como os utilizados pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade (TEEB), e Plataforma Intergovernamental para Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES).

A CICES tomou como ponto de partida a tipologia sugerida pela MEA (2005). No entanto, houve uma atualização e a categoria de SE de suporte não foi considerada na estrutura proposta. Foram consideradas as categorias de serviços de provisão, regulação e cultural. A categoria serviços de suporte foi excluída pois, sendo um serviço intermediário, as relações entre o ecossistema e a contabilidade ambiental, nesse caso, não são explícitas. Sendo assim, a CICES optou por dar ênfase às saídas finais dos processos que efetivamente beneficiam e têm valor direto e explícito para as pessoas (Haines-Young; Potschin, 2018). Contudo, como os próprios autores advertem, os serviços intermediários e de suporte não devem ser ignorados ou negligenciados (Ferraz et al., 2019).

Os serviços de provisão estão relacionados com a capacidade dos ecossistemas de prover produtos materiais, bióticos e abióticos, para as populações humanas. Estes produtos são: alimentos, fibras, materiais combustíveis, produtos aromáticos, fármacos e medicinais (bióticos). Além disso, são SE de provisão de

origem abiótica: recursos minerais, como minérios, combustíveis fósseis e oferta de água. Os serviços bióticos são renováveis e fundamentam-se na capacidade de produção biológica, primária e secundária dos ecossistemas (Ferraz et al., 2019).

Os serviços de regulação se relacionam com os processos ecológicos que acontecem na biosfera terrestre. As funções de regulação ocorrem por meio da interação de fatores bióticos e abióticos que mantêm a capacidade de autorregulação dos ecossistemas em suporte à vida na Terra (Ferraz et al., 2019). São alguns exemplos de SE de regulação: manutenção da qualidade do ar, regulação climática, controle de erosão, regulação de doenças humanas e purificação da água (MEA, 2005).

Os serviços culturais estão relacionados à capacidade dos ecossistemas naturais ou seminaturais de contribuir para a manutenção do bem-estar psicológico do ser humano, conferindo-lhe a oportunidade de experiências subjetivas relacionadas à cognição, reflexão, espiritualidade, recreação e experiência estética (Ferraz et al., 2019). Os serviços culturais são vistos como as características dos elementos da natureza que proporcionam oportunidades para as pessoas obterem bens ou benefícios culturais, por exemplo características de sistemas vivos que proporcionam valores estéticos, recreação e ecoturismo. Na versão 5.1 da CICES, os serviços culturais são agrupados naquelas oportunidades que se concretizam a partir do contato direto com a natureza ou de um tipo de interação mais remota (Haines-Young; Potschin, 2018). São alguns exemplos: Baleias, pássaros, focas e répteis podem ser apreciados por observadores da vida selvagem

Os serviços de suporte são caracterizados como condições ecológicas, estruturais e funcionais que dão suporte para que outras funções e serviços ecossistêmicos sejam viabilizados. São alguns exemplos de SE de suporte: produção de oxigênio atmosférico, ciclagem de nutrientes e processos de formação de solos. Desta forma, estes SE podem se sobrepor à outras categorias de serviços, contudo diferenciam-se na medida em que seus impactos são indiretos ou ocorrem ao longo do tempo (Ferraz et al., 2019).

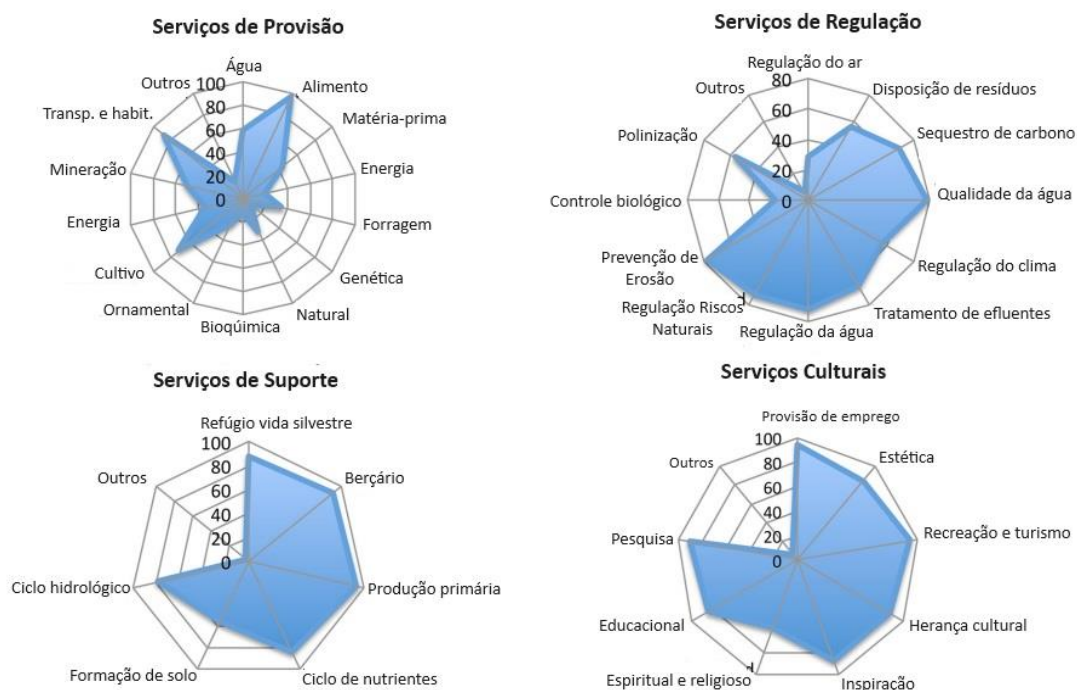
As lagoas costeiras fornecem um amplo espectro de serviços ecossistêmicos, bens e benefícios sociais para o bem-estar humano (Newton et al., 2018). Estes

ecossistemas aquáticos abrigam uma parte importante da biodiversidade global, oferecendo um conjunto de tipos de habitat para muitas espécies, ao mesmo tempo que funcionam como refúgios, áreas de berçário e locais de alimentação para peixes marinhos oportunistas e vida selvagem em geral (Pérez-Ruzafa et al., 2019). Assim, muitos dos SE estão relacionados com a biodiversidade das lagoas costeiras (Rodrigues-Filho et al., 2023).

Além dos benefícios e usos mais reconhecidos, como o turismo, a pesca, recreação e esportes náuticos, as lagoas costeiras também fornecem SE menos visíveis (Pérez-Ruzafa et al., 2019). Estes incluem, por exemplo, serviços relacionados ao controle de inundação, recarga de águas subterrâneas, prevenção contra intrusão salina, estabilização de linha costeira e regulação de erosão, proteção contra eventos extremos, ciclagem de nutrientes, regulação da qualidade da água, depuração e diluição de efluentes, (Newton et al., 2018; Pérez-Ruzafa et al., 2019). Além disso, a relação histórica entre os seres humanos e estes ecossistemas produz patrimônios culturais e naturais às comunidades que vivem no entorno das lagoas costeiras (Moure, 2024; Silva; Freitas, 2025).

Desta forma, as lagoas costeiras são responsáveis pela oferta de serviços de provisão, suporte, regulação e culturais ao longo de toda a zona costeira no mundo (Newton et al., 2018; Pérez-Ruzafa et al., 2019). Na Figura 2 por exemplo, são apresentados alguns dos principais SE prestados por lagoas costeiras, a partir de um levantamento realizado sob consulta à cientistas de diferentes continentes, os quais desenvolvem estudos em 32 lagoas em diferentes países (Newton et al., 2018).

Figura 2: Porcentagem de lagoas costeiras reconhecidas como prestadoras de cada tipo de Serviço Ecossistêmico (SE). 100% corresponde a 32, ou seja, o número total de lagoas participantes do estudo em questão. N = 32.



Fonte: Adaptado de Newton et al. (2018).

As informações sobre os SE são, desta forma, essenciais para o gerenciamento costeiro. Os processos de gerenciamento costeiro nas últimas décadas vêm evoluindo, apresentando diferentes métodos de gestão, sendo que uma nova fronteira se encontra na Gestão com Base Ecossistêmica (GBE) (Asmus et al., 2018). O conceito de GBE foi desenvolvido para melhorar a eficácia da gestão de recursos através da aplicação de uma abordagem holística que considera a complexidade e a integração do ecossistema (Slocumbe, 1993). Desta forma a GBE traz conhecimentos que destacam a importância dos serviços ecossistêmicos como conceito-chave para o suporte do meio ambiente, da integridade social e econômica, bem como do bem-estar humano (Scherer; Asmus, 2016). Esta abordagem tem se mostrado eficiente aplicada ao planejamento e gestão de ambientes, processos e recursos da zona costeira (Altman et al., 2011; Asmus et al., 2018; Barragán Muñoz, 2014; Lima et al., 2018; West et al., 2021) com o objetivo de maximizar e sustentar a produção de serviços ecossistêmicos, mudando o foco da gestão de ganhos econômicos de curto

prazo ou da mera proteção ambiental para assegurar a capacidade de longo prazo de um ecossistema de gerar um amplo conjunto de serviços importantes para o bem-estar humano (Kelble et al., 2013).

Por fim, alguns instrumentos podem colaborar para a gestão da zona costeira e, conseqüentemente, das lagoas costeiras no Brasil. O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), estabelecido pela Lei nº 7.661/1988 e regulamentado pelo Decreto nº 5.300/2004, considera os seguintes instrumentos de gestão: o Plano de Ação Federal para a Zona Costeira, os Planos Estaduais de Gerenciamento Costeiro e os Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro. Também fazem parte desse conjunto, o Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro, o Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira, o Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira e o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro, que orientam o planejamento, o monitoramento ambiental e o ordenamento territorial da zona costeira brasileira.

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A mudança do clima ou mudança climática pode ser definida como uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, por meio de testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, normalmente décadas ou mais (IPCC, 2023c). A mudança do clima pode ser decorrente de processos internos naturais ou de forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra (IPCC, 2023c).

O Sexto Relatório (AR6) do IPCC (IPCC, 2023c) confirma que o uso insustentável e desigual de energia e da terra, bem como mais de um século de queima de combustíveis fósseis, inequivocamente causaram o aquecimento global, com a temperatura da superfície global atingindo 1,1°C a mais que no período de 1850-1900 em 2011-2020. Isto vem resultando em impactos adversos generalizados e perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas. Os compromissos de contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) até 2030 mostram que a

temperatura aumentará em 1,5°C na primeira metade da década de 2030, e será muito difícil controlar o aumento da temperatura dentro de 2,0°C até o final do século XXI. Cada incremento no aquecimento global intensificará os riscos múltiplos e simultâneos em todas as regiões do mundo.

Desta forma, pode-se dizer que ocorreram mudanças generalizadas e rápidas na atmosfera, oceano, criosfera e biosfera. A mudança do clima causada pelo homem já está afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões do mundo. Estes extremos climáticos podem ser definidos como a ocorrência de um valor de uma variável meteorológica ou climática acima (ou abaixo) de um valor limite próximo às extremidades superior (ou inferior) do intervalo de valores observados da variável. De forma simplificada, tanto os eventos meteorológicos extremos quanto os eventos climáticos extremos são chamados coletivamente de "extremos climáticos" (IPCC, 2023c). Isto vem resultando em impactos adversos generalizados, e perdas e danos relacionados, à natureza e às pessoas. Comunidades vulneráveis que menos contribuíram historicamente para a mudança atual do clima são afetadas de forma desproporcional. A vulnerabilidade está associada à propensão ou predisposição de um determinado grupo de indivíduos para serem afetados negativamente e abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade adaptativa. Segundo dados também do AR6, aproximadamente 3,3 a 3,6 bilhões de pessoas vivem em contextos altamente vulneráveis à mudança do clima. A vulnerabilidade humana e dos ecossistemas são interdependentes. Regiões e pessoas com consideráveis restrições ao desenvolvimento têm alta vulnerabilidade às ameaças climáticas. As ameaças climáticas, por sua vez, podem ser compreendidas como o potencial de ocorrência de eventos ou tendências físicas relacionadas ao clima, que possam causar impactos negativos sobre pessoas, ecossistemas ou ativos (IPCC, 2023c).

Outro conceito importante no âmbito das mudanças climáticas é o de “risco”, definido pelo IPCC como o potencial de consequências adversas para sistemas humanos ou ecológicos, resultantes da interação entre ameaças climáticas, exposição e vulnerabilidade, considerando ainda a incerteza sobre sua magnitude e probabilidade. A exposição, por sua vez, está relacionada à presença de pessoas, espécies ou ecossistemas, funções, serviços e ativos ambientais, infraestrutura ou ativos econômicos, sociais ou culturais em locais e ambientes que podem ser afetados

negativamente (IPCC, 2023c). No contexto das mudanças climáticas, os riscos podem decorrer tanto dos impactos do clima quanto das respostas humanas a esses impactos, incluindo falhas em políticas, efeitos colaterais ou conflitos com outros objetivos sociais, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (IPCC, 2023c).

De modo a explorar emissões futuras, mudança do clima, impactos e riscos relacionados, e possíveis estratégias de adaptação, também são gerados cenários e trajetórias baseados em uma série de premissas, incluindo variáveis socioeconômicas e opções de mitigação (IPCC, 2023c). No AR6 foi avaliado a resposta climática a cinco cenários ilustrativos baseados em Trajetórias Socioeconômicas Compartilhadas (SSPs) que abrangem a gama de possíveis desenvolvimentos futuros de fatores antropogênicos da mudança do clima, encontrados na literatura. Cenários de emissões de gases de efeito estufa (GEE) altas e muito altas (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) têm emissões de CO₂ que aproximadamente dobram em relação aos níveis atuais até 2100 e 2050, respectivamente. O cenário de emissões de GEE intermediárias (SSP2-4.5) tem emissões de CO₂ que permanecem em torno dos níveis atuais até meados do século. Os cenários de emissões muito baixas e baixas de GEE (SSP1-1.9 e SSP1-2.6) têm emissões líquidas de CO₂ diminuindo para zero por volta de 2050 e 2070, respectivamente, seguidos por níveis variáveis de emissões líquidas negativas de CO₂ (IPCC, 2023c).

Para cada um destes cenários, o mesmo documento apresenta projeções dos valores de temperatura, elevação do nível do mar, aumento da frequência de eventos extremos, períodos de secas, ondas de calor, dentre outros fatores (IPCC, 2023c). Estas projeções são avaliadas globalmente, mas também regionalmente, tendo em vista que tendem a apresentar valores diferentes de acordo com a posição no globo terrestre. Para o Sul do Brasil, por exemplo, a estimativa é de um aumento significativo na frequência e intensidade de chuvas extremas, apresentando também eventos mistos: chuvas mais concentradas e curtas e períodos mais longos de estiagem no verão, enquanto que para outras regiões pode haver diminuição da precipitação e períodos de seca prolongados.

Todas estas alterações nos padrões do clima, trazem impactos e riscos relacionados, que podem se apresentar em curto, médio e longo prazo (IPCC, 2023b).

Na zona costeira, isso é especialmente verdade, considerando a exposição, a diversidade de ecossistemas e densa ocupação humana (Nicolodi; De Camargo, 2022). Local e regionalmente, as mudanças climáticas representam risco à biodiversidade, ao funcionamento dos ecossistemas costeiros e aos benefícios que estes nos fornecem, ampliando os impactos de outros fatores, como degradação de habitat, poluição, sobre-exploração, eutrofização e introdução de espécies invasoras (IPCC, 2023a).

Em relação às lagoas costeiras, estudos apontam que diferentes aspectos das mudanças climáticas, incluindo o aumento da temperatura, a elevação do nível do mar, eventos extremos e as alterações nos padrões de precipitação, ameaçam os serviços ecossistêmicos prestados por estes ecossistemas (Anthony et al., 2009; Brito et al., 2012; IPCC, 2023b; Newton et al., 2018; Rodrigues-Filho et al., 2023).

Mudanças na temperatura do ar influenciam diretamente a temperatura da água em corpos d'água rasos e de movimento lento, como as lagoas costeiras (Pérez-Ruzafa et al., 2019). A temperatura da água, por sua vez, influencia as concentrações de oxigênio dissolvido, a fisiologia dos organismos lagunares e a procura de oxigênio, a distribuição das espécies e os padrões de migração, bem como o tempo dos processos lagunares (Anthony et al., 2009). Além disso, as barreiras que isolam as lagoas provavelmente serão modificadas, muitas vezes rompendo-se ou desaparecendo, embora seja concebível que os sedimentos redistribuídos possam formar novas barreiras ou possivelmente novas lagoas (Angus, 2017). De acordo com Brito et al. (2012), alterações climáticas, especialmente a subida do nível do mar e o aquecimento global, são suscetíveis de afetar as lagoas costeiras pouco profundas e de aumentar a sua vulnerabilidade à eutrofização.

Rodrigues-Filho et al. (2023), em estudo relacionando a biodiversidade que habita lagoas costeiras com as funções das espécies que fomentam processos e serviços associados a esse ecossistema, destacam que os efeitos das mudanças climáticas impactarão extensivamente o funcionamento, a sobrevivência e a distribuição espacial da fauna aquática (e dependente da água) em lagoas costeiras, acelerando a perda de espécies uma ameaça primária e preocupante à provisão de serviços ecossistêmicos.

Newton et. al (2018), em estudo realizado em 32 lagoas costeiras, apresenta uma estimativa da porcentagem de SE que pode ser afetada pelas mudanças climáticas nas lagoas analisadas (Figura 3). Serviços de provisão foram identificados como os de maior risco, indicados por pelo menos 50% das lagoas. Os serviços culturais foram identificados como os de menor risco ($\leq 30\%$).

Figura 3: porcentagem de SE que pode ser afetada pelas mudanças climáticas em lagoas costeiras.



Fonte: Adaptado de Newton et. al (2018).

Por outro lado, as lagoas costeiras são importantes ecossistemas nos cenários projetados de mudanças climáticas e podem proteger as comunidades que vivem na zona costeira, uma vez que podem ofertar SE relacionados com o sequestro de carbono, regulação de eventos extremos, proteção contra inundações costeiras, regulação do clima, entre outros (Brito et al., 2012; Chapman, 2012b; Inácio; Barboza; Villoslada, 2023; Rodrigues-Filho et al., 2023).

Desta forma, pode-se dizer que as consequências das mudanças climáticas, bem como a capacidade adaptativa dos ecossistemas, são tópicos de grande relevância para o futuro das lagoas costeiras. Além disso, a conservação dos sistemas lagunares podem ser importantes ferramentas para mitigar os efeitos destas mudanças, principalmente para comunidades mais vulneráveis (Chapman, 2012a; Inácio; Barboza; Villoslada, 2023; IPCC, 2023b). Por fim, destaca-se que as lagoas têm um valor excepcional no contexto dos estudos sobre alterações climáticas como sistemas de vigilância, e a importância de partilhar informação e comparar diferentes sistemas para compreender as relações de causa-efeito e, consequentemente, elaborar modelos conceituais que antecipem seus efeitos (Pérez-Ruzafa et al., 2019).

2.4 LAGOA DE IBIRAQUERA

A Lagoa de Ibiraquera é uma laguna costeira subtropical de águas salobras que se localiza no litoral da região centro-sul do estado de Santa Catarina, em sua maior parte, no município de Imbituba e, uma pequena parte, no município de Garopaba. A Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (BHLI) está dentro da Bacia Hidrográfica do Atlântico Sul e possui cerca de 35,38 km². A Figura 1 apresenta a localização da laguna nos municípios de Imbituba e Garopaba.

A Lagoa de Ibiraquera é uma laguna de formação costeira, com tamanho variável em função da abertura e do fechamento da barra, mas que possui em média 868 ha de espelho d'água. Ela é subdividida em quatro outras lagoas (Figura 5) que são interligadas: Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa do Saco e Lagoa de Baixo (que por sua vez está ligada com o Oceano Atlântico por meio de um estreito canal intermitente). A Lagoa de Ibiraquera possui substrato arenoso em sua maior parte e é rasa (20 cm a 2,0 metros). Canais por onde ocorre a migração de peixes e camarões atravessam a lagoa, com alguns pontos atingindo cerca de 4 m de profundidade. A entrada de água doce ocorre principalmente por meio de nascentes e pequenos rios que a alimentam a lagoa em diversos pontos. Não há rios de grande porte na região (Seixas, 2002).

O nível da lagoa sobe de acordo com a estação e condições hidrometeorológicas. Na maior parte do ano, uma barreira de areia separa a lagoa e o Oceano Atlântico. Se não há intervenção, quando a lagoa está muito cheia e a pressão de água é suficiente, a barreira é rompida naturalmente, forma-se um canal até o mar e o nível da lagoa abaixa. No entanto, a abertura também ocorre de forma mecânica, a partir de determinados critérios ambientais (ICMBio, 2023). O canal, ou a barra como é comumente chamada, acaba se fechando naturalmente pela deposição de areia pelas correntes oceânicas e marés, o que, por sua vez, permite que o nível da água da lagoa volte a subir. O fluxo de água entre oceano e lagoa também contribui para a manutenção do estoque pesqueiro. Os peixes e outros animais que compõem a fauna da lagoa são majoritariamente oriundos do oceano. Espécies de peixes de água doce também são encontradas em algumas áreas do sistema lagunar, especialmente na Lagoa de Cima (Seixas, 2002). Nas margens e sobrevoando a lagoa

também compõem a fauna deste sistema, diferentes espécies de aves (Piacentini; Campbell-Thompson, 2006).

A região do entorno da Lagoa de Ibiraquera contempla uma diversidade de sistemas ambientais, visto que, além do corpo lagunar, há também ambientes de floresta ombrófila densa, restinga, praias, dunas, vegetação aquática submersa, além das áreas de agricultura e áreas urbanizadas (De Freitas; Beltrame, 2012). No entanto, as zonas mais próximas do corpo lagunar são ocupadas majoritariamente por área urbana.

A região é regida sob o clima subtropical úmido (cfa), e tem temperaturas médias/ano entre 19 e 20 °C, com médias mínimas anuais de 8°C durante o inverno e médias máximas anuais de 27 °C durante o verão (Wrege et al., 2012). Os dias mais quentes alcançam valores de até 31 °C, podendo chegar a valores superiores em dias extremos. Já no inverno, nos dias mais frios a temperatura se aproxima de 5 °C e pode chegar a valores menores em eventos extremos durante este período. A precipitação média anual em Imbituba e Garopaba é de, aproximadamente, 1.400 mm/ano (Wrege et al., 2012). A precipitação na região é bem distribuída ao longo do ano, mas tem sua maior parcela observada no verão, representando 30% do total anual. O mês de janeiro concentra os maiores acumulados, com médias por volta de 170 mm, enquanto os menores índices pluviométricos ocorrem nas estações mais frias, entre o outono e o inverno, especialmente entre os meses de abril, junho e julho, que ainda assim acumulam valores de precipitação próximos de 80 mm, não caracterizando uma estação seca. A umidade relativa se mantém elevada ao longo de todo ano, com valores acima de 70%. Em relação aos ventos, há uma predominância de ventos nas direções NE e NNE, e SW (Oliveira; Quadro, 2024).

A Lagoa de Ibiraquera possui diversos usos e atores sociais relacionados. A pesca artesanal, principalmente do camarão (*Farfantepenaeus paulensis* e *F. brasiliensis*) e da tainha (*Mugil Platanus*, *Mugil spp.*) é uma atividade importante localmente e constitui sustento para famílias tradicionais e locais (De Freitas et al., 2022). A pesca recreativa também constitui uma atividade bastante realizada, principalmente devido à redução da oferta de pescados na lagoa nos últimos anos, dificultando a atividade da pesca como subsistência. A construção civil e o turismo, principalmente de veraneio, e suas atividades relacionadas, restaurantes, pousadas,

imobiliárias, atividades de esporte e recreação, entre outras, também representam usos significativos da Lagoa, de forma direta e indireta. Ademais, estes usos têm se intensificado nos últimos anos, tendo em vista que o número de moradores fixos tem aumentado exponencialmente.

Neste sentido, os usos da lagoa aumentaram e, em muitos casos, ampliaram-se também a situação de conflitos entre os usuários. Um exemplo é o conflito entre pescadores, turistas e praticantes de esportes náuticos, tendo em vista que em determinadas condições as atividades realizadas por estes grupos acontecem simultaneamente no mesmo local (De Freitas et al., 2022; Seixas; Berkes, 2004).

Conflitos também acontecem historicamente em relação à abertura da barra, na região da Lagoa que está localizada dentro do território da Área de Preservação Ambiental da Baleia Franca (APABF). A presença da APABF permitiu que fosse criada uma estrutura de governança na região para realização das aberturas da barra. A partir da criação de um grupo de trabalho entre APABF e Prefeitura Municipal de Imbituba e de um Comitê Gestor de Abertura da Barra com representantes de diferentes setores, como moradores, setor de esporte e pescadores, foram definidos critérios básicos para abertura, relacionados com o volume e nível de água da lagoa, presença de cardumes de peixes e larvas de camarão na região de influência da lagoa, condições de maré e vento, entre outros fatores (De Freitas et al., 2022; ICMBio, 2023).

Por fim, outros conflitos também ocorrem devido à ampliação das áreas urbanizadas na Bacia da Lagoa de Ibiraquera, sem acompanhamento adequado da fiscalização de obras das Prefeituras de Imbituba e Garopaba e, muitas vezes, com fechamento dos acessos à lagoa por áreas privadas e instalação de trapiches que adentram a lâmina d'água e interferem na prática da pesca (Seixas; Berkes, 2004). Como resultado, tem-se a densificação da ocupação no entorno da Lagoa. As consequências são inúmeras: a poluição das águas devido ao uso de técnicas inadequadas de esgotamento sanitário; supressão de vegetação nativa em diferentes estágios de sucessão nas margens da lagoa, riachos e banhados; perda de funções ecológicas de diferentes ambientes; diminuição da qualidade da água e qualidade e quantidade de pescado (De Freitas et al., 2022; Sobral, 2020).

Em relação às ferramentas de proteção legal da Lagoa de Ibiraquera, têm-se a restrição do uso de barcos a motor na lagoa (Lei Ordinária nº 1501/1995), a Lei Federal nº 13.240/15. Em relação à vegetação da margem da lagoa, bem como das marismas que ficam no meio da lagoa, pode-se citar as seguintes legislações que, de alguma forma, garantem a sua proteção: Lei nº 12.651/12; Resolução CONAMA nº 303/02; Lei nº 9.433/97; Lei nº 11.428/06; Lei nº 9.605/98; e Lei nº 14.675/09 (De Freitas et al., 2022). Além disso, como mencionado anteriormente, existe a Unidade de Conservação, APA da Baleia Franca, que abrange apenas uma pequena porção da lagoa, na região onde há a barra que conecta a lagoa com o mar.

3 METODOLOGIA

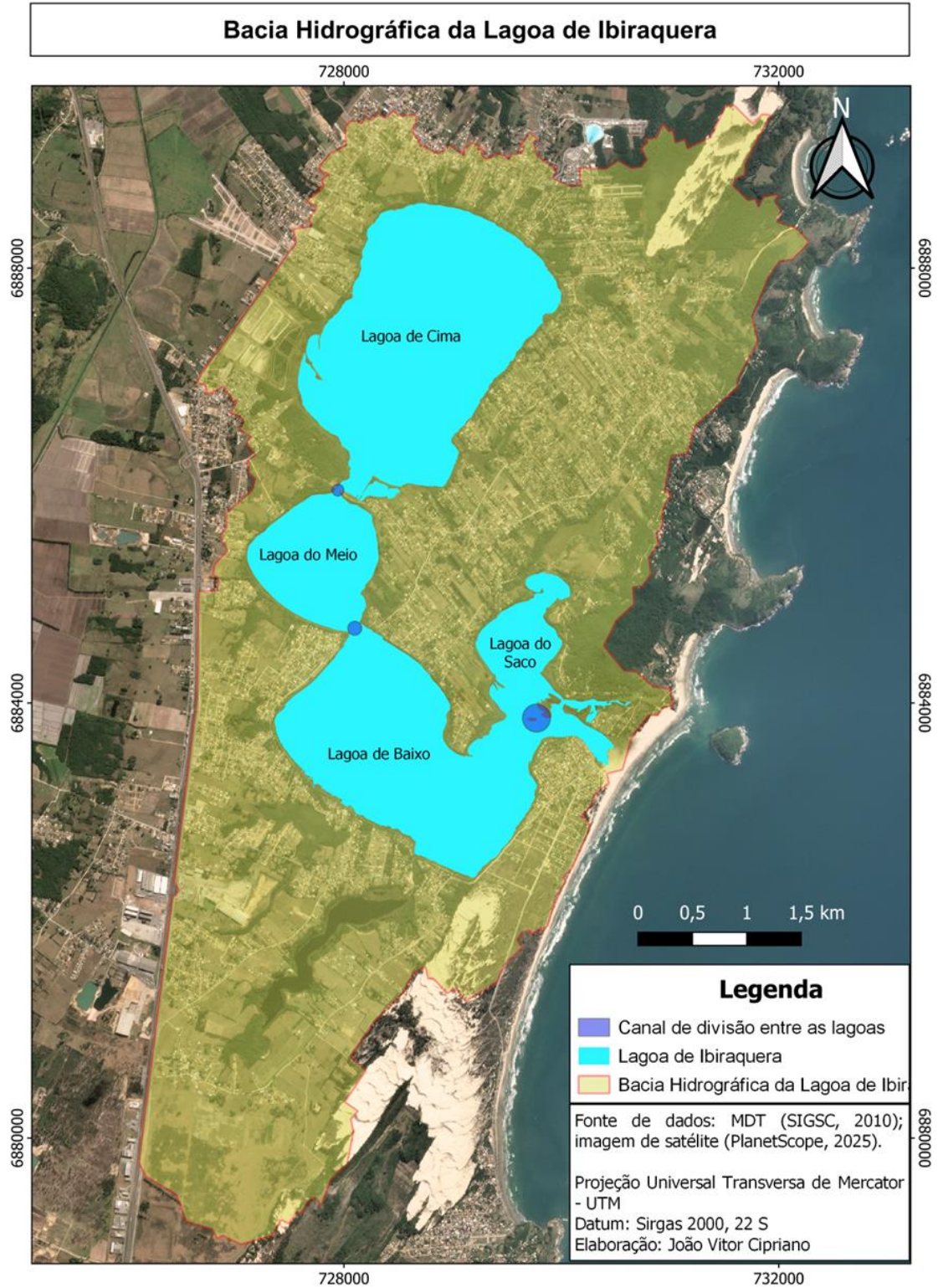
3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área delimitada para o presente estudo foi a Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (BHLI) (Figura 4), cuja delimitação foi realizada com base no Modelo Digital de Terreno (MDT) no software QGIS e confirmação com base em imagens de satélite. A bacia hidrográfica é a unidade de gestão dos recursos hídricos e fornece uma unidade natural de referência que delimita a área de influência direta sobre a lagoa, incluindo seus tributários e zonas de recarga (ANA, 2006). Desta forma, o uso da bacia hidrográfica como unidade de gestão oferece um enquadramento funcional, espacial e político, facilitando o mapeamento dos atores sociais que beneficiam-se das contribuições da Lagoa de Ibiraquera, pressões antrópicas e modelagem de impactos futuros nos cenários de mudanças climáticas (Tucci, 2002). Além disso, permite o mapeamento dos ecossistemas que estão diretamente relacionados com a ecologia da lagoa e seus SE.

Estão inseridas na BHLI 6 bairros do município de Imbituba: Alto Arroio, Arroio do Rosa, Arroio, Barra de Ibiraquera, Ibiraquera, Araçatuba e Campo D'una, e 3 bairros do município de Garopaba: Campo D'una, Grama e Limpa (Figura 5).

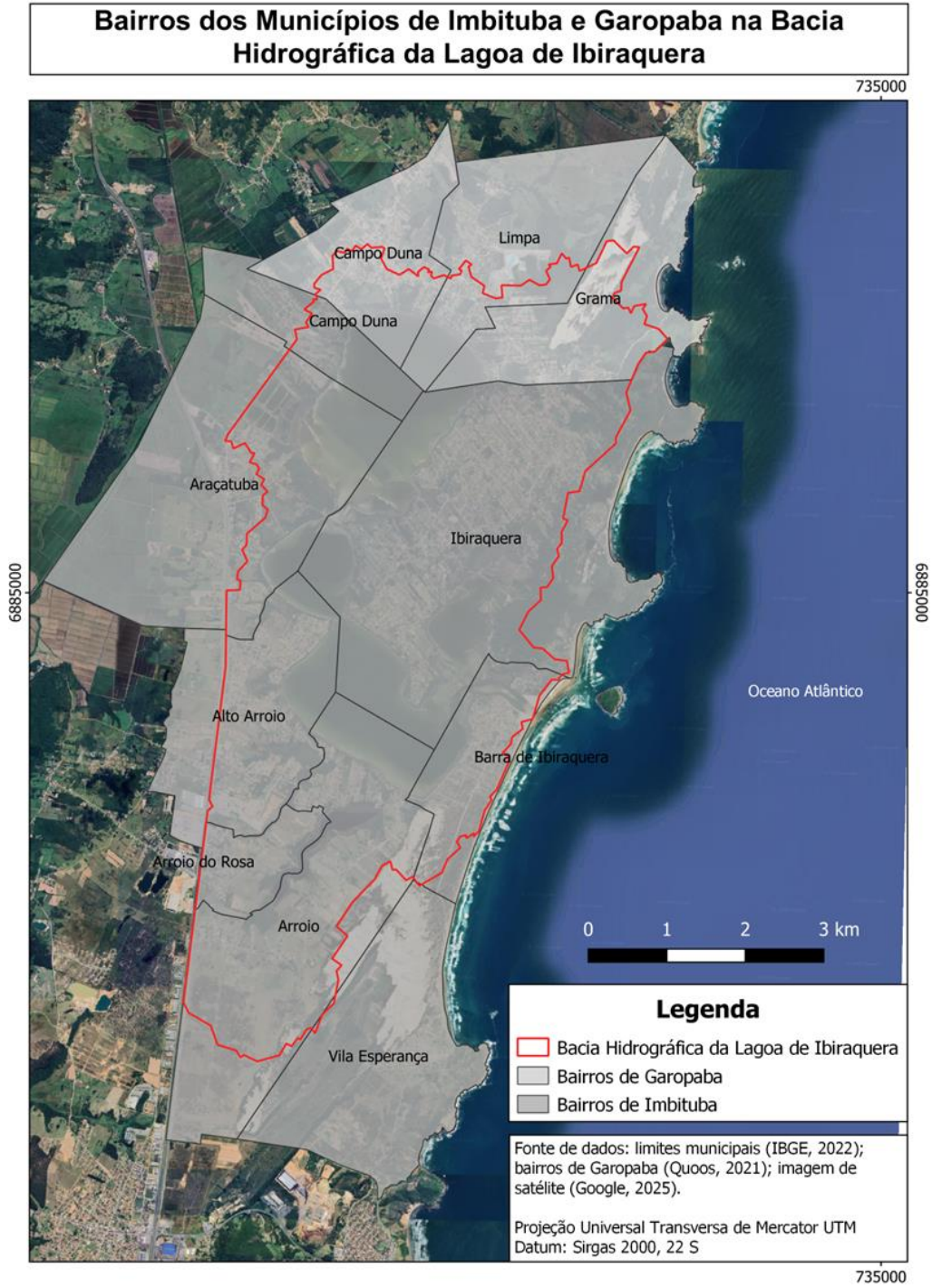
O enfoque da análise e discussão dos SE será o corpo lagunar da Lagoa de Ibiraquera, que pode ser dividido em 4 setores (Figura 4): Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa de Baixo e Lagoa do Saco. Esta segmentação foi realizada de acordo com a morfologia da Lagoa e os respectivos nomes são os comumente utilizados pela comunidade. Além disso, tal divisão possibilita a realização de uma análise individualizada de cada uma dessas “lagoas”, visto que além das diferenças geomorfológicas, possuem diferentes ecossistemas associados e algumas características de uso e ocupação específicas.

Figura 4: Delimitação da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera e subdivisão em 4 setores: Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa de Baixo e Lagoa do Saco.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 5: Comunidades na região da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.

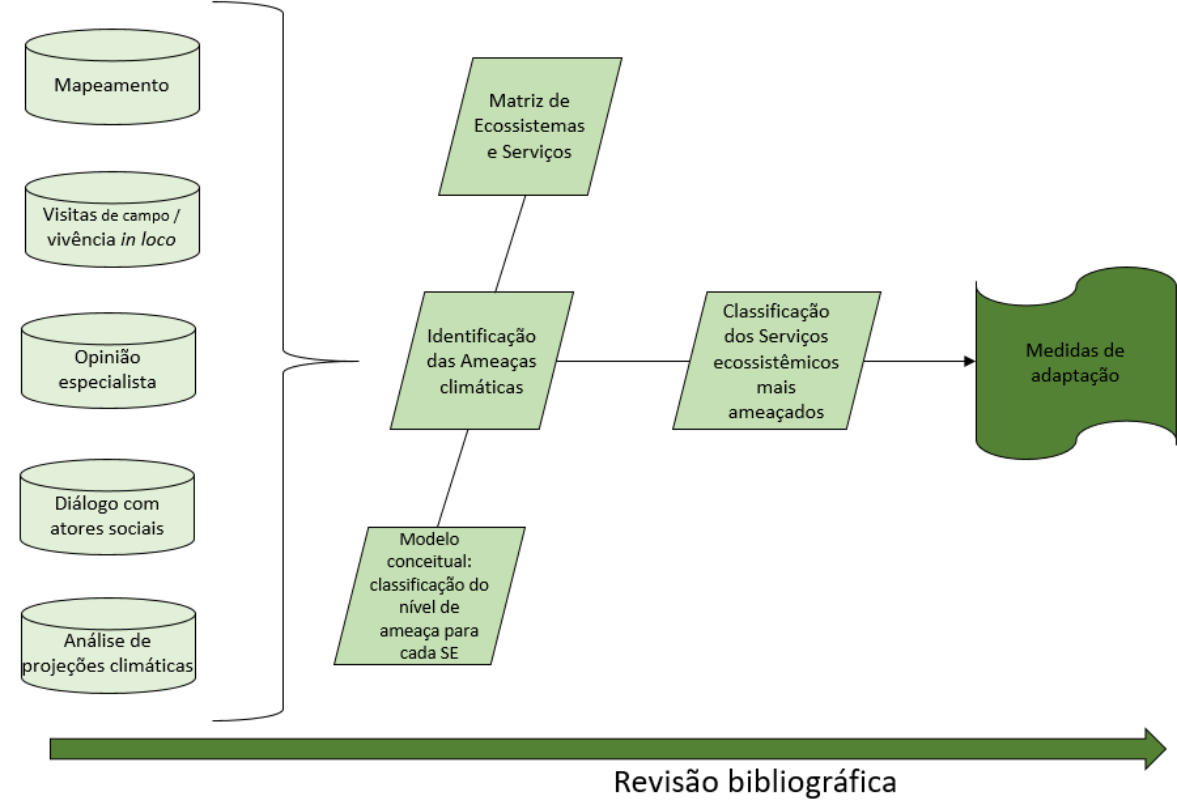


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo metodológico adotado (resumido no esquema da Figura 6) para atender os objetivos definidos nesta pesquisa foi realizado a partir das etapas apresentadas nos tópicos seguintes.

Figura 6: esquema com um resumo dos processos metodológicos realizados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Da mesma forma, a Tabela 1 relaciona os objetivos específicos, metodologia aplicada para cada objetivo e os resultados obtidos, da maneira como está estruturado este documento.

Tabela 1: Relação entre objetivos específicos, metodologia e resultados na estrutura do documento.

Objetivo específico	Item da metodologia	Item dos resultados
a)	3.2.1	4.1
b)	3.2.2	4.2
c)	3.2.3	4.3
d)	3.2.4	4.4 e 4.5
e)	3.2.5	4.6

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.2.1 Mapeamento dos ecossistemas da BHLI

Nesta etapa foi realizada a análise de imagens de satélite e imagens aéreas para o reconhecimento e mapeamento dos ecossistemas presentes na BHLI, com foco no corpo lagunar. Para o mapeamento foi considerado o conceito de ecossistema para “sistemas ambientais”, com níveis amplamente diferenciados de antropização: “são sistemas com típicos componentes ecológicos (ou naturais), econômicos e sociais” (Scherer; Asmus, 2016). Optou-se pela adoção deste conceito devido à presença de sistemas ambientais antropizados em boa parte da área da BHLI, inclusive na margem da Lagoa em determinados pontos. Desta forma foram considerados ecossistemas naturais aqueles onde há a predominância de processos ecológicos naturais, e antropizados aqueles em que predominam usos antrópicos e há alteração estrutural.

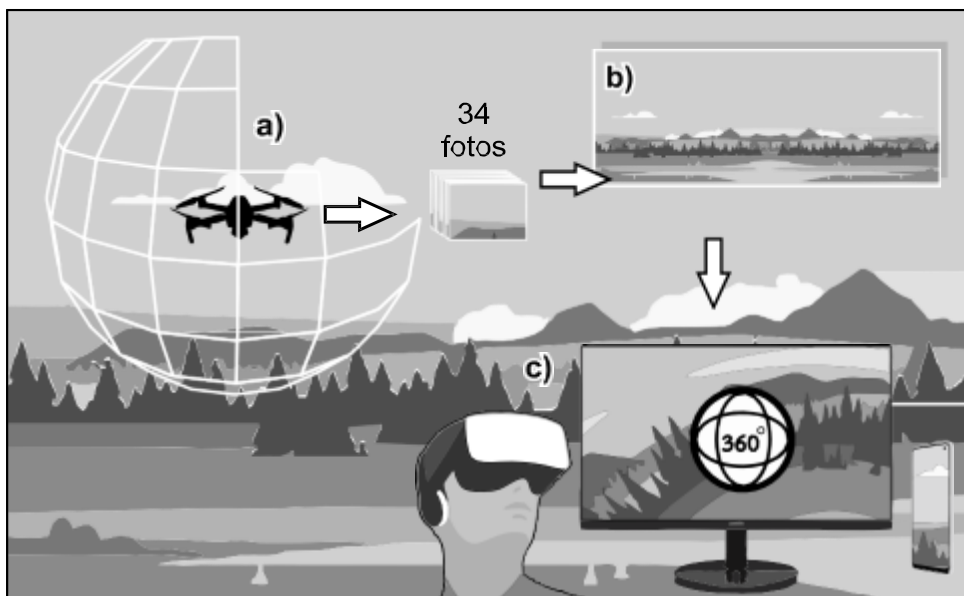
A elaboração dos mapas foi realizada em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas), no software de geoprocessamento QGIS, onde realizou-se a classificação dos ecossistemas por meio do método de classificação supervisionada a partir das imagens de satélite obtidas através da constelação de satélites Planet Scope, do site Planet Explorer com resolução de imagem de 3,0 m por pixel. As imagens utilizadas são do dia 2 de abril de 2024, período onde a lagoa estava em conexão com o mar.

Além disso, foram realizadas mais de 10 visitas à campo, entre 2023 e 2025 para reconhecimento e validação dos ambientes identificados no geoprocessamento, onde foram contemplados todos os sistemas ambientais presentes na BHLI. A vivência *in loco* do autor, morador da região, também colaboraram para o mapeamento através de observações diárias de alguns destes ecossistemas e das dinâmicas entre eles.

Foram realizadas também algumas visitas acompanhadas de veículo aéreo não tripulado (VANT), comumente chamado de drone, do modelo Dji Mavic 3 Classic, equipado com câmera, para o mapeamento do corpo lagunar especificamente. Além disso, foram utilizadas outras imagens de drone da região já disponíveis (Quoos, 2021).

As fotografias de drone também foram utilizadas para produção de imagens aéreas em 360° (fotografia esférica), que além de proporcionarem uma visão ampla dos diferentes pontos mapeados, também podem ser postadas na plataforma *Google Street View*, de acesso livre e gratuito, de forma que podem ser acessadas pela comunidade, turistas e demais interessados para a observação do território. O processo de produção de fotografias de drone em 360° é apresentado na Figura 7 (Lemmi; Quoos, 2024).

Figura 7: Ilustração do processo de produção de uma fotografia 360°: (a) posição de capturas das fotos pelo drone; (b) composição em uma projeção equirretangular; (c) exemplos de exibição - realidade virtual, computador e smartphones.



Fonte: Lemmi e Quoos (2024).

Vale ressaltar também, que toda análise e definição dos ecossistemas foram pautadas nas referências bibliográficas disponíveis sobre ecossistemas costeiros, principalmente associados às lagoas costeiras e demais documentos e publicações relacionados à área de estudo.

3.2.2 Classificação dos SE da bacia da Lagoa de Ibiraquera

Para esta etapa foi realizada inicialmente a revisão bibliográfica de artigos científicos, estudos e documentos sobre os SE gerados nos ecossistemas costeiros, principalmente nos ecossistemas mapeados na etapa anterior, como: lagoas e lagunas costeiras, marismas, restinga, duna, fragmento florestal da mata atlântica e banhados. Além disso, para o ecossistema da laguna, foco deste estudo, também foi avaliada a questão das principais pressões e impactos sobre o ecossistema e seus respectivos SE. Desta forma, as bases utilizadas para pesquisa foram a Base de Periódicos CAPES, Plataforma *Scopus* e *Google Scholar*, utilizando termos (também em inglês e espanhol) como “serviços ecossistêmicos”, “serviços ambientais”, associados a “lagoas costeiras”, “lagunas costeiras”, “Lagoa de Ibiraquera”, “zona costeira”, “mata atlântica” e termos associados aos ecossistemas identificados previamente.

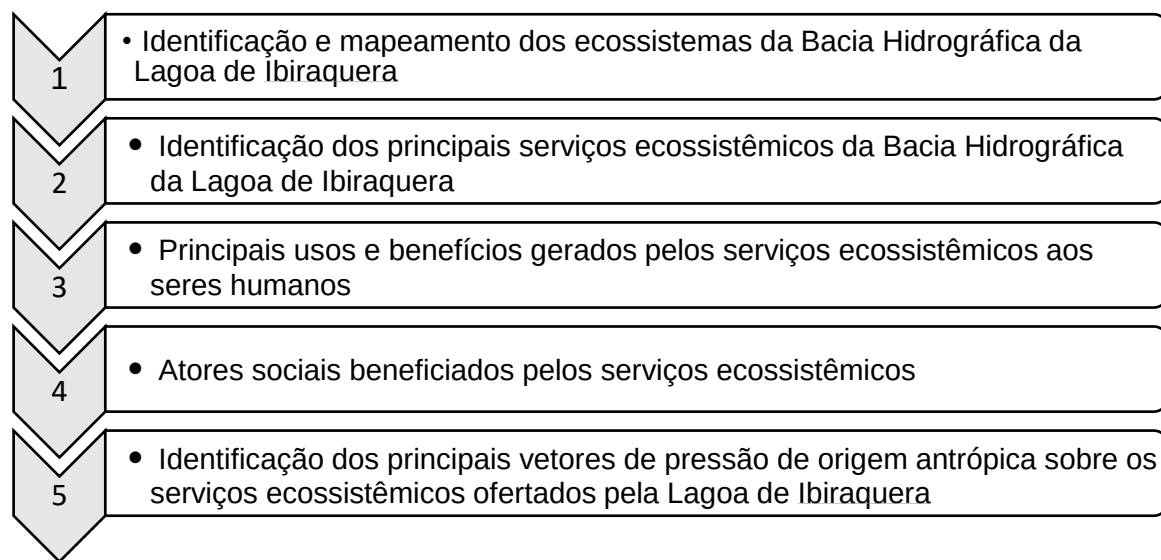
Para além dos levantamentos bibliográficos, durante as visitas realizados ao longo de 2023 e 2025 também buscou-se avaliar os possíveis SE gerados na BHLI, observando as atividades realizadas na região, as interações entre as pessoas e a lagoa e dialogando com diferentes atores sociais.

Os dados levantados e classificação dos SE foram organizados através da aplicação da Matriz de Ecossistemas e Serviços (MES), como ferramenta de suporte para aplicação da Gestão com Base Ecossistêmica (GBE) (Asmus et al., 2018; Scherer; Asmus, 2016).

Desta forma, por meio da abordagem ambiental sistêmica e seguindo o roteiro metodológico sugerido por Scherer e Asmus (2016) e Asmus et al. (2018), foram considerados os seguintes aspectos para aplicação da MES: identificação e mapeamento dos ecossistemas; principais serviços ecossistêmicos gerados pelos

ecossistemas considerados; principais usos e benefícios ecológicos e socioeconômicos gerados pelos serviços ecossistêmicos; atores sociais beneficiados pelos SE; e identificação dos principais vetores de pressão de origem antrópica sobre os serviços ecossistêmicos ofertados pela Lagoa de Ibiraquera (Figura 8).

Figura 8: Esquema do roteiro metodológico para aplicação da Matriz de Ecossistemas e Serviços.



Fonte: Adaptado de Asmus et al. (2018)

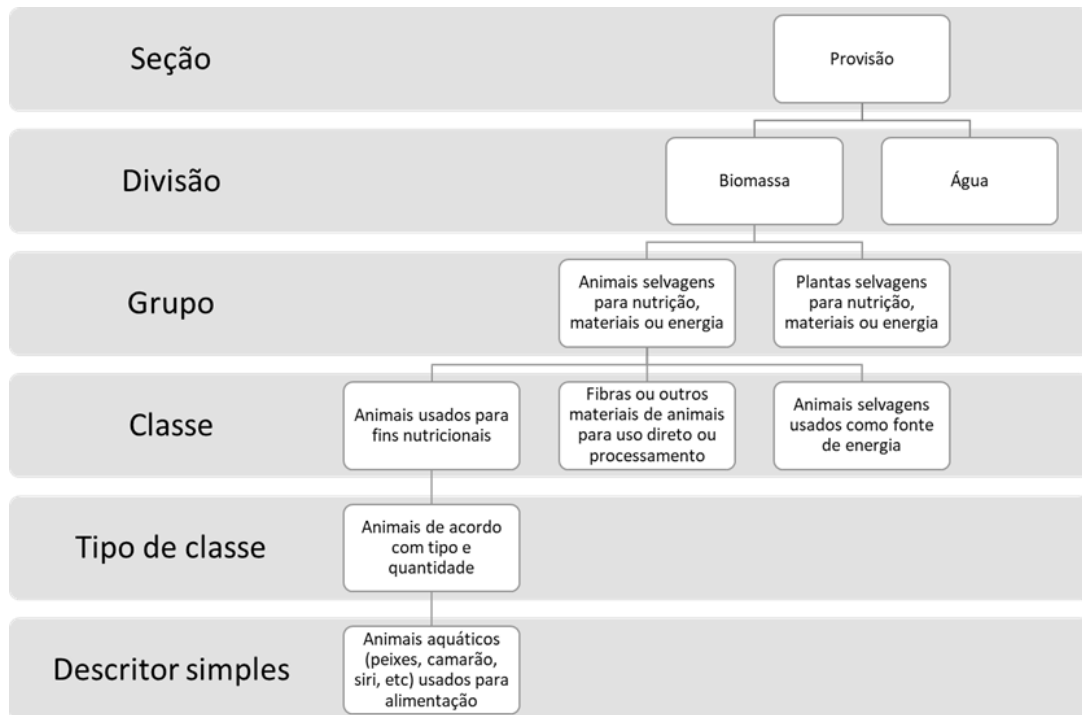
A MES foi adotada como uma ferramenta de síntese e integração das interações entre meio ambiente, sociedade e economia e permite a padronização da análise dos sistemas ambientais na zona costeira, permitindo comparações e a integração de diferentes informações ecológicas e sociais (Asmus et al., 2018; Scherer; Asmus, 2016). Além disso, possibilita a identificação das relações entre ecossistemas, serviços prestados e seus beneficiários, facilitando a tomada de decisão baseada em evidências (Scherer e Asmus, 2016).

A classificação dos tipos de SE da Lagoa de Ibiraquera e da BHLI foram realizadas com base na Classificação Única Internacional de Serviços Ecossistêmicos (CICES), a partir da Tabela versão 5.1, de 2018 (Haines-Young; Potschin, 2018).

A tabela CICES V5.1 apresenta 90 classes de SE que podem ser aplicados para diferentes ecossistemas, sendo divididos em três “seções”: provisão; regulação e manutenção; e cultural. Estas três seções são subdivididas em bióticos e abióticos. Além disso, a CICES V5.1 possui uma estrutura hierárquica com diferentes níveis:

seção, divisão, grupo, classe e tipo de classe (Figura 9). Esta estrutura hierárquica foi projetada para permitir que os usuários possam chegar ao nível de detalhe mais adequado para determinada aplicação e também para poder agrupar ou combinar resultados ao fazer comparações ou relatórios mais generalizados (Haines-Young; Potschin, 2018).

Figura 9: Estrutura hierárquica da CICES V5.1, exemplificando um serviço de provisão.



Fonte: Adaptado de Haines-Young e Potschin (2018).

No presente trabalho optou-se pela utilização do nível “grupo” de forma a tornar mais objetiva a avaliação e discussão dos SE gerados na BHLI e também permitir o agrupamento dos ecossistemas relacionados com cada SE, tendo em vista que diferentes ecossistemas podem prestar serviços de “classes” distintas, mas do mesmo “grupo” de SE. De toda forma, na MES são também apresentados os SE de acordo com o nível “classe”, a fim de detalhar melhor os SE gerados pelos ecossistemas e permitir um entendimento melhor dos leitores, embora não tenha sido utilizado na avaliação dos serviços.

Além disso, foi realizada a validação dos SE identificados através dos princípios da “opinião especialista”, definidos como procedimentos capazes de capturar o conhecimento de estudiosos em um determinado campo, representando esse

conhecimento em uma base de dados, transmitindo-os ao usuário ou pesquisador (Martins-Junior; Vasconcelos, 2008; Waterman, 1986). Desta forma, foi realizada uma reunião com o grupo de pesquisadores do Laboratório de Gerenciamento Costeiro Integrado (LAGECI) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no dia 15 de maio de 2025, conforme registro apresentado no Apêndice B, na qual foram discutidos os dados apresentados na MES e validadas as informações sobre os SE gerados na BHLI.

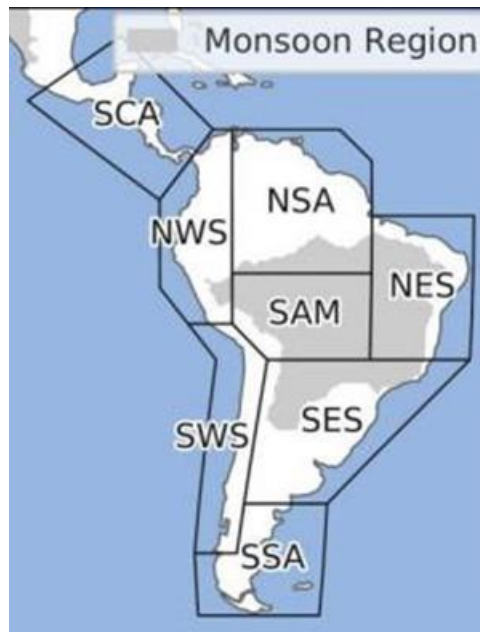
3.2.3 Ameaças climáticas

Afim de identificar as principais ameaças climáticas presentes na área de estudo foram consultados, além dos documentos do último relatório (AR6) do IPCC, estudos, relatórios e diagnósticos, que abordam as mudanças climáticas na zona costeira, bem como os riscos e impactos associados, com foco no bioma da mata atlântica, no qual está inserida a área de estudo, e mais especificamente nas lagoas costeiras, adicionalmente à revisão realizada nos capítulos 3.2.1 e 3.2.2 da metodologia.

A partir da definição das ameaças, foram então avaliadas as projeções futuras das mudanças climáticas e definidas as alterações mais prováveis para as ameaças definidas, como a elevação do nível médio do mar por exemplo, de acordo com o AR6 do IPCC (IPCC, 2023c). Desta forma, adotaram-se os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do AR6, com as previsões até o ano 2100, considerando o período 2081-2100, definido como longo prazo pelo IPCC, buscando obter os valores mais críticos das ameaças. O cenário SSP2-4.5 apresenta alteração moderada das variáveis climáticas e o cenário SSP5-8.5 alteração severa destes elementos (IPCC, 2023c). A adoção dos cenários deu-se tendo em vista que têm sido os cenários mais utilizados para projeções climáticas, baseado no argumento de que o SSP2-4.5 é o cenário mais provável tendo em vista as atuais políticas globais de redução de emissões, e o cenário SSP5-8.5 é o mais pessimista (Schwalm; Glendon; Duffy, 2020). Desta forma, para cada um destes cenários, foi definida a projeção para as ameaças para os anos de 2081-2100, em comparação aos dados mais recentes consolidados de 2011-2020, conforme o AR6 do IPCC.

Além disso, também buscou-se fazer uma análise regionalizada das projeções para a região de estudo, considerando a divisão de regiões realizada no AR6 para América do Sul e América Central (Figura 10), de forma que a área de estudo está inserida na região Sudeste da América do Sul – SES (do inglês *South-eastern South America*) (IPCC, 2023a, 2023b, 2023c).

Figura 10: mapa com a divisão da América do Sul e América Central em regiões de acordo com o AR6 do IPCC. A área de estudo está inserida na região SES.



Fonte: IPCC, (2023a).

3.2.4 Avaliação do nível de ameaça aos serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera.

Para esta etapa foi aplicado um modelo conceitual, através de uma adaptação do modelo de Asmus et al. (2019) e Lozoya et al. (2014). O modelo de Asmus et al. (2019) e Lozoya et al. (2014) estima o risco de perda de SE utilizados por diferentes grupos de atores sociais em função de (1) como o serviço ecossistêmico é afetado por uma ameaça (A_{ES}), (2) o valor do serviço definido pela percepção dos atores sociais (VAL_{STK}), e (3) a vulnerabilidade de cada grupo em relação a uma possível perda de serviço (VUL_{STK}). Todos estes fatores são normalizados e assumem valores entre 0 e 1.

No caso do presente trabalho, foi avaliada unicamente a variável definida no modelo como A_{ES} , que está associada ao nível de afetação à provisão de um serviço ecossistêmico devido à uma ameaça climática, ou de forma simplificada, do nível de ameaça ao serviço ecossistêmico. A esta variável, conforme sugerido por Asmus et al. (2019) são atribuídos valores entre 0 e 1 (0; 0,25; 0,5; 0,75; e 1,0) conforme a classificação apresentada na Tabela 2, onde 1 refere-se à uma ameaça que pode resultar na perda total ou de longo prazo do SE e 0 uma ameaça pouco relevante. Na definição dos níveis de classificação, as perdas de curto, médio e longo prazo, referem-se ao tempo de duração destas perdas a partir do período de projeção dos cenários (2081-2100). Outra forma de compreender estes valores, é através da versão deste modelo conceitual de Lozoya et. al (2014), que traz essa classificação a partir do nível de redução ou decréscimo da provisão do serviço ecossistêmico, onde 0 representa nenhum decréscimo e 1 representa o decréscimo total ou de longo prazo na provisão do SE.

Tabela 2: Classificação do nível de ameaça de acordo com as possíveis consequências no SE.

Nível de ameaça	Definição e possíveis consequências para os SE
0	Nenhuma ameaça
0,25	Ameaça real - pode causar pequenas perdas de curto prazo em relação ao SE
0,5	Ameaça real - pode causar perdas relevantes de curto e médio prazo em relação ao SE
0,75	Ameaça séria - pode causar perdas sérias de médio e longo prazo em relação ao SE
1	Ameaça muito séria- pode resultar na perda completa e/ou de longo prazo do SE

Fonte: Adaptado de Asmus et al. (2019).

A avaliação de A_{ES} foi aplicada unicamente para o ecossistema da Lagoa de Ibiraquera, considerando, desta forma, que as contribuições relativas para um serviço ecossistêmico são ofertadas também unicamente pela lagoa. Além disso, tendo em vista que para cada ameaça climática considerada haverá um valor de A_{ES} , estas ameaças foram ponderadas, através da média entre os valores de cada ameaça, a fim de obter um valor único de A_{ES} para cada serviço ecossistêmico. Neste caso, assumiu-se igual importância para todas as ameaças, ou seja, não foram adotados pesos diferentes para as ameaças ao calcular a média.

A partir das definições dos valores de A_{ES} para cada SE, apresentados também em uma nova coluna na MES (Apêndice A) para o ecossistema da Lagoa de Ibiraquera, foram então identificados os SE mais ameaçados, os principais atores sociais envolvidos.

Adicionalmente, foram mapeadas algumas das regiões mais expostas aos efeitos elevação do nível do mar no entorno da lagoa e propostas medidas de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas na área da BHLI para manutenção dos SE ofertados pela Lagoa de Ibiraquera.

3.2.5 Elaboração de um Produto Técnico e Tecnológico (PTT).

A partir da demanda de informações qualificadas sobre a temática deste estudo que possam ser facilmente acessadas pela comunidade local e instituições interessadas, foi elaborado como Produto Técnico e Tecnológico (PTT) um sítio eletrônico, de acesso livre e gratuito, com informações dos ecossistemas, serviços ecossistêmicos e mudanças climáticas na BHLI.

Este produto pode ser classificado como “Material Didático” conforme classificação da CAPES: “produto de apoio/suporte com fins didáticos na mediação de processos de ensino e aprendizagem em diferentes contextos educacionais” (CAPES, 2019).

No ambiente virtual são apresentadas, de forma sintetizada, alguns dos resultados produzidos ao longo da dissertação, para que possam ser utilizados pelos usuários através da plataforma criada, ou a partir da impressão de documentos, como mapas e um sumário executivo. O site tem a finalidade de promover a transferência de conhecimento, ampliar o acesso público aos dados e subsidiar processos de gestão ambiental da Lagoa de Ibiraquera.

Na plataforma utilizada para criação do site foram inseridos textos, imagens, tabelas e mapas, sistematizados através de um menu onde podem ser acessados os diferentes tópicos. Os mapas foram elaborados no QGIS e exportados para o formato web para visualização no site e em PDF para download e impressão. São também

disponibilizadas as imagens das paisagens da Lagoa de Ibiraquera em 360°, produzidas a partir de imagens de drone, conforme metodologia na etapa 3.2.1 deste documento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ECOSSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE IBIRAQUERA (BHLI)

O mapeamento realizado possibilitou a identificação de onze ecossistemas na BHLI (Figura 11), cuja área é de aproximadamente 3.548 ha. Os ecossistemas mapeados, juntamente com a respectiva porcentagem da área total da BHLI que representam, são apresentados na Tabela 3. Da Figura 12 a Figura 27 são apresentados registros fotográficos dos ecossistemas mapeados na BHLI, resultado das visitas de campo realizadas ao longo dos anos de 2024 e 2025. No seguinte link podem ser acessadas as imagens das paisagens da Lagoa de Ibiraquera em 360° geradas a partir das fotografias de drone, registradas também durante algumas visitas de campo, em diferentes localizações: <https://lagoadeibiraquera.ambiental.in/index.php/fotos-360> .

Tabela 3: Área dos ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.

Ecossistema	Área (ha)	Porcentagem da Área total da BH (%)
Lagoa de Ibiraquera	867,43	24,4
Agricultura e pastagens	854,53	24,1
Área urbana	533,3	15,0
Fragmento florestal	452,76	12,8
Banhado	316,84	8,9
Restinga	304,86	8,6
Dunas	98,57	2,8
Marismas	56,07	1,6
Carcinicultura	39,94	1,1
Lagoa doce	23,76	0,7
Rios	<i>Área não contabilizada</i>	
TOTAL	3548,06	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Lagoa de Ibiraquera é o ecossistema cuja área representa a maior parcela da área total da BHLI (24,4%). A partir das áreas apresentadas na Tabela 3, percebe-se que, embora os ecossistemas relacionados às áreas antropizadas representem

uma grande parcela da área da BHLI, os ecossistemas naturais são os mais representativos, com 59,8% da área da bacia.

No entanto, se desconsiderarmos a área ocupada pela Lagoa de Ibiraquera e fizermos uma análise sobre a BHLI sem este ecossistema, ou seja, as áreas ocupadas no entorno da lagoa, as áreas antropizadas (área urbana, agricultura e pastagens e carcinicultura) ocupam a maior parcela do território (53,3%). Isso demonstra que a BHLI é um território já bastante antropizado. De Freitas e Beltrame (2012) já demonstraram que a perda de ecossistemas naturais, avanço da urbanização e mudanças no uso e ocupação do solo na região já acontecem há décadas. A partir da análise do território, percebe-se que esta tendência continua na BHLI. O aumento da urbanização na BHLI gera problemas socioambientais que já são percebidos como o aumento do valor da terra, a perda de espaço para práticas tradicionais e a falta de áreas para restauração de ecossistemas, além dos diversos impactos associados à urbanização sem planejamento (De Freitas; Beltrame, 2012).

A falta de áreas preservadas mais extensas a partir das margens da lagoa também compromete a saúde ambiental do ecossistema. Uma das áreas mais preservadas próxima da lagoa é a leste da Lagoa do Saco, próximo à Praia da Barra de Ibiraquera. No entanto, mesmo nesta região há algumas áreas urbanizadas. Isso gera dificuldades para a consolidação de corredores ecológicos e da conexão entre outros ecossistemas naturais com a Lagoa de Ibiraquera.

Destaca-se também, que os ecossistemas naturais que podem ser classificados como áreas úmidas (Lagoa de Ibiraquera, marisma, restinga, banhado, lagoa doce e rios) representam 44,2% da área total da BHLI e 74,3% da área ocupada por ecossistemas naturais. As áreas úmidas (AU), de acordo com a definição do Comitê Nacional de Zonas Úmidas (CNZU) são “os ecossistemas na interface entre ambientes terrestre e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. As águas podem ser doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptados à sua dinâmica hídrica”. A utilização dessa classificação faz sentido principalmente a partir da noção integradora da bacia hidrográfica (De Freitas et al., 2022), unidade de gestão definida neste trabalho, tendo em vista que todas estas áreas úmidas contribuem direta e indiretamente com o fluxo de água na Lagoa de

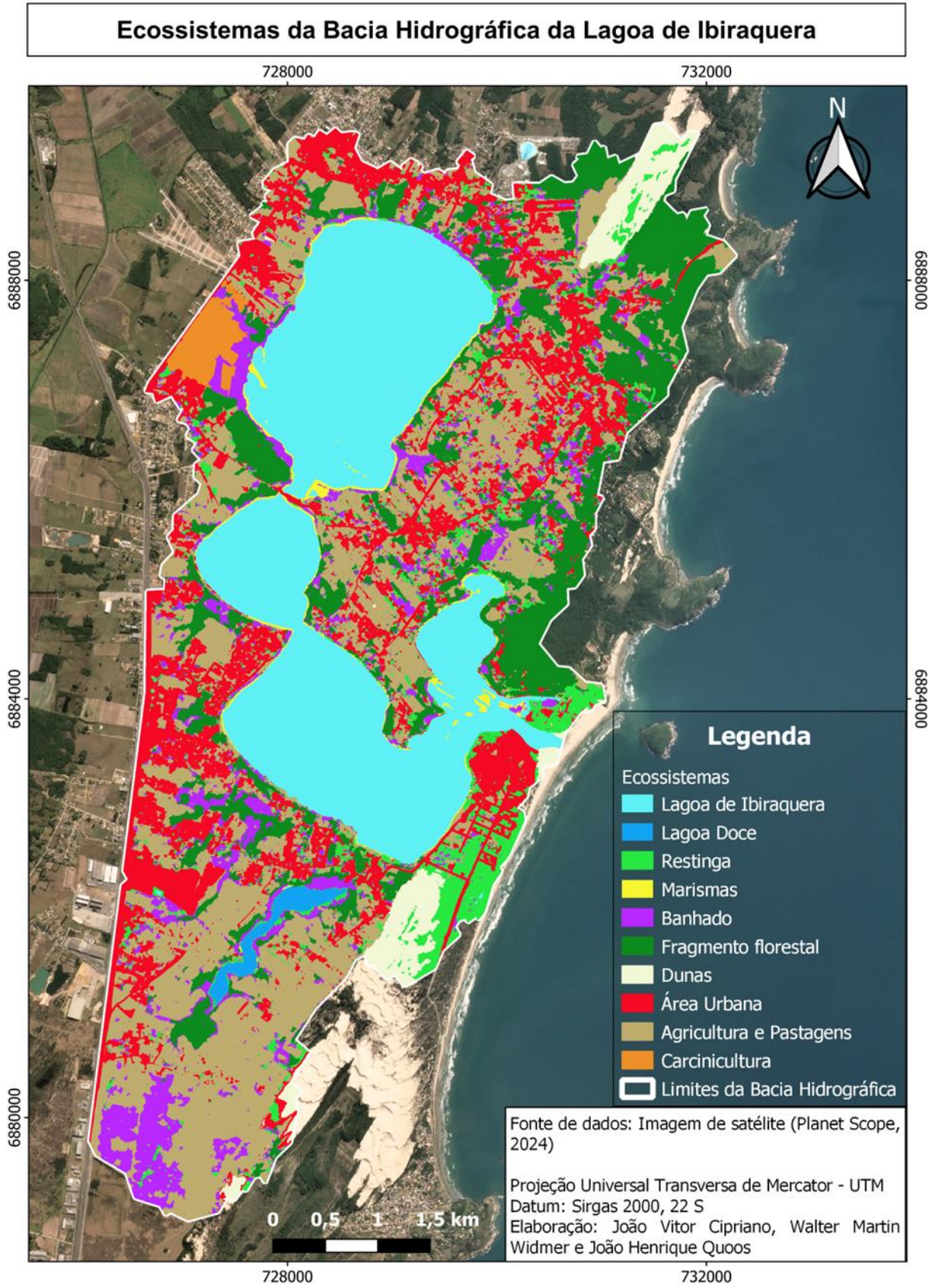
Ibiraquera. Além disso, isso facilita medidas de planejamento e gestão integrada destas áreas e o intercâmbio com outras pesquisas sobre AU na zona costeira.

No mapeamento realizado, os rios foram mapeados como feições lineares e, portanto, não foram inseridos nos cálculos de áreas, mas foram considerados na descrição dos SE. Muitos dos rios da BHLI já foram modificados ao longo dos anos e tem parte ou a totalidade do curso d'água canalizado, de forma que pode dificultar sua identificação. Além disso, a maior parte dos rios são relativamente pequenos, embora sejam importantes para regulação hídrica da lagoa.

Ainda com relação à representatividade das áreas de cada ecossistema na BHLI, vale ressaltar que a classificação realizada em ambiente SIG foi realizada com base em uma imagem na qual a Lagoa de Ibiraquera está com a barra aberta, ou seja, em conexão com o mar. Nestas condições, o nível da água tende a ser mais baixo, reduzindo o espelho d'água da lagoa e podendo alterar a inundação de áreas úmidas adjacentes. Isso pode acarretar em mudanças nas características destes ecossistemas e na resposta espectral do método de classificação aplicado. Embora as visitas de campo tenham colaborado para validações e ajustes manuais da classificação, a oscilação do nível d'água, pode gerar variações temporais nas áreas mapeadas.

Ademais, a vegetação e características físicas de alguns ecossistemas podem apresentar semelhanças, como por exemplo nos banhados, restinga e marismas, ecossistemas encontrados na transição entre oceano, laguna e ambiente terrestre e, portanto, gerar incertezas na classificação. Neste contexto, considerando a escala de análise da BHLI no âmbito dos municípios de Imbituba e Garopaba, foi necessária a generalização de algumas feições dos ecossistemas e determinadas simplificações na classificação dos mesmos. Portanto, a escala pode ser um fator limitante em um mapeamento em relação aos detalhes da área de estudo que podem ser visualizados (Traun; Burkhard; Klug, 2017).

Figura 11: Mapa com os ecossistemas identificados na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 12: Lagoa de Ibiraquera - Lagoa do Saco em período da barra aberta.



Figura 13: Lagoa de Ibiraquera: Lagoa de cima, com destaque para a desembocadura de um rio na lagoa, no bairro Campo D'úna.



Figura 14: Lagoa de Ibiraquera: Lagoa de Cima, no canal que marca a separação com a Lagoa do Meio, no bairro Ibiraquera.



Figura 15: Lagoa de Ibiraquera – Lagoa do Meio, no bairro Ibiraquera.



Figura 16: Lagoa de Ibiraquera – Lagoa do Meio, no canal que marca a separação com a Lagoa de Cima, no bairro Ibiraquera.



Figura 17: Marismas – marismas na Lagoa de Baixo em período da barra aberta, no bairro Barra de Ibiraquera.



Figura 18: Lagoa e Marisma - Vegetação predominante nas margens da lagoa, na Lagoa de



Figura 19: Lagoa de Ibiraquera - Lagoa de Baixo próximo ao encontro com o Mar em período da barra aberta.



Figura 20: Banhado – banhado em período chuvoso, no bairro Barra de Ibiraquera.



Figura 21: Restinga – região de restinga, no bairro Barra de Ibiraquera.



Figura 22: Dunas - dunas atrás da vegetação de restinga, no bairro Barra de Ibiraquera.



Figura 23: Lagoa doce, no bairro Arroio.



Figura 24: Fragmento florestal do bioma mata atlântica, no bairro Campo D'una, próximo à Lagoa de Cima.



Figura 25: Rio que conecta a Lagoa Doce à Lagoa de Ibiraquera, no bairro Arroio, na Lagoa de Baixo.



Figura 26: Vista aérea da área urbana, no bairro Ibiraquera, próximo à Lagoa de Cima.



Figura 27: Agricultura e pastagens, no bairro Arroio do Rosa.



Fonte: Registros fotográficos do autor, orientador e coorientador (2025).

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA DE IBIRAQUERA

Os resultados da etapa de classificação dos SE são apresentados na Matriz de Ecossistemas e Serviços (MES), cuja versão completa está no Apêndice A. Ao todo na BHLI foram identificados 23 serviços ecossistêmicos, a partir do nível “grupo” da CICES V.5.1, prestados por um ou mais dos 11 ecossistemas mapeados. Uma lista com os SE da BHLI e respectivos ecossistemas é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4: Serviços ecossistêmicos da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.

Serviços ecossistêmicos da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (nível “grupo” CICES V.5.1)		Ecossistemas associados
Provisão	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Lagoa de Ibiraquera; Lagoa doce; Rios
	Água subterrânea (e subsuperficial) fins não potáveis) para uso em nutrição, materiais ou energia	Dunas; Restinga; Área urbana; Banhado
	Animais usados para nutrição, materiais ou energia	Lagoa de Ibiraquera; Lagoa doce
	Plantas usadas para nutrição, materiais ou energia	Marismas; Restinga; Banhado; Fragmento de floresta;
	Material genético de animais	Lagoa de Ibiraquera; Lagoa doce
	Material genético de plantas, algas e fungos	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal;
	Substâncias minerais utilizadas para nutrição, materiais ou energia	Dunas
	Plantas terrestres cultivadas para nutrição, materiais ou energia	Agricultura e pastagens
	Animais terrestres criados para nutrição, materiais ou energia	Agricultura e pastagens
	Animais aquáticos criados para nutrição, materiais ou energia	Carcinicultura
Regulação e manutenção	Serviços básicos	Área urbana
	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Dunas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios;
	Composição e condições atmosféricas	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios
	Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Banhado, Lagoa doce; Rios
	Mediação de estressores de origem antropogênica	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Dunas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios;

Serviços ecossistêmicos da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (nível “grupo” CICES V.5.1)		Ecossistemas associados
	Controle de pragas e doenças	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Dunas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios;
	Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Restinga; Banhado, Lagoa doce
	Condições da água	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Banhado, Lagoa doce; Rios
	Regulação da qualidade do solo	Restinga; Fragmento florestal
	Regulação econômica	Área urbana; Agricultura e pastagens
Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Dunas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios;
	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Lagoa de Ibiraquera; Marismas; Dunas; Restinga; Banhado; Fragmento florestal; Lagoa doce; Rios; Área urbana; Agricultura e pastagens
	Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Lagoa de Ibiraquera; Restinga; Fragmento florestal; Lagoa doce

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ressalta-se que 2 destes SE (“serviços básicos” e “regulação econômica”) não são encontrados na tabela de referência da CICES, visto que estão relacionados à provisão de serviços pelas áreas antropizadas da BHLI. A CICES aborda principalmente os SE relacionados aos ecossistemas naturais. No entanto, tendo em vista a representatividade da “área urbana” e “agricultura e pastagens” na área total da BHLI, fez-se uma adaptação para incluir os SE prestados nestes ecossistemas que não se encaixam naqueles apresentados na CICES, adotando a classificação, no nível “grupo”, mais adequada para representar o SE, ou utilizando uma nomenclatura que não aparece na CICES nos casos mais específicos, como “serviços básicos” e “regulação econômica”, utilizados também por outros autores (Scherer; Asmus, 2016). Outro caso semelhante é o serviço cultural de “interações intelectuais e representativas com o ambiente natural”, que foi considerado também para os ambientes antropizados.

Dos 23 SE identificados, predominam os serviços de provisão (11), seguidos pelos serviços de regulação e manutenção (9), e culturais (3). Todos estes serviços representam benefícios sociais e ambientais e estão distribuídos na BHLI através dos

11 ecossistemas da BHLI. Alguns destes benefícios identificados são: a pesca artesanal, a depuração e diluição de efluentes, a melhoria da qualidade do ar, a atenuação de efeitos de eventos extremos, e a segurança para ocupação humana, dentre tantos outros.

Embora possam ser classificados da mesma forma, os SE identificados podem apresentar usos e benefícios diferentes para cada ecossistema de acordo com suas especificidades. Por exemplo, o serviço de “interações físicas e experienciais” ofertado pela Lagoa Doce, relacionado com usos como a pesca, prática de esportes como a natação, é diferente do mesmo serviço prestado por um fragmento florestal, associado a usos como o ecoturismo e a prática de esportes como a caminhada em trilhas. Da mesma forma, um mesmo ecossistema também pode apresentar estas diferenças em regiões diferentes da bacia hidrográfica, devido a fatores como a área, biodiversidade local, grau de conservação, facilidade de acesso, relação histórico-cultural da comunidade, etc. Em geral, as porções com maior área de um ecossistema tendem a representar uma oferta maior do SE do que porções menores e desconectadas. Utilizando o mesmo exemplo do SE cultural de “interações físicas e experienciais” ofertado pelo ecossistema “fragmento florestal”, os usos/benefícios citados necessitam de uma determinada área para que possam ocorrer. Isso ressalta a importância de garantir a conectividade entre os ecossistemas naturais da BHLI de modo a garantir e maximizar os benefícios gerados aos atores sociais (Heslenfeld, 2003).

Os grupos de atores sociais identificados, que são apresentados na MES de acordo com os SE dos quais beneficiam-se direta ou indiretamente, são descritos no Quadro 2.

Quadro 2: Atores sociais beneficiados pelos SE dos ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.

Atores sociais	Descrição
Pescadores artesanais	Comunidade de pescadores que realizam atividade de pesca artesanal na região.
Comunidade local	Comunidade de moradores dos bairros situados na BHLI e adjacências.
Setor de esporte	Grupo de pessoas, profissionais e organizações que utilizam a Lagoa de Ibiraquera para prática de esportes e demais atividades relacionadas.

Setor de turismo	Grupo de pessoas, profissionais, empresas e demais instituições que atuam com atividades relacionadas ao turismo na região, como: hospedarias, restaurantes, profissionais do transporte, agências de viagem, imobiliárias, guias de turismo e condutores ambientais, entre outros.
Instituições de ensino e pesquisa	Instituições que realizam atividades de ensino, pesquisa e/ou extensão na área de abrangência da BHLI
Setor governamental	Instituições nos âmbitos do governo municipal, estadual e federal relacionadas de alguma forma com a gestão da Lagoa de Ibiraquera e sua bacia hidrográfica, como: Prefeituras Municipais de Imbituba e Garopaba e respectivas secretarias, companhias de saneamento, ICMBio, Ibama, IMA, entre outros.
Setor da construção civil	Grupo de pessoas, profissionais e empresas que atuam com atividades relacionadas à construção civil na região, como: empreiteiras, profissionais autônomos da construção civil, engenheiros, entre outros.
Comunidades tradicionais	Grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais. Aquelas comunidades que possuem formas próprias de organização social, ocupam e usam dos territórios da BHLI e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica. Alguns exemplos na região são as comunidades de agricultores e pescadores artesanais, organizados através de organizações como a ASPECI (Associação de Pescadores da Comunidade de Ibiraquera), CCI (Conselho Comunitário De Ibiraquera) e ACORDI (Associação Comunitária Rural De Imbituba); e quilombolas da Comunidade Remanescente Quilombo da Aldeia.
Organizações que promovem educação ambiental	Instituições, organizações não governamentais, grupos de pessoas, coletivos socioambientais, associações, entre outros, que promovem atividades de educação ambiental a partir dos ecossistemas e atividades da região.
Empresa de carcinicultura	Empresa proprietária da fazenda de criação de camarão localizada no bairro Araçatuba, em Imbituba, nas margens da Lagoa de Cima.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na intenção de exemplificar os serviços ecossistêmicos gerados pelos ecossistemas da BHLI, os parágrafos que seguem trazem uma avaliação de um SE de destaque para 3 dos ecossistemas mapeados (marismas, restinga e banhado), encontrados nas margens da lagoa, a partir das informações da Matriz de Ecossistemas e Serviços (Apêndice A). Os SE da Lagoa de Ibiraquera são avaliados individualmente mais adiante.

Nas marismas, um SE que destaca é o serviço de regulação e manutenção de “manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético” (Marangoni; Costa, 2009; Sartor; Silva, 2023), que está relacionado com a manutenção de populações e habitats berçários (incluindo proteção do fundo genético), ou seja, as marismas fornecem um ambiente propício que serve como habitat, local de reprodução e proteção para o desenvolvimento de juvenis de diversas espécies de animais, incluindo aves e animais aquáticos, como o camarão, o caranguejo, e

diferentes espécies de peixes que utilizam o ecossistema como um berçário natural e garantem a manutenção da população de pescados na lagoa. Em determinados períodos do ano, podem ser avistadas diversas espécies de aves migratórias que utilizam as marismas como local de parada e abrigo (Piacentini; Campbell-Thompson, 2006). Beneficiam-se deste SE, portanto: os pescadores artesanais; a comunidade local; e as instituições de ensino e pesquisa.

A restinga fornece um SE importante na zona costeira que é o serviço de regulação e manutenção de “regulação de fluxos de base e eventos extremos”, relacionado com o controle das taxas de erosão (através da fixação de sedimentos pela vegetação, por exemplo), amortecimento e atenuação do movimento de massa (através do amortecimento e atenuação dos fluxos de água de chuvas intensas, antes de chegarem à Lagoa de Ibiraquera, por exemplo), ciclo hidrológico e regulação do fluxo de água (zona de recarga de aquífero). Este serviço, portanto, traz benefícios como a mitigação de danos resultantes de eventos de inundações/tempestades, garante a recarga dos aquíferos de água doce em qualidade e quantidade, e protege a linha de costa da região onde está inserida. Os atores sociais beneficiados diretamente na BHLI são: comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.

Para o ecossistema banhado, um SE importante é o serviço de regulação e manutenção de “condições da água” e está relacionado com a regulação da condição química das águas doces e salobras por processos vivos. Os banhados da BHLI, por meio das macrófitas aquáticas, como a taboa, junco e outras tem capacidade de filtrar e ciclar nutrientes (como fósforo e nitrogênio) das águas que drenam para este ecossistema e, portanto, fornecem para a Lagoa de Ibiraquera, uma água de melhor qualidade. Além disso a água que infiltra no solo nestes locais também chega em melhor qualidade ao lençol freático. Portanto, entre os benefícios gerados, têm-se a melhoria da qualidade da água da Lagoa de Ibiraquera, com seus múltiplos usos associados e redução dos possíveis danos que potencialmente podem ser causados pelo escoamento de poluentes para a Lagoa de Ibiraquera e lençol freático. Neste sentido, são beneficiados os pescadores artesanais, comunidade local, setor de esporte, setor governamental e setor de turismo.

Nos parágrafos anteriores foram exemplificados SE gerados em alguns dos ecossistemas mapeados. No entanto, estes mesmos SE também podem ser produzidos por outros ecossistemas, conforme apresentado na Tabela 4. A Lagoa de Ibiraquera, por exemplo, oferta 14 tipos de SE, os quais também são prestados por outros ecossistemas. O serviço cultural de “interações intelectuais e representativas com o ambiente” está associado à 10 ecossistemas e beneficia 8 atores sociais. A comunidade local é um dos grupos mais beneficiados, relacionada com praticamente todos os ecossistemas, assim como o setor governamental e as instituições de ensino e pesquisa. Em contrapartida, atores sociais beneficiados por menor diversidade de SE podem ter suas atividades mais ameaçadas no caso de perda ou redução dos serviços associados. Os pescadores artesanais, por exemplo, dependem diretamente da provisão de “animais aquáticos selvagens” pela Lagoa de Ibiraquera, de modo que a redução nesse SE pode comprometer suas atividades e sua relação com a lagoa.

Portanto, a importância de um ecossistema para os atores sociais não está relacionada somente com a quantidade de serviços pelos quais são beneficiados, mas também ao nível de importância de um SE para seu bem-estar. Assim, compreender o valor social e econômico gerado pelos SE pode auxiliar a compreender a vulnerabilidade dos atores frente à sua perda ou redução. Por outro lado, serviços que beneficiam diversos atores sociais e são prestados por poucos ecossistemas tendem a ser mais sensíveis a impactos e redução de área destes ecossistemas. Desta forma, os SE da BHLI evidenciam a complexa rede de interações entre os ecossistemas identificados e atores sociais nesse território.

Por fim, vale pontuar que a classificação realizada não esgota a identificação do conjunto de serviços ecossistêmicos produzidos na BHLI pelos diferentes ecossistemas. É possível que a aplicação de outros métodos ou métodos suplementares possa refinar ainda mais os resultados obtidos no presente estudo e, inclusive, identificar mais serviços.

4.2.1 Serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera

Os serviços ecossistêmicos prestados, além de estarem apresentados na MES (Apêndice A), são listados no Quadro 3, onde também são apresentados os nomes

reduzidos dos SE, que serão utilizados ao longo do texto com objetivo de facilitar a apresentação e discussão dos resultados. Afim de fazer uma análise individualizada para a Lagoa de Ibiraquera, o diagrama Sankey (Figura 28), apresenta de forma ilustrativa os fluxos entre o ecossistema da lagoa, serviços ecossistêmicos produzidos e atores sociais beneficiados. A espessura dos fluxos representa a importância relativa atribuída aos SE (quanto mais espessa maior o nível de importância), definida com base em observações de campo, revisão bibliográfica, conversas com atores locais e análise dos usos e interações dos mesmos com a Lagoa de Ibiraquera.

Desta forma, os SE com maior nível de importância são os seguintes: “animais selvagens”; “regulação de fluxos de base”; “mediação de resíduos”; “condições da água”; e “interações físicas e experienciais”.

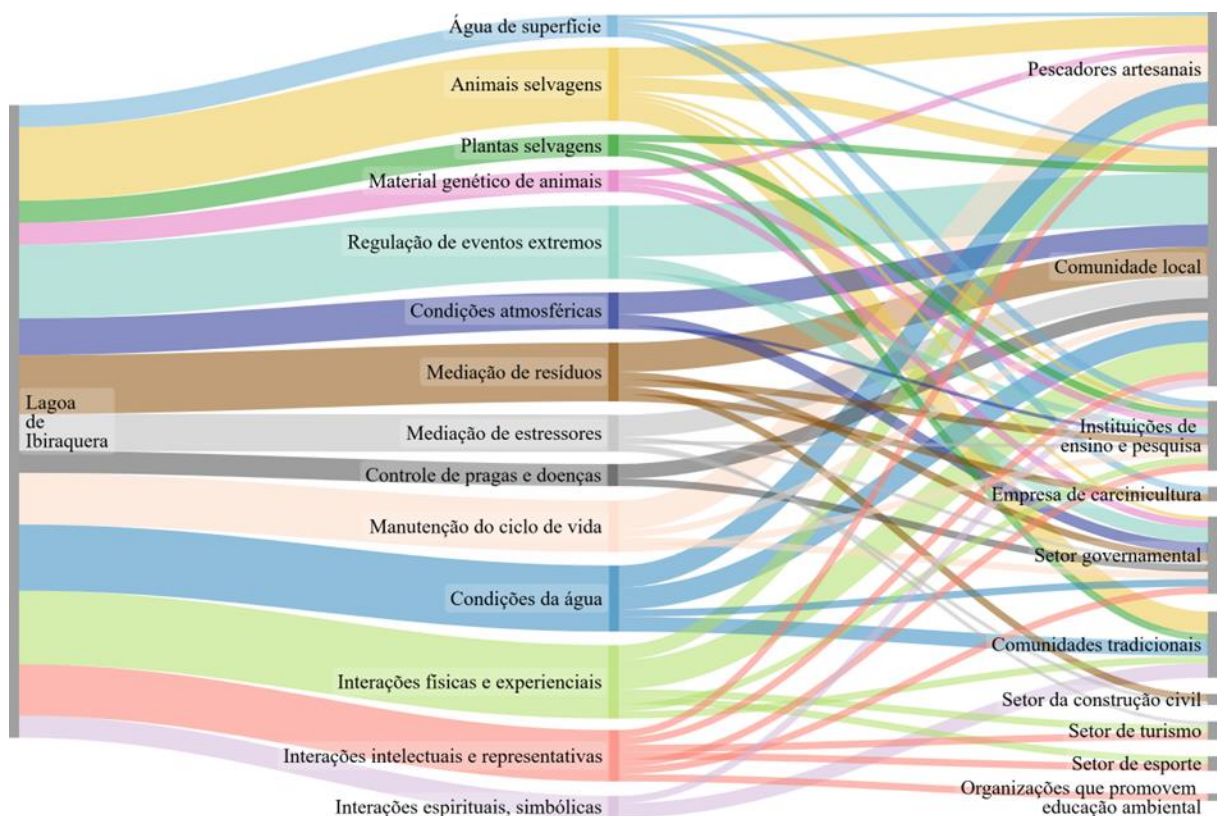
Quadro 3: Serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera.

Classificação (nível “seção” - CICES)	Serviços ecossistêmicos (nível “grupo” - CICES)	Nome reduzido dos serviços ecossistêmicos
Provisão	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Água de superfície
	Animais selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia	Animais selvagens
	Plantas selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia	Plantas selvagens
	Material genético de animais	Material genético de animais
Regulação e manutenção	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Regulação de fluxos de base
	Composição e condições atmosféricas	Condições atmosféricas
	Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos	Mediação de resíduos
	Mediação de estressores de origem antropogênica	Mediação de estressores
	Controle de pragas e doenças	Controle de pragas e doenças
	Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção do ciclo de vida
	Condições da água	Condições da água
Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Interações físicas e experienciais
	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Interações intelectuais e representativas
	Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Interações espirituais e simbólicas

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os SE da Lagoa de Ibiraquera se distribuem ao longo dos 04 setores da Lagoa de Ibiraquera (Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa de Baixo e Lagoa do Saco) variando seus usos e benefícios sazonalmente, conforme, por exemplo, o aumento de turistas e visitantes na região, temporada da pesca da tainha (maio a julho) e de outros pescados, e também conforme o regime de conexão da lagoa com o mar. Nos tópicos seguintes, os serviços da Lagoa de Ibiraquera serão apresentados através de um fragmento da Matriz de Ecossistemas e Serviços, conforme o tipo de serviço (nível “seção” da CICES V.5.1): provisão (Quadro 4), regulação e manutenção (Quadro 5) e cultural (Quadro 6). Além disso também são apresentados os principais vetores de pressão de origem antrópica sobre a Lagoa de Ibiraquera que apresentam risco de impacto aos serviços ecossistêmicos produzidos neste ecossistema.

Figura 28: Diagrama Sankey ilustrando a correlação entre a Lagoa de Ibiraquera, serviços ecossistêmicos e atores sociais. A espessura das linhas representa o nível de importância do SE e sua contribuição ao grupo de atores sociais (quanto mais espessa maior o nível de importância).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.1.1 Serviços de provisão

Os serviços ecossistêmicos de provisão prestados pela Lagoa de Ibiraquera são apresentados no Quadro 4, a partir de um fragmento da MES completa (Apêndice A).

Quadro 4: Serviços ecossistêmicos de provisão da Lagoa de Ibiraquera.

SE (Grupo)	Usos/Benefícios	Atores Sociais	Vetores de pressão
Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Pesca artesanal; aquicultura	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; empresa de carcinicultura	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; disposição inadequada de resíduos sólidos
Animais selvagens para nutrição, materiais ou energia	Pesca artesanal; estoque pesqueiro; atividade artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); abertura da barra de forma deliberada; disposição inadequada de resíduos sólidos
Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	Espécies invasoras (fauna e flora); lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; supressão da vegetação das margens da lagoa
Material genético de animais	Aquicultura; pesca artesanal; repovoamento de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); abertura da barra de forma deliberada; disposição inadequada de resíduos sólidos

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os serviços de provisão da Lagoa de Ibiraquera estão relacionados principalmente com o uso de um recurso ou organismo como matéria-prima ou então o próprio organismo para nutrição (Haines-Young; Potschin, 2018). O serviço de provisão de “água de superfície para nutrição, materiais ou energia” na Lagoa de Ibiraquera se aplica especificamente para o uso da água salobra como material, no caso da coleta da água da lagoa para diferentes fins, por exemplo na pesca do siri, na qual pode se utilizar da água da lagoa para manter o animal vivo até o consumo.

O serviço de provisão que é potencialmente mais importante no sentido de subsistência e bem-estar dos atores sociais, é o SE de “animais selvagens”, relacionado com o estoque pesqueiro da lagoa, usado para alimentação ou matéria-prima para diferentes usos (De Freitas et al., 2022; Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). Neste sentido, Soriano-Sierra, Ribeiro e Fonseca (2014) e Seixas e Berkes (2004) identificaram as seguintes espécies de peixes na Lagoa de Ibiraquera: bagre (*Genidens genidens*), peixe-rei (*Atherinella brasiliensis*), guaivira (*Oligoplites saurus*), pampo (*Trachinotus falcatus*), acará (*Geophagus brasiliensis*), sardinha-cascuda (*Harengula clupeola*), sardinha-boca-torta (*Opisthonema oglinum*), manjuba (*Anchoa tricolor*), manjuba-grande (*Lycengraulis grossidens*), carapicu (*Eucinostomus melanopterus*), agulha (*Hyporhamphus unifasciatus*), ariacó (*Lutjanus jocu*), parati (*Mugil curema*), tainha (*Mugil liza*) e cangoá (*Isopisthus parvipinnis*). Outro estudo mais antigo (Seixas, 2002) já havia identificado algumas destas e outras espécies na lagoa (algumas dificilmente encontradas atualmente): savelha (*Brevoortia aurea*), savelha (*Brevoortia pectinata*), carapeva (*Diapterus rhombeus*), linguado (*Paralichthys* sp.), xaréu (*Caranx latus*), garoupa-chumbo (*Mycteroperca rubra*), carapicú (*Eucinostomus gula*), corvina (*Micropogonias furnieri*), enchova (*Pomatomus saltatrix*), sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), robalo (*Centropomus undecimalis*), traíra (*Hoplias malabaricus*), peixe-rei (*Xenomelaniris brasiliensis*), parati-olho-de-fogo (*Mugil gaimardianus*). Além de crustáceos, como o caranguejo Catanhão (provavelmente *Cardisoma* sp.), o siri (*Portunidae*), o camarão (*Farfantepenaeus paulensis* e *Farfantepenaeus schmitti*) e o berbigão (*Anomalocardia brasiliensis* – Mollusca).

Desta forma, percebe-se uma grande diversidade de pescados na Lagoa de Ibiraquera, com destaque principal para a tainha. Outros pescados bastante representativos, mas já em menor disponibilidade atualmente, são o siri e o camarão,

este último bastante famoso e valioso na região (De Freitas et al., 2022; Fabiano, 2004; Seixas; Berkes, 2004). Destaca-se também que, segundo relatos de pescadores locais, a população de boa parte destas espécies diminuiu muito ao longo dos anos, de modo que este SE tem tido uma redução em relação à diversidade de espécies encontradas e número de indivíduos ao longo dos anos.

O serviço de provisão de “plantas selvagens” está relacionado principalmente à vegetação das margens da lagoa e das “ilhas” associadas ao ecossistema marismas ou banhado (este apenas nas margens) (Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). No entanto, como em determinados períodos o espelho d’água da lagoa se sobrepõe à esta vegetação, optou-se por considerar este SE também para a Lagoa de Ibiraquera. Algumas das espécies encontradas nestas regiões são: *Spartina alterniflora*, *S. densiflora*, *Schoenoplectus californicus*, *Juncus effusus*, *Typha domingensis*, macrófitas comumente encontradas associadas às marismas (Marangoni; Costa, 2009; Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). Embora, potencialmente, estas plantas silvestres possam ser coletadas para diferentes usos, como é o caso do uso da Taboa (*Typha domingensis*) na confecção de artesanatos, por exemplo, percebe-se que os benefícios gerados por elas tendem a ser mais relevantes para os SE de regulação e manutenção prestados (Aquino, 2023; Patricio Monteiro, 2024; Sartor; Silva, 2023).

Por fim, a Lagoa de Ibiraquera também presta o serviço de provisão de “material genético de animais”, associado ao uso para reprodução, pesquisa, criação de novas variedades e uso em ambiente artificial (Haines-Young; Potschin, 2018). Este SE pode ser especialmente importante no cenário de diminuição do estoque pesqueiro da Lagoa e ameaça ao serviço de “animais selvagens”, seja pelos vetores de pressão definidos ou pelos efeitos das mudanças climáticas. Um exemplo é o programa de repovoamento do camarão rosa na Lagoa de Ibiraquera realizado na década entre os anos de 1992 e 1998 devido a redução dos volumes de captura de camarão na época (Capellesso; Cazella, 2011).

4.2.1.2 Serviços de regulação

Os SE de regulação e manutenção prestados pela Lagoa de Ibiraquera são apresentados no Quadro 5, a partir de um fragmento da MES completa (Apêndice A).

Quadro 5: Serviços ecossistêmicos de regulação e manutenção da Lagoa de Ibiraquera.

SE's (Grupo)	Usos/benefícios	Atores Sociais	Pressões/impactos
Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Controle de alagamentos; atenuação de efeitos de eventos extremos; segurança para ocupação humana	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa.	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura drenagem urbana; supressão da vegetação das margens da lagoa; abertura deliberada da barra
Composição e condições atmosféricas	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; supressão da vegetação das margens da lagoa
Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos	Qualidade da água; depuração e diluição de efluentes; conforto para ocupação humana	Comunidade local; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa
Mediação de estressores de origem antropogênica	Conforto para ocupação humana	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil, instituições de ensino e pesquisa, setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; infraestrutura e construções urbanas; excesso de estressores (luz/sons/ruídos)
Controle de pragas e doenças	Segurança para ocupação humana; manutenção da biodiversidade nativa	Comunidade local.; setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; infraestrutura e construções urbanas; espécies invasoras (fauna e flora)
Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Pesca artesanal; pesquisa científica	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa
Condições da água	Pesca artesanal; melhoria da qualidade da água	Pescadores artesanais; comunidade local; setor governamental; comunidades tradicionais	Lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Estes SE estão relacionados com todas as formas pelas quais os ecossistemas, através de organismos vivos e equivalentes abióticos, podem mediar resíduos ou impactos decorrentes de atividades antrópicas e fenômenos naturais que afetam a saúde, a segurança ou o conforto humano (Haines-Young; Potschin, 2018).

Desta forma, considerando que a Lagoa de Ibiraquera está inserida em um contexto urbano, cercada em toda a sua extensão por construções e infraestruturas urbanas, esse ecossistema tem grande potencial para prestação de serviços relacionados a transformação e mediação de resíduos e estressores de origem antrópica produzidos na BHLI (Costa; Asmus, 2018; Newton et al., 2018; Pérez-Ruzafa et al., 2019).

Neste sentido, foi identificado o serviço de “mediação de resíduos”, relacionado com a capacidade da Lagoa de Ibiraquera de realizar a depuração de efluentes e outras substâncias tóxicas. A lagoa recebe contribuições de toda a BHLI através de diferentes fontes, como rios, canais de drenagem, escoamento da água da chuva direto de ruas e construções, efluente sanitário de forma direta ou indireta despejado nos rios ou no solo nas margens da lagoa, entre outras. Desta forma, a lagoa recebe diversos contaminantes e substâncias tóxicas que podem impactar negativamente a qualidade da água. A lagoa tem a capacidade de regulação destes resíduos, seja através da diluição dos efluentes na coluna d'água ou pela depuração através de microorganismos, zooplâncton, peixes, crustáceos, moluscos e outros organismos bentônicos (Rodrigues-Filho et al., 2023). A intensidade na qual é prestado este SE pela Lagoa de Ibiraquera pode variar ao longo do ano, tanto pela vazão de poluentes que chega (que tende a ser muito maior na temporada de verão, onde a população nos bairros inseridos na BHLI aumenta consideravelmente), quanto pela capacidade da lagoa que pode variar conforme o volume de água, troca de água com o oceano nos períodos de barra aberta, e até mesmo o nível de desenvolvimento dos organismos que contribuem para este serviço. Desta forma, embora este SE seja prestado em todos os 4 setores da lagoa, a capacidade de cada setor de prestar estes serviços também pode ser diferente, de acordo com a hidrodinâmica e carga de poluentes recebida em cada um.

Vale pontuar, que as lagoas costeiras podem ter alguns destes SE comprometidos no caso da sobrecarga ou contribuições contínuas de nutrientes,

matéria orgânica e substâncias tóxicas e também pela perda de biodiversidade e de organismos essenciais nos processos de depuração, que por sua vez é afetado diretamente por estes poluentes (Kennish, 2016; Pérez-Ruzafa et al., 2019; Rodrigues et al., 2021). Além disso, a quantidade e qualidade das águas que chegam à lagoa também se relaciona com as funções ecológicas realizadas pelos outros ecossistemas da BHLI (De Freitas et al., 2022)

Outro SE relacionado com os resíduos ou estressores resultantes das ocupações humanas é o serviço de “mediação de estressores” relacionado com a capacidade da lagoa de promover a redução de odores, atenuação de ruídos e atenuação de impactos visuais causados por atividades antrópicas (Haines-Young; Potschin, 2018).

O serviço de regulação e manutenção das “condições da água”, referente à regulação das condições químicas da água da lagoa, também está associada aos processos realizados por microorganismos, zooplâncton, peixes, crustáceos, moluscos e outros organismos bentônicos, presentes na coluna d’água e no fundo da lagoa que mantém a qualidade da água da lagoa e colaboram para o usos e benefícios associados às interações imersivas entre os atores sociais e a lagoa (Haines-Young; Potschin, 2018; Rodrigues-Filho et al., 2023). Isso demonstra a importância da manutenção da biodiversidade da lagoa, desde animais maiores até microrganismos presentes na água e no solo, que em seu equilíbrio é responsável pela oferta deste e outros SE.

Outro SE associado à biodiversidade presente na Lagoa de Ibiraquera é o serviço de “controle de pragas e doenças”, relacionado com a presença de organismos que funcionam como agentes de controle de doenças e pragas, incluindo espécies de animais e plantas invasoras (Haines-Young; Potschin, 2018; Rodrigues-Filho et al., 2023).

Ainda em relação à contribuição da biodiversidade para serviços ecossistêmicos de regulação e manutenção, tem-se o serviço de “condições e composições atmosféricas” gerado pela lagoa, através principalmente do sequestro e armazenamento de carbono, contribuindo com a regulação química da atmosfera local (Haines-Young; Potschin, 2018). Este mesmo SE, mais especificamente relacionado

com a regulação da temperatura e umidade é associado ao espelho d'água da lagoa, que através de processos de evaporação da água, interações com os ventos e processos de troca de calor da água com a atmosfera, regulam o clima local e trazem benefícios como conforto térmico e melhoria da qualidade do ar em toda a região (Newton et al., 2018; Patricio Monteiro, 2024; Rodrigues-Filho et al., 2023).

O SE de “manutenção do ciclo de vida”, tal como descrito para o ecossistema “marismas” anteriormente, está relacionado com a manutenção de populações e habitats berçários (incluindo proteção do fundo genético) (Haines-Young; Potschin, 2018). A Lagoa de Ibiraquera serve como habitat e local de reprodução para diversos animais, inclusive animais marinhos, como peixes, que utilizam a lagoa para se reproduzir e depois voltam para o mar (Costa; Asmus, 2018; De Freitas et al., 2022; Guimarães, 2019; Kennish, 2016; Piacentini; Campbell-Thompson, 2006; Seixas, 2002). O fornecimento destes ambientes propícios como habitat estão também associados com outros ecossistemas que podem se sobrepor ao espelho d'água da lagoa, como marisma, banhado e até a restinga em determinados pontos.

Considerando o aumento crescente da urbanização e, conseqüentemente, das áreas impermeáveis, o fluxo de água que escoar de toda a BHLI para a lagoa tende a ser cada vez maior, principalmente em eventos extremos de chuva. A capacidade da lagoa de absorver toda esta vazão de água e regular os fluxos de água na BHLI está relacionado ao SE de “regulação de fluxos de base”, que ainda se relaciona com o controle de erosão realizado pela lagoa, associado também aos fluxos de água e sedimentos existentes na conexão oceano e lagoa e também ao ciclo hidrológico de um modo geral (Brito et al., 2012; Inácio; Barboza; Villoslada, 2023; Newton et al., 2018). O potencial da lagoa na oferta deste SE também está intimamente ligado aos fluxos de água nos outros ecossistemas da bacia, evidenciando a importância das outras áreas úmidas da BHLI, que também são responsáveis por absorver e/ou retardar o fluxo de água e sedimentos que escoam para a lagoa, bem como dos outros ecossistemas que proporcionam áreas permeáveis para infiltração da água da chuva.

4.2.1.3 Serviços culturais

Os serviços ecossistêmicos culturais prestados pela Lagoa de Ibiraquera são apresentados no Quadro 6, a partir de um fragmento da MES completa (Apêndice A).

Quadro 6: Serviços ecossistêmicos culturais da Lagoa de Ibiraquera.

SE's (Grupo)	Usos/benefícios	Atores Sociais	Pressões/impactos
Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Lazer; ecoturismo; pesca artesanal; prática de esportes; educação ambiental; valor contemplativo	Pescadores artesanais; comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; comunidades tradicionais	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; disposição inadequada de resíduos sólidos
Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; espécies invasoras (fauna e flora); atividades turísticas
Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Heranças culturais; valor simbólico ou representativo; valor sagrado ou religioso	Comunidade local; comunidades tradicionais	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; efluente da carcinicultura; espécies invasoras (fauna e flora); atividades turísticas

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os serviços culturais estão associados aos produtos não materiais gerados pelos ecossistemas (bióticos e abióticos) que afetam os estados físicos e mentais das pessoas (Haines-Young; Potschin, 2018). Desta forma, são os SE que proporcionam interações físicas e experienciais, intelectuais e representativas, espirituais e

simbólicas com a Lagoa de Ibiraquera e sua biodiversidade (Haines-Young; Potschin, 2018).

Em relação ao SE de “interações físicas e experienciais”, a Lagoa de Ibiraquera proporciona, através de seu espelho d’água, a realização de diversas atividades de forma ativa e imersiva como a pesca, a prática de esportes como natação, *wind* e *kite surf*, o uso recreativo da lagoa, a navegação com canoas, bateiras, veleiros, caiaques, *stand up paddle*, entre outras “embarcações”. Estas atividades se distribuem nos 4 setores da lagoa de forma diferente, de acordo com as condições de vento, profundidade da lagoa, pontos tradicionais de pesca, facilidade de acesso à lagoa e a sazonalidade e podem ser observadas ao longo de todo o ano na região. Na temporada de verão, por exemplo, destaca-se o uso para algumas destas atividades na Lagoa do Saco e Lagoa de Baixo, tendo em vista a proximidade com a praia da Barra de Ibiraquera, que possui um fluxo intenso de turistas e visitantes. Na temporada de pesca da tainha (entre os meses de maio e julho), principalmente quando a barra está aberta e há um fluxo de pescados para dentro da lagoa, as atividades de pesca acabam se concentrando também na Lagoa do Saco e Lagoa de Baixo devido à proximidade com o mar. Estas interações podem acontecer também de forma passiva e observacional, através da observação de características biofísicas da lagoa e também da interação de diferentes animais com este ecossistema, como as aves sobrevoando a lagoa e se alimentando ou peixes pulando no espelho d’água.

Todas estas relações de interação com a lagoa também proporcionam a oferta do SE de “interações intelectuais e representativas”, permitindo a criação de conhecimentos ecológicos tradicionais (como as regiões da lagoa onde são mais comumente encontrados determinados pescados), a realização de atividades de educação ambiental e investigação científica através da observação de determinadas interações (como é o caso do presente estudo), o reconhecimento por determinados grupos de características que são relevantes em termos culturais e patrimônio, e experiências estéticas (como a contemplação das inúmeras paisagens que a Lagoa de Ibiraquera fornece ao longo de seus 868 ha de espelho d’água, aproximadamente). No estudo de Silva e Freitas (2025), por exemplo, são apresentados alguns destes patrimônios histórico-culturais e naturais relacionados a Lagoa de Ibiraquera e reconhecidos por comunidades tradicionais da região.

Além disso, considerando a relação intrínseca do ser humano com a água e como isso reverbera através de atividades religiosas ou práticas espirituais, a Lagoa de Ibiraquera também oferta o SE de “interações espirituais e simbólicas”. Isso pode estar relacionado às espécies de fauna e flora que podem ser encontradas na lagoa, determinada paisagem ou local específico do ecossistema que possui importância simbólica ou religiosa para determinados grupos. Um exemplo é a utilização da lagoa para práticas religiosas, como entrega de oferendas no corpo d’água em rituais de religiões de matriz africana, batismos ou outras práticas que sejam relevantes para determinados grupos. Desta forma, a água da lagoa pode ser considerada um elemento sagrado ou simbólico para muitas pessoas. Além disso, tudo o que o ecossistema e a biodiversidade local podem representar para um grupo de pessoas ou indivíduo também podem gerar significados simbólicos, sagrados, religiosos e espirituais (Haines-Young; Potschin, 2018; Pérez-Ruzafa et al., 2019).

4.2.2 Vetores de pressão de origem antrópica sobre os serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera

A partir do levantamento realizado, foram identificados, ao todo na Lagoa de Ibiraquera, 11 principais vetores de pressão (Quadro 7) com maior potencial de risco de impacto aos SE prestados pelo ecossistema.

Quadro 7: Vetores de pressão de origem antrópica identificados na Lagoa de Ibiraquera.

Vetores de pressão	Descrição
Lançamento de efluentes sanitários	Efluentes sanitários oriundos de diferentes tipos de edificações (residências, pousadas, restaurantes, etc) lançados na lagoa de forma direta ou indireta
Drenagem urbana	Drenagem de água da chuva que escoar da área urbana da bacia hidrográfica, que carrega resíduos, substâncias tóxicas e sedimentos para a lagoa
Efluente da carcinicultura	Resíduos dos processos de criação de camarão da fazenda de carcinicultura instalada nas margens da lagoa
Infraestrutura e construções urbanas	Infraestrutura e construções urbanas em toda a bacia hidrográfica, mas especialmente nas margens da lagoa, que geram resíduos, estressores e ocupam áreas irregulares
Sobrepesca/pesca ilegal	Pesca acima dos limites de suporte da lagoa; pesca durante os períodos de defeso de determinadas espécies de pescado; utilização de técnicas e ferramentas não permitidas e que representam risco de diminuição dos pescados na lagoa
Espécies invasoras (fauna e flora)	Espécies exóticas invasoras de fauna e flora que se reproduzem rapidamente e representam risco ao desenvolvimento das espécies nativas
Excesso de estressores (luz/sons/ruídos)	Estressores oriundos de atividades humanas no entorno na lagoa que influenciam nas interações naturais da biodiversidade da lagoa
Atividades turísticas	Turismo de massa e atividades oriundas do turismo que geram impactos diretos ou indiretos na lagoa
Abertura artificial da barra	Abertura mecânica/manual da barra sem respeitar os critérios definidos
Supressão da vegetação das margens da lagoa	Supressão e/ou descaracterização da vegetação das margens da lagoa por diferentes práticas: roçada; queimadas; animais (gado e cavalo principalmente), ocupação com estruturas, entre outros
Disposição inadequada de resíduos sólidos	Disposição inadequada de resíduos sólidos em toda a bacia hidrográfica ou de atividades realizadas na lagoa, como pesca, recreação e esportes, que acabam chegando a lagoa

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O lançamento de efluentes sanitários, por exemplo, está relacionado com os efluentes sanitários oriundos de residências, restaurantes, pousadas, dentre outras construções que têm a lagoa como local de disposição final. Estes efluentes podem ser lançados diretamente na lagoa, com ou sem tratamento prévio, ou através dos cursos d'água e canais de drenagem. Além disso, pode chegar de forma indireta, por exemplo, através dos sistemas de tratamento individual (fossas sépticas e sumidouro, na maioria das vezes) que são instalados na região marginal da lagoa. Desta forma, em períodos onde a lagoa está mais cheia, o espelho d'água pode atingir o local de infiltração destes sistemas e receber esta contribuição de efluente. Estes efluentes inserem na lagoa uma carga de nutrientes e matéria orgânica que pode afetar a qualidade da água e a capacidade da lagoa de lidar com os resíduos gerados nos processos naturais de interação entre organismos e também com outros ecossistemas da BHLI. Além disso, existem organismos que podem ser sensíveis a pequenas variações da qualidade da água e determinadas substâncias tóxicas. Da mesma forma, a água da drenagem urbana da BHLI que chega à lagoa pode trazer resíduos e substâncias tóxicas das atividades que são realizadas nas áreas urbanizadas, além de sedimentos que podem acelerar o assoreamento da lagoa. Outra fonte de potenciais contaminantes à água da lagoa são os efluentes da fazenda de carcinicultura, que na ciclagem das lagoas utilizadas para cultivo do camarão despeja a água residuária na lagoa, de forma pontual na Lagoa de Cima.

As infraestruturas e construções urbanas estão associadas, por exemplo, à restrição do acesso e o uso da lagoa (consequentemente impactando o potencial de determinados SE relacionados com as interações físicas com o ecossistema), bem como supressão da vegetação da margem da lagoa e impedimento do desenvolvimento de determinados organismos que vivem e/ou se reproduzem nesse local. Além disso, podem trazer impactos diretos sobre o ciclo hidrológico e hidrodinâmica da Lagoa de Ibiraquera e gerar impacto sobre a capacidade da lagoa de “regulação de fluxos de base”. Isso pode estar associado à urbanização não só nas margens da lagoa, mas em toda a BHLI. Por exemplo, a erosão do solo ao longo das margens da lagoa e de toda a BHLI, gerada pelas infraestruturas e construções urbanas, irá contribuir diretamente para o assoreamento da lagoa de forma mais acelerada. Da mesma forma, substâncias tóxicas geradas por atividades em toda a BHLI podem chegar à lagoa através da drenagem de água da chuva.

Estes vetores citados também exercem pressão sobre os organismos aquáticos presentes na lagoa, e impactam diretamente sobre o estoque pesqueiro disponível. Somados a estes vetores, temos: a pesca ilegal/sobrepesca; excesso de estressores, que através de luz/sons/ruídos pode influenciar a dinâmica de organismos mais sensíveis; as atividades turísticas que, principalmente no verão, aumentam o uso e as atividades na lagoa e intensificam outros vetores de pressão (lançamento de efluentes, por exemplo); a abertura artificial da barra e a inserção de espécies invasoras, que podem gerar desequilíbrio nas dinâmicas entre os organismos.

Desta forma, todos os vetores geram pressões diferentes sobre um ou mais serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera e as interações entre estes vetores também podem intensificar ainda mais as pressões exercidas. Os impactos gerados já vêm sendo sentidos pelos atores sociais, como na redução da biodiversidade da lagoa, aumento da erosão/assoreamento e redução da qualidade da água ao longo dos anos (Capellesso; Cazella, 2011; De Freitas; Beltrame, 2012; Fabiano, 2004; Seixas; Berkes, 2004; Sobral, 2020). A tendência, pelos modos de desenvolvimento identificados na região, é que estes vetores continuem atuando sobre a Lagoa de Ibiraquera nas próximas décadas, alguns mais intensamente e outros menos, a depender das medidas de gestão adotadas na região. No entanto, mesmo que a intensidade destes vetores diminua, a capacidade da lagoa de suportar ou se adaptar às pressões geradas está cada vez menor, de forma que será cada vez mais difícil mitigar ou mediar os impactos gerados no ecossistema.

Outro agravante são as ameaças climáticas atuantes na região, que tendem a intensificar ou atuar sinergicamente aos vetores de pressão de origem antrópica identificados aqui e gerar impactos ecologicamente complexos. Estas ameaças serão cada vez mais intensas, principalmente em um panorama de médio e longo prazo e deverão trazer novos desafios no enfrentamento a estes vetores.

4.3 AMEAÇAS CLIMÁTICAS

Afim de compreender os efeitos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos identificados na Lagoa de Ibiraquera, inicialmente foram estudadas as ameaças climáticas na área de estudo que apresentam risco de impacto aos SE, para

serem utilizadas na aplicação do modelo conceitual. Desta forma, a partir da metodologia aplicada, foram consideradas 3 principais ameaças climáticas na área de estudo: aumento da temperatura da superfície da Terra, elevação do nível do mar, e eventos extremos de precipitação.

A avaliação do AR6 do IPCC aponta que, para as lagoas e lagunas costeiras, há uma média confiança de que o aquecimento irá causar impactos em intensidade alta ou muito alta. Em relação à elevação do nível do mar o relatório aponta alta confiança de impactos de nível alto a muito alto. As tempestades, associadas também aos eventos extremos de precipitação, poderão causar impactos de média intensidade a estes ecossistemas (nível médio de confiança) (IPCC, 2023c). Outras ameaças que poderão atuar em sinergia com estas consideradas, por exemplo, são as ondas de calor marinhas e a acidificação do oceano (estas principalmente em cenários de conexão mais duradoura entre as lagunas com o oceano).

As projeções para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 para até o ano de 2100 (2081-2100) são apresentadas na Tabela 5, considerando os dados regionalizados para a região SES definida no AR6 do IPCC, na qual está inserida a área de estudo, e projeção da elevação relativa do nível do mar considerando dados do marégrafo de Imbituba (IPCC, 2023a). Os valores são relacionados aos dados do período base de 1995-2014.

Tabela 5: Projeções para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 do IPCC até o ano 2100 em relação às seguintes ameaças: aumento da temperatura da superfície, elevação relativa do nível do mar, aumento da intensidade de eventos extremos de chuva.

Cenário	Aumento da Temperatura (°C)	Elevação do Nível do Mar (m)	Aumento da intensidade de eventos extremos (%)
SSP2-4.5	média: 1,9; máximo: 2,7	média: 0,59; máximo: 0,80	11,1
SSP5-8.5	média: 3,6; máximo: 5,2	média: 0,81; máximo: 1,07	24,3

Fonte: IPCC (2023a; 2023b; 2023c).

Os modelos utilizados pelo IPCC apontam alta e média confiança no aumento das variáveis consideradas. Os valores projetados, no entanto, dependem dos cenários futuros de emissão dos gases de efeito estufa.

As melhores estimativas para a projeção do aumento da temperatura média da superfície são de 2,7°C (SSP2-4.5) e 4,4°C (SSP5-8.5), considerando todo o globo

terrestre. Considerando os valores específicos para a região de estudo (Tabela 5), o aumento da temperatura tende a ser ligeiramente menor ($\sim 0,8^{\circ}\text{C}$) do que o aumento global, $1,9^{\circ}\text{C}$ para SSP2-4.5 e $3,6$ para SSP5-8.5, com valores máximos de $2,7$ e $5,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Isso pode estar relacionado à fatores regionais como a maior influência oceânica, circulação atmosférica e efeitos locais de precipitação. Os valores máximos considerados estão relacionados aos limites superiores da faixa de incerteza “mais provável” que indica que há 95% de probabilidade de conter o valor real, assumindo os modelos utilizados.

Em relação à elevação do nível médio do mar, as projeções do AR6 indicam um aumento médio de $0,56$ m (SSP2-4.5) e $0,77$ m (SSP5-8.5), com os valores máximos da faixa mais provável de $0,76$ e $1,01$ m, respectivamente. Assim como para a temperatura, os valores máximos considerados estão relacionados aos limites superiores da faixa de incerteza “mais provável” que indica que há 95% de probabilidade de conter o valor real, assumindo os modelos utilizados. Realizando uma avaliação regionalizada, observa-se que a projeção para a elevação relativa do nível do mar para a região SES tende a ser maior que a média global (IPCC, 2023a). Utilizando a ferramenta de projeção da elevação do nível do mar do AR6 do IPCC (NASA, 2024), o aumento relativo do nível mar apontado é de $0,59$ m ($0,44\text{--}0,80$) para o cenário SSP2-4.5 e $0,81$ ($0,63\text{--}1,07$) para SSP5-8.5. Estes valores estão relacionados com os dados do marégrafo do município de Imbituba. A diferença deste valor de acordo com a região está relacionada com a combinação de fatores como a expansão térmica dos oceanos e derretimento das geleiras, além de efeitos regionais como subsidência (afundamento da superfície terrestre) e correntes oceânicas. Além disso, uma projeção de baixa confiança do SSP5-8.5, que incorpora uma representação do efeito potencial de processos de baixa probabilidade e alto impacto na camada de gelo que não podem ser descartados, aponta para um cenário ainda mais crítico para o ano 2100, com a elevação do mar podendo chegar até $1,74$ m (faixa mais provável $0,63\text{--}1,74$), sendo a melhor estimativa o aumento de $0,93$ m.

Efeitos mais visíveis a curto prazo poderão ser observados através dos eventos extremos do nível do mar. Segundo o AR6 do IPCC, devido ao aumento relativo do nível do mar, os atuais eventos extremos do nível do mar de 1 em 100 anos são projetados para ocorrer pelo menos anualmente em mais da metade de todos os locais

de marégrafo até 2100, em todos os cenários considerados, o que significa que esta estatística é válida para a região da Lagoa de Ibiraquera.

Em relação a precipitação média anual, projeta-se anomalias de 4% (SSP2-4.5) e 6,5% (SSP5-8.5) relativo às médias de 1995-2014, considerando todo o globo terrestre. Estas anomalias podem representar aumento ou diminuição da precipitação média anual, dependendo da região. Para a região de estudo, estima-se um aumento de 3% para o cenário SSP2-4.5 e 8,2% para SSP5-8.5. Este aumento pode se dar de forma distribuída ao longo do ano, no entanto, também ocorrerá de forma pontual em eventos extremos de precipitação, que serão avaliados como ameaça climática aos SE da Lagoa de Ibiraquera. Os extremos de precipitação são definidos no AR6, por exemplo, através da mudança da máxima precipitação do ano em 1 dia (Rx1day). Para a região SES, estima-se um aumento da intensidade de Rx1day em 11,1% para SSP2-4.5 e 24,3% para SSP5-8.5. Além disso, estes eventos tendem a se tornarem mais frequentes. As mudanças projetadas na frequência dos eventos de precipitação extrema indicam que eventos com tempo de retorno de 50 anos, por exemplo, serão 2 a 3 vezes mais frequentes no cenário SSP2-4.5 e 4 a 5 vezes mais frequentes no cenário SSP5-8.5 até o ano de 2100 (IPCC, 2023c).

Embora as projeções adotadas sejam para o período de 2081-2100, os impactos já deverão ser observados nas próximas décadas, tendo em vista que tanto para curto e médio prazo (2040 e 2060, respectivamente) as variáveis avaliadas apresentarão aumentos para ambos os cenários de emissão (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), principalmente relacionados com os eventos extremos de precipitação.

Os impactos associados ao aumento da temperatura da superfície terrestre estão associados com as consequências decorrentes, entre outros fatores, do aumento da temperatura da água da Lagoa de Ibiraquera, devido às suas baixas profundidades (Rodrigues et al., 2021). A temperatura é um dos fatores mais importantes para os processos biológicos, influenciando diretamente o funcionamento do ecossistema, desde reações químicas básicas até o tempo dos processos lagunares, afetando reprodução, desenvolvimento, migrações, entre outros fatores, dos organismos aquáticos, além de estar relacionada com a diminuição do oxigênio dissolvido disponível, essencial para os organismos aeróbicos (Newton et al., 2018). Desta forma, serviços ecossistêmicos relacionados com fatores bióticos, tendem a ser

mais vulneráveis ao aumento da temperatura da água (Brito et al., 2012; Chapman, 2012b). Ainda, o aumento da temperatura da superfície terrestre pode causar mudanças no ciclo hidrológico local, tendo em vista o consequente aumento da evaporação da água da lagoa, que por sua vez, pode levar ao aumento da salinidade (Brito et al., 2012; Chapman, 2012b; Newton et al., 2018).

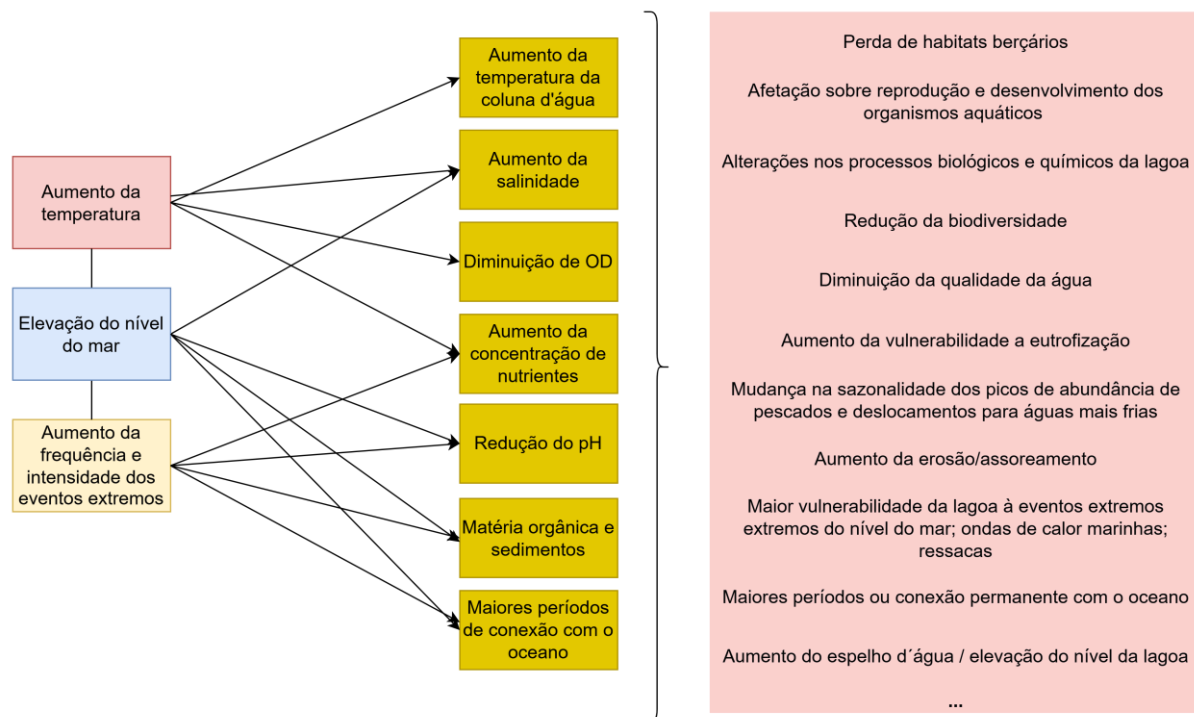
Conforme abordado nos capítulos de revisão, os impactos atribuídos exclusivamente à elevação do nível do mar são geralmente lentos, repetitivos e cumulativos. Efeitos imediatos sobre as lagunas costeiras incluem submersão, aumento das inundações e maior intrusão de água salgada no corpo d'água, enquanto os efeitos de longo prazo incluem o aumento da erosão e assoreamento e a intrusão salina nos aquíferos subterrâneos (Carrasco; Ferreira; Roelvink, 2016). Observando a situação específica da Lagoa de Ibiraquera, é possível que com a elevação relativa do nível do mar na região, hajam mais e maiores períodos de conexão da lagoa com o mar, com aumento da salinidade e outras mudanças nas características físico químicas da água, associadas, por exemplo, à acidificação do oceano que também é prevista pelo IPCC (IPCC, 2023b). Considerando que a desembocadura da lagoa no mar acontece em uma região de bastante impacto das ondas e muitas vezes com uma grande abertura, é possível que os processos de erosão e assoreamento sejam acelerados, ainda mais quando associados à eventos de tempestade e ressaca, que também tendem a ser mais frequentes e intensos na região nos cenários considerados. Com a possibilidade de uma frequente inundação de áreas baixas no entorno da lagoa, também pode haver a expansão da área da Lagoa de Ibiraquera, representando um risco aos atores sociais que vivem ou estão associados a atividades nas margens da lagoa. Outro fator associado à esta possível expansão do espelho d'água da lagoa é a possibilidade de colapso dos sistemas de tratamento de esgoto das edificações da margem da lagoa.

Se por um lado, poderemos observar um aumento da salinidade devido ao aumento da temperatura e nível do mar, os eventos extremos de precipitação podem ocasionar diminuições pontuais da salinidade, embora as variações na salinidade estejam muito mais associadas à conexão da lagoa com o oceano (Bonetti; Bonetti; Beltrame, 2005; Sobral, 2020). Considerando que a tendência para o ano de projeção dos cenários é o aumento das áreas urbanizadas, com maior impermeabilização e diminuição de áreas úmidas da BHLI, os aportes de água doce na lagoa após estes

eventos serão ainda maiores. Por estes mesmos motivos, é possível que a qualidade da água da lagoa também seja impactada, devido às elevadas cargas de nutrientes, resíduos e eventuais toxinas carregados pelo escoamento da água da chuva na bacia hidrográfica (Brito et al., 2012; Jiménez-Navarro et al., 2025; Pérez-Ruzafa et al., 2019). Além disso, estes eventos extremos poderão levar grandes quantidades de sedimento para dentro da lagoa e até mesmo modificar a disposição dos bancos de areia e margens da lagoa (They et al., 2013).

De forma resumida, a Figura 29 apresenta um esquema que sintetiza as informações discutidas neste capítulo, relacionando as ameaças climáticas com os possíveis impactos sobre a Lagoa de Ibiraquera.

Figura 29: Esquema sintético relacionando as principais ameaças climáticas consideradas (esq.), mudanças de estado (centro) e possíveis impactos sobre a Lagoa de Ibiraquera (dir.).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Por fim, para além dos efeitos isolados de cada uma das ameaças climáticas, os efeitos combinados destas e outras ameaças, somadas aos vetores de pressão de origem antrópica, podem causar efeitos adversos sobre os SE da Lagoa de Ibiraquera e toda a BHLI. Estes efeitos são complexos e ainda difíceis de serem modelados, evidenciando a necessidade de estudos integrados entre as diversas ameaças climáticas e de origem antrópica (IPCC, 2023c).

4.4 AMEAÇAS CLIMÁTICAS E OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DA LAGOA DE IBIRAQUERA

4.4.1 Definição dos valores de ameaça e serviços ecossistêmicos mais ameaçados

A partir dos valores projetados para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 (Tabela 5) e da classificação dos níveis de ameaça (Tabela 2) foram definidos os valores (A_{ES}) que representam o nível em que as ameaças climáticas afetam os serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera. Na Tabela 6 são apresentados os SE agrupados de acordo com o valor de A_{ES} para os dois cenários considerados.

Tabela 6: Classificação dos SE da Lagoa de Ibraquera quanto ao valor do nível de ameaça (Aes) para os cenários SSP2-4.5 e SS5-8.5.

Nível de Ameaça (Aes)	SSP2-4.5	SSP5-8.5
1,0	Nenhum SE	Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos
0,75	Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos	Animais selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia
		Material genético de animais
		Regulação de fluxos de base e eventos extremos
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético
		Condições da água
0,5	Animais selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia Material genético de animais Regulação de fluxos de base e eventos extremos Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético Condições da água Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Plantas selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia
		Controle de pragas e doenças
		Composição e condições atmosféricas
		Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia
		Mediação de estressores de origem antropogênica
0,25	Plantas selvagens para nutrição, matéria-prima ou energia Composição e condições atmosféricas Mediação de estressores de origem antropogênica Controle de pragas e doenças Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural
		Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural
0	Nenhum SE	Nenhum SE

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em ambos os cenários, avaliou-se que as ameaças climáticas irão afetar em algum nível todos os serviços ecossistêmicos ofertados pela Lagoa de Ibiraquera, ou seja, não houveram SE cujo valor de ameaça foi zero. Tendo em vista que o cenário SSP5-8.5 representa alterações mais severas das ameaças climáticas consideradas, os valores de A_{ES} para este cenário foram, em geral, maiores do que para o cenário SSP2-4.5. Para ambos os cenários, o SE mais ameaçado foi o SE de “mediação de resíduos”, com valor de A_{ES} de 0,75 e 1 para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, respectivamente. Para o cenário SSP2-4.5, identificou-se que as ameaças climáticas podem causar perdas relevantes de curto e médio prazo ($A_{ES}=0,5$) para 6 SE. Outros 7 SE também foram classificados sob ameaça real, no entanto com perdas menores ($A_{ES}=0,25$) devido às ameaças climáticas. Já para o cenário SSP5-8.5, a maioria dos SE foi classificado sob ameaças sérias ($A_{ES} = 0,75$) e muito sérias ($A_{ES} = 1$). Dos 14 SE, 1 foi classificado com uma ameaça muito séria ($A_{ES} = 1$), e 6 SE com valor de A_{ES} de 0,75. Ainda, para 3 SE foi considerado a possibilidade de perdas relevantes de curto e médio prazo em relação à provisão do SE ($A_{ES} = 0,5$). Para este último cenário, 3 SE foram classificados com o valor de A_{ES} de 0,25.

Para fins de comparação dos fluxos entre a Lagoa de Ibiraquera, serviços ecossistêmicos e atores sociais, com e sem a atuação das ameaças climáticas consideradas, foi gerado um novo diagrama Sankey (Figura 30), considerando a redução sobre a provisão dos SE pela Lagoa de Ibiraquera para o cenário mais crítico (SSP5-8.5), onde os valores de redução são os mesmos valores de A_{ES} , ou seja, para um valor de A_{ES} de 0,5 considerou-se uma redução de 50% do SE. Desta forma, comparando com o diagrama Sankey da Lagoa de Ibiraquera sem a atuação das ameaças climáticas (Figura 28), é possível observar a diminuição dos fluxos entre as colunas, associada à perda ou decréscimo destes SE ofertados pela Lagoa de Ibiraquera e a consequente redução dos benefícios obtidos pelos atores sociais.

Figura 30: Diagrama Sankey ilustrando a correlação entre a Lagoa de Ibiraquera, serviços ecossistêmicos e atores sociais, considerando a atuação das ameaças climáticas e o consequente decréscimo da provisão do serviço ecossistêmico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A partir da classificação apresentada na Tabela 6, foi possível avaliar os SE cuja provisão está sob maior ameaça devido à projeção das ameaças climáticas e que tendem a sofrer mais impactos nos cenários definidos. Desta forma, foram identificados, primeiramente, os SE que estarão sob níveis de ameaça sério ou muito sério ($A_{ES} = 0,75$ e $A_{ES} = 1$), em algum dos cenários. São eles: “animais selvagens” ($0,75 - SSP5-8.5$ e $0,5 - SSP2-4.5$), “regulação de fluxos de base e eventos extremos” ($0,75 - SSP5-8.5$ e $0,5 - SSP2-4.5$), “mediação de resíduos ou substâncias tóxicas” ($1,0 - SSP5-8.5$ e $0,75 - SSP2-4.5$), “manutenção do ciclo de vida” ($0,75 - SSP5-8.5$ e $SSP2-4.5$), “condições da água” ($0,5 - SSP2-4.5$ e $0,75 - SSP5-8.5$) e “interações físicas e experienciais” ($0,75 - SSP5-8.5$ e $SSP2-4.5$). De forma geral, os SE de regulação e manutenção são os mais afetados pelas mudanças climáticas na Lagoa de Ibiraquera, seguidos pelos serviços de provisão e culturais, respectivamente.

Desta forma, alguns dos principais usos e benefícios que podem ser reduzidos são: estoque pesqueiro, controle de erosão, controle de inundação, manutenção da qualidade da água da lagoa, depuração e diluição de efluentes, atividades de pesca artesanal, lazer, prática de esportes e ecoturismo na Lagoa de Ibiraquera. Todos os atores sociais considerados na MES tendem a ser impactados pela perda ou redução da provisão destes SE.

A seguir são apresentados, de forma individualizada, alguns dos possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre os SE identificados como mais ameaçados:

- **Animais usados para nutrição, materiais ou energia:**

A avaliação das ameaças climáticas sobre este serviço indica a possibilidade de uma redução considerável na diversidade e abundância dos animais aquáticos disponíveis na Lagoa de Ibiraquera no cenário projetado.

Animais como o camarão, o berbigão, e diversas espécies de peixes já têm a diminuição de sua população observada ao longo das últimas décadas (Capellesso; Cazella, 2011; Seixas, 2002; Seixas; Berkes, 2004) associada principalmente às mudanças de estado da lagoa causadas pelos vetores de pressão de origem antrópica, como a sobrepesca/pesca ilegal e o lançamento de efluentes de diferentes fontes. Estudos realizados em outras lagoas costeiras confirmam que a abundância e diversidade de pescados pode ser negativamente relacionada com pressões antrópicas e efeitos das mudanças climáticas (Guimarães, 2019; Rodrigues et al., 2021).

Em relação ao aumento da temperatura da superfície terrestre, espera-se que seja refletido também no aumento da temperatura da coluna d'água da lagoa (Jiménez-Navarro et al., 2025; Rodrigues et al., 2021). Muitos animais aquáticos são sensíveis às temperaturas máximas e o aumento desta variável pode afetar a sobrevivência e riqueza de peixes pelo estresse térmico e pela diminuição de oxigênio (Brito et al., 2012; Guimarães, 2019). Outra consequência que poderá ser observada é o deslocamento da população de espécies mais sensíveis para latitudes mais altas e mudanças na sazonalidade dos picos de abundância de determinadas espécies (IPCC, 2023b). As ondas de calor marinho, que também serão mais frequentes nos cenários avaliados e que podem atuar sobre a lagoa em períodos de conexão com o oceano, podem agravar ainda mais os impactos citados (IPCC, 2023c).

O aumento da salinidade, relacionado principalmente com a elevação do nível do mar, mas com influência também do aumento da temperatura, é um fator importante para a dinâmica das comunidades de peixes e outros animais presentes na lagoa (Guimarães, 2019; Jiménez-Navarro et al., 2025; Rodrigues-Filho et al., 2023). Mudanças nos gradientes de salinidade poderão favorecer a dominância de espécies mais adaptadas e dificultar o desenvolvimento de espécies mais sensíveis (Valesini et al., 2017). Desta forma, é possível que haja uma redução na diversidade de pescados e na abundância de algumas populações, principalmente no cenário mais crítico

(SSP5-8.5). Espécies de peixes de água doce, encontradas principalmente na Lagoa de Cima por exemplo, estarão sob ameaça neste cenário.

O possível aumento da eutrofização na lagoa causada ou agravado pelos eventos extremos de chuva e aumento da precipitação, associado às cargas de efluentes já recebidos pelo corpo lagunar, poderá resultar na perda permanente de habitats essenciais, à diminuição do suporte à vida aquática e portanto, na redução da provisão de animais para uso humano (Guimarães, 2019; IPCC, 2023a; Jiménez-Navarro et al., 2025; Kennish, 2016)

Além disso, a supressão da vegetação da margem da lagoa somada a um possível avanço do espelho d'água pode também dificultar a reprodução e desenvolvimento de determinadas espécies que utilizam estas áreas para estes fins em fase juvenil, bem como a adaptação às mudanças climáticas e proteção destas populações ao aumento de usos que ameaçam seu desenvolvimento saudável.

Os atores sociais mais afetados com a redução da oferta deste serviço pela Lagoa de Ibiraquera serão os pescadores artesanais. Outros atores afetados pelos impactos neste SE são a comunidade local, setor de turismo, setor governamental e instituições de ensino e pesquisa.

- **Material genético de animais:**

A provisão deste SE está diretamente condicionada à disponibilidade e diversidade das populações animais na Lagoa de Ibiraquera, sendo afetada pelos mesmos mecanismos discutidos no tópico anterior.

Desta forma, a redução da oferta deste serviço ameaça a possibilidade de usos e benefícios associados como a realização de estudos e pesquisas com os animais presentes na Lagoa de Ibiraquera, bem como a compreensão de suas respostas às mudanças climáticas. Estes estudos são de extrema importância para a conservação da fauna encontrada nas lagoas costeiras, bem como para estratégias de adaptação aos cenários de mudanças climáticas.

Da mesma forma, torna-se mais difícil a possibilidade de reprodução artificial de determinados animais nativos da região para repovoamento, por exemplo, caso essa seja uma alternativa à redução da população destas espécies, como já aconteceu com o camarão décadas atrás (Fabiano, 2004).

Neste caso, os principais atores sociais que podem ser afetados são a comunidade local, pescadores artesanais, as instituições de ensino e pesquisa e o setor governamental.

- **Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos:**

A redução da oferta deste serviço está relacionada tanto aos processos vivos, através da depuração de poluentes e resíduos por microorganismos, algas, plantas e animais, como por processos não vivos, como a diluição de efluentes na lagoa e transporte para o oceano (Haines-Young; Potschin, 2018).

A redução da biodiversidade, o possível aumento do nível médio da Lagoa de Ibiraquera e o aumento da carga de nutrientes, matéria orgânica e substâncias tóxicas na lagoa causadas pela atuação conjunta das ameaças climáticas e vetores de pressão tendem a diminuir de forma considerável a capacidade da Lagoa de Ibiraquera de prestar este serviço.

A redução da biodiversidade e da abundância de organismos aquáticos, tal qual discutido anteriormente em relação ao SE de “animais selvagens”, reflete também na perda de organismos essenciais nos processos de depuração natural (Rodrigues-Filho et al., 2023). Isso implica em menor eficiência na assimilação, transformação e retenção de nutrientes e substâncias tóxicas, reduzindo a resiliência da lagoa frente ao aumento das cargas poluentes (Chapman, 2012a).

O aumento da eutrofização, associado entre outros fatores com o os eventos extremos e aumento da precipitação, como citado anteriormente em relação ao SE de “animais selvagens”, poderá resultar no aumento ou surgimento da eutrofização na lagoa, diminuição do oxigênio e surgimento de zonas mortas, diminuindo assim a capacidade da lagoa de diluir e depurar os resíduos provenientes de diferentes atividades na BHLI (cujas contribuições também serão crescentes para o cenário projetado) (Rodrigues et al., 2021; Rodrigues-Filho et al., 2023).

A redução da provisão deste SE pode apresentar diferenças na sua distribuição ao longo da Lagoa de Ibiraquera. A Lagoa de Cima pode ser um dos setores mais afetados. Naturalmente, ela já possui menor fluxo de água com o oceano devido à distância da barra. Além disso, em seu entorno está

uma região bastante urbanizada, com grande densidade populacional, principalmente na temporada de verão, e diversas atividades potencialmente poluidoras, como a carcinicultura, realizada nas margens da Lagoa de Cima, e cujos impactos à qualidade da água da lagoa são relatados pela comunidade desde sua instalação (Fabiano, 2004; Teixeira, 2023).

A classificação deste SE em relação ao valor de A_{SE} para o cenário SSP5-8.5 está associada, portanto, à possibilidade de que a lagoa atinja um limite funcional, no qual o ecossistema não seja mais capaz de mediar de forma eficaz os resíduos e substâncias tóxicas provenientes das atividades desenvolvidas na bacia, principalmente pelo aumento da eutrofização e carga orgânica na coluna d'água. A diminuição da qualidade da água da lagoa e sobrecarga de efluentes e nutrientes já é relatado em estudos na Lagoa de Ibiraquera nos últimos anos, bem como em outras lagoas costeiras no litoral sul brasileiro (Silva et al., 2017; Sobral, 2020; Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014).

A redução da provisão deste SE, além de causar impactos sobre o bem-estar da comunidade local que vive no entorno da lagoa, pode também afetar outros SE que dependem de uma água de boa qualidade para serem mantidos. A comunidade local certamente está entre os atores sociais mais afetados, bem como o setor de turismo, setor da construção civil, instituições de ensino e pesquisa, e o setor governamental. Neste sentido, a partir da avaliação dos vetores de pressão de origem antrópica identificados, percebe-se que alguns dos atores sociais que serão afetados pela redução da provisão deste SE, também estão contribuindo de forma considerável para a degradação do serviço.

- **Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético:**

A perda ou decréscimo deste SE também se relaciona diretamente com o estoque pesqueiro e a pesca artesanal na lagoa. Este SE está relacionado com a manutenção do ciclo de vida de populações de organismos que ocupam a Lagoa de Ibiraquera de forma permanente ou migratória, bem como o fornecimento de habitat e local de reprodução para diversos animais, inclusive animais marinhos, como peixes, que utilizam a lagoa para se reproduzir e depois voltam para o mar (Kennish, 2016; Pérez-Ruzafa et al., 2019;

Rodrigues-Filho et al., 2023). Muitos dos animais aquáticos em fase juvenil são sensíveis à variações bruscas nas características da água, como temperatura, pH, salinidade, nutrientes e matéria orgânica (Guimarães, 2019). Todas estas variáveis citadas tendem a apresentar alterações consideráveis no cenário projetado. Além disso, algumas regiões da lagoa que são propícias para reprodução e desenvolvimento de muitas espécies, como aquelas associadas às marismas, podem ser impactadas por processos erosivos e pelo aumento do nível da lagoa associado à elevação do nível do mar e também dos eventos extremos de precipitação (They et al., 2013).

Adicionalmente, as ameaças já presentes na região, através dos vetores de pressão de origem antrópica, já vem colaborando para uma redução da provisão deste serviço. Alguns pescadores artesanais da região, por exemplo, atribuem a redução da diversidade e quantidade de alguns pescados à perda de habitat para reprodução e desenvolvimento dos animais. Desta forma, podem ser impactados os seguintes atores sociais que se beneficiam deste SE: pescadores artesanais, comunidade local, instituições de ensino e pesquisa e setor governamental.

- **Condições da água:**

O SE de “condições da água” está relacionado à regulação das condições químicas da água e de macro nutrientes, como fósforo e nitrogênio, por processos vivos (Haines-Young; Potschin, 2018). De forma semelhante ao SE de “mediação de resíduos” a redução da oferta do serviço poderá estar relacionada aos mesmos efeitos das ameaças climáticas sobre a biota da lagoa e a perda da capacidade do ecossistema de regular a qualidade da água considerando as cargas de nutrientes que chegam à lagoa pelas diferentes fontes.

Sobral (2020) identificou, através do índice de qualidade da água IQAC, que a água da Lagoa de Ibiraquera pode ser classificada como “ruim”. Isso indica que a capacidade do ecossistema de regular a qualidade da água já está comprometida. O mesmo autor identificou que os parâmetros que mais apresentaram valores desconformes com a lei foram detergentes, fostato e sulfeto. Além disso, eventos de precipitação resultam de fato em um aumento

de fósforo na lagoa, embora a maior fonte de poluição é o lançamento de efluentes.

Considerando que somado ao aumento da precipitação média anual na região, os eventos extremos de chuva serão mais frequentes e intensos, a influência da chuva sobre a carga de nutrientes na lagoa poderá ser mais significativa. Da mesma forma, a carga de nutrientes tende a aumentar devido às mudanças de uso do solo na BHLL, maior ocupação e aumento da densidade populacional. A tendência é que os processos vivos que regulam a qualidade da água sejam cada vez mais impactados pelas ameaças consideradas, principalmente no cenário mais crítico de mudanças climáticas, tendo em vista a potencial redução da população de diferentes organismos, como peixes, moluscos e crustáceos, causadas pelo aquecimento, mudanças na salinidade, redução de oxigênio e eutrofização devido as interações entre as ameaças climáticas e vetores de pressão de origem antrópica citadas anteriormente.

- **Interações físicas e experienciais:**

A redução deste SE está intimamente ligado com a qualidade da água da Lagoa de Ibiraquera e com a capacidade dos atores sociais de continuarem a exercer as atividades interativas e experienciais com o ecossistema -(Haines-Young; Potschin, 2018). A redução da oferta deste SE também já vem sendo observada nos últimos anos. De acordo com relatos da comunidade local, algumas pessoas já não se banham mais na lagoa por perceberem uma diminuição da qualidade da água. Outras relatam que já não pescam mais devido à “lama” presente no solo da lagoa. Esta redução no uso da lagoa para estes fins e a degradação do SE tende a ser intensificada até o período dos cenários projetados. Segundo a comunidade, na Lagoa de Cima tem sido observada a redução da qualidade da água, também confirmado por Sobral (2020), bem como redução de pescados. Isso influencia em atividades importantes como a pesca artesanal e práticas de esportes nesta região da lagoa. Na Lagoa de Baixo, região igualmente importante para estas atividades e uma das mais procuradas pelos turistas, principalmente na temporada de verão (dezembro a fevereiro), também pode ter seu uso reduzido nos cenários projetados devido a redução da qualidade da água, já observado também por estudos recentes (Sobral, 2020).

Este SE possui um valor socioeconômico importante para os atores sociais beneficiados, pois está relacionado com o bem-estar da comunidade local, com a prática de atividades importantes na região ao longo de todo o ano. Desta forma, a redução da oferta deste SE neste nível pode representar impactos importantes sobre a comunidade local, pescadores artesanais, comunidades tradicionais, instituições de ensino e pesquisa, organizações que promovem educação ambiental, setor governamental e instituições de ensino e pesquisa.

- **Regulação de fluxos de base:**

Assim como o SE de “mediação de resíduos”, o decréscimo da provisão deste SE está relacionado com o limite da capacidade de provisão do serviço de regulação pela Lagoa de Ibiraquera. Considerando a intensificação dos extremos de precipitação e aumento da frequência destes eventos, principalmente no cenário SSP5-8.5, haverá menos tempo para reabilitação da lagoa entre um evento e outro, principalmente considerando a possibilidade de a lagoa ser mais “exigida” devido à uma provável redução da área das áreas úmidas que também prestam este SE, causada pelo aumento da urbanização e outros vetores de pressão (Chapman, 2012b; Inácio; Barboza; Villoslada, 2023).

Além disso, os eventos de início lento associados às ameaças climáticas consideradas tendem a gerar impactos cumulativos sobre o SE e diminuem a capacidade da lagoa de regulação dos efeitos de eventos extremos. As alterações no ciclo hidrológico, aumento das taxas de erosão e assoreamento, aumento do espelho d’água da lagoa e outros fatores associados às ameaças climáticas tendem a dificultar a provisão deste SE da maneira como ocorre atualmente, de forma que pode não ser mais capaz de proteger as comunidades e assentamentos humanos da BHLI de eventos extremos, por exemplo. Desta forma, os seguintes atores sociais serão afetados: comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.

Identificou-se, portanto, que as ameaças climáticas representam de fato uma ameaça à provisão de todos os serviços ofertados pela Lagoa de Ibiraquera, podendo causar perdas consideráveis ou a redução na provisão dos SE ao longo das próximas

décadas. Os potenciais impactos sobre a provisão de SE pela Lagoa de Ibiraquera podem representar graus de importância diferentes para cada um dos atores sociais. Isso pode depender de valores afetivos, espirituais, econômicos, sociais, dentre tantos outros fatores. Além disso, determinados atores sociais podem apresentar maior vulnerabilidade à perda de um SE do que outros, dependendo, por exemplo, da capacidade adaptativa ao cenário e da dependência socioeconômica que este serviço representa para este grupo de pessoas.

Outro fator a ser levado em consideração é a capacidade dos atores sociais de obterem o benefício associado ao SE através de outras fontes. Na BHLI, por exemplo, alguns dos SE ofertados pela Lagoa de Ibiraquera também são ofertados por outros ecossistemas. No entanto, estes ecossistemas também estão sujeitos às ameaças climáticas, em graus maiores ou menores, bem como aos vetores de pressão de origem antrópica. Este é mais um dos motivos que demonstra a importância da utilização da bacia hidrográfica como unidade de gestão. Portanto, medidas e estratégias de adaptação devem ser pensadas com um olhar sobre toda a BHLI, considerando todos os ecossistemas e atividades realizadas na região. Além disso, os atores sociais têm um papel importante na gestão da Lagoa de Ibiraquera, devendo ser incluídos nas tomadas de decisão, medidas de adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, da mesma forma que devem ser responsabilizados pelas pressões que suas respectivas atividades representam à provisão de SE pela lagoa.

Por fim, é importante valorizar o papel que a Lagoa de Ibiraquera possui na proteção da comunidade da BHLI em relação aos efeitos das mudanças climáticas. Por exemplo através dos SE de regulação como “regulação de fluxos de base e eventos extremos”, “composição e condições atmosféricas”, “condições da água”, “mediação de resíduos”, que trazem benefícios como conforto e segurança para ocupação humana, proteção das comunidades à alagamentos e ondas de calor, e garantem também a manutenção de outros serviços ecossistêmicos essenciais da Lagoa de Ibiraquera e de outros ecossistemas da BHLI.

4.4.2 Elevação do nível do mar no entorno da Lagoa de Ibiraquera

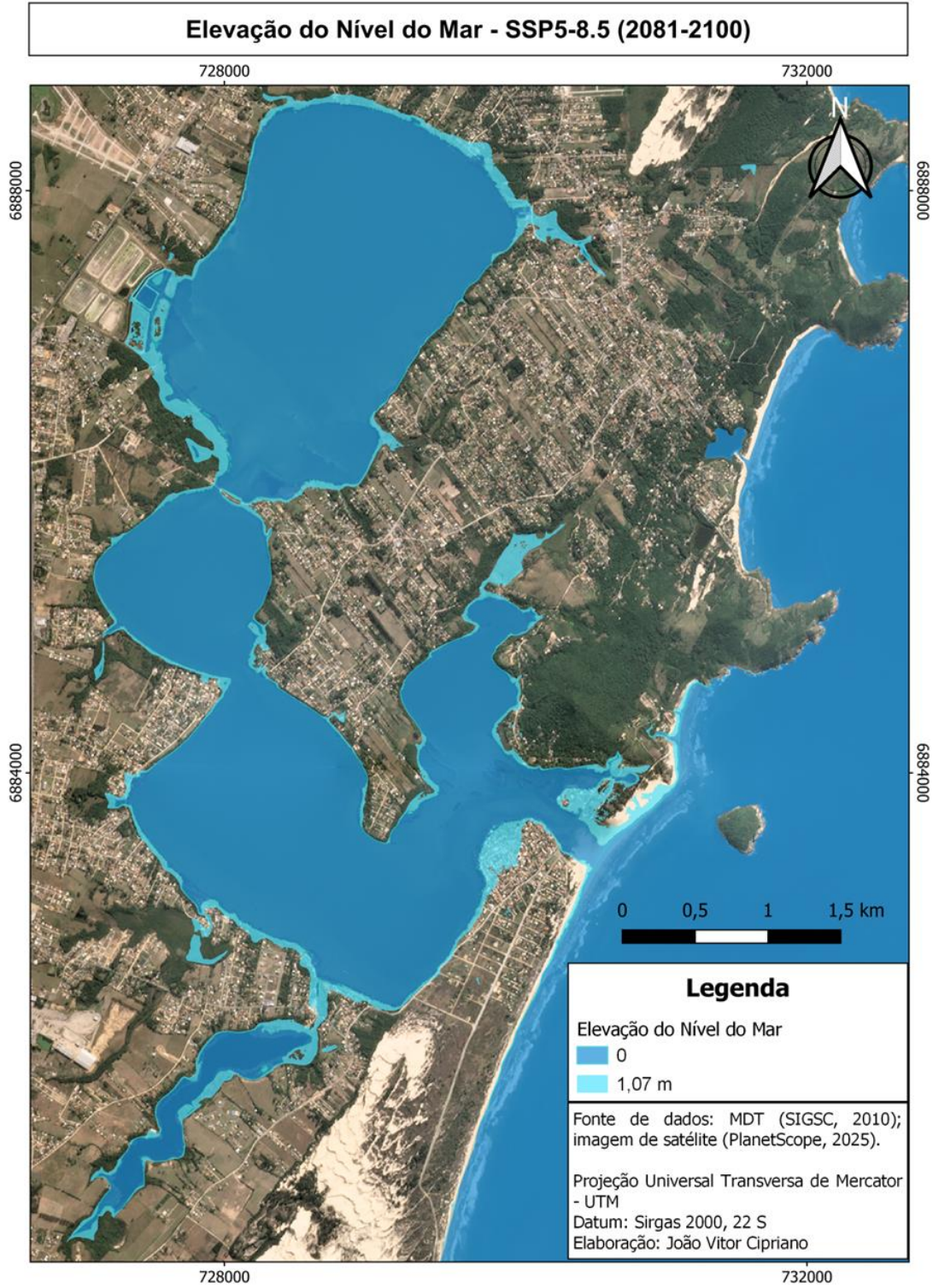
Afim de se obter uma percepção visual da projeção mais do cenário mais crítico (SSP5-8.5) para a elevação do nível do mar até o ano 2100, aplicou-se no software QGIS, a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT), uma simulação de uma elevação de 1,07 m do nível do mar, através de uma imagem de satélite da Lagoa de Ibiraquera em período onde está conectada com o mar. Para a simulação, considerou-se que a elevação de 1,07 no nível relativo do mar na região representaria a mesma elevação do nível da lagoa, ou seja, que quando a lagoa está conectada com o mar ambos estão no mesmo nível. Desta forma, embora não represente com precisão a elevação do nível da lagoa devido à elevação relativa do nível do mar, pode colaborar para o mapeamento de áreas mais baixas e que possuem potencial risco de inundação no cenário projetado.

A partir da análise deste mapa, percebe-se que algumas áreas urbanas devem receber atenção, como na Lagoa de Baixo no bairro da Barra de Ibiraquera, próximo a desembocadura da lagoa, região bastante urbanizada e próxima do mar, portanto mais suscetível a ter os impactos intensificados pela atuação de ressacas e eventos extremos do nível do mar. No bairro do Campo D'una, na extremidade da Lagoa de Cima, também há uma região urbanizada com construções nas regiões de influência do aumento do nível da lagoa. Destaca-se também algumas áreas de banhado que estão no nível de elevação analisado, como o banhado acima da Lagoa do Saco, área inclusive identificada pela comunidade como um importante banhado da região, além da região próxima à fazenda de carcinicultura, na Lagoa de Cima. Algumas outras áreas na Lagoa de Baixo, na região de conexão com a Lagoa Doce, também apresentam risco de inundação neste cenário, ainda mais considerando eventos extremos de chuva e aumento do nível do rio que conecta a Lagoa Doce e Lagoa de Ibiraquera.

Por fim, é possível perceber que as maiores alterações tendem a acontecer na região de conexão entre a lagoa e o mar, com alterações na dinâmica de sedimentos e na formação dos bancos de areia que os separam, possibilidade de abertura permanente da barra ou aumento da frequência de abertura.

Tudo isso demonstra o risco da ocupação e do avanço de infraestruturas e construções urbanas nestas áreas. Demonstra também que, além de impactos sobre os serviços ecossistêmicos ofertados pela lagoa, a elevação do nível do mar pode causar consequências sobre usos e atividades fora deste ecossistema e gerar impactos econômicos e sociais às comunidades humanas. Além disso, ressalta ainda mais a importância da conservação e recuperação da vegetação das margens da lagoa, com marismas, banhados e restinga, que possuem um papel importante na proteção das ocupações adjacentes e na contenção do avanço do espelho d'água.

Figura 31: Simulação da elevação relativa do nível do mar a partir do MDT, considerando elevação de 1,07 m para a projeção do cenário SS5-8.5 no período 2081-2100.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5 MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO

Diante dos resultados apresentados, a partir das ameaças climáticas e vetores de pressão de origem antrópica sobre os serviços ecossistêmicos ofertados pela Lagoa de Ibiraquera, são recomendadas algumas medidas de adaptação a serem implementadas na BHLI, que podem colaborar com a efetiva manutenção dos serviços ecossistêmicos e redução das ameaças atuantes nos cenários projetados das mudanças climáticas.

A adaptação está relacionada com o processo de ajuste ao clima real ou esperado e seus efeitos a fim de moderar os danos ou explorar oportunidades benéficas (IPCC, 2023c). Neste sentido a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima esperado e seus efeitos. As medidas de adaptação podem ter benefícios generalizados para a segurança alimentar, a nutrição, a saúde e o bem-estar, os ecossistemas e a biodiversidade (IPCC, 2023a, 2023c). A identificação e implementação destas medidas já é pautada pelo Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) (MMA, 2024), que orienta ações setoriais voltadas à redução da vulnerabilidade e ao aumento da resiliência socioambiental, e também através do Plano Clima (MMA, 2026) que estabelece as diretrizes estratégicas para a adaptação e mitigação no âmbito da política climática nacional.

A implementação das medidas considerando toda a área da BHLI faz-se importante pelas relações e interações entre os ecossistemas e atores sociais identificados neste território e a influência que exercem sobre os serviços ofertados pela Lagoa de Ibiraquera (Barragán Muñoz, 2014). As medidas devem contar com o apoio e/ou realização do setor governamental, em especial das Prefeituras Municipais de Imbituba e Garopaba. De acordo com o AR6 do IPCC, a eficácia de medidas de adaptação exige compromisso político e acompanhamento a curto prazo, cooperação social, financiamento e políticas e apoio e ações intersetoriais mais integradas (IPCC, 2023c).

As medidas de adaptação também podem ser classificadas como medidas estruturais e medidas não estruturais (MMA, 2026). As medidas estruturais envolvem ações de engenharia, infraestrutura e intervenções nos ecossistemas, como sistemas

de drenagem, melhoramento de infraestruturas hídricas, sistemas de drenagem sustentável, técnicas compensatórias e recuperação de ecossistemas. As medidas não estruturas apresentam uma aplicação mais geral, de cunho governamental, educacional e de participação social (contemplando processos institucionais e de gestão).

Um conceito importante neste contexto é das soluções baseadas na natureza, definidas pela IUCN como “ações para proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados que abordam desafios sociais de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios à biodiversidade” (Cohen-Shacham et al., 2016). Este é um termo abrangente para todas as abordagens de gestão natural, incluindo aquelas aplicadas para redução de riscos de desastres ou adaptação às mudanças climáticas (Sudmeier-Rieux et al., 2019). As SbN são parte essencial da resposta ao desafio imposto pela mudança do clima e demandam ações para proteção, manejo e restauração de ecossistemas naturais e modificados (Veiga Lima, 2024).

Dentro deste conceito, também se insere uma importante abordagem, a Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE), que utiliza dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade como parte de uma estratégia de adaptação mais ampla para auxiliar as pessoas e as comunidades a se adaptarem aos efeitos negativos das mudanças climáticas em nível local, nacional, regional e global (UNEP, 2021).

Desta forma, as medidas de adaptação propostas no contexto deste trabalho foram pensadas a partir do conceito das SbN e, principalmente, utilizando a AbE, tendo como principal estratégia a conservação e restauração dos ecossistemas costeiros presentes na BHLI. A utilização destas medidas tendem a gerar benefícios ambientais, econômicos e/ou sociais, independente das incertezas atreladas às previsões climáticas e os efeitos sobre os ecossistemas e respectivos serviços ecossistêmicos da BHLI (Sudmeier-Rieux et al., 2019). Portanto, são medidas que se provarão válidas ainda que não ocorram os impactos previstos (sem arrependimento) e ações que requerem pequenos esforços adicionais para lidar com estes impactos (baixo arrependimento) (MMA, 2016).

Sendo assim, a partir das ameaças identificadas na área de estudo e potencialidades identificadas a partir do território e dos atores sociais, foi elaborada uma lista com 26 medidas de adaptação que são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8: Medidas de adaptação propostas para a Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera.

Tipo de medidas	Medidas de adaptação
Medidas estruturais	Mapeamento das nascentes dos rios da BHLI e implementação de sistemas de proteção (isolamento do entorno e utilização do sistema tipo caxambu, por exemplo)
	Revitalização de cursos d'água da BHLI e recuperação das matas ciliares
	Implementação de corredores ecológicos e conexão entre os ecossistemas naturais identificados na BHLI, bem como com novas áreas verdes a serem criadas
	Implementação de estruturas verdes, como áreas alagadas construídas, jardins de chuva, células de biorretenção, entre outras técnicas compensatórias (técnicas de drenagem urbana sustentável) para receber parte da água de drenagem, evitando alagamentos localizados
	Adequação dos sistemas individuais de tratamento de esgoto na BHLI, principalmente daqueles mais próximos à Lagoa de Ibiraquera.
	Conservação e proteção das áreas úmidas da BHLI, que irão contribuir com o controle de erosão da Lagoa de Ibiraquera,
	Recuperação da vegetação das margens da Lagoa de Ibiraquera, caracterizada principalmente por marismas, banhado e restinga
	Restauração ou recuperação das áreas degradadas dos ecossistemas naturais da BHLI: Lagoa de Ibiraquera, Lagoa doce, marismas, banhado, restinga, fragmento florestal, dunas e rios
Medidas não estruturais	Criação de um programa de monitoramento da biodiversidade e de parâmetros físicos, químicos e biológicos da Lagoa de Ibiraquera
	Promoção de ações de educação ambiental e climática para comunidade local
	Promoção de práticas sustentáveis de agricultura e pecuária na região, com o objetivo de proteção dos ecossistemas naturais da BHLI como os rios, banhados, fragmentos florestais, restinga e as lagoas costeiras.
	Capacitação da comunidade local para gestão e uso sustentável dos ecossistemas e da água
	Desenvolvimento e implementação de planos municipais de adaptação à mudança do clima (Imbituba e Garopaba)
	Elaboração e implementação de planos municipais da mata atlântica (Imbituba e Garopaba)
	Elaboração de planos diretores de drenagem e manejo das águas pluviais, considerando a região da BHLI
	Aumento de áreas permeáveis nas áreas antropizadas da BHLI, com políticas públicas de incentivo à manutenção e incremento das taxas de permeabilidade urbana
	Adoção de conceitos urbanísticos sustentáveis para as áreas urbanas da BHLI
	Criação de um programa para inspecionar as edificações na BHLI, identificar irregularidades nos sistemas de saneamento e exigir a regularização conforme legislação vigente
	Criação de documentos de orientação técnica para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico específicos para a BHLI, considerando a vulnerabilidade da Lagoa de Ibiraquera
	Promoção de ações e programas de controle de espécies exóticas e invasoras de fauna e flora nos ecossistemas naturais da BHLI

Tipo de medidas	Medidas de adaptação
	Conservação e proteção dos ecossistemas naturais da BHLI: Lagoa de Ibiraquera, Lagoa doce, marismas, banhado, restinga, fragmento florestal, dunas e rios.
	Conservação da variabilidade genética de espécies da fauna e flora local para adaptação das populações às mudanças climáticas e ambientais
	Aprimoramento das projeções das mudanças climáticas para a região e modelagem dos efeitos sobre a Lagoa de Ibiraquera
	Criação de mecanismos para fortalecimento da proteção legal dos ecossistemas naturais da BHLI
	Promoção de iniciativas de turismo de base comunitária e ecoturismo
	Monitoramento dos sistemas de captação de água subterrânea na BHLI, principalmente nas margens da Lagoa de Ibiraquera, como forma de monitorar o risco de rebaixamento do lençol freático e intrusão da cunha salina e aumento da subsidência

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.6 PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO (PTT)

O PTT gerado a partir desta dissertação, sítio eletrônico de acesso livre e gratuito, está disponível na internet no seguinte endereço eletrônico: <https://lagoadeibiraquera.ambiental.in/>. O site pode ser acessado tanto por computador quanto por celular *smartphone*, sendo que o conteúdo se adequa automaticamente ao tamanho da tela do dispositivo utilizado.

A interface inicial do site (Figura 32) contém um logotipo de apresentação do projeto, um menu lateral (a esquerda) onde podem ser acessados os conteúdos e um campo de pesquisa onde o usuário pode pesquisar palavras-chave específicas de informações disponíveis no site.

O primeiro item do menu é o item “SOBRE NÓS”, no qual é apresentada uma breve explicação sobre o projeto e sobre os conteúdos disponíveis no site e como acessá-los (Figura 33). Além disso há informações sobre a equipe responsável pela elaboração do produto.

Figura 32: Página inicial do sítio eletrônico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 33: Fragmento da página do sítio eletrônico com o item “SOBRE NÓS” que traz uma contextualização do projeto.

SOBRE NÓS

Este site é um produto da Dissertação de Mestrado de João Vitor Cipriano, do Programa de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do IFSC (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina), com coautoria do orientador Prof. Dr. Walter Martin Widmer e do coorientador Prof. Dr. João Henrique Quoos.

O trabalho, cujo título é “Efeitos das mudanças climáticas sobre os serviços ecossistêmicos da Lagoa de Ibiraquera, em SC” buscou avaliar os serviços ecossistêmicos produzidos pelo sistema lagunar da Lagoa de Ibiraquera e os efeitos das mudanças climáticas sobre a qualidade e quantidade destes serviços. A área delimitada para o estudo foi a Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera (BHLI), cujos ecossistemas e serviços ecossistêmicos também foram identificados.

O objetivo deste site é apresentar alguns dos resultados obtidos no estudo de forma interativa e visual para uso didático em atividades de educação ambiental, discussões sobre a Lagoa de Ibiraquera, seus ecossistemas associados, e demais usos que os usuários desejarem.

O site conta com um item “**MAPA INTERATIVO**”, onde você observar as seguintes informações:

- Limites da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera;
- Ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera;
- Imagem de satélite da região;
- Localizador, no qual o usuário pode ver a sua localização no mapa.

No menu você também pode acessar o item “**ECOSSISTEMAS**”, onde são apresentadas informações sobre cada um dos ecossistemas identificados na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera. Para cada ecossistema há uma breve definição e sua importância ecológica e social e uma tabela com os serviços ecossistêmicos ofertados e os usos e/ou benefícios gerados para os seres humanos. Além disso, são apresentadas algumas imagens do ecossistema na área de estudo.

Outro item que você pode acessar é “**FOTOS 360°**”, onde há uma tabela com links para acesso de fotografias de drone de paisagens da Lagoa de Ibiraquera em 360°.

Caso queira imprimir o mapa com os ecossistemas da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera, no item “**MAPA PARA IMPRESSÃO**” você pode acessar um link com o mapa em formato PDF.

Por fim, caso precise de mais informações ou precise esclarecer alguma dúvida, você pode entrar em contato com os autores através dos contatos disponíveis no item “**FALE CONOSCO**”.

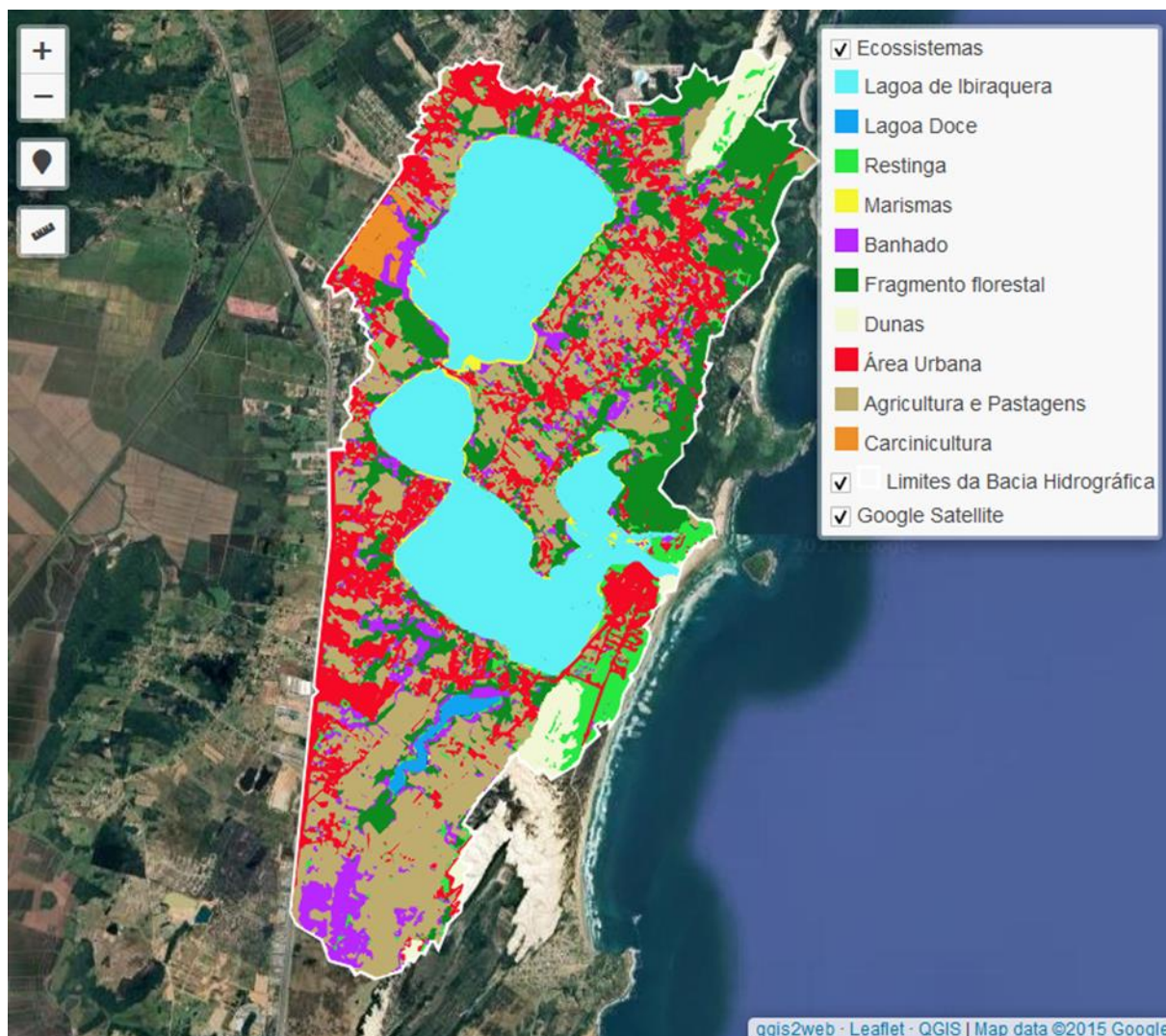
EQUIPE DO PROJETO

		
João Vitor Cipriano - Mestrando em Clima e Ambiente Currículo lattes	Prof. Dr. Walter Martin Widmer Currículo lattes	Prof. Dr. João Henrique Quoos Currículo lattes

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No item “MAPA INTERATIVO” pode-se acessar a interface do mapa dos ecossistemas da BHLI (Figura 34). A base do mapa é a imagem de satélite do *Google*. No mapa é possível visualizar, através de itens selecionáveis, os limites da bacia hidrográfica e os ecossistemas da BHLI, todos juntos ou cada um separadamente. No canto superior esquerdo algumas ferramentas estão disponíveis: o localizador que permite ao usuário ver sua localização atual no mapa; e um medidor que permite a medição de distâncias em linha reta no mapa (em metros).

Figura 34: Mapa interativo da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera, disponível no sítio eletrônico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No menu também é possível acessar o item “ECOSSISTEMAS” onde o usuário pode selecionar, através dos links disponíveis, o ecossistema sobre o qual deseja obter mais informações (Figura 35).

Figura 35: Links disponíveis para acessar no item “ECOSSISTEMAS”.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Ao clicar em algum destes links, o usuário é direcionado para a página do ecossistema selecionado, onde há uma descrição do ecossistema, uma tabela com os serviços ecossistêmicos ofertados e usos e benefícios gerados aos atores sociais, conforme apresentado na Figura 36 em que o ecossistema “banhado” é utilizado como exemplo. Além disso são apresentadas algumas imagens que representam áreas deste ecossistema na BHLI.

Figura 36: Apresentação do conteúdo do item “ECOSSISTEMAS”, utilizando como exemplo o

Lagoa de Ibiraquera

Serviços Ecossistêmicos

Banhado

Ecossistema formado por áreas alagadas permanentemente ou temporariamente, também popularmente conhecidas como brejos, pântanos, charcos, alagados, entre outros. A vegetação dos banhados é formada predominantemente por espécies herbáceas e suberbastivas. Em locais com inundação mais duradoura, predominam as macrófitas aquáticas. A vegetação dos banhados desempenha um papel importante de filtração de nutrientes, poluentes e substâncias tóxicas presentes na água, representando uma proteção importante para a qualidade da água que infiltra para o lençol freático e da água da lagoa. Além disso, funcionam como sumidouros de carbono e também abrigam grande biodiversidade, servindo como habitat e berçário natural de diversas espécies, como aves e peixes. Na Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera os banhados estão situados próximo à Lagoa de Ibiraquera e Lagoa Doce, na região de transição entre a praia e a Lagoa de Ibiraquera, e em regiões baixas próximas à cursos d'água.

Serviços ecossistêmicos

Classificação	Serviços Ecossistêmicos	Uso/benefícios
Provisão	Plantas selvagens	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental
	Material genético de plantas	Materiais vegetais disponíveis para coleta; reprodução de espécies; pesquisa científica
Regulação	Regulação da qualidade da água	Melhoria da qualidade da água
	Regulação da qualidade do ar e balanço climático	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico
	Tratamento de resíduos ou substâncias tóxicas	Qualidade da água; depuração de efluentes; conforto e segurança para ocupação humana;
	Manutenção do ciclo de vida e proteção do habitat	Manutenção de populações e comunidades biológicas terrestres e aquáticas; pesca artesanal
Cultural	Regulação de fluxos de água, sedimentos e eventos extremos	Controle de alagamentos; atenuação de efeitos de eventos extremos; segurança para ocupação humana; redução dos danos associados a entrada de sedimentos na lagoa
	Valores culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No menu do site também é possível acessar o item “FOTOS 360°”. Neste item, com o *layout* conforme a Figura 37, o usuário pode acessar algumas fotografias de drone da paisagem da Lagoa de Ibiraquera em 360° (Figura 38), através dos itens na respectiva localização no mapa. Isso permite uma visualização ampla de diferentes regiões da lagoa, englobando as 4 lagoas: Lagoa de Cima, Lagoa do Meio, Lagoa de Baixo e Lagoa do Saco. Além disso, com o recurso da rotação da imagem é possível

observar em boa resolução os outros ecossistemas da BHLI e as diferenças dos usos e ocupação do solo ao longo de toda a lagoa.

Figura 37: Apresentação da página do item “FOTOS 360”.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 38: Exemplo de fotografia de drone da paisagem da Lagoa de Ibiraquera em 360°.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Caso seja de interesse do usuário, o site também possui um item chamado “MAPA PARA IMPRESSÃO”, no qual é possível acessar um link com o mapa dos ecossistemas da Lagoa de Ibiraquera em formato PDF para *download*. Desta forma, o mapa pode ser utilizado de forma digital ou ainda impresso em boa resolução até o tamanho A1.

Além disso, também está disponível no site o item “SUMÁRIO EXECUTIVO”, onde pode ser acessado um documento em formato PDF que está disponível para download e impressão. O sumário conta com alguns dos tópicos mais relevantes direcionados para discussões acerca da gestão ambiental da Lagoa de Ibiraquera e para tomadores de decisão relacionados.

Por fim, no item “FALE CONOSCO”, são disponibilizados os contatos de e-mail da equipe responsável pelo projeto, através dos quais os usuários podem tirar eventuais dúvidas, fazerem sugestões ou simplesmente entrar em contato com os pesquisadores.

Desta forma, esta plataforma digital possa ser utilizada para difundir as informações sobre os serviços ecossistêmicos ofertados pela Lagoa de Ibiraquera e ecossistemas associados, seus benefícios e importância para os seres humanos, bem como colaborar para estratégias de conservação, discussões comunitárias e empoderamento das comunidades que dependem da conservação da lagoa para sua subsistência, bem estar e manutenção de valores culturais e históricos.

Além disso, o produto também poderá ser utilizado para atividades didáticas em instituições de ensino da região, como escolas municipais e estaduais, e o próprio IFSC, câmpus Garopaba, que possui cursos técnicos e de graduação, bem como atividades de educação ambiental promovidas por diferentes organizações.

Tendo em vista que o *site* será lançado juntamente com a publicação desta dissertação, espera-se que, a partir da experiência dos usuários e das demandas que possam surgir da sua utilização, possam ser feitos aprimoramentos na plataforma, com novas informações e adequação dos conteúdos apresentados para facilitar e difundir sua utilização.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa permitiu a avaliação dos SE ofertados pela Lagoa de Ibiraquera e demais ecossistemas da bacia hidrográfica, demonstrando que os SE geram diversos benefícios diretos e indiretos aos atores sociais locais, contribuindo para o bem-estar social e para sustentabilidade do território. Ao mesmo tempo que sua provisão é ameaçada pelos efeitos das mudanças climáticas associados aos vetores de pressão de origem antrópica, exigindo medidas de mitigação destes vetores e de adaptação às mudanças climáticas para manutenção dos serviços.

O mapeamento realizado a partir da BHLI permitiu identificar a diversidade de ecossistemas existentes, naturais e antropizados, que juntamente com a Lagoa de Ibiraquera estabelecem uma rede complexa de interações ecológicas e sociais, características que são comumente associadas às lagoas costeiras (Kennish, 2016; Pérez-Ruzafa et al., 2019; Soriano-Sierra; Ribeiro; Fonseca, 2014). Os ecossistemas naturais como marismas, lagoa, banhados, dunas, restinga e fragmento florestal desempenham papéis fundamentais na manutenção da biodiversidade, no equilíbrio ecológico, na ciclagem de nutrientes, na regulação da qualidade da água e do ciclo hidrológico, entre outros. Estes ecossistemas estão intimamente ligados com a Lagoa de Ibiraquera e exercem influência sobre lagoa ao mesmo tempo que também são influenciados pelas suas dinâmicas. Da mesma forma, os ecossistemas antropizados, como a área urbana, agricultura e pastagens e carcinicultura, se beneficiam dos SE ofertados pela lagoa e se estabelecem na BHLI tendo este ecossistema como base de suporte para diferentes usos e atividades.

A aplicação da Matriz de Ecossistemas e Serviços (MES), associada à classificação CICES, mostrou-se uma ferramenta eficaz para a sistematização das relações entre ecossistemas, benefícios gerados, atores sociais beneficiados e vetores de pressão. A MES já é uma metodologia consolidada e utilizada em muitos estudos na zona costeira (Asmus et al., 2019, 2018; Lima et al., 2018; Veiga Lima et al., 2016). Sua utilização neste estudo corrobora para demonstrar sua versatilidade e aplicabilidade em diferentes contextos, demonstrando sua utilidade para o Gerenciamento Costeiro com base ecossistêmica.

Os diversos SE identificados na Lagoa de Ibiraquera reforçam o papel das lagoas costeiras como ecossistemas importantes para o bem-estar humano e para a qualidade ambiental da zona costeira, em conformidade com outros estudos em lagoas costeiras no Brasil e em outros países (Costa; Asmus, 2018; Lozoya et al., 2014; Moure, 2024; Newton et al., 2018; Rodrigues-Filho et al., 2023). Os SE identificados vão desde a provisão de pescados, regulação climática, da qualidade da água, do ciclo hidrológico e eventos extremos e mediação de resíduos, até as contribuições nas atividades de lazer, atividades pedagógicas, científicas, espirituais, turísticas, práticas esportivas e valorização paisagística. Estes resultados evidenciam a interdependência entre a Lagoa de Ibiraquera e os diferentes atores sociais que se beneficiam de seus SE. Além disso, também vão ao encontro de outros estudos da região e reforçam a importância da Lagoa de Ibiraquera neste território, como base para as diversas atividades e também como elemento da identidade cultural e patrimônio histórico e natural das comunidades tradicionais do local (Silva; Freitas, 2025; De Freitas; Beltrame, 2012; Seixas, 2002).

A avaliação realizada a partir da projeção das ameaças climáticas nos cenários climáticos futuros (SSP2-4.5 e SSP5-8.5) indica que, em ambos os cenários, mas principalmente no cenário de altas emissões, as ameaças climáticas podem comprometer a integridade ecológica da Lagoa de Ibiraquera e aspectos sociais e econômicos associados aos atores sociais locais através de impactos pontuais ou cumulativos. Diversas pesquisas já apontam que as ameaças climáticas às lagoas costeiras e seus SE e que a gestão destes ecossistemas no contexto das mudanças climáticas é crucial (Asmus et al., 2019; Brito et al., 2012; Chapman, 2012b; Jiménez-Navarro et al., 2025; Newton et al., 2018; Rodrigues et al., 2021). A classificação dos SE quanto às ameaças climáticas permitiu identificar que os SE mais ameaçados são serviços de grande relevância para a resiliência ecológica e socioeconômica da Lagoa de Ibiraquera e dos grupos de pessoas que vivem nesta região. Alguns dos impactos previstos estão associados com o aumento da eutrofização, aumento da salinidade, aquecimento da coluna d'água e diminuição da biodiversidade. No entanto, muitos dos impactos aos serviços ecossistêmicos ainda são difíceis de prever devido à complexidade dos ecossistemas costeiros e a atuação de outros vetores de pressão, embora haja avanços em estudos de modelagem destes impactos (Brito et al., 2012;

De Pascalis et al., 2012; Jiménez-Navarro et al., 2025; Rodrigues et al., 2021; Shalby; Elshemy; Zeidan, 2021).

Efeitos imediatos e de curto prazo sobre os serviços ecossistêmicos de lagoas costeiras estão associados principalmente às pressões antrópicas sobre os ecossistemas. Na área de estudo, os vetores de pressão identificados, como o avanço da urbanização, as atividades turísticas, o lançamento direto ou indireto de efluentes domésticos ou de atividades como a carcinicultura já representam uma ameaça real à provisão de SE pela lagoa e devem atuar sinergicamente às ameaças climáticas para provocar alterações no estado do ecossistema lagunar. Desta forma, os efeitos das mudanças climáticas tendem a intensificar as pressões exercidas pelos vetores na Lagoa de Ibiraquera e vice-versa.

Isso evidencia a necessidade da utilização de abordagens integradas que considerem a interação entre as mudanças climáticas e as pressões de origem antrópica no estudo dos serviços ecossistêmicos nas lagoas costeiras e na zona costeira de forma geral, em conformidade com estudos recentes que vêm sendo desenvolvidos nestas áreas (Jiménez-Navarro et al., 2025; Rodrigues et al., 2021). Além disso, reforça a importância dos serviços de regulação na proteção de ecossistemas e comunidades humanas. A Lagoa de Ibiraquera é responsável pela provisão de serviços como a “regulação de fluxos de base e eventos extremos”, “composição e condições atmosféricas”, “condições da água”, e “mediação de resíduos, que protegem a comunidade local contra diferentes efeitos das mudanças climáticas, oferecem conforto a ocupação humana na BHLI e colaboram para manutenção de outros SE ofertados pelo mesmo ecossistema. Da mesma forma, outros ecossistemas associados, como marismas, restingas e banhados, oferecem alguns destes serviços e colaboram para a regulação da qualidade da água da lagoa e do ciclo da água na BHLI.

A utilização de soluções baseadas na natureza, como a conservação e proteção da Lagoa de Ibiraquera e da vegetação das suas margens, é, portanto, uma medida de adaptação importante a ser adotada na região. Outras medidas de adaptação propostas também poderão colaborar com a gestão ambiental deste território. As informações sobre os SE produzidos colaboram diretamente para a adoção das medidas de adaptação baseada em ecossistemas, tendo em vista a

manutenção dos diferentes SE e dos benefícios gerados aos atores sociais (UNEP, 2021).

Desta forma, a presente pesquisa contribui para o avanço do conhecimento sobre as relações entre ecossistemas, seres humanos e as mudanças climáticas, além de fornecer subsídios à gestão do território de estudo e servir de referência para estudos em outras lagoas e lagunas costeiras no litoral sul do Brasil, região onde estes ecossistemas são abundantes. Os produtos gerados, como o *site* (produto técnico e tecnológico desta dissertação), poderão contribuir também com a compreensão e sensibilização da comunidade sobre os benefícios gerados pela Lagoa de Ibraquera e demais ecossistemas da BHLI, bem como da responsabilidade compartilhada de todos os atores sociais na manutenção dos SE.

Por fim, esta dissertação oferece uma base de informações técnicas e científicas sobre os serviços ecossistêmicos e pressões atuantes sobre a Lagoa de Ibraquera, dando suporte para tomadas de decisão e ampliando o conhecimento da população sobre os benefícios gerados por este ecossistema. A classificação dos SE mais ameaçados pelas mudanças climáticas ressalta a necessidade de medidas estratégicas que incorporem a perspectiva dos SE ao planejamento territorial e à gestão costeira com o objetivo de assegurar sua provisão e garantir a proteção da biodiversidade, das atividades socioculturais, econômicas e do bem-estar das comunidades humanas. Embora a avaliação das ameaças climáticas tenha sido realizada para um horizonte de longo prazo, destaca-se a necessidade imediata da implementação de medidas que possam aumentar a capacidade adaptativa da Lagoa de Ibraquera e das comunidades que dependem de seus SE.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações finais desta pesquisa, sugere-se a continuidade e ampliação de estudos na Lagoa de Ibraquera. A avaliação dos efeitos das mudanças climáticas e vetores de pressão sobre os outros ecossistemas da BHLI, por exemplo, pode colaborar para uma visão mais ampla de possíveis impactos aos serviços ecossistêmicos e aos benefícios gerados aos atores sociais. Pode ser possível, também, avaliar a contribuição relativa de cada ecossistema à provisão de um serviço

ecossistêmico e, portanto, quais ecossistemas são mais importantes para determinados usos e benefícios aos seres humanos.

Sugere-se também a realização de pesquisas de valoração social dos serviços ecossistêmicos ofertados pelos ecossistemas da BHLI a partir da percepção dos atores sociais identificados e avaliação da vulnerabilidade destes atores à perda destes serviços através de oficinas, entrevistas, reuniões, *workshops*, entre outras formas de organização, que também podem colaborar para espaços de discussão e de aprendizado entre os grupos de atores locais. Além disso, pesquisas que busquem valorar economicamente e ecologicamente, ou avaliem de forma integrada os valores dos SE produzidos pela Lagoa de Ibiraquera e outros ecossistemas da bacia hidrográfica, também irão gerar informações qualificadas para a gestão destes ecossistemas.

A utilização de modelos computacionais podem ser ferramentas eficazes para a modelagem dos ecossistemas em cenários futuros das mudanças do clima, mudanças no uso do solo e atuação de vetores de pressão de origem antrópica. Isso pode colaborar para priorização de áreas sob maior risco climático e proteção de áreas mais vulneráveis.

Recomenda-se também a criação de espaços participativos de diálogo onde possam ocorrer discussões e encaminhamentos para ações na Lagoa de Ibiraquera, considerando as informações sobre os serviços ecossistêmicos na região a partir de diferentes estudos, responsabilidades e vulnerabilidade dos atores sociais, usos e benefícios, e demais pontos que possam ser levados em consideração para trazer avanços na gestão com base ecossistêmica do território.

Somado a isso, sugere-se a criação de um grupo de estudos sobre lagoas costeiras da região, incluindo as lagoas dos municípios de Garopaba, Imbituba, Imaruí, Laguna, por exemplo, que possa gerar informações qualificadas para estas discussões, tomadas de decisão e proposição de medidas de gestão. O ideal é que haja uma abordagem transdisciplinar entre os estudos realizados, com diálogo e cooperação da comunidade científica, comunidades tradicionais, setor governamental e iniciativa privada, integrando estudos ecológicos, sociais e econômicos relacionados a estes ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALTMAN, Irit *et al.* A practical approach to implementation of ecosystem-based management: a case study using the Gulf of Maine marine ecosystem. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 9, n. 3, p. 183–189, abr. 2011.
- ANGUS, Stewart. Scottish saline lagoons: Impacts and challenges of climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 198, p. 626–635, 5 nov. 2017.
- ANTHONY, Abigail *et al.* Coastal Lagoons and Climate Change: Ecological and Social Ramifications in U.S. Atlantic and Gulf Coast Ecosystems. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, p. art8, 2009.
- AQUINO, José Nunes de. **Modelagem espacial e soluções baseadas na natureza para gestão e avaliação de serviços ecossistêmicos provenientes de áreas úmidas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2023.
- ASMUS, Milton L. *et al.* The risk to lose ecosystem services due to climate change: A South American case. **Ecological Engineering**, v. 130, p. 233–241, 1 maio 2019.
- ASMUS, Milton Lafourcade *et al.* Simple to be useful: Ecosystem base for coastal management. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, p. 4–19, 1 fev. 2018.
- BARRAGÁN MUÑOZ, Juan Manuel. **Política, gestión y litoral: una nueva visión de la gestión integrada de Áreas litorales**. Madrid (España): Editorial Tébar Flores, 2014.
- BONETTI, C.; BONETTI, J.; BELTRAME, E. **Mudanças nas características composicionais das águas da lagoa de ibiraquera (sc) em resposta a dinâmica de abertura e fechamento de sua desembocadura**. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol. [S.l.: S.n.]**.
- BOYD, James; BANZHAF, Spencer. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological Economics**, v. 63, n. 2–3, p. 616–626, ago. 2007.
- BRITO, Ana C. *et al.* How will shallow coastal lagoons respond to climate change? A modelling investigation. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 112, p. 98–104, out. 2012.
- CAPELLESSO, Adinor José; CAZELLA, Ademir Antonio. Pesca artesanal entre crise econômica e problemas socioambientais: estudo de caso nos municípios de Garopaba e Imbituba (SC). **Ambiente & Sociedade**, v. 14, n. 2, p. 15–33, dez. 2011.
- CAPES. **Produção Técnica: Grupo de Trabalho**. Brasília, DF: Ministério da Educação - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2019.
- CARRASCO, A. R.; FERREIRA, O.; ROELVINK, D. Coastal lagoons and rising sea level: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 154, p. 356–368, 1 mar. 2016.
- CHAPMAN, Peter M. Management of coastal lagoons under climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 110, p. 32–35, set. 2012a.

CHAPMAN, Peter M. Management of coastal lagoons under climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 110, p. 32–35, 10 set. 2012b.

COHEN-SHACHAM, E. *et al.* (ORGS.). **Nature-based solutions to address global societal challenges**. [S.l.]: IUCN International Union for Conservation of Nature, 2016.

COSTA, Julliet Correa Da; ASMUS, Milton Lafourcade. Base ecossistêmica da atividade pesqueira artesanal: estudo de caso no Baixo Estuário da Lagoa dos Patos (BEP), RS, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, 28 fev. 2018.

COSTANZA, Robert *et al.* **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. [S.l.: S.n.].

DAILY, Gretchen C. (ORG.). **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. Washington, DC: Island Press, 1997.

DALY, Herman E.; FARLEY, Joshua C. **Ecological economics: principles and applications**. Washington, DC: Island Press, 2004.

DE FREITAS, R. R. *et al.* **Diretrizes para a conservação e manejo das áreas úmidas no território da área de proteção ambiental da baleia franca e seu entorno**: Relatório do Grupo de Trabalho do Conselho Consultivo da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca. Imbituba, SC: ICMBio, 2022.

DE FREITAS, Rodrigo; BELTRAME, Ângela. **Mudanças no uso e cobertura da terra do entorno da Lagoa de Ibiraquera (Santa Catarina, Brasil) no período de 1957 a 2011**. [S.l.: S.n.].

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

DE PASCALIS, Francesca *et al.* Climate change response of the Mar Menor coastal lagoon (Spain) using a hydrodynamic finite element model. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 114, p. 118–129, dez. 2012.

FABIANO, Roberto Bruno. **Conflitos socioambientais e gestão integrada e sustentável de recursos pesqueiros: Estudo de caso sobre a atividade de carcinicultura na área da Lagoa de Ibiraquera (municípios de Imbituba e Garopaba, S.C)**. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2004.

FERRAZ, Rodrigo *et al.* **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Solos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos**. [S.l.: S.n.].

FISHER, Brendan; TURNER, R. Kerry; MORLING, Paul. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643–653, 2007.

GUIMARÃES, Taís de Fátima Ramos. **Diversidade de ictiofauna em lagoas costeiras na costa atlântica da América do Sul: fatores históricos, contemporâneos e mudanças climáticas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2019.

HAINES-YOUNG, Roy; POTSCHIN, Marion. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 Guidance on the Application of the Revised Structure**. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <www.cices.eu>.

HESLENFELD, Peter. **Corridors and ecosystems: coastal and marine areas**. Strasbourg: Council of Europe Publ, 2003.

ICMBIO. **Iniciativas de inclusão produtiva e gestão participativa de unidades de conservação dos ambientes marinhos e costeiros do Brasil**. [S.l.]: Instituto Chico Mendes - ICMBio, 2023.

INÁCIO, M.; BARBOZA, F. R.; VILLOSLADA, M. The protection of coastal lagoons as a nature-based solution to mitigate coastal floods. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, p. 100491, ago. 2023.

IPCC. **Central and South America. In Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2023a.

IPCC. **Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2023b.

IPCC, 2023: **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]**. IPCC, Geneva, Switzerland, 25 jul. 2023. 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

JIMÉNEZ-NAVARRO, Inmaculada C. *et al.* Modeling climate impacts on ecosystem services in an anthropized coastal lagoon for effective planning and adaptation. **Climatic Change**, v. 178, n. 5, p. 92, maio 2025.

KELBLE, Christopher R. *et al.* The EBM-DPSER Conceptual Model: Integrating Ecosystem Services into the DPSIR Framework. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, p. e70766, 12 ago. 2013.

KENNISH, Michael J. Coastal Lagoons. In: KENNISH, Michael J. (Org.). **Encyclopedia of Estuaries**. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016. p. 140–143.

KJERFVE, Björn. Chapter 1 Coastal Lagoons. **Coastal Lagoon Processes**, Elsevier Oceanography Series. v. 60, p. 1–8, 1994.

KRON, Wolfgang. Coasts: the high-risk areas of the world. **Natural Hazards**, v. 66, n. 3, p. 1363–1382, abr. 2013.

LEMMI, Julia Altafin; QUOOS, João Henrique. Ilustração para educação ambiental de locais de interesse patrimonial na APA da Baleia Franca. v. 6, 2024.

LIMA, Andre De Souza De *et al.* Informação de base ecossistêmica como ferramenta de apoio à gestão costeira integrada da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 44, 28 fev. 2018.

LOZOYA, J. P. *et al.* Linking Social Perception and Risk Analysis to Assess Vulnerability of Coastal Socio-ecological Systems to Climate Change in Atlantic South America. *In: Handbook of Climate Change Adaptation*. [S.l.]: Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 1–22.

MARANGONI, Juliano César; COSTA, César Serra Bonifácio. Diagnóstico ambiental das marismas no estuário da Lagoa dos Patos - RS. *Atlântica*, v. 31, n. 1, p. 85–98, 2009.

MARENGO, Jose A.; SCARANO, Fabio R. **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. [S.l.: S.n.].

MARTINS-JUNIOR, Paulo Pereira; VASCONCELOS, Vitor Vieira. **Protótipo de sistema especialista para auxílio à decisão em direito ambiental: situações de desmatamentos rurais CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, Brasil-eISSN: 1980-654X-está licenciada sob Licença Creative Commons** Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro. [S.l.: S.n.].

MEA (ORG.). **Ecosystems and human well-being: a report of the Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment**. Washington/D.C: Island Press, 2003.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and human well-being : synthesis**. Washington. Island Press, 2005.

MMA. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima: estratégias setoriais e temáticas**. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente, 2016. v. 2

MMA. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima: estratégia geral**. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente, 2024.

MMA. **PLANO CLIMA 2024 – 2035 Sumário Executivo**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2026.

MOURE, Eduardo Schnitzler. **Avaliação da percepção social sobre os serviços ecossistêmicos e as pressões em uma lagoa costeira como instrumento para a gestão com base ecossistêmica: Lagoa da Conceição (Santa Catarina, Brasil)**. Dissertação (mestrado)—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2024.

NASA. **Sea Level Projection Tool – NASA Sea Level Change Portal**. Disponível em: <<https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

NEWTON, Alice *et al.* Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. **Journal for Nature Conservation**, v. 44, p. 50–65, 1 jul. 2018.

NICOLODI, Joao L.; DE CAMARGO, José M. **A gestão da zona costeira do brasil e a economia azul**. [S.l.: S.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/365521035>>.

ODUM, Howard T. **A Prosperous Way Down: Principles and Policies**. Colorado: University Press of Colorado, 2008.

ODUM, Howard T.; ODUM, Eugene P. The Energetic Basis for Valuation of Ecosystem Services. **Ecosystems**, v. 3, n. 1, p. 21–23, 1 jan. 2000.

OLIVEIRA, Caio Guerra De; QUADRO, Mario Francisco Leal De. Regionalização da precipitação e temperatura em Santa Catarina com dados de alta resolução temporal e espacial. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 35, p. 251–274, 19 jul. 2024.

PATRICIO MONTEIRO, Carla. Estoque de Carbono em Marismas: panorama atual. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 27, n. 2, p. 8–12, 30 abr. 2024.

PÉREZ-RUZAFA, Angel *et al.* Coastal Lagoons: Environmental Variability, Ecosystem Complexity, and Goods and Services Uniformity. *In: Coasts and Estuaries: The Future*. [S.l.]: Elsevier, 2019. p. 253–276.

PÉREZ-RUZAFA, Angel; MOMPEÁN, M^a Carmen; MARCOS, Concepción. Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons. **Hydrobiologia**, v. 577, n. 1, p. 107–125, fev. 2007.

PIACENTINI, Vítor de Q.; CAMPBELL-THOMPSON, Edwin R. Lista comentada da avifauna da microbacia hidrográfica da Lagoa de Ibiraquera, Imbituba, SC. **Revista Biotemas**, v. 19, n. 2, p. 55–65, jun. 2006.

POTSCHIN, Marion; HAINES-YOUNG, Roy. Defining and Measuring Ecosystem Services. *In: POTSCHIN, Marion et al. (Orgs.). Routledge Handbook of Ecosystem Services*. 1. ed. New York, NY : Routledge, 2016.: Routledge, 2016. p. 25–44.

QUOOS, João Henrique. **Instrumento interpretativo cartográfico das unidades de paisagem da Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, SC**, 2021.

RODRIGUES, Marta *et al.* Effects of climate change and anthropogenic pressures in the water quality of a coastal lagoon (Ria Formosa, Portugal). **Science of The Total Environment**, v. 780, p. 146311, ago. 2021.

RODRIGUES-FILHO, Jorge L. *et al.* From ecological functions to ecosystem services: linking coastal lagoons biodiversity with human well-being. **Hydrobiologia**, v. 850, n. 12–13, p. 2611–2653, 1 jul. 2023.

SARTOR, Rodrigo Marcelino; SILVA, Lara Da. Discussão sistemática sobre os efeitos das mudanças climáticas em serviços ecossistêmicos desempenhados por marismas. *In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS ON-LINE. Anais do IV Congresso Brasileiro de Ciências Biológicas On-line*. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, 27 jun. 2023. Disponível em: <<https://ime.events/conbracib2023/pdf/17801>>. Acesso em: 24 set. 2024

SCHERER, Marinez E. G.; ASMUS, Milton L. Ecosystem-Based Knowledge and Management as a tool for Integrated Coastal and Ocean Management: A Brazilian Initiative. **Journal of Coastal Research**, v. 75, n. sp1, p. 690–694, 3 mar. 2016.

SCHWALM, Christopher R.; GLENDON, Spencer; DUFFY, Philip B. Reply to Hausfather and Peters: RCP8.5 is neither problematic nor misleading. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 45, p. 27793–27794, 10 nov. 2020.

SEIXAS, C. S.; TURRA, A.; FERREIRA, B. P. **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. [S.l.]: Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) e Cátedra Unesco para a Sustentabilidade do Oceano., 2025.

SEIXAS, Cristiana Simão. **Social-ecological dynamics in management systems: investigating a coastal lagoon fishery in southern brazil**. [S.l.: S.n.].

SEIXAS, Cristiana Simão; BERKES, Fikret. Stakeholder Conflicts and Solutions across Political Scales: the Ibiraquera Lagoon, Brazil. In: **Challenging Coasts: Transdisciplinary Excursions into Integrated Coastal Zone Development**. MARE Publication Series. Erscheinungsort nicht ermittelbar: Amsterdam University Press, 2004. p. 181–210.

SHALBY, A.; ELSHEMY, M.; ZEIDAN, B. A. Modeling of climate change impacts on Lake Burullus, coastal lagoon (Egypt). **International Journal of Sediment Research**, v. 36, n. 6, p. 756–769, 1 dez. 2021.

SILVA, Lara Da; FREITAS, Rodrigo Rodrigues De. Territorialidade e Patrimônio em Ibiraquera: Cartografia Social de uma Comunidade Açoriana. **Sociedade & Natureza**, v. 37, n. 1, 12 ago. 2025.

SILVA, Victor Eduardo Cury *et al.* Space time evolution of the trophic state of a subtropical lagoon: Lagoa da Conceição, Florianópolis Island of Santa Catarina, Brazil. **RBRH**, v. 22, n. 0, 2017.

SLOCOMBE, D. Scott. Implementing Ecosystem-Based Management. **BioScience**, v. 43, n. 9, p. 612–622, out. 1993.

SOBRAL, Arthur Daniel Repolho Valente. **CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-SAZONAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA LAGOA DE IBIRAQUERA - SC**. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), 2020.

SORIANO-SIERRA, Eduardo Juan; RIBEIRO, Gisela Costa; FONSECA, Alessandra Larissa. **Guia de campo vegetação e peixes das lagoas costeiras de santa catarina**. Florianópolis: Insular, 2014.

SUDMEIER-RIEUX, K. *et al.* **Disasters and Ecosystems: Resilience in a Changing Climate - Source Book**. Geneva: UNEP and Cologne: TH Köln - University of Applied Sciences: United Nations Environment Programme (UNEP), 2019.

TEEB (ORG.). **Mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of teeb**. Geneva: UNEP, 2010.

TEIXEIRA, Guilherme. **Transformações urbanas e ambientais: uma reflexão sobre as mudanças sentidas em Imbituba – SC**. TCC (graduação) - Centro de Ciências Agrárias, Agronomia—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2023.

THEY, Ng Haig *et al.* Short-Term Photochemical and Biological Unreactivity of Macrophyte-Derived Dissolved Organic Matter in a Subtropical Shallow Lake. **Journal of Ecosystems**, v. 2013, p. 1–9, 30 jul. 2013.

TRAUN, Cristopher; BURKHARD, Benjamin; KLUG, Hermann. Mapping Techniques. *In: Mapping Ecosystem Services*. Bulgaria: Benjamin Burkhard, Joachim Maes, 2017. v. 1 p. 374.

TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2002.

UNEP. **Guidelines for Integrating Ecosystem-based Adaptation into National Adaptation Plans: Supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines**. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP), 2021.

VALESINI, F. J. *et al.* Interdecadal changes in the community, population and individual levels of the fish fauna of an extensively modified estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 90, n. 5, p. 1734–1767, maio 2017.

VEIGA LIMA, Francisco A. da. **Riscos climáticos e adaptação em Santa Catarina: estratégias para uma agenda resiliente**: Governo do Estado de Santa Catarina. Secretaria do Meio Ambiente e da Economia Verde do Estado de Santa Catarina - SEMAE. Diretoria de Clima, Economia Verde, Energia e Qualidade Ambiental. Gerência de Clima e Energia. Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC. Florianópolis: 77p., 2024.

VEIGA LIMA, Francisco Arenhart *et al.* Modelo conceitual de avaliação de ameaças sobre serviços ecossistêmicos de sistemas de dunas. Estudo de caso: os campos de dunas da Ilha de Santa Catarina/SC, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, 31 ago. 2016.

WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 1, n. 1, p. 62–63, jul. 1986.

WEST, Amie *et al.* Ecosystem-Based Management: An analysis of national needs and opportunities. 2021.

WREGE, Marcos Silveira *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

APÊNDICE A – MATRIZ DE ECOSISTEMAS E SERVIÇOS (MES) DA BHLI

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1	Vetores de pressão	A _{ES} (SSP2-4.5)	A _{ES} (SSP5-8.5)
Lagoa de Ibiraquera	Provisão	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Água de superfície usada como material (fins não potáveis)	Pesca artesanal; aquicultura	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; empresa de carnicultura	4.2.1.2	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; disposição inadequada de resíduos sólidos	0	0,25
		Animais selvagens para nutrição, materiais ou energia	Animais aquáticos selvagens usados para fins nutricionais; Fibras e outros materiais de animais aquáticos selvagens para uso direto ou processamento	Pesca artesanal; estoque pesqueiro; atividade artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor de turismo; setor governamental	1.1.6.1; 1.1.6.2	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); abertura da barra de forma deliberada; disposição inadequada de resíduos sólidos	0,5	0,75
		Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto e processamento	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.1.5.1; 1.1.5.2	Espécies invasoras (fauna e flora); lançamento de efluentes sanitários.; drenagem urbana; supressão da vegetação das margens da lagoa	0,25	0,5
		Material genético de animais	Material animal coletado com a finalidade de manter ou estabelecer uma população; Animais selvagens (organismos inteiros) usados para criar novas linhagens ou variedades	Aquicultura; pesca artesanal; repovoamento de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa	1.2.2.1; 1.2.2.2	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); abertura da barra de forma deliberada; disposição inadequada de resíduos sólidos	0,5	0,75

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1	Vetores de pressão	AES (SSP2-4.5)	AES (SSP5-8.5)
	Regulação	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Controle de alagamentos; atenuação de efeitos de eventos extremos; segurança para ocupação humana	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	2.2.1.1; 2.2.1.3; 5.2.1.2	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários drenagem urbana; supressão da vegetação das margens da lagoa; abertura deliberada da barra	0,5	0,75
		Composição e condições atmosféricas	Regulação da temperatura e umidade (incluindo ventilação e transpiração); Regulação da composição química da atmosfera	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa	2.2.6.1; 2.2.6.2	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; supressão da vegetação das margens da lagoa	0,25	0,5
		Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogênica por processos vivos e não vivos	Biorremediação por microrganismos, algas, plantas e animais; Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais; Diluição em água salobra; Mediação por outros meios químicos ou físicos (por exemplo, por meio de filtração, sequestro, armazenamento ou acumulação)	Qualidade da água; depuração e diluição de efluentes; conforto para ocupação humana	Comunidade local.; setor de turismo; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa;setor governamental	2.1.1.1; 2.1.1.2; 5.1.1.1; 5.1.1.3	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa	0,75	1
		Mediação de estressores de origem antropogênica	Redução de odores, atenuação de ruídos e conforto visual	Conforto para ocupação humana	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil, instituições de ensino e	2.1.2.1; 2.1.2.2; 2.1.2.3; 5.1.2.1	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; infraestrutura e construções urbanas; excesso de	0,25	0,5

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1	Vetores de pressão	AES (SSP2-4.5)	AES (SSP5-8.5)
					pesquisa, setor governamental		estressores (luz/sons/ruídos)		
		Controle de pragas e doenças	Controle de doenças e pragas (incluindo espécies invasoras)	Segurança para ocupação humana; manutenção da biodiversidade nativa	Comunidade local.; setor governamental	2.2.3.1 ; 2.2.3.2	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; infraestrutura e construções urbana; espécies invasoras (fauna e flora)	0,25	0,5
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats de (incluindo proteção do fundo genético); Dispersão de sementes e gametas	Pesca artesanal; pesquisa científica	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.1; 2.2.2.3	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa	0,5	0,75
		Condições da água	Regulação da condição química das águas doce, salobras e salgadas por processos vivos	Pesca artesanal; melhoria da qualidade da água	Pescadores artesanais; comunidade local; setor governamental; setor de turismo	2.2.5.1; 2.2.5.2	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; supressão da vegetação das margens da lagoa	0,5	0,75

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1	Vetores de pressão	AES (SSP2-4.5)	AES (SSP5-8.5)
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Lazer; ecoturismo; pesca artesanal; prática de esportes; educação ambiental; valor contemplativo	Pescadores artesanais; comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1;3.1.1.2; 6.1.1.1	Lançamento de efluentes sanitários; drenagem urbana; sobrepesca/pesca ilegal; espécies invasoras (fauna e flora); excesso de estressores (luz/sons/ruídos); infraestrutura e construções urbanas; atividades turísticas; disposição inadequada de resíduos sólidos	0,75	1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; espécies invasoras (fauna e flora); atividades turísticas	0,25	0,5
		Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	elementos dos sistemas vivos que possuem valor simbólico, representativo, sagrado ou religioso	Heranças culturais; valor simbólico ou representativo; valor sagrado ou religioso	Comunidade local; comunidades tradicionais; instituições de ensino e pesquisa	3.2.1.1;3.2.1.2;3.2.1.3; 6.2.1.1	Infraestrutura e construções urbanas; lançamento de efluentes sanitários; espécies invasoras (fauna e flora); atividades turísticas	0,25	0,5

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Marisma	Provisão	Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	Fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto ou processamento	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.1.5.1; 1.1.5.2
		Material genético de plantas, algas e fungos	Sementes, esporos e outros materiais vegetais coletados para manter ou estabelecer uma população; plantas superiores e inferiores (organismos inteiros) usadas para criar novas linhagens ou variedades; genes individuais extraídos de plantas superiores e inferiores para criação de novas entidades biológicas	Materiais vegetais disponíveis para coleta; reprodução de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.2.1.1; 1.2.1.2; 1.2.1.3
	Regulação	Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats (incluindo proteção do fundo genético)	Pesca artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.3
		Composição e condições atmosféricas	Regulação do clima (temperatura e umidade); Regulação da composição química da atmosfera e dos oceanos	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa	2.2.6.1; 2.2.6.2
		Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogénica por processos vivos e não vivos	Biorremediação por microrganismos, algas, plantas e animais; Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais	Qualidade da água; depuração de efluentes; conforto e segurança para ocupação humana;	Comunidade local.; setor de turismo; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa;setor governamental	2.1.1.1;2.1.1.2
		Regulação de fluxos de base e eventos extremos	controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Controle de inundação; segurança para ocupação humana; controle dos processos erosivos na lagoa; redução dos danos associados a entrada de sedimentos na lagoa	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	2.2.1.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
		Condições da água	Regulação da condição química das águas salobras por processos vivos	Melhoria da qualidade da água	Pescadores artesanais; comunidade local; setor governamental; setor de turismo	2.2.5.2
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Ecoturismo; pesca artesanal; educação ambiental; valor contemplativo	Pescadores artesanais; comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1; 3.1.1.2; 6.1.1.1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Dunas	Provisão	Substâncias minerais para nutrição, materiais ou energia	Substâncias minerais usadas para fins materiais	Areia para construção civil	Setor da construção civil	4.3.1.2
		Água subterrânea (e subsuperficial) usada para nutrição, materiais ou energia	Água subterrânea para consumo; água subterrânea usada como material	Abastecimento de água potável; manutenção do volume de água subterrânea	Comunidade local; setor governamental; setor da construção civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	4.2.2.1
	Regulação	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Proteção da linha de costa; controle de inundação; segurança para ocupação humana	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	5.2.1.1; 5.2.1.2
		Mediação de estressores de origem antropogênica	Redução de odores, atenuação de ruídos e conforto visual	Conforto para ocupação humana	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil, instituições de ensino e pesquisa, setor governamental	2.1.2.1; 2.1.2.2; 2.1.2.3; 5.1.2.1
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características naturais e abióticas da natureza que permitem interações físicas e experienciais ativas ou passivas	Lazer; ecoturismo; prática de esportes; educação ambiental; valor contemplativo	Comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1; 3.1.1.2; 6.1.1.1

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica ou a criação de conhecimento ecológico tradicional Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica ou a criação de conhecimento ecológico tradicional; permitem a educação e a formação; são ressonantes em termos de cultura ou património; permitem experiências estéticas	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Restinga	Provisão	Água subterrânea (e subsuperficial) usada para nutrição, materiais ou energia	Água subterrânea para consumo; água subterrânea usada como material	Abastecimento de água potável; manutenção do volume de água subterrânea	Comunidade local; setor governamental; setor da construção civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	4.2.2.1
		Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	plantas usadas para nutrição e fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto e processamento	Alimentação; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.1.5.1; 1.1.5.2
		Material genético de plantas, algas e fungos	Sementes, esporos e outros materiais vegetais coletados para manter ou estabelecer uma população; plantas superiores e inferiores (organismos inteiros) usadas para criar novas linhagens ou variedades; genes individuais extraídos de plantas superiores e inferiores para criação de novas entidades biológicas	Materiais vegetais disponíveis para coleta; reprodução de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.2.1.1; 1.2.1.2; 1.2.1.3
	Regulação	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de	Segurança para ocupação humana; proteção da linha de costa; controle de alagamentos; atenuação	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	2.2.1.1; 2.2.1.3

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
			enchentes e proteção costeira)	de efeitos de eventos extremos		
		Regulação da qualidade do solo	Processos de intemperismo e seus efeitos na qualidade do solo; Processos de decomposição e fixação e seus efeitos na qualidade do solo	Melhoria da qualidade do solo	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil	2.2.4.1; 2.2.4.2
		Composição e condições atmosféricas	Regulação do clima (temperatura e umidade); Regulação da composição química da atmosfera	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa	2.2.6.1; 2.2.6.2
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats (incluindo proteção do fundo genético)	Manutenção de populações de comunidades biológicas terrestres	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.3
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Lazer; ecoturismo; educação ambiental; valor contemplativo	Comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1; 3.1.1.2; 6.1.1.1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Banhado	Provisão	Água subterrânea (e subsuperficial) usada para nutrição, materiais ou energia	Água subterrânea para consumo; água subterrânea usada como material	Abastecimento de água potável; manutenção do volume de água subterrânea	Comunidade local; setor governamental; setor da construção civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	4.2.2.1
		Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	Fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto ou processamento	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.1.5.2

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
				agricultura; uso ornamental		
		Material genético de plantas, algas e fungos	Sementes, esporos e outros materiais vegetais coletados para manter ou estabelecer uma população; plantas superiores e inferiores (organismos inteiros) usadas para criar novas linhagens ou variedades; genes individuais extraídos de plantas superiores e inferiores para criação de novas entidades biológicas	Materiais vegetais disponíveis para coleta; reprodução de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	
	Regulação	Condições da água	Regulação da condição química das águas doces e salobras por processos vivos	Melhoria da qualidade da água	Pescadores artesanais; comunidade local; setor governamental; setor de turismo	2.2.5.1; 2.2.5.2
		Composição e condições atmosféricas	Regulação do clima (temperatura e umidade); Regulação da composição química da atmosfera e dos oceanos	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor governamental; instituições de ensino e pesquisa	2.2.6.1; 2.2.6.2
		Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogénica por processos vivos e não vivos	Biorremediação por microrganismos, algas, plantas e animais; Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais	Qualidade da água; depuração de efluentes; conforto e segurança para ocupação humana;	Comunidade local.; setor de turismo; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.1.1.1; 2.1.1.2
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats (incluindo proteção do pool genético)	Manutenção de populações e comunidades biológicas terrestres e aquáticas; pesca artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.3
		Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Controle de alagamentos; atenuação de efeitos de eventos extremos; segurança para ocupação humana; redução dos danos associados a entrada de sedimentos na lagoa	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	2.2.1.1; 2.2.1.3

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
	Cultural	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Fragmento florestal	Provisão	Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	Plantas usadas para nutrição e fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto e processamento	Alimentação; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); usos na agricultura; uso ornamental	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.1.5.1; 1.1.5.2
		Material genético de plantas, algas e fungos	Sementes, esporos e outros materiais vegetais coletados para manter ou estabelecer uma população; plantas superiores e inferiores (organismos inteiros) usadas para criar novas linhagens ou variedades; genes individuais extraídos de plantas superiores e inferiores para criação de novas entidades biológicas	Materiais vegetais disponíveis para coleta; reprodução de espécies; pesquisa científica	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; comunidades tradicionais.	1.2.1.1; 1.2.1.2; 1.2.1.3
	Regulação	Regulação da qualidade do solo	Processos de intemperismo, decomposição e fixação e seus efeitos na qualidade do solo	Melhoria da qualidade do solo	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil	2.2.4.1; 2.2.4.2
		Composição e condições atmosféricas	Regulação do clima (temperatura e umidade); Regulação da composição química da atmosfera e dos oceanos	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil	2.2.6.1; 2.2.6.2
		Regulação de fluxos de base e eventos extremos	controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água (incluindo controle de enchentes e proteção costeira)	Controle de alagamentos; atenuação de efeitos de eventos extremos; proteção de encostas; segurança para ocupação humana	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa.	2.2.1.1; 2.2.1.3

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Lazer; ecoturismo; educação ambiental; prática de esportes; valor contemplativo	Comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1; 3.1.1.2; 6.1.1.1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; pesquisa científica; conhecimento tradicional e histórico	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1
		Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Elementos dos sistemas vivos que possuem valor simbólico, representativo, sagrado ou religioso	Heranças culturais; valor simbólico ou representativo; valor sagrado ou religioso	Comunidade local; comunidades tradicionais; instituições de ensino e pesquisa	3.2.1.1; 3.2.1.2; 3.2.1.3; 6.2.1.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Lagoa Doce	Provisão	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Água de superfície usada para fins potáveis e não potáveis	Água doce com potencial de uso para fins potáveis (após tratamento); e usos não potáveis (irrigação, dessedentação de animais domésticos, etc)	Pescadores artesanais; comunidade local; setor governamental	4.2.1.1; 4.2.1.2
		Animais selvagens para nutrição, materiais ou energia	Animais usados para alimentação (estoque pesqueiro)	Pesca artesanal; estoque pesqueiro; atividade artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor de turismo; setor governamental	1.1.6.1
		Plantas selvagens para nutrição, materiais ou energia	Fibras e outros materiais de plantas selvagens para uso direto e processamento	Pesca artesanal; atividade artesanal; cobertura (construção, solo); uso ornamental	Pescadores artesanais; atesãos; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor do turismo; comunidades tradicionais	1.1.5.2
	Regulação	Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água	Controle de alagamentos; redução dos picos de cheia; melhoria da qualidade da água; segurança para ocupação adjacente	Comunidade local, prefeituras de Imbituba e Garopaba; defesa civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	2.2.1.1; 2.2.1.3

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
		Composição e condições atmosféricas	Regulação do clima (temperatura e umidade); Regulação da composição química da atmosfera	Melhoria da qualidade do ar; conforto térmico	Comunidade local; setor de turismo; setor da construção civil	2.2.6.1; 2.2.6.2
		Mediação de resíduos ou substâncias tóxicas de origem antropogénica por processos vivos e não vivos	Biorremediação por microrganismos, algas, plantas e animais; Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais	Qualidade da água; depuração e diluição de efluentes; conforto para ocupação humana	Comunidade local.; setor de turismo; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa;setor governamental	2.1.1.1;2.1.1.2
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats de (incluindo proteção do fundo genético)	Manutenção de populações de comunidades biológicas aquáticas; estoque pesqueiro; pesca artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.3
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Lazer; ecoturismo; pesca artesanal; prática de esportes; educação ambiental; valor contemplativo	Pescadores artesanais; comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1;3.1.1.2; 6.1.1.1
		Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; conhecimento tradicional e histórico	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1
		Interações espirituais, simbólicas com o ambiente natural	Elementos dos sistemas vivos que possuem valor simbólico, representativo, sagrado ou religioso	Heranças culturais; valor simbólico ou representativo; valor sagrado ou religioso	Comunidade local; comunidades tradicionais; instituições de ensino e pesquisa	3.2.1.1;3.2.1.2;3.2.1.3; 6.2.1.1

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Rios	Provisão	Água de superfície usada para nutrição, materiais ou energia	Água de superfície usada para fins potáveis e não potáveis	Água doce com potencial de uso para fins potáveis (após tratamento); e usos não potáveis (irrigação,	Comunidade local	4.2.1.1;4.2.1.2

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
				dessedentação de animais domésticos, etc)		
	Regulação	Mediação de resíduos, tóxicos e outros incômodos por processos não vivos	Diluição em água doce	Qualidade da água; depuração e diluição de efluentes; conforto para ocupação humana	Comunidade local.; setor de turismo; setor da construção civil; instituições de ensino e pesquisa;setor governamental	5.1.1.1
		Manutenção do ciclo de vida, proteção do habitat e do fundo genético	Manutenção de berçário de populações e habitats de (incluindo proteção do fundo genético)	Manutenção de populações de comunidades biológicas aquáticas; estoque pesqueiro; pesca artesanal	Pescadores artesanais; comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; setor governamental	2.2.2.3
		Regulação de fluxos de base e eventos extremos	Controle de erosão; ciclo hidrológico e regulação dos fluxos de água; recarga de aquífero	Controle de inundação; redução dos danos associados a entrada de sedimentos na lagoa; atenuação de efeitos de eventos extremos	Comunidade local, prefeituras de Imbituba e Garopaba; defesa civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	2.2.1.1; 2.2.1.3
	Cultural	Interações físicas e experienciais com o ambiente natural	Características de sistemas vivos que permitem atividades que promovem saúde, recuperação ou prazer por meio de interações ativas ou passivas	Lazer; prática de esportes; pesca artesanal; valor contemplativo	Pescadores artesanais; comunidade local; setor de turismo; instituições de ensino e pesquisa; setor de esportes; setor governamental	3.1.1.1;3.1.1.2; 6.1.1.1
	Cultural	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	Características dos sistemas vivos que permitem a investigação científica, educação ambiental, experiência estética e são importantes em termos culturais	Valor contemplativo; educação ambiental; conhecimento tradicional e histórico	Comunidade local; instituições de ensino e pesquisa; organizações que promovem educação ambiental; setor governamental; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecosistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecosistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecosistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Área urbana	Provisão	Água subterrânea para uso em nutrição, materiais ou energia	Água subterrânea para consumo; água subterrânea usada como material	Captação de água para usos potáveis e não potáveis	Comunidade local; setor governamental; setor de construção civil; setor do turismo; instituições de ensino e pesquisa	4.2.2.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
		Serviços básicos	Escolas; rodovias; postos de saúde; abastecimento de água e energia	Água potável; bem-estar social; energia elétrica	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; setor da construção civil	não se aplica*
	Regulação	Regulação econômica	-	Relações sociais e institucionais	Comunidade local; setor governamental; setor de turismo; setor da construção civil	não se aplica*
	Cultural	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	-	Relações sociais e institucionais	Comunidade local	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Agricultura e pastagens	Provisão	Plantas terrestres cultivadas para nutrição, materiais ou energia	Plantas terrestres cultivadas para alimentação e para outros usos (fibra, madeira, etc.)	Alimentação; atividade artesanal; construção; uso ornamental	Comunidade local; comunidades tradicionais; instituições de ensino e pesquisa	1.1.1.1; 1.1.1.2
		Animais criados para nutrição, materiais ou energia	Criação de animais para alimentação	Alimentação; atividade artesanal (pele, couro)	Comunidade local; comunidades tradicionais; instituições de ensino e pesquisa	1.1.3.1
	Regulação	Regulação econômica	não se aplica*	Relações sociais e institucionais	Comunidade local; comunidades tradicionais; setor governamental	não se aplica*
	Cultural	Interações intelectuais e representativas com o ambiente natural	não se aplica*	Manutenção de práticas tradicionais; conhecimento tradicional e histórico; atividades culturais	Comunidade local; comunidades tradicionais	3.1.2.1; 3.1.2.2; 3.1.2.3; 3.1.2.4; 6.1.2.1

Ecossistema	Classificação (Seção)	Serviços Ecossistêmicos (nível "Grupo")	Serviços Ecossistêmicos (nível "Classe")	Usos/benefícios	Atores Sociais	Código CICES V.5.1
Lagoa de carcinicultura	Provisão	Animais aquáticos criados para nutrição, materiais ou energia	Criação de animais para alimentação	Alimentação	Empresa de carcinicultura	1.1.4.1

APÊNDICE B – REGISTRO DA REUNIÃO DE VALIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DA MES



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina



Validação da Matriz de Ecossistemas e Serviços da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Ibraquera, em Imbituba e Garopaba - SC.

Data: 15/05/2025

Local: LAGECI/VFSC

Lista de Presença

[illegible]