JULIANA NASCIMENTO SILVA

**Análise dos riscos aos serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade
de praias arenosas: um estudo de caso com a gestão do bivalve *Tivela*
mactroides na Enseada de Caraguatatuba (São Paulo-Brasil)**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Alexander Turra

São Paulo

2019

Nome: SILVA, Juliana Nascimento

Título: **Análise dos riscos aos serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade de praias arenosas: um estudo de caso com a gestão do bivalve *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba (São Paulo-Brasil).**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Aprovado em: 28/08/2019

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a): Alexander Turra

Instituição: Instituto Oceanográfico - Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a): Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli

Instituição: Escola de Artes, Ciências e Humanidades - Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a): Leonardo Querobim Yokoyama

Instituição: Universidade Federal de São Paulo

Julgamento: Aprovado

São Paulo

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram presentes (mesmo que a distância), colarando com o desenvolvimento desse projeto e também contribuindo com valioso apoio moral.

Especialmente, agradeço ao meu orientador, Alexander Turra, pela confiança e autonomia que me deu durante o desenvolvimento do projeto, o que possibilitou um amadurecimento científico, tanto na parte da pesquisa quanto na escrita dessa dissertação. E agradeço também pelas oportunas sugestões de melhoria, pela paciência, pelas revisões e pelas sacadas geniais que certamente contribuíram muito com o formato final e organização dessa dissertação.

Também agradeço enormemente a Márcia Denadai, que não consta como co-orientadora oficial, mas é o que ela certamente foi. Agradeço sua atenção, delicadeza e pronta disponibilidade para conversar e tirar as dúvidas que surgiram no caminho. Pelas revisões (que não foram poucas e devem ter sido cansativas, considerando o tamanho inicial dessa dissertação) e pelas correções valiosas. Pela ajuda em organizar as coletas, os materiais e os check-lists. Ela é, sem dúvida, uma das pessoas mais especiais que conheci nessa jornada.

Não dá para esquecer todos do lab que se disponibilizaram a ajudar nas coletas (o Guilherme, a Thaís, a Mayara, a Marília, o Gabriel, a Camila, o André), cedendo seu tempo e esforços. E que esforço...não foi fácil, mas deixo aqui meu muito obrigada a todos! Especialmente a Thais, presente em todas as coletas e que, inclusive, fez algumas leituras desse trabalho e contribuiu com muitas dicas. E a Mayara, que ajudou muito essa colega perdida em relação aos trâmites obrigatórios no IO. Valeu!

E agradeço a minha amiga Samelyn, que me ajudou sempre que necessário e que, mesmo gripada, veio de São José do Rio Preto colaborar com uma coleta. E, mesmo depois de uma noite sem dormir (pela inoportuna visita de uma ratinho), madrugada no PS, uma Benzetacil, debaixo de chuva, ainda cavou muitos buracos conosco e carregou muitos baldes. Você é demais, querida!

Agradeço também ao pessoal do CEBIMAR por ceder os dados que foram necessários para o desenvolvimento desse trabalho (especialmente ao Joseilto, sempre solícito e paciente), aos especialistas que colaboraram com seus conhecimentos (do Brasil e da Venezuela), que cederam seu tempo para responder o questionário, dar sugestões, tirar dúvidas e enviar materiais e ao pessoal de Caraguatatuba, que responderam os questionários, enviaram perguntas, deram

dicas, enviaram fotos e sempre foram muito solícitos em compartilhar o questionário com as pessoas que conheciam. Meu muito obrigada a todos!

E claro, minha eterna gratidão a toda minha família, que suportou todas as crises de ansiedade, de choro, de desistência, deu todo suporte moral e incentivo que precisei durante esses anos. Sempre prontos a oferecer assistência, especialmente cuidando da minha pequena quando necessário. A meu marido, Samuel, que certamente aguentou o pior de mim, mas com muita paciência e amor. Leu e releu meu trabalho, fez muitas coletas, assistiu muuuitas pré-apresentações, gravou outras tantas, e nunca saiu do meu lado, mesmo quando a depressão bateu na porta. Nunca terei palavras suficiente para agradecer. Amo, amo muito todos vocês.

E, embora sem entender muito o que estava acontecendo e sofrendo a ausência da mamãe (física e psicológica), agradeço e dedico essa pesquisa a minha filha, Heloísa, cujo amor incondicional e doçura me sustentaram. Observar a singela coragem dessa criança e receber seu carinho me deu, e me dá, forças para seguir em frente. Ela é minha inspiração, minha motivação e meu coração. Haja o que houver, te amo sempre! (como você me diz todos os dias).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº2017-19156-1, pelo financiamento do projeto de pesquisa, tornando possível a produção dessa dissertação.

RESUMO

SILVA, Juliana Nascimento. **Análise dos riscos aos serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade de praias arenosas: um estudo de caso com a gestão do bivalve *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba (São Paulo-Brasil).** 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

As praias arenosas possuem grande biodiversidade e importância ecológica e econômica, mas o uso excessivo e a má administração dos Serviços Ecossistêmicos (SE) prestados pela sua biodiversidade ameaçam seu futuro. Nesse cenário, uma gestão da biodiversidade de praias baseada em uma abordagem ecossistêmica pode evidenciar os diferentes bens e serviços fornecidos pela mesma, facilitar seu uso sustentável e permitir a manutenção dos SE para o futuro. Considerando o exposto, o presente estudo teve como objetivo contribuir com a melhoria na gestão da biodiversidade de praias ao analisar os riscos incidentes nos SE prestados pelo berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba. Essa pesquisa integrou informações sociais e culturais, biológicas e físicas, em torno dos SE prestados por *T. mactroides*, fornecendo subsídios importantes para a implementação de uma Gestão Baseada em Ecossistemas na área de estudo. Além disso, fornece subsídios para tomadores de decisão acerca dos riscos incidentes atuantes sobre *T. mactroides* e seus SE, fornecendo níveis de riscos e formas de atuação. Constatamos que os SE de *T. mactroides* encontram-se submetidos a riscos como contaminação da água do mar por agentes patógenos e derivados de óleo, atividades turísticas e mudanças climáticas, podendo ocasionar impactos como alteração em parâmetros populacionais da espécie, desvalorização de seus usos e perda de benefícios como geração de renda, manutenção de tradições, purificação da água e manutenção da biodiversidade. Indicamos que, ao invés da atual prática restritiva atual, é necessária uma abordagem alternativa de gestão integrada de *T. mactroides*, de forma a valorizar os SE prestados pela espécie e atuar sobre os riscos incidentes sobre esses SE. Também indicamos um caminho que pode ser seguido por estudos semelhantes, ao propor um modelo baseado em ecossistemas, em que as informações a respeito de riscos são integradas com impactos e ações, a fim de garantir não só a conservação da biodiversidade, como a manutenção dos benefícios que geram para a sociedade.

Palavras-chave: Gestão Baseada em Ecossistemas, sustentabilidade, governança, ameaças, modelagem

ABSTRACT

SILVA, Juliana Nascimento. **Risks Analysis to ecosystem services provided by the biodiversity of sandy beaches: a case study with the management of the *Tivela mactroides* bivalve at Caraguatatuba Cove (São Paulo-Brazil)**. 2019. 85 s. Dissertation (Master in Oceanography) - Oceanographic Institute, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

Sandy beaches have great biodiversity and ecological and economic importance, but the overuse and mismanagement of ecosystem services (SE) provided by their biodiversity threatens their future. In this scenario, a beach biodiversity management based on an ecosystem approach can highlight the different goods and services provided by it, facilitate their sustainable use and allow the maintenance of SEs for the future. Considering the above, the present study aimed to contribute to the improvement of beach biodiversity management by analyzing the risks to the ES provided by cockle *T. mactroides* in Caraguatatuba Cove. This research integrated social, cultural, biological and physical information around the ES provided by *T. mactroides*, providing important support for the implementation of Ecosystem Based Management in the study area. In addition, it provides input to decision makers on the incidental risks affecting *T. mactroides* and their SE, providing risk levels and ways of acting. We found that *T. mactroides* SEs are subjected to risks such as seawater contamination by pathogens and oil derivatives, tourism activities and climate change, which may cause impacts such as changes in species population parameters, devaluation of their uses and loss of benefits such as income generation, maintenance of traditions, water purification and maintenance of biodiversity. We point out that, instead of the current restrictive practice, an alternative approach to integrated management of *T. mactroides* is needed in order to value the ES provided by the species and to address the risks to those ES. We also point out a path that can be followed by similar studies in proposing an ecosystem-based model where risk information is integrated with impacts and actions to ensure not only biodiversity conservation but also the maintenance of benefits they generate for society.

Key words: Ecosystem Based Management, sustainability, governance, threats, modeling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis, valores e significados das probabilidades adotadas na Matriz de Riscos e dados utilizados.	22
Tabela 2: Níveis, valores e significados dos impactos adotados na Matriz de Riscos e dados utilizados.	23
Tabela 3: Níveis de risco, valores e ações a serem adotadas.....	23
Tabela 4: Importância e classificação dos SE prestado por <i>T. mactroides</i> , assim como os benefícios e usos advindos.	28
Tabela 5: Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis ambientais no tamanho médio (mm) de <i>Tivela mactroides</i> . GLM final, simplificado, função gaussiana, link log, AIC 274.85.....	36
Tabela 6: Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis ambientais na abundância (ind/m) de <i>Tivela mactroides</i> . GLM final, simplificado, função binomial negativa, link log, AIC 831.05	37
Tabela 7: Categorização dos fatores citados pelos entrevistados especialistas e usuários de praias e da literatura e riscos identificados.....	45
Tabela 8: Matriz de Riscos sobre os serviços ecossistêmicos de <i>Tivela mactroides</i> na Enseada de Caraguatatuba.....	47
Tabela 9: Políticas públicas que podem favorecer a conservação do meio ambiente e a manutenção dos SE prestados pelo berbigão <i>Tivela mactroides</i>	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Enseada de Caraguatatuba, marcada em vermelho a área de amostragem de <i>T. mactroides</i> .	17
Figura 2: Modelo de cascata utilizado no presente estudo.	18
Figura 4: Esquema de organização da Matriz SWOT para identificar fatores positivos e negativos incidentes sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por <i>Tivela mactroides</i> na Enseada de Caraguatatuba.	21
Figura 4: Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada. As cores diferenciadas das linhas são para ajudar o leitor na leitura.	24
Figura 5: Modelo Conceitual utilizado. As cores representam: azul (causas), amarelo (riscos indiretos), roxo (riscos diretos), laranja (alvos), verde (impactos) e rosa (ações).	25
Figura 6: Berbigão <i>Tivela mactroides</i> à venda na Rua 25 de Março (São Paulo/SP), no dia 14 de outubro de 2017.	26
Figura 7: Benefícios da pesca do berbigão para populações costeiras.	27
Figura 8: Fatores observados pelos usuários de praias em Caraguatatuba, SP, Brasil (n=39).	32
Figura 9: Principais fatores citados, com ocorrência por praia, pelos entrevistados usuários de praias em Caraguatatuba (SP). Os símbolos representam as variáveis, categorizadas por cores relacionadas a quantidade de citações, sendo: vermelho (mais de 25% das respostas), laranja (entre 15% e 24% das respostas) e amarelo (menos de 15% das respostas).	33
Figura 10: Abundância média de <i>Tivela mactroides</i> por estação, no período de 2003 a 2017, na Enseada de Caraguatatuba (SP) sendo: barras pretas no eixo principal, barras cinzas no eixo secundário. As linhas verticais indicam o intervalo de confiança (95%).	35
Figura 11: Tamanho médio de <i>Tivela mactroides</i> por estação, no período de 2003 a 2017, na Enseada de Caraguatatuba (SP). As linhas verticais indicam o intervalo de confiança (95%).	36
Figura 12: Quantidade de citações dos fatores listados com impacto em uma população de <i>Tivela mactroides</i> (n=13).	38
Figura 13: Pontos fortes e fracos de <i>Tivela mactroides</i> para a recuperação de uma população e a porcentagem de especialistas que os indicaram, sendo: 1) Reprodução contínua da espécie; 2) rápido crescimento; 3) flutuações de densidade; 4) ampla distribuição geográfica da espécie; 5) hábito de alimentação por filtração; 6) baixa capacidade de locomoção; 7) necessidade de se enterrar (n=13).	38
Figura 14: Quantidade de citações de fatores que favorecem ou prejudicam o uso (pesca) de berbigão (n=13).	39
Figura 15: Quantidade de citações de fatores que influenciam na qualidade da pesca de berbigão, podendo aumentar (verde), diminuir (vermelho) ou não alterar (azul) a qualidade de pescado (n=13).	40

Figura 16: Matriz SWOT sobre Serviços Ecossistêmicos prestados pelo berbigão <i>Tivela mactroides</i> em Caraguatatuba.....	43
Figura 17: Ações que o poder público e a sociedade devem implementar para a recuperação de uma população de <i>Tivela mactroides</i> e quantidade de citações (n=13)	49
Figura 18: Quantidade de citações de ações listadas que podem ser adotadas para melhorar a pesca/qualidade de berbigão e em que situações de densidade do berbigão essas ações devem ocorrer (n=13).....	49
Figura 19: Modelo conceitual de riscos incidentes sobre serviços ecossistêmicos de <i>Tivela mactroides</i> , impactos e ações. As linhas que se cruzam estão em cores diferentes para não confundir o leitor.	54
Figura 20: Propostas para medidas de manejo de <i>Tivela mactroides</i> na Enseada de Caraguatatuba (SP).	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS E ESTRATÉGIA	14
3. METODOLOGIA	15
3.1. Área e objeto de estudo	15
3.2. Levantamento de Serviços Ecossistêmicos prestados por <i>Tivela mactroides</i>	17
3.3. Levantamento de fatores que incidem sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por <i>Tivela mactroides</i>	19
3.5. Levantamento de impactos nos Serviços Ecossistêmicos prestados por <i>Tivela mactroides</i>	21
3.6. Análise de Riscos	21
3.7. Ações	24
4. RESULTADOS	25
4.1. Serviços ecossistêmicos de <i>Tivela mactroides</i> em Caraguatatuba	25
4.1.1. Informações da literatura	25
4.1.2. Informações de questionários com especialistas	26
4.2. Levantamento de fatores que incidem sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por <i>Tivela mactroides</i>	29
4.2.1. Informações na literatura	29
4.2.2. Informações de questionários com usuários	31
4.3. Tendências	33
4.4. Impactos no uso e abundância de <i>Tivela mactroides</i>	37
4.5. Análise de Riscos	40
4.6. Ações	48
5. DISCUSSÃO	57
5.1. Gestão de <i>Tivela mactroides</i> na Enseada de Caraguatatuba	57
5.2. Gestão Baseada em Ecossistemas para a biodiversidade costeira	60
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
APÊNDICES	70

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a zona costeira é definida pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Brasil, 1990) como sendo o espaço geográfico de interação entre o ar, o mar e a terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. Inserida na zona costeira, a orla marítima pode ser definida como uma unidade geográfica delimitada pela faixa de interface entre a terra firme e o mar (MMA, 2006). A Zona Costeira se caracteriza pela presença de águas com propriedades físico-químicas especiais e por um conjunto de ecossistemas particularmente dinâmicos. Por sua acentuada produtividade orgânica, os ecossistemas costeiros dão origem a importantes cadeias alimentares e são áreas propícias à maricultura e à pesca, prestando diversos Serviços Ecossistêmicos (SE) (GRANEK *et al.*, 2010).

Embora o conceito de SE tenha evoluído ao longo do tempo com diferenciação na sua forma de abordagem, a base de sua conceituação é o ecossistema e o uso econômico. Pela definição proposta por Haines-Young e Potschin (2010), os SE se referem aos benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas. Dentre eles pode-se citar a provisão de alimentos, a regulação climática e a formação do solo. (COSTANZA *et al.*, 1997; DAILY, 1997; DE GROOT, WILSON e BOUMANS, 2002). Os SE podem ser classificados, de acordo com a Avaliação do Milênio, em quatro categorias: i) serviços de provisão (ou serviços de abastecimento); ii) serviços de regulação; iii) serviços culturais; e iv) serviços de suporte. Os serviços de provisão incluem os produtos obtidos dos ecossistemas, tais como alimentos, recursos ornamentais e água (MEA, 2003). Os serviços de regulação se relacionam às características regulatórias dos processos ecossistêmicos, como manutenção da qualidade do ar e proteção de desastres (mitigação de danos naturais). Os serviços culturais incluem a diversidade cultural, na medida em que a própria diversidade dos ecossistemas influencia a multiplicidade das culturas, valores religiosos e espirituais, geração de conhecimento (formal e tradicional), valores educacionais e estéticos, etc. Os serviços de suporte são aqueles necessários para a produção dos outros SE, como por exemplo, a produção de oxigênio atmosférico e a ciclagem de nutrientes (MEA, 2003).

Os sistemas costeiros caracterizam-se por ser altamente complexos: incluem comunidades ecológicas diversas que processam o fluxo de nutrientes, sedimentos e água; apoiam uma variedade de organismos; atuam na proteção contra danos causados por ondas e inundações; produção de peixe e marisco; valorização da qualidade da água, recreação e valores estéticos, espirituais e culturais (MEA, 2005). Um sistema costeiro importante que presta

muitos SE são as praias arenosas, ambientes de transição entre continentes e oceanos que possuem grande importância ecológica e econômica e fornece habitat para uma diversa biota terrestre e marinha (ALONGI, 1998; MCLACHLAN e ERASMUS, 1983). Dentre a abundante biodiversidade existente em praias, organismos bentônicos que vivem enterrados nos sedimentos estão entre os mais diversos e são representados tipicamente por anelídeos poliquetas, moluscos e crustáceos (MCLACHLAN e BROWN, 2006). Diversos estudos já identificaram e valoraram alguns dos SE prestados pelas praias arenosas (por exemplo, CARRILHO (2016); FERREIRA *et al.* (2015); JERICÓ-DAMINELLO (2014); SANTOS e SILVA, (2012)). Jericó-Daminello (2014), ao realizar a identificação e valoração sociocultural dos SE da praia do Marujá (Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP), identificou dezoito SE, como: sobrevivência material e imaterial, identidade de lugar, contato com a natureza, trabalho, relaxamento e ecoturismo. Carrilho (2016), ao indentificar SE prestados pela Baía do Araçá (São Sebastião, SP) e valorar alguns desses SE, encontrou valores elevados para os relacionados ao uso da biodiversidade, como a pesca de diversas espécies de moluscos e peixes.

No entanto, os atuais estudos não focam especificamente nos SE prestados pela biodiversidade de praias arenosas e os riscos incidentes sobre esses SE. Nusdeo (2012) refere que estudos sugerem que os SE proporcionados pela biodiversidade mundial podem custar cerca de 60 trilhões de dólares anuais, o que supera o PIB mundial. Mas a degradação, em conjunto com a perda da biodiversidade, prejudicam o funcionamento e a resiliência dos sistemas costeiros (AZEVEDO, 2018). No Brasil, fatores como produtos químicos, metais pesados, carboníferos, efluentes de vinhaça, aterros, agrotóxicos, despejo de lixo e óleo de navios e a especulação imobiliária incidem sobre as praias, acelerando sua degradação (BRASIL, 1990). Os efeitos da dinâmica natural, combinados com as perturbações antrópicas, podem levar a uma desestabilização da integridade desse sistema, induzindo à mudanças profundas das unidades fisiográficas, quase sempre com uma significativa redução da biodiversidade (PORTZ, 2012), o que vem a ameaçar a sua capacidade de fornecer o fluxo de serviços de forma contínua (AZEVEDO, 2018).

Uma das principais razões para a degradação contínua dos ecossistemas e da perda de biodiversidade é o fato de que a relação de dependência do bem-estar com ecossistemas equilibrados e os benefícios da conservação ainda não são devidamente reconhecidos (TEEB, 2010). Portanto, a biodiversidade e seus SE associados não podem mais ser tratados como bens inesgotáveis e livres; seu verdadeiro valor para a sociedade, bem como os custos de sua perda e degradação, precisam ser devidamente contabilizados (DE GROOT, 2012). As complexidades do sistema biofísico (incluindo os sistemas e fluxos marinhos e terrestres) e dos

sistemas humanos (isto é, múltiplas jurisdições políticas e grupos de interesse) nas praias arenosas, além dos riscos incidentes (como poluição, diminuição da praia por conta do avanço do mar), destacam as dificuldades de uma política e gestão ecossistêmica eficaz para esses ambientes (WEINSTEIN *et al.*, 2007). E, infelizmente, a gestão dos recursos naturais e a sua exploração tem se caracterizado como ineficiente e insustentável (REMOUNDOU *et al.*, 2009), ignorando os SE e seus benefícios para os indivíduos e a sociedade e a necessidade de envolver a população nas medidas adotadas (SEIXAS e KALIKOSKI, 2009). Apesar das políticas voltadas para conservação, frequentemente também se ignora a necessidade de atuação sobre os riscos incidentes sobre a biodiversidade e seus SE.

Um claro exemplo é a gestão de *Tivela mactroides*, um bivalve de praias arenosas, no litoral do Estado de São Paulo. A gestão atual é extremamente restritiva, pois se dá por meio do Decreto nº 60.133, de 07/02/2014, que reconheceu a espécie como ameaçada de extinção no Estado de São Paulo, criminalizando seu uso. Esse decreto ignora a heterogeneidade do litoral do Estado (já reconhecida Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) do Estado de São Paulo - Lei Estadual nº 10.019 de 03/07/1998) e a importância da espécie para populações costeiras (DENADAI *et al.*, 2015; McLACHLAN *et al.*, 1996; TURRA *et al.*, 2016; TURRA e DENADAI, 2005). A atual gestão tampouco atua sobre as demais ameaças antrópicas que incidem sobre as praias e podem impactar *T. mactroides*. Por exemplo, em Caraguatatuba, no litoral norte de SP, onde o berbigão *T. mactroides* é um importante recurso, apesar de não existir evidências de que o impacto de pesca seja negativo no estoque local (TURRA *et al.*, 2016a), esse organismo encontra-se sob intensa pressão resultante da urbanização e falta de saneamento, com impacto como contaminação dos organismos por compostos químicos e patógenos (DENADAI *et al.*, 2015b).

No contexto exposto acima, para lidar com os riscos incidentes sobre as praias arenosas e seus SE e evitar impactos, como perda de biodiversidade, é necessária uma abordagem integrativa, capaz de reconhecer e lidar com a diversidade e complexidade dessas áreas de transição e com os processos socioecológicos que ali ocorrem. O Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI) é uma das respostas frente a essa demanda, pois se caracteriza como um processo contínuo e dinâmico através do qual são tomadas metas, decisões e ações para proteção, uso racional e desenvolvimento sustentável dos espaços e recursos naturais costeiros e marinhos (CICIN-SAIN e KNECHT, 1998; CLARK, 1997; GESAMP, 1996). O grande desafio do GCI consiste em buscar um equilíbrio entre atividades potenciais e demandas por espaços e recursos para, numa visão de curto, médio e longo prazo, promover a sustentabilidade da Zona Costeira (CICIN-SAIN e KNECHT, 1998; CLARK, 1997; GESAMP, 1996). Uma

outra nova forma de abordagem nesse cenário é a Gestão Baseada em Ecossistemas (GBE), uma abordagem integrada de gestão que enfatiza a proteção da estrutura, função e processos do ecossistema, com atenção explícita à interconexão entre sistemas e à integração de fatores ecológicos, sociais, econômicos e institucionais (ARKEMA, ABRAMSON e DEWSBURY, 2006; BARBIER *et al.*, 2008; CURTIN e PRELLEZO, 2010; PIKITCH *et al.*, 2004; SLOCOMBE, 1998; TISSOT, WALSH e HIXON, 2009).

A GBE para a sustentabilidade ambiental depende da integração efetiva da informação científica com a compreensão de como os ecossistemas afetam o bem-estar de diferentes indivíduos e grupos na sociedade. Nesse sentido, pensar a sustentabilidade de áreas costeiras utilizando a abordagem dos SE prestados pela biodiversidade e os riscos incidentes nesses SE poderia evidenciar os diferentes bens e serviços fornecidos pela mesma, os benefícios (diretos ou indiretos) advindos e os impactos no bem-estar de indivíduos e sociedades. Atuar sobre esses riscos pode favorecer a continuidade da prestação dos SE pela biodiversidade para as gerações presentes e futuras, bem como garantir a conservação ambiental. Assim, pode-se melhorar a gestão das áreas costeiras e o manejo dos recursos naturais, a fim de evitar os impactos em cenários futuros de riscos advindos de mudanças climáticas e ambientais por conta de atividades antrópicas (GRANEK *et al.*, 2010).

2. OBJETIVOS E ESTRATÉGIA

Considerando o exposto, o presente estudo tem como objetivo propor melhorias na gestão e no uso sustentável da biodiversidade de praias arenosas, com base na análise dos riscos incidentes nos SE prestados pela biodiversidade. Para isso será utilizado como estudo de caso a gestão do bivalve *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba. Temos como objetivos específicos:

1. Identificar os SE prestados pelo berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba

Para identificar quais os SE prestados pela espécie na Enseada de Caraguatatuba, fizemos um levantamento de seus usos e importâncias na literatura. Também indagamos com especialistas quais os benefícios relacionados aos SE.

2. Identificar os riscos que incidem sobre os SE prestados pelo berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba

Para identificar os principais riscos que incidem nos SE prestados pela espécie na Enseada de Caraguatatuba, utilizamos como estratégia a qualificação do risco com

base na probabilidade de ocorrência e impactos decorrentes. Para isso, levantamos dados em diversas fontes disponíveis, sendo: i) questionários com especialistas e usuários de praias no local; ii) literatura e dados secundários disponíveis na mesma; e iii) dados populacionais de *T. mactroides* coletados na Enseada.

3. Identificar ações que atuem sobre os riscos incidentes nos SE prestados pelo berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba.

Para identificar ações que atuam sobre os riscos nos SE prestados pela espécie na Enseada de Caraguatatuba, utilizamos questionários com especialistas e dados da literatura disponível.

4. Propor ações de manejo a serem adotadas para a gestão sustentável do berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba.

Com base nas informações obtidas nas diversas fontes de dados, propomos ações para um uso sustentável de *T. mactroides* na Enseada, em diferentes cenários de condições ambientais e de densidade.

3. METODOLOGIA

3.1. Área e objeto de estudo

O presente estudo tem como área alvo o município de Caraguatatuba, localizado na costa norte do Estado de São Paulo (Figura 1), especificamente a Enseada de Caraguatatuba, localizada entre as pontas do Arpoar (23°43'25,3"S 45°24'07.1"W) e do Camaroeiro (23°37'41.1"S 45°24'02.4"W) (Figura 2) e constituída por uma grande praia arenosa (cerca de 16 km de comprimento) (DENADAI et al., 2015b).

No levantamento sobre macrofauna de praias em Caraguatatuba, a maior riqueza e frequência de organismos foi observada na Enseada de Caraguatatuba, com o maior número de bivalves, como *Tivela mactroides* (AMARAL et al., 2011), conhecido localmente como berbigão. A distribuição de *T. mactroides* ao longo da Enseada de Caraguatatuba é bastante irregular. Observa-se maior número de indivíduos nas proximidades das barras dos três rios que deságuam na região (Rio Juqueriquerê, Rio da Lagoa e Rio Santo Antonio), sendo que a espécie se distribui desde a região entremarés até cerca de 5 m de profundidade (DENADAI et al., 2005). A densidade populacional de *T. mactroides* pode flutuar amplamente, com altos níveis de mortalidade natural (SEVERYN, 2000; PRIETO, 1980; TURRA et al., 2014; TURRA et al.,

2016a; TURRA, *et al.*, 2015b). Embora a espécie *T. mactroides* tenha uma reprodução contínua e rápido crescimento, as flutuações de densidade são constantes. Os padrões temporais indicam que o encalhe de *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba ocorre frequentemente, mas irregularmente.

A região não apresenta forte oscilação de temperatura, que intensifique ou reduza drasticamente a produção e eliminação de gametas de *T. mactroides* ao longo do ano, sugerindo que há amplitude de temperatura ideal para a espécie ao longo de todo o ano (TURRA *et al.*, 2014). Além disso, o aporte de vários rios nesta região abrigada traz uma quantidade significativa de material orgânico em suspensão, fazendo com que não haja limitação de alimento no local durante o ano. O rápido crescimento e a alta taxa de reposição de indivíduos observados para essa população são evidências do sucesso de permanência da espécie na região (TURRA, *et al.*, 2015a). Essa população se caracteriza pelo recrutamento contínuo, alto crescimento individual e taxas de mortalidade, e atinge altos níveis de densidade, biomassa e produção secundária (TURRA *et al.*, 2014).

Na Enseada de Caraguatatuba, a pesca do berbigão *T. mactroides* é realizada regularmente pela população local sendo um recurso importante (TURRA *et al.*, 2016; TURRA e DENADAI, 2005). A exploração de *T. mactroides* na Enseada é uma atividade de baixo impacto, que tem continuado durante décadas, caracterizando-se como recreativa e de subsistência, sendo uma atividade que oferece frutos do mar a baixo custo para os pescadores (DENADAI *et al.*, 2015). O berbigão é utilizado para variados fins no local, como alimentação de subsistência, isca para pesca e confecção de artesanato (TURRA e DENADAI, 2005). Mas sua pesca, como de outros moluscos de praia, é ameaçada por diversos impactos costeiros (MCLACHLAN *et al.*, 1996, CASTILLA e DEFEO, 2001). A Enseada de Caraguatatuba é caracterizada pela baixa hidrodinâmica e recebe grandes quantidades de água doce e efluentes urbanos dos rios que atravessam a zona urbana, pois o sistema de tratamento de esgoto do município de Caraguatatuba é deficiente e não consegue lidar com a demanda (SÃO PAULO, 2005), que aumenta muito no verão (CETESB, 2013). Além disso, na maioria das vezes, mesmo galerias de drenagem e córregos recebem lançamentos clandestinos no seu curso, causando o aporte de esgotos para o mar (CETESB, 2013). Somado a isso há que se considerar a poluição difusa agravada com as chuvas, que constituem-se em uma das principais causas da deterioração da qualidade das águas das praias. Esgoto, lixo e outros detritos, na ocorrência de chuvas, são carregados para as praias pelas galerias, córregos e canais de drenagem, produzindo, assim, um aumento considerável na densidade de bactérias nas águas litorâneas (CETESB, 2015).

Quando Denadai *et al.* (2015b) avaliaram a presença de quatro agentes microbianos patogênicos: Coliformes fecais, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp. e *Vibrio cholerae* em organismos de *T. mactroides* coletados na região, constatou que todas as bactérias foram detectadas no berbigão, estando muitas vezes acima dos limites determinados pela legislação vigente (DENADAI *et al.*, 2015b). No entanto, DENADAI *et al.* (2015a) e TURRA *et al.* (2016) constataram intensa coleta de *T. mactroides* na Enseada. Devido ao seu hábito filtrador, os bivalves acumulam compostos químicos em seus tecidos ao longo do seu ciclo de vida, podendo inclusive transmitir esses contaminantes aos seus predadores naturais (crustáceos, peixes e humanos) por meio da teia trófica (MARTINEZ *et al.*, 2014, TURRA *et al.*, 2015).

Figura 1: Enseada de Caraguatatuba, marcada em vermelho a área de amostragem de *T. mactroides*.

Fonte: Google Earth.

3.2. Levantamento de Serviços Ecossistêmicos prestados por *Tivela mactroides*

Para identificar quais os SE prestados pelo berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba, utilizamos como estratégia entrevistas conduzidas com especialistas e levantamento de informações na literatura. No paradigma de levantamento de informações com especialistas, as avaliações são realizadas por observadores altamente habilitados, que detém um conhecimento aprofundado do assunto estudado (TAYLOR, ZUBE e SELL, 1987). Esse método pode fazer parte de um projeto de pesquisa em dois momentos distintos: (1) como parte de uma fase preliminar, em que contribui para o estabelecimento de bases para a investigação; ou (2) como parte da coleta de dados propriamente dita, seja como estratégia única de

investigação ou combinada com outras. É crescente a utilização em um mesmo projeto de pesquisa mais de uma técnica de coleta e análise de dados. Isso se dá em consonância com a aceitação pelos pesquisadores da multidimensionalidade da maioria dos fenômenos de interesse para a pesquisa.

Usamos as informações fornecidas pelos especialistas como parte da coleta de dados. As entrevistas com especialistas foram utilizadas para identificar benefícios advindos dos SE prestados por *T. mactroides*, complementando essas informações com a literatura. E, com base em outros estudos sobre de *T. mactroides* na Enseada (por exemplo, DENADAI *et al.*, 2015; TURRA *et al.*, 2016a), buscamos a importância e os usos dados a espécie. Utilizamos como base de identificação dos SE a proposta de cascata de Haines-Young e Potschin (2010), com algumas adaptações (inclusão do uso e importância) para melhor corresponder aos objetivos propostos (Figura 2).

Figura 2: Modelo de cascata utilizado no presente estudo.

Fonte: adaptado de Haines-Young e Potschin (2010).

Os especialistas a serem entrevistados foram escolhidos por meio de bases de consulta de pesquisa (Curriculum Lattes - CNPq), utilizando suas áreas de pesquisa como critério de escolha e priorizando o uso de berbigão e/ou ecologia de *T. mactroides*. Também utilizamos redes de pesquisa sobre bentos de praias arenosas (Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos - GT Praias) para a busca. Além disso, foi utilizada a técnica metodológica *snowball* (BIERNACKI e WALDORF, 1981), conhecida no Brasil como “amostragem em Bola de Neve” ou “cadeia de informantes” (PENROD, et al 2003) e GOODMAN (1961, apud ALBUQUERQUE, 2009). É uma técnica onde os participantes iniciais de um estudo indicam novos participantes, que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto (WHA, 1994). O questionário, em formato eletrônico, foi enviado via e-mail e eventuais dúvidas com os especialistas a respeito das respostas também foram sanadas via e-mail ou Skype. Todos os participantes da pesquisa foram devidamente informados sobre o uso de suas respostas. O questionário completo encontra-se no Apêndice 1 e para esse levantamento, foi utilizada a pergunta 7 do questionário.

3.3. Levantamento de fatores que incidem sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por *Tivela mactroides*

Realizamos um levantamento preliminar, com base na literatura, sobre fatores ambientais (de origem natural ou antrópica) que podem afetar os SE prestados por *T. mactroides*. Com base nesse levantamento preliminar, desenvolvemos um questionário de múltipla escolha, que foi divulgado entre um público que costuma frequentar as praias de Caraguatatuba (chamados aqui de usuários de praias), para que marcassem o que porventura houvessem observado ocorrendo nas praias, podendo também ser indicada qual a praia de ocorrência (quando possível). Esse questionário teve por objetivo identificar o que está acontecendo na região de estudo, já que muitas vezes não há dados na literatura. Os questionários foram de múltipla escolha e os entrevistados foram contatos via redes sociais, como Facebook (questionários divulgados em grupos de moradores de Caraguatatuba, como Boca no Trombone e Caraguatatuba Litoral Norte – SP), e também por via e-mail e WhatsApp, quando o contato foi indicado por outros entrevistados. O questionário encontra-se no Apêndice 2.

3.4. Levantamento de tendências

Também buscamos dados históricos sobre os fatores identificados na literatura e nos questionários com usuários de praias, para verificar a situação atual na área de estudo e tendências futuras. Foi possível obter as seguintes séries históricas: concentração de Enterococos na água do mar e dados climáticos (temperatura, precipitação, pressão e velocidade do vento), população fixa urbana e população flutuante (turismo), saneamento básico e de recobrimento urbano.

Os dados de crescimento populacional foram obtidos das estatísticas do IBGE (IBGE, 2018). Dados climáticos foram fornecidos pela estação meteorológica do CEBIMAR (CEBIMAR, 2018) em São Sebastião, com exceção dos dados de precipitação, que foram complementados com dados da estação mantida pela Agência Nacional de Águas (nas coordenada 23°38'0.00'' S e 45°26'0.00''W); os dados de concentração de Enterococos (que compreendem bacilos do trato gastrointestinal de animais de sangue quente, como *Salmonella*, *Shigellai*, *Yersinia* e *Escherichia coli* (FDA, 1990; GONZÁLEZ *et al.*, 2009)) na água do mar são dos relatórios de Qualidade das Praias e Águas Litorâneas do Estado de São Paulo da CETESB, de 2004 a 2018 (CETESB, 2013, 2015, 2018). A concentração de Enterococos foi

obtida para a praia de Palmeiras, no ponto de coleta da CETESB, localizado nas coordenadas 23°39'5.00'' S e 45°25'35.4 W'' O. As amostragens de Enterococos pela CETESB são semanais. Também foram compilados dados de atendimento da coleta de esgoto (%) e tratamento de esgoto (Carga orgânica (CO) remanescente e potencial, em Kg DBO/dia). CO remanescente e porcentagem de atendimento da rede de esgoto são dos relatórios de Qualidade das Praias e Águas Litorâneas do Estado de São Paulo da CETESB, de 2004 a 2017 (CETESB, 2013, 2015, 2018).

O recobrimento do município foi observado por meio de imagens de satélite. As imagens foram referentes a janeiro de 2003 e setembro de 2017, provenientes dos satélites LANDSAT 4-5 e 8, respectivamente. As imagens foram recortadas com a área do município de Caraguatatuba e transformadas de número digital para refletância no software ENVI 4.3, utilizando o método *Dark Object Substraction*. As imagens são exibidas nas bandas cor natural para visualizar a dinâmica urbana do local ao longo dos anos. As imagens também foram classificadas por meio de Classificação Não Supervisionada com o algoritmo *K-Means*. O resultado obtido foi expresso em percentual de recobrimento dos tecidos urbano, rural, área florestada e areia.

Dados populacionais de *T. mactroides* tem sido amostrados na Enseada de Caraguatatuba desde 2003 no Projeto Berbigão (TURRA *et al.* (2014, 2015b) e FUNDESPA (2015)) e em 2016 e 2017 foram realizadas campanhas de coletas trimestrais de *T. mactroides*, conforme metodologia descrita em Turra *et al.* (2014). A área de coleta compreende 2 km de extensão na faixa entremarés da área centro-sul da Enseada de Caraguatatuba (Figura 2), entre os rios Juqueriquerê e Lagoa. Para traçar cenários (atual e futuros) sobre como a população de *T. mactroides* em Caraguatatuba pode ser impactada de acordo com as tendências identificadas, utilizamos os dados populacionais (tamanho e abundância) relacionando-os com os seguintes fatores ambientais: concentração de Enterococos na água do mar (UFC/ 100mL), temperatura (°C), pressão (atm), velocidade do vento (m/s) e precipitação (mm). Para encontrar o melhor modelo para a relação entre as variáveis bióticas de abundância e tamanho médio de *T. mactroides* com as variáveis ambientais, utilizamos o método de Modelos Lineares Generalizados (GLM) (NELDER, *et al.*, 1972). A análise gráfica dos resíduos foi utilizada para verificar a homogeneidade das variâncias, normalidade e independência, até que um modelo ideal que atendesse a todas as premissas fosse atingido. A simulação dos modelos foi conduzida no ambiente do software R 3.4.1, utilizando dados médios mensais das variáveis ambientais para dar entrada no modelo.

3.5. Levantamento de impactos nos Serviços Ecossistêmicos prestados por *Tivela mactroides*

Para identificar quais os impactos decorrentes dos fatores levantados sobre os usos e população de *T. mactroides*, realizamos entrevistas com especialistas em usos e ecologia de moluscos de praias arenosas (perguntas 2 a 5, 8 a 11 do Apêndice 1), buscamos dados na literatura e utilizamos os resultados da relação entre dados populacionais de *T. mactroides* com dados ambientais.

3.6. Análise de Riscos

A partir das informações dos questionários com usuários de praias, entrevistas com especialistas e levantamento de dados na literatura, foram identificados, dentre os fatores levantados, aqueles que são oportunidade ou ameaças a manutenção dos SE prestados por *T. mactroides*, utilizando como ferramenta a Matriz SWOT (Figura 4). Com essa ferramenta, a partir da distribuição dos componentes analisados em blocos, é possível ter uma percepção mais clara dos fatores (positivos e negativos) que influenciam o ambiente local, facilitando a tomada de decisão (BUARQUE, 2008). Foram considerados como fatores internos aqueles que são intrínsecos aos SE prestados por *T. mactroides* (como características ecológicas da espécie na região) e externos aqueles provenientes do meio ambiente e fontes antrópicas.

Figura 3: Esquema de organização da Matriz SWOT para identificar fatores positivos e negativos incidentes sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba.

Fonte: adaptado de Buarque (2008).

Os fatores tidos como ameaças foram organizados a fim de identificar quais os riscos que podem afetar a manutenção dos SE de *T. mactroides* na Enseada. Os riscos foram qualificados de acordo com o impacto causado e a probabilidade de ocorrência, utilizando uma Matriz de Riscos (PMBOK, 2013). A Matriz de Riscos permite identificar os riscos que, caso ocorram, teriam um impacto maior no alvo e, assim, poder desenvolver planos de resposta que incluam opções e ações para melhorar as oportunidades e reduzir as ameaças, já que não é prático nem economicamente viável desenvolver planos de resposta para todos os riscos. Com a Matriz de Riscos é possível mapear quais são os principais riscos que podem incidir sobre a manutenção dos SE prestados por *T. mactroides* em Caraguatatuba e assim propor medidas adequadas para a gestão sustentável do recurso.

Essa é uma ferramenta na qual se consideram vários elementos, dentre eles:

1. Probabilidade: valor que determina a probabilidade de ocorrência do risco.
2. Impacto: valor que determina a magnitude impacto caso o risco se concretize.
3. Qualificação: valor que permite qualificar o risco de acordo com o impacto e com a probabilidade de ocorrência do risco.

A valoração de probabilidade de impacto é realizada usando uma simples escala de três níveis, onde cada nível tem um valor predeterminado (Tabela 1):

Tabela 1: Níveis, valores e significados das probabilidades adotadas na Matriz de Riscos e dados utilizados.

Nível	Valor	Significado	Dados utilizados
Alto	3	Há fatores (antecedentes ou resultados de avaliações) que, somados, indicam alta possibilidade de ocorrência.	Questionários com usuários de praias de Caraguatatuba, literatura e tendências encontradas.
Médio	2	O risco poderia se apresentar, porém não existem fatores que indiquem uma alta possibilidade de ocorrência.	
Baixo	1	Os antecedentes permitem concluir que a possibilidade de ocorrência do risco é baixa ou não fornecem uma base suficiente para considerá-lo como de nível médio ou alto.	

De modo semelhante, pode-se determinar a quantificação de impacto por meio do uso de uma escala de três níveis (Tabela 2).

Tabela 2: Níveis, valores e significados dos impactos adotados na Matriz de Riscos e dados utilizados.

Nível	Valor	Significado	Dados utilizados
Alto	3	Afeta de modo significativo o alvo.	Entrevistas com os especialistas e a literatura, além dos resultados da relação entre abundância e tamanho de <i>T. mactroides</i> com dados ambientais.
Médio	2	Embora a consequência seja considerada importante, o grau de materialização é mais baixo do que no nível alto.	
Baixo	1	O efeito não é considerado importante ou não há motivos para acreditar que o risco seja uma ameaça para o alvo.	

Com a quantificação conforme o nível de impacto e de probabilidade, é feito um mapa de riscos que permite identificar aqueles que requerem uma resposta. Os valores são obtidos, multiplicando-se o valor do impacto por aquele da probabilidade, valores esses classificados em intervalos resultado em uma escala de 1 a 3 no final. Assim, é possível determinar que tipo de ação é necessária de acordo com o nível de risco, conforme a tabela a seguir ((PMBOK, 2013), Tabela 3):

Tabela 3: Níveis de risco, valores e ações a serem adotadas.

Nível	Valor	
Alto	De 6 a 9, valor 3	Gerenciar: É requerido um plano de resposta.
Médio	De 3 a 4, valor 2	Monitorar: realizar um acompanhamento do risco para analisar se a probabilidade ou o impacto mudaram.
Baixo	1 a 2, valor 1	Aceitar: É melhor aceitar o risco já que o impacto não é significativo e a probabilidade de que o evento aconteça é baixa.

Os impactos e probabilidades foram pontuados conforme segue:

1. Impacto nível 3: risco com mínimo de dois impactos citados por mais de 50% dos entrevistados especialistas ou risco com impacto descrito na literatura/constatado no presente estudo.
2. Impacto nível 2: risco com mínimo de dois impactos citados por mais de 30% e menos de 50% entrevistados especialistas e/ou um dos impactos citado por mais de 50% entrevistados especialistas.
3. Impacto nível 1: demais casos.
4. Probabilidade nível 3: constatado na literatura/tendências e citado pelos usuários de praias.
5. Probabilidade nível 2: citado por mais de 50% dos entrevistados (usuários de praias).
6. Probabilidade nível 1: demais casos.

Essa classificação foi adotada tendo em vista a qualidade da informação fornecida, ou seja, concedendo mais peso as informações provenientes da literatura. As respostas provenientes dos questionários foram qualificadas de acordo com a frequência de citação.

3.7. Fluxograma da metodologia

Segue um fluxograma detalhando os métodos utilizados e o uso das informações para atingir os objetivos propostos (Figura 4).

Figura 4: Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada. As cores diferenciadas das linhas são para ajudar o leitor na leitura.

Fonte: autoria própria.

3.7. Ações

Para lidar com os riscos e evitar os impactos nos SE, foram propostas diversas ações. Para identificar essas ações, foram realizados questionários com especialistas em usos e ecologia de moluscos de praias arenosas, utilizando as perguntas de 6 e 12 do questionário presente no Apêndice 1. Também foram usados dados da literatura e respostas do questionário entregue aos usuários de praias.

A fim de otimizar a proposta de ações, foi utilizado um Modelo Conceitual como ferramenta (Figura 5, MARGOLUIS *et al.*, 2009). Um modelo conceitual usa uma série de formas e setas para representar sucintamente um conjunto de relações causais presumidas entre os fatores que podem impactar um ou mais alvos. Uma das características mais úteis dos modelos conceituais para avaliação é que eles podem ajudar a determinar o que medir e o que não medir. Um modelo bem desenvolvido baseia-se no conhecimento local e especializado e relaciona explicitamente os objetivos de conservação com os principais riscos diretos que os

afetam e os riscos indiretos que influenciam os riscos diretos, bem como as ações de atuação (MARGOLUIS *et al.*, 2009).

Figura 5: Modelo Conceitual utilizado. As cores representam: azul (causas), amarelo (riscos indiretos), roxo (riscos diretos), laranja (alvos), verde (impactos) e rosa (ações).

Fonte: adaptado de MARGOLUIS *et al.*, 2009.

Com esse modelo, foi possível identificar sobre quais riscos podem incidir sobre os SE prestados por *T. mactroides* na área de estudo, quais os possíveis impactos e como atuar para melhorar a prestação desses serviços agora e no futuro.

4. RESULTADOS

4.1. Serviços ecossistêmicos de *Tivela mactroides* em Caraguatatuba

4.1.1. Informações da literatura

Estudos como os conduzidos por Mendoza e Marcano (2000) e Arriech e Prieto (2006), na Venezuela, e (Denadai *et al.*, 2015; Turra *et al.*, 2016) e Turra *et al.* (2015b) no Brasil, indicam que *Tivela mactroides* é amplamente consumida por populações humanas e organismos marinhos, incluindo várias espécies de peixes, como o pompano *Trachinotus carolinus*, a estrela *Astropecten marginatus*, o caranguejo azul *Callinectes danae* e os bagres *Cathorops spixii* e *Genidens genidens*.

Segundo Acosta e Lodeiros (2004), Grado (2008) e Denadai *et al.* (2015a), moluscos bivalves, como *T. mactroides*, são considerados bons bioindicadores de poluição, tanto por produtos derivados do petróleo como pelo extravasamento de esgotos domésticos na água do mar (presença de microrganismos patogênicos) e metais pesados.

Segundo Turra *et al.* (2016a) a exploração de *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba caracteriza-se como recreativa e de subsistência, sendo uma atividade que oferece frutos do mar a baixo custo para os pescadores. Ainda segundo os autores, o berbigão

é ingrediente em muitos pratos e pode ser cozido ou mesmo consumido cru, sendo também utilizado como isca para pesca e confecção de artesanato. Segundo Denadai *et al.* (2015a), estima-se a quantidade de pescas anuais em até 25 toneladas de berbigão na região e Turra *et al.* (2016b) chegaram a estimar que cerca de 815 famílias, equivalentes a 3091 indivíduos, consumiam berbigão anualmente e cerca de 20% dessas pessoas eram consumidores frequentes, consumindo *T. mactroides* pelo menos uma vez por semana.

O berbigão é vendido tanto no litoral quanto na Região Metropolitana de São Paulo, a preços variáveis. O peso fresco médio dos moluscos coletados, segundo as estimativas de Turra *et al.* (2016b), foi 5,7 Kg *in natura*/pescador.dia. O valor médio do berbigão foi de 4,31 BRL/Kg no município de São Sebastião em 2014 (IP, 2014). Foi relatado por pescadores locais a venda de berbigão por até 5,00 BRL/Kg em Caraguatatuba, em 2018. Há relatos de retirada de berbigão em grandes quantidades por pessoas provenientes de São Paulo, sendo que encontramos no bairro da Liberdade, no município de São Paulo, a venda de *T. mactroides* a 10,00 BRL/Kg em 2018 (Figura 6).

Figura 6: Berbigão *Tivela mactroides* à venda na Rua 25 de Março (São Paulo/SP), no dia 14 de outubro de 2017.

Fonte: Imagem cedida por Márcia Denadai – Instituto Costa Brasilis.

4.1.2. Informações de questionários com especialistas

No total, 13 especialistas foram entrevistados. Eles citaram vários benefícios da pesca de berbigão, como: fortalecimento de culturas tradicionais, geração de renda, dinamização de economias locais, diminuição da vulnerabilidade social e fonte de proteínas para populações costeiras (Figura 6).

Figura 7: Benefícios da pesca do berbigão para populações costeiras.

Fonte: autoria própria.

4.1.3. Identificação dos Serviços Ecossistêmicos

Um único SE, ou seja, um componente ou processo natural, é capaz de prover diferentes benefícios para quem o usufrui, sendo que estes podem ser materiais ou imateriais (CHAN *et al.*, 2012b; MEA, 2003). Também, um SE pode ser considerado cultural ou de provisão, ou até as duas classificações ao mesmo tempo, dependendo do enfoque em que aquela relação está sendo analisada (CHAN *et al.*, 2012b). Um exemplo é a pesca. A pesca é tradicionalmente associada à categoria de provisão, por ter como benefício um alimento. No entanto, é sabido que este serviço está associado a outros tantos benefícios, como os chamados “imateriais”: inspiração, identidade e herança cultural. Ou ainda pode ser relacionado com o benefício de emprego/trabalho que, por sua vez, também está relacionado a outros tantos benefícios materiais e imateriais (CHAN *et al.*, 2012b).

Para identificar os SE prestados pelo berbigão, primeiramente identificamos a sua importância para a região: i) alimentação, ii) ecológica, iii) cultural, iv) social e v) econômica. Tido como importante na alimentação, o recurso pode ser classificado tanto em serviço de provisão quanto cultural, pois é utilizado na subsistência e também na confecção de pratos típicos caiçaras (patrimônio cultural), podendo ter como benefícios a promoção do turismo gastronômico e a geração de renda. A importância econômica (venda do berbigão) encontra-se no serviço de provisão. Outra importância cultural do berbigão é na fabricação de peças artesanais. Já o serviço social do berbigão aplica-se principalmente ao seu uso recreativo, em

grande parte pelos turistas que visitam a região. A importância ecológica do berbigão envolve os serviços de regulação e suporte e se manifesta principalmente por meio da importância na cadeia alimentar, que provê benefícios como manutenção dos estoques pesqueiros e manutenção da biodiversidade (Tabela 4).

Tabela 4: Importância e classificação dos SE prestado por *T. mactroides*, assim como os benefícios e usos advindos.

Importância	Classificação SE	Benefício	Uso
Alimentação	Serviço de provisão Fornecimento de alimento	Alimento com alto valor proteico.	Subsistência
Alimentação	Serviço cultural Herança cultural: alimento tradicional na região Fornecimento de alimento	Manutenção da tradição caiçara. Geração de renda. Promoção do turismo.	Subsistência Comercial: venda de pratos típicos.
Econômica	Serviço de provisão Fornecimento de alimento	Geração de renda	Comercial: venda do berbigão para consumo.
Ecológica	Serviço de regulação Depuração da água	Purificação da água: assimilação de resíduos.	
Ecológica	Serviço de suporte Ciclagem de nutrientes	Melhora da qualidade ambiental Cadeia alimentar: alimento para outras espécies com valor comercial. Manutenção da biodiversidade (pescado).	Isca
Cultural	Serviço cultural Identidade cultural Valor estético	Manutenção de tradições: produção de peças artesanais com conchas, etc. Geração de renda.	Comercial: venda das peças artesanais. Uso próprio das peças fabricadas. Inspiração cultural e artística.
Social	Serviço cultural Beleza Recreação	Diversão, relaxamento Geração de renda. Promoção do turismo	Atividades de lazer na praia
Educacional	Pesquisa e educação	Conscientização ambiental Dados sobre qualidade do ambiente	Monitoramento e pesquisa: informação sobre qualidade ambiental.

4.2. Levantamento de fatores que incidem sobre os Serviços Ecossistêmicos prestados por *Tivela mactroides*

4.2.1. Informações na literatura

Segundo estudos como os conduzidos por Bakanov (2004), Barroso e Matthews-Cascon (2004), Herrmann *et al.* (2010), Matthews-Cascon e Lotufo (2006), Rodil *et al.* (2008), Tata e Prieto (1991) e Turra *et al.* (2016), condições ambientais como o hidrodinamismo, granulometria e quantidade de matéria orgânica do sedimento, bem como as características físico-químicas da água, como salinidade, são fatores que influenciam a distribuição e a densidade das populações de moluscos bivalves como *T. mactroides*.

Quanto a atividades antrópicas, em derrames de petróleo ou demais componentes químicos na água do mar, moluscos bivalves, como *T. mactroides*, são muito afetados, principalmente por conta de seu hábito filtrador, segundo Acosta e Lodeiros (2004), Denadai *et al.* (2015), Medeiros e Bícigo (2004) e Poffo, Xavier e Serpa (2001). Santos Jesus e Prost (2011) colocam que a presença de compostos derivados do petróleo pode interferir nas funções celulares e fisiológicas e na reprodução de organismos, além de serem altamente carcinogênicos. Marisqueiros relataram a Jesus e Prost (2011), durante seu estudo no município Madre de Deus (Bahia), uma redução significativa dos mariscos nas últimas décadas, associada aos frequentes derrames de óleo e aos efluentes tanto industriais quanto domésticos. Após os derrames de petróleo, de acordo com os entrevistados por Jesus e Prost (2011), a coleta de mariscos fica impossibilitada e quem insiste e consome os mariscos sofre de dores estomacais.

No município de São Sebastião, vizinho a Caraguatatuba, está localizado o antigo TEBAR, agora chamado DTCS (Duto e Terminais Centro Sul), o mais importante terminal de óleo do país. O TEBAR gera intensa pressão ambiental por conta do risco frequente de derramamentos de óleo, sendo que foram registrados 232 acidentes entre 1978 e 2000, segundo Poffo, Xavier e Serpa (2001). A proximidade de Caraguatatuba com o Canal de São Sebastião aumenta os riscos de acidentes com derramamento de petróleo para o município pois, embora o fluxo de materiais vindos do Canal para Caraguatatuba depende da direção do vento e das condições climáticas, o transporte e depósito de sedimento é predominantemente à NE, de encontro à Caraguatatuba, segundo Castro *et al.* (2008), Furtado (1978) e Rodrigues (2009).

Estudos conduzidos na Venezuela e no Brasil por Arrieche e Prieto (2006), Etchevers (1976), Mendoza e Marcano (2000), Prieto (1980), Tata e Prieto (1991), Turra *et al.* (2014) e Turra *et al.* (2016) apontam que diversos outros fatores antrópicos afetam o desenvolvimento

de *T. mactroides*, como o usos turístico das praias e o saneamento básico deficiente. O turismo, quando desordenado, se torna um problema para as áreas costeiras, sendo fonte de diversas ameaças, como o lixo. Resíduos sólidos fragmentados, como pedaços de plásticos, apresentam um elevado impacto ambiental, com consequências como riscos aos frequentadores e à biota local, perda da biodiversidade marinha e até mesmo redução do turismo, segundo Dias Filho *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2016).

Segundo Gigliotti e Santos (2013), de 1970 a 2010 a área urbana de Caraguatatuba se expandiu em 197,8%, com um expressivo adensamento da população urbana e flutuante. Em 1960 a população urbana de Caraguatatuba era de 39%, panorama que mudou significativamente a partir da década de 70, chegando a 96,6% da população total em 2017 (CETESB, 2018). Segundo Shirazawa-Freitas (2012), alguns dos problemas que se tornaram comuns foram: abastecimento de água inseguro e inadequado, sistema de despejo de esgoto e lixo inadequados e aumento do turismo. Além disso, segundo dados do IBGE (2018), a população flutuante chega a fazer a população regular dobrar em épocas de pico, por conta do fluxo de turistas. Segundo Caraguatatuba (2012), o turismo é considerado uma atividade econômica importante, tendo em vista os negócios que proporciona e o número de empregos e renda que gera. No entanto, é também responsável pela destruição de áreas naturais, ocupação intensiva e irregular dessas áreas, disposição inadequada de resíduos sólidos, lançamento de efluentes líquidos nos corpos d'água sem o devido tratamento prévio. Cerca de 90% da contaminação por águas residuais descarregadas na zona costeira ocorre através de rios e córregos (GPA, 2001; PNUMA, 2001). Os esgotos, por meio dos corpos d'água litorâneos, afluem ao mar de forma direta ou indireta, na forma de carga difusa, principalmente nos momentos de chuva, produzindo, assim, um aumento considerável na densidade de patógenos nas águas litorâneas (CETESB, 2015) que pode levar a contaminação do berbigão (DENADAI *et al.*, 2015)

Os dados populacionais de Caraguatatuba (IBGE, 2018) mostram um aumento do turismo ao longo do tempo, indicando que mais pessoas estão viajando para a região costeira e podem se envolver na pesca de berbigão. No entanto, segundo Turra *et al.* (2016b), o problema constatado é que os novos coletores mostram pouca consciência dos problemas relacionados à extração de *T. mactroides* e os riscos associados ao seu consumo e, com a chegada constante de coletores a gestão do recurso se torna dificultada. Além do uso sem controle por parte de turistas, a realidade social dos habitantes de Caraguatatuba também pode influenciar a pesca de *T. mactroides*, segundo levantamentos de Turra *et al.* (2016b). Dentre os coletores de berbigão entrevistados por Turra *et al.* (2016b), os locais de Caraguatatuba tinham baixa renda mensal

(<1000 BRL) e o berbigão era tido principalmente para consumo familiar. Os que coletavam berbigão para vender, alcançavam baixo preço pelo produto. A baixa renda, perda de cultura e formas de organização social e a desvalorização de produtos tradicionais que tendem a ocorrer na região em que se insere Caraguatatuba (como descrito em Diegues (2005)) podem afetar os usos do berbigão. Além disso, segundo Turra *et al.* (2016b) eventos de alta densidade e mortalidade em massa de *T. mactroides* são frequentes na Enseada de Caraguatatuba, em uma relação de densidade dependente. Segundo Turra *et al.* (2016a), durante os eventos de mortalidade em massa de *T. mactroides*, consta que a pesca do molusco diminui, pois muitos ficam com receio de consumir a carne (com medo da transmissão de enfermidades e por desconhecimento das causas da mortandade e também devido ao tamanho menor dos organismos, característico desses eventos. A mortalidade em massa resultante também provoca um mau-cheiro por conta da decomposição, o que inibe o turismo nas praias e o uso recreativo do berbigão.

Os fatores ambientais já identificados em Caraguatatuba pela prefeitura (CARAGUATATUBA, 2012), que podem incidir prejudicialmente sobre os SE de *T. mactroides* estão: ocupação intensiva de áreas naturais com habitações irregulares, disposição inadequada de efluentes líquidos nos corpos d'água, uso indisciplinado do solo, desmatamento, contaminação de cursos d'água, assoreamento de canais e rios, atividade portuária e petrolífera, aumento do trânsito de grandes embarcações, desastres ambientais (vazamentos de óleo com comprometimento da vida marinha e qualidade das praias), pesca predatória, desintegração e perda de identidade cultural caíçara, não controle e fiscalização de cumprimento de leis ambientais e de zoneamento costeiro, não disponibilização, pelo município, de espaços próprios para comercialização de produtos da agricultura familiar/pesca artesanal e maricultura, não estabelecimento de leis (municipais) que apoiem e fortaleçam a agricultura familiar/pesca artesanal, maricultura e atividades relacionadas, inviabilidade econômica da atividade da pesca artesanal, maricultura e agricultura, migração dos pescadores, maricultores e agricultores para outras atividades.

4.2.2. Informações de questionários com usuários

O questionário com usuários de praias foi respondido por 39 pessoas e constava de uma lista de fatores que podem impactar, direta ou indiretamente, os SE prestados pelo berbigão, podendo o entrevistado marcar livremente quantas opções desejasse. Dos entrevistados, 85% responderam que costumam frequentar as praias durante o ano todo. Quando indagados sobre

o que já observaram em Caraguatatuba, mais de 70% dos entrevistados responderam que observam lixo na praia e no mar, esgoto despejado na praia ou diretamente no mar, aumento de turismo na praia e água do mar imprópria para banho, de acordo com os alertas e placas da CETESB. Entre 50% e 70% observaram estreitamento da faixa de areia, objetos feitos com conchas a venda e crescimento urbano da cidade (Figura 8). Alguns fatores menos citados relacionados à pesca de berbigão foram: pessoas coletando muito berbigão na praia, venda de berbigão em restaurantes e pessoas coletando um pouco de berbigão na praia. Essa baixa porcentagem de citação pode estar relacionada com o horário em que os entrevistados frequentam a praia (informação essa não requerida), mas também pode indicar o efeito da legislação que restringe a pesca de *T. mactroides*. Ações de melhorias nas condições ambientais, como preservação da vegetação nativa, da orla, ações de educação ambiental e de aumento de coleta de esgoto, são pouco mencionadas, o que indica a falta de políticas públicas voltadas para a qualidade ambiental, ou de sua implementação.

Vários usuários de praias também citaram em que praias viram a ocorrência das variáveis mencionadas, sendo que a praia do Indaiá foi a com maior quantidade de citações, com destaque para água imprópria para banho, estreitamento da faixa de areia, presença de lixo, dejetos na areia e esgoto despejado na praia. A segunda praia mais crítica, depois de Indaiá, é a Praia do Centro, com destaque para água imprópria para banho, dejetos na areia e esgoto despejado na praia. Ambas as praias estão localizadas na Enseada de Caraguatatuba (Figura 9).

Figura 8: Fatores observados pelos usuários de praias em Caraguatatuba, SP, Brasil (n=39).

Fonte: autoria própria.

Figura 9: Principais fatores citados, com ocorrência por praia, pelos entrevistados usuários de praias em Caraguatatuba (SP). Os símbolos representam as variáveis, categorizadas por cores relacionadas a quantidade de citações, sendo: vermelho (mais de 25% das respostas), laranja (entre 15% e 24% das respostas) e amarelo (menos de 15% das respostas).

4.3. Tendências

Foi realizado um levantamento de dados históricos na região de estudo sobre alguns fatores identificados na literatura e nos questionários com usuários de praias. Para dados populacionais, a série de dados contempla os anos de 2003 a 2017. É possível observar um aumento progressivo da população fixa, acompanhado pela população flutuante que, nas épocas de pico de turismo, faz a população de Caraguatatuba dobrar. Em 2017, a cidade registrou 116.786 habitantes, um aumento populacional de 34% em relação a 2003 (Apêndice 3 – Gráfico 1). Em relação ao saneamento básico, observou-se que a coleta de esgoto no município aumentou no período de 2003 a 2017, passando de 24% em 2003 para 75% em 2017 (Apêndice 4 – Gráfico 2). Após 2007, houve uma melhora praticamente contínua na porcentagem de coleta de esgoto no município, considerando as ligações factíveis.

Em relação ao tratamento do esgoto, foram obtidos dados da carga orgânica remanescente (COR: carga orgânica removida) e potencial (COP: quantidade de matéria

orgânica gerada) (Apêndice 4 – Gráfico 3). Observa-se que, após uma diminuição na geração de COP até 2010, a mesma voltou a aumentar até o pico em 2017. No entanto, a tendência de ambas CO não foi clara. Considerando a concentração de Enterococos na água do mar, observa-se que os valores médios apresentaram tendência de melhora de 2003 a 2017 (Apêndice 4 - Gráfico 4). Após o ano de 2003 houve uma melhora na concentração de Enterococos na água do mar, pois os lodos gerados pelas duas estações de tratamento de esgoto deixaram de ser lançados no mar (CETESB, 2005). Atualmente, o município conta com quatro estações de tratamento de esgoto (CETESB, 2018). Devido a discrepância nos valores antes de 2004, plotou-se também aos dados de 2004 a 2017, não havendo, nesse caso, tendência clara (Apêndice 4 – Gráfico 5).

A fim de analisar o crescimento urbano do município, imagens de satélite foram obtidas nos anos de 2003 e 2017, não sendo possível ter uma série histórica para esse fator. Mas, pelas imagens, observa-se a evolução da mancha urbana entre os anos de 2003 e 2017 (Apêndice 4). É possível observar que estradas foram abertas, enquanto a mancha urbana aumentou em alguns trechos. Para mensurar o crescimento urbano, foi realizada uma Classificação Não Supervisionada das duas imagens. Cinco classes finais foram definidas: areia, água, área coberta por vegetação, área de uso predominante agrícola e área de uso predominante urbano. A área urbana correspondeu, em 2003, a 2,41% da área total da imagem e a área agrícola a 5,86%. Em 2017, é possível observar, pela imagem classificada, que a área de uso urbano aumentou para 3,08% e a área agrícola diminuiu para 4,38% (Apêndice 3). O crescimento da área urbana corresponde a 27,8% em relação a 2003, com aumento mais acentuado no sul e norte do município. Confirmamos, assim, que o aumento populacional se reflete na expansão da malha urbana do município, que aumentou a uma taxa anual média de 1,9%. A taxa de aumento anual médio populacional verificado no período de 2003 a 2017 foi de 2,4%.

Quanto às variáveis climáticas, a série de precipitação contempla os anos de 1943 a 2017 e apresentou tendência de diminuição na precipitação média mensal (Apêndice 4 – Gráfico 6). Essa série de dados foi analisada em relação a ocorrências de eventos extremos mensais, considerando os quantis 95% e 5%. A tendência de quantidade de eventos extremos de precipitação (pouca ou muita) durante o ano apresentou leve tendência de declínio (Apêndice 4 – Gráfico 6). Os eventos de menores precipitações (seca) tendem a ser mais severos (Apêndice 4 – Gráfico 7), ao contrário da intensidade dos eventos de maiores níveis de precipitação (Apêndice 4 – Gráfico 8). Os dados de temperatura contemplam os anos de 2000 a 2017 e não mostrou tendência clara (Apêndice 4 – Gráfico 9). Analisada quanto a ocorrências de eventos extremos, considerando os quantis 95% e 5%, a série mostrou tendência de aumento na

quantidade de eventos extremos durante o ano (Apêndice 4 – Gráfico 10), sendo que os eventos tendem a ter temperaturas mais elevadas (Apêndice 4 – Gráfico 11 e 12). A pressão média mensal mostrou tendência de aumento ao longo dos anos (Apêndice 4 – Gráfico 14), ao contrário da velocidade do vento (Apêndice 4 – Gráfico 15).

Na área monitorada de *T. mactroides*, observamos que a abundância variou de um máximo de 312976 ind/m $\pm$ 28905 no inverno de 2007 a um mínimo de 91 ind/m $\pm$ 50 no verão de 2013, durante o período de 2003 a 2017 (Figura 10). O tamanho variou de um máximo de 27,8 $\pm$ 0,64 mm no verão de 2004 a um mínimo de 9,0 $\pm$ 2,77 mm no inverno de 2013, com tendência de diminuição (Figura 11).

Figura 10: Abundância média de *Tivela mactroides* por estação, no período de 2003 a 2017, na Enseada de Caraguatatuba (SP) sendo: barras pretas no eixo principal, barras cinzas no eixo secundário. As linhas verticais indicam o intervalo de confiança (95%).

Fonte: autoria própria.

Figura 11: Tamanho médio de *Tivela mactroides* por estação, no período de 2003 a 2017, na Enseada de Caraguatatuba (SP). As linhas verticais indicam o intervalo de confiança (95%).

Fonte: autoria própria.

Os dados climáticos e de balneabilidade foram relacionados com dados populacionais de *T. mactroides* (tamanho e abundância) para verificar possíveis impactos em cenários futuros de mudanças. Foi observado resultado significativo entre os dados de tamanho com precipitação (GLM com distribuição gaussiana) (Tabela 5). Já para dados de abundância houve relação significativa com Enterococos (GLM com distribuição binomial negativa) (Tabela 6).

Tabela 5: Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis ambientais no tamanho médio (mm) de *Tivela mactroides*. GLM final, simplificado, função gaussiana, link log, AIC 274.85.

	Estimativa (ß)	Erro Padrão	Z	P
Intercept	2,9419764	0,0667550	44,07	< 0,05
Prec	0,0009915	0,0003479	2,85	< 0,05

Desvio: 1961,7 com 40 graus de liberdade

Desvio residual: 1690,8 com 39 graus de liberdade

Desse modo, temos o seguinte modelo:

$$\hat{y} = e^{2,9419764+0,0009915Prec}$$

Desse modelo, podemos extrair a seguinte interpretação: $e^{0,0009915} = 1,0010$ (0,1%) é o aumento esperado no tamanho médio de *T. mactroides* ao aumentar uma unidade na variável precipitação. Ou seja, se aumentar 100mm na precipitação média mensal, espera-se um aumento de 10% no tamanho médio de *T. mactroides*.

Tabela 6: Modelo linear generalizado (GLM) utilizado para análise da influência das variáveis ambientais na abundância (ind/m) de *Tivela mactroides*. GLM final, simplificado, função binomial negativa, link log, AIC 831.05

	Estimativa (β)	Erro Padrão	z	P
Intercept	10,810187	0,407587	26,522	< 0,05
Balneabilidade	-0,007343	0,002745	-2,675	< 0,05

Desvio: 61,233 com 40 graus de liberdade

Desvio residual: 57,209 com 39 graus de liberdade

Desse modo, temos o seguinte modelo:

$$\hat{y} = e^{10,810187 - 0,007343B}$$

Desse modelo, podemos extrair a seguinte interpretação: $e^{-0,007343} = 0,9927$, então 0,73% ($1 - 0,9927 = 0,0073$) é a diminuição esperada na abundância média de *T. mactroides* ao aumentar uma unidade na variável Enterococo. Ou seja, se aumentar 100 UFC/100mL na concentração de Enterococos, espera-se uma redução de 7,3% na abundância média de *T. mactroides*.

4.4. Impactos no uso e abundância de *Tivela mactroides*

Os especialistas foram indagados sobre os impactos que diversos fatores podem ter sobre os SE prestados pelo berbigão, com foco na pesca do berbigão e na ecologia de *T. mactroides*. Quando os especialistas foram indagados sobre o que pode impactar a densidade populacional de *T. mactroides*, citaram a contaminação da carne de *T. mactroides* (por parasitas, patógenos), despejo de efluentes no mar, aumento de industrialização e urbanização desordenada com provável impacto de contaminação e diminuição de uma população de *T. mactroides*. Mudanças climáticas foram citadas com impacto mais provável de eventos de mortalidade em massa, diminuição e desaparecimento de uma população de *T. mactroides*. Já a sobre-exploração da espécie e perda de habitat tiveram como impactos mais citados a diminuição e mesmo desaparecimento de uma população. Aumento de temperatura do ar, diminuição da faixa de areia, aumento de precipitação e atividades turísticas foram riscos com impacto de diminuição de uma população de *T. mactroides* (Figura 12)

Quanto às fortalezas (pontos fortes) e fraquezas (pontos fracos) da espécie e que poderiam favorecer (ou não) a recuperação de uma população impactada negativamente, 53% dos entrevistados responderam baixa locomoção como ponto fraco, ou seja, como um limitante a recuperação de uma população/espécie, assim como a flutuação da densidade (38%).

Reprodução contínua (38%), crescimento rápido (46%) e ampla distribuição geográfica (38%) foram considerados pontos fortes, ou seja, potenciais para a recuperação (Figura 13).

Figura 12: Quantidade de citações dos fatores listados com impacto em uma população de *Tivela mactroides* (n=13).

Fonte: autoria própria.

Figura 13: Pontos fortes e fracos de *Tivela mactroides* para a recuperação de uma população e a porcentagem de especialistas que os indicaram, sendo: 1) Reprodução contínua da espécie; 2) rápido crescimento; 3) flutuações de densidade; 4) ampla distribuição geográfica da espécie; 5) hábito de alimentação por filtração; 6) baixa capacidade de locomoção; 7) necessidade de se enterrar (n=13).

Fonte: autoria própria.

Dentre o que pode favorecer o uso (pesca) de berbigão, os entrevistados citaram: uma quantidade menor de predadores, a criação de unidades de conservação marinhas e o estímulo à pesca tradicional. Já o aumento de temperatura foi um fator citado como neutro para o favorecimento da pesca. Eventos extremos e presença de hidrocarbonetos na água do mar foram os fatores mais citados, com potencial de prejudicar a pesca, seguidos por erosão, lançamento de efluentes na água do mar, aporte de água doce no mar, presença de patógenos na areia e na água do mar e um aumento na quantidade de predadores (Figura 14). Quanto aos fatores que podem impactar a qualidade da carne de berbigão, a maioria dos entrevistados citou a presença de patógenos na areia e no mar, lançamentos de efluentes na água do mar, hidrocarbonetos na água do mar e aporte de água doce e sedimentos na praia como fatores que pioram a qualidade da carne. Já a criação de parques marinhos foi um fator citado que pode melhorar a qualidade da carne (Figura 15).

Figura 14: Quantidade de citações de fatores que favorecem ou prejudicam o uso (pesca) de berbigão (n=13).

Fonte: autoria própria.

Figura 15: Quantidade de citações de fatores que influenciam na qualidade da pesca de berbigão, podendo aumentar (verde), diminuir (vermelho) ou não alterar (azul) a qualidade de pescado (n=13).

Fonte: autoria própria.

Sobre as dificuldades técnicas encontradas pelos coletores de berbigão em sua atividade, os entrevistados citaram fatores como: falta de regulação, meios de coleta inadequados, influência das condições ambientais naturais, falta de fiscalização, contaminação, falta de estudos sobre o berbigão e dificuldades de gestão da atividade pesqueira quanto a sua cadeia produtiva.

4.5. Análise de Riscos

Dentre os fatores levantados nas entrevistas, questionários e levantamento de dados na literatura foram identificados aqueles que são ameaça ou oportunidade para a manutenção dos SE prestados por *T. mactroides*. A Matriz SWOT foi utilizada para identificar tanto ameaças (fatores negativos internos e externos) quanto oportunidades (fatores positivos internos e externos) e em qual SE de *T. mactroides* (serviço de provisão, serviço de suporte, serviço cultural e serviço de regulação) elas incidem (Figura 16).

Os fatores (ameaças e oportunidades) identificados foram:

Internos:

1. Características de *T. mactroides*, como: alto valor protéico, reprodução contínua e rápido crescimento, hábito filtrador, abundância no local de estudo, dificuldade de se enterrar (durante eventos de alto dinamismo e alta densidade, como colocado por Turra *et al.* (2016)), flutuações de densidade.
2. Relação da população local com o berbigão: facilidade de acesso da população local ao recurso, fonte de renda, relação tradicional na cultura caiçara, uso valorizado em pratos típicos e na confecção de artigos artesanais, sobreexploração do recurso, perda gradual da cultura caiçara e suas formas de organização social.

Externos:

1. Atividades antrópicas e características sociais locais: turismo, quiosques na praia onde o produto é comercializado, feira de artesanato, colônias de pescadores e associações (local de coesão social e estabelecimento de demandas ao poder público), alternativa de obtenção, como maricultura, medidas conservacionistas (como a restrição de uso pela Lista Vermelha do Estado de São Paulo), medidas sociais (como saneamento básico), descarte de lixo na praia, atividades de sub-emprego, contaminação da água do mar e areia, formas de uso de solo, derrames de derivado de petróleo, erosão, mudanças climáticas e ambientais (como alteração na salinidade da água do mar), industrialização, sobre-exploração de *T. mactroides*.
2. Pesquisa e educação: espécie pode ser utilizada como bioindicador da qualidade ambiental.
3. Características ambientais naturais: granulometria do sedimento, abundância de nutrientes, amplitude de temperatura adequada e condições morfodinâmicas adequadas ao desenvolvimento de *T. mactroides*.

Observamos que alguns afetam simultaneamente todos os SE, como as características da espécie (abundante no local, rápido crescimento, flutuações de densidade e hábito filtrador). O hábito filtrador foi considerado como fator negativo pois favorece a contaminação de *T. mactroides* e afeta, por exemplo, o serviço de provisão, colocando em risco a segurança alimentar. Também é possível perceber que as características da Enseada (fatores positivos externos - oportunidades) são favoráveis ao desenvolvimento de *T. mactroides*. Os fatores negativos externos (ameaças) tendem a afetar todos os serviços, como lixo, turismo desordenado, erosão, derrames de petróleo, dentre outros riscos ambientais. Alguns SE são afetados não por riscos que incidem sobre *T. mactroides*, mas sim sobre os usuários, como atividades de sub-emprego, medidas conservacionistas, perda de identidade cultural e formas

de organização social. As medidas conservacionistas, que são ameaça para o SE de provisão (um SE de cunho mais social), são tidas como oportunidade para os SE de regulação e suporte (que são SE relacionados com fatores ecológicos). Alguns usos da espécie, como em pratos típicos, artesanato, pesquisa, são tidos como oportunidades, pois favorecem a manutenção dos SE. E o turismo, embora possa ser uma oportunidade em relação aos SE de provisão e cultural, se realizado de forma desordenada pode ser uma ameaça, tanto aos SE citados, quanto os de regulação e suporte.

Figura 16: Matriz SWOT sobre Serviços Ecossistêmicos prestados pelo berbigão *Tivela mactroides* em Caraguatatuba.

Fonte autoria própria.

Os fatores identificados na Matriz SWOT como ameaças foram categorizados para identificar riscos que podem afetar a prestação dos SE de *T. mactroides* no futuro. Depois, os riscos identificados foram analisados utilizando como estratégia uma Matriz de Riscos. Na tabela 7 são discriminados quais riscos foram identificados com base nos dados levantados, os indicadores relacionados de acordo com a fonte de informação, bem como qual seria o impacto de acordo com os especialistas ou os resultados obtidos das relações entre dados populacionais de *T. mactroides* e dados ambientais. Observamos que alguns riscos, como contaminação da água do mar, tem ampla citação por usuários de praias, com a informação corroborada por dados da literatura. Os impactos decorrentes também são amplamente citados pelos especialistas, além da relação negativa entre a concentração de Enterococos e abundância de *T. mactroides*. Já eventos de superpopulação de *T. mactroides* (como estudado em Turra *et al.*, 2016b), com consequências como mortalidade em massa, não foram citados pelos usuários de praias, apesar da alta probabilidade de ocorrência. Esse exemplo evidencia porque se deu mais peso às informações que constam na literatura no momento de ponderar a probabilidade do risco. Já riscos como aumento na industrialização e sobre-exploração são riscos com poucos dados disponíveis e, portanto, a probabilidade de ocorrência teve pontuação menor. Isso não necessariamente indica que não ocorram, mas são necessárias mais informações e investigações para entender com maior precisão o que ocorre no município em relação a esses riscos, podendo sua classificação ser alterada com o aporte de mais dados. A presença de lixo na praia é um risco cujo impacto pode ter sido sub-mensurado pelos especialistas devido a falta de estudos com objetivo de mensurar o impacto da concretização desse risco no berbigão e seus usos.

Tabela 7: Categorização dos fatores citados pelos entrevistados especialistas e usuários de praias e da literatura e riscos identificados.

Risco	Indicadores Citado na literatura Tendência	Indicadores Citado pelos entrevistados usuários	Impacto e frequência de citação pelos especialistas Relações
Mudanças climáticas	<p>Diminuição de precipitação (tendência)</p> <p>Diminuição de eventos extremos de maior precipitação (tendência)</p> <p>Eventos extremos de pouca precipitação mais severos (tendência)</p> <p>Aumento de eventos extremos de temperatura (tendência)</p> <p>Eventos extremos de temperatura mais severos (tendência)</p>	<p>Aumento na frequência de eventos extremos, como ondas de calor, tempestades, etc. <50%</p>	<p>Diminui população >50%</p> <p>Desfavorece pesca >50%</p> <p>Mudança tamanho (correlação)</p>
Contaminação da água e areia e de <i>T. mactroides</i> por agentes químicos e patógenos	<p>Contaminação da água do mar e da areia por patógenos e parasitas (Relatórios CETESB)</p> <p>Contaminação da carne de <i>T. mactroides</i> por patógenos (DENADAI <i>et al.</i>, 2015)</p>	<p>Água do mar imprópria para banho >50%</p> <p>Esgoto despejado na praia >50%</p> <p>Dejetos na areia <50%</p> <p>Pessoas com mal-estar após comer berbigão <30%</p>	<p>Desfavorece pesca >50%</p> <p>Diminui qualidade da carne >50%</p> <p>Mudança na abundância (correlação)</p>
	<p>Contaminação da carne de <i>T. mactroides</i> por hidrocarbonetos (DENADAI <i>et al.</i>, 2015)</p> <p>Derrames de petróleo na região (POFFO, 2002)</p>	<p>Contaminação da água do mar por petróleo e derivados <30%</p>	<p>Desfavorece pesca >50%</p> <p>Diminui qualidade da carne >50%</p>
Mudanças no uso do solo	<p>Aumento do turismo (IBGE, SHIRAZAWA-FREITAS, 2012)</p>	<p>Aumento do turismo >50%</p> <p>Lixo na praia e no mar >50%</p>	<p>Diminui população >50%</p> <p>Desfavorece pesca <30%</p> <p>Diminui qualidade da carne <30%</p>

		Aumento da industrialização <30%	Diminui população <50%
		Obras na praia (como retirada de areia, construções) <30%	Diminui população <50%
	Aumento da ocupação urbana (GIGLIOTTI e SANTOS, 2013), mapas, aumento populacional (IBGE)	Crescimento da área urbanizada <50%	Diminui população <50% Contamina carne <50%
Mudanças ambientais	Eventos de superpopulação de <i>T. mactroides</i> (TURRA <i>et al.</i> , 2016)		Eventos de mortalidade em massa <50% Diminui população <50%
		Estreitamento da faixa de areia >50%	Diminui população <50% Desfavorece pesca >50%
Exploração de <i>T. mactroides</i>	Coleta por turistas (TURRA <i>et al.</i> , 2016)	Pessoas coletando muito berbigão, para vender em outros locais <30%	Desfavorece pesca >50% Diminui população >50% Desaparecimento local <50%
Usos de <i>T. mactroides</i>	Pesca para subsistência (TURRA <i>et al.</i> , 2016)	Objetos feitos com conchas a venda >50% Pessoas coletando um pouco berbigão <30% Venda de berbigão em restaurantes < 30%	Não interfere na pesca <30%

Assim, de acordo com as informações da Tabela 7, temos como riscos de nível alto que podem afetar os SE de *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba: contaminação da água do mar, derrames de óleo e derivados, contaminação de *T. mactroides*, aumento do turismo e urbanização, mudanças populacionais de *T. mactroides* (aumento de densidade, mortalidade em massa), medidas conservacionistas em relação ao uso de *T. mactroides* e mudanças climáticas (Tabela 8).

Tabela 8: Matriz de Riscos sobre os serviços ecossistêmicos de *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba.

Número	Risco	Impacto	Probabilidade	Risco	Avaliação	
					Valor	Nível
1	Contaminação da água do mar e areia	3	3	9	3	Alto
2	Derrames de óleo e derivados	3	3	9	3	Alto
3	Contaminação de <i>T. mactroides</i>	3	3	9	3	Alto
4	Atividades turísticas	2	3	6	3	Alto
5	Mudanças populacionais de <i>T. mactroides</i> (aumento de densidade, mortalidade em massa)	2	3	6	3	Alto
6	Mudanças climáticas (aumento em eventos extremos)	3	3	9	3	Alto
7	Estreitamento da faixa de areia	2	2	4	2	Médio
8	Sobre-exploração de <i>T. mactroides</i>	3	1	3	2	Médio
9	Alterações nos parâmetros físico-químicos da água	3	1	3	2	Médio
10	Lixo na praia	1	2	2	1	Baixo
11	Aumento na industrialização	1	1	1	1	Baixo

4.6. Ações

Quando questionados sobre o que pode ser feito pelo poder público ou pela população humana para evitar impactos em uma população de *T. mactroides*, caso a mesma esteja sujeita a um ou mais riscos, a maioria dos entrevistados especialistas responderam que não se deve fazer intervenções na praia, como aporte artificial de areia, construções, etc, e sim, por exemplo, é necessário determinar períodos para a pesca de berbigão, coletar e tratar todo o esgoto coletado, manter ações de educação ambiental com a população, manter a qualidade da água dos rios que desembocam no mar e criar áreas de preservação marinhas, fazer uma gestão sustentável do recurso e limitar pesca a atividade de subsistência (Figura 17).

Quanto às ações que podem favorecer a pesca de berbigão, algumas são amplamente indicadas para ocorrerem sempre, como melhorar as condições ambientais da praia, realizar um monitoramento da população de berbigão, fazer análises periódicas da qualidade da carne comercializada, estabelecer leis ou diretrizes sobre como realizar a pesca, regulamentar a qualidade da carne a ser comercializada, dar orientações sobre o processamento e depuração da carne, tamanho mínimo do organismo a ser comercializado, definir épocas apropriadas para pesca, locais para realizar o processamento e depuração da carne, áreas demarcadas para pesca. Outras dividem menções sobre em quais situações de densidade deve ocorrer, como um mercado para comércio da carne de berbigão, em que parte dos entrevistados indicam que deve ocorrer em situação de densidade alta e outra parte indica em qualquer situação de densidade. O estabelecimento de turnos/períodos de pesca também não alcançou um consenso entre os entrevistados em relação à situação em que deve ocorrer. Rotatividade de áreas é indicada em situações de baixa densidade ou sempre, sem maioria de indicações. Equipamentos melhores foram citados em situações de densidade normal e sempre, sem consenso. Já festa de berbigão, estímulo à comercialização de berbigão são fatores que foram indicados que devem ocorrer predominantemente em situações de alta densidade (Figura 18).

Figura 17: Ações que o poder público e a sociedade devem implementar para a recuperação de uma população de *Tivela mactroides* e quantidade de citações (n=13)

Fonte: autoria própria.

Figura 18: Quantidade de citações de ações listadas que podem ser adotadas para melhorar a pesca/qualidade de berbigão e em que situações de densidade do berbigão essas ações devem ocorrer (n=13).

Fonte: autoria própria.

Os especialistas também foram indagados se o berbigão deve ser mantido como fonte de recursos a populações humanas. Os que responderam foram unânimes na afirmativa, com algumas considerações como: utilizar de maneira sustentável, considerando os parâmetros

populacionais de *T. mactroides*, estimular a coleta em casos de explosão de densidade de *T. mactroides* e acompanhar a pesca em casos de densidade normal ou baixa, monitorar as condições ambientais e realizar fiscalização de acordo com técnicas de manejo definidas.

Também inserimos no questionário entregue a usuários de praias variáveis que podem ser oportunidades para melhorar a manutenção dos SE prestados pelo berbigão na região. E fizemos um sucinto levantamento de informações na literatura sobre políticas públicas incidentes em Caraguatatuba que também podem favorecer ações que atuem nesse sentido. Várias políticas públicas (dentre Leis, Decretos, Planos) trazem instrumentos que podem ser utilizados para uma melhor ordenação do território e uma gestão mais eficiente dos recursos naturais. Em Caraguatatuba há várias Unidades de Conservação, que podem favorecer a manutenção da qualidade do meio ambiente e, indiretamente, das praias. Também há leis como a que trata da implantação do programa S.O.S rios e lagos de Caraguatatuba (Lei nº. 1.681, de 03/06/2009), com tem por objetivo despoluir e revitalizar os corpos de água na cidade. Ou o Decreto nº 34 de 24/02/2014, que trata do Plano Integrado de Saneamento Básico do Município de Caraguatatuba, com foco na universalização dos quatro serviços de saneamento básico: sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos e serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Saindo do âmbito municipal, o Decreto Estadual nº 49.215, em 07 de dezembro de 2004, dispôs sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte, que abrange Caraguatatuba. Esse decreto excluiu a pesca de arrasto e a pesca de iscas vivas nas zonas destinadas à pesca, principalmente nas baías, que foram indicadas como áreas prioritárias para a procriação dos organismos aquáticos. Essa medida pode favorecer a conservação de *T. mactroides* e a manutenção dos SE. Além disso, também traz importantes instrumentos de ordenação do território. Quanto a qualidade da carne de moluscos bivalves para consumo humano, a Instrução Normativa Interministerial nº 7 de 08/05/2012 estabeleceu os requisitos mínimos necessários para a garantia da inocuidade e qualidade destes, considerando concentração de *E. coli* e biotoxinas. E no âmbito federal, temos também Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC - (Lei Federal 7.661, de 16/05/88). O PNGC tem como objetivo o estabelecimento do processo de gestão, de forma integrada, descentralizada e participativa, das atividades socioeconômicas na zona costeira, de modo a contribuir para elevar a qualidade de vida de sua população, e a proteção de seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural. Nesse sentido, pode-se inserir o berbigão *T. mactroides*, não só como parte do patrimônio natural, mas também na manutenção da qualidade de vida da população que o utiliza na Enseada de

Caraguatatuba, além de ser caracterizado como um recurso socioeconômico importante para a região.

No entanto, apesar de tantas políticas públicas que favorecem a atuação sobre os riscos que incidem sobre os SE prestados pelo berbigão, poucos usuários citaram ações que demonstram que essas políticas estão sendo de fato implementadas. Poucos citaram ações para aumentar a coleta de esgoto. Apesar da amostragem pequena de entrevistados, os relatórios da CETESB indicam melhorias na rede de coleta de esgoto, que aumentou sua porcentagem de atendimento em Caraguatatuba. Mas, como os próprios relatórios indicam, essa melhora se refere às ligações factíveis, ou seja, excluem toda a área considerada pelo poder público como ocupada irregularmente. Nessas áreas, a solução para a disposição de efluentes segue sendo fluxos de água, como córregos, o que dificulta melhorias na balneabilidade das praias. Instrumentos dispostos no Plano Diretor, como regularização fundiária e políticas de habitação tampouco foram muito citadas. As ações de preservação da orla e da vegetação do município foram citadas por alguns entrevistados, mas esses ressaltaram que não eram resultantes da ação do poder público, e sim de iniciativas privadas, dos próprios cidadãos ou ONGs (Tabela 9).

Tabela 9: Políticas públicas que podem favorecer a conservação do meio ambiente e a manutenção dos SE prestados pelo berbigão *Tivela mactroides*.

Categoria	Levantamento na literatura	Citado pelos entrevistados usuários
Medidas conservacionistas	<p>Melhoria na coleta de esgoto (Relatórios CETESB)</p> <p>Unidades de conservação: Unidade de Conservação de Proteção Integral do Parque Estadual da Serra do Mar (Decretos Estaduais nº. 10.251/77 e nº. 13.313/79), Unidade de Conservação de Uso Sustentável Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Sítio do Jacuí (Portaria nº 52/01), Área Natural Tombada (Resolução nº. 40/85), ANT Ilhas do Litoral Paulista (Resolução nº. 8/94 da Secretaria de Cultura do Estado de São Paulo), Parque Municipal do Juqueriquerê (Decreto Municipal nº47/2012).</p> <p>Leis de saneamento básico (Lei nº. 1.681, de 03/06/2009, Decreto nº 34 de 24/02/2014)</p> <p>Proibição da pesca de arrasto (Decreto Estadual nº 49.215, em 07/12/2004)</p> <p>Fundo municipal de desenvolvimento rural e da pesca: Lei nº 2.313 de 24/11/2016</p> <p>Plano Diretor (Lei Complementar nº 42, de 24/11/2011)</p>	<p>Ações para aumentar a coleta de esgoto <30%</p> <p>Regularização fundiária<30%</p> <p>Políticas de habitação (como CDHU) <30%</p> <p>Ações de educação ambiental nas praias <30%</p> <p>Preservação da vegetação nativa no município <30%</p>

	Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte: Decreto Estadual nº 49.215 Qualidade da carne de moluscos: Instrução Normativa Interministerial nº 7 de 08/05/2012 Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC - (Lei Federal 7.661, de 16/05/88)	Preservação da orla <30% Criação de áreas de proteção ambiental <30%
--	--	---

Com os riscos levantados e qualificados na Matriz de Riscos, identificamos os que incidem diretamente sobre os SE fornecidos por *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba e quais são indiretos, bem como os impactos que podem ocasionar nos SE em relação aos usos e benefícios a população humana. As ações citadas pelos especialistas foram relacionadas aos riscos no Modelo Conceitual desenvolvido (Figura 19). As políticas públicas também foram inseridas como ações porque trazem instrumentos que favorecem a implementação de medidas atuantes sobre a manutenção dos SE prestados pelo berbigão e melhorias nas condições ambientais. Esse Modelo sintetiza todas as informações levantadas no desenvolvimento desse estudo, possibilitando a visualização dos riscos, suas principais causas e impactos nos SE. Também é possível visualizar as ações a serem adotadas e onde elas devem atuar para melhoria na manutenção dos SE e da gestão de *T. mactroides* com base nesses SE. Dentre as ações a serem implementadas para manutenção dos SE do berbigão *T. mactroides* em Caraguatatuba, seguem algumas:

1. Realizar limpeza em caso de derrames de óleos e derivados;
2. Implementar medidas de educação ambiental, divulgar medidas preventivas antes de consumir berbigão, bem como alertas para evitar consumo em casos de derrames de óleo e em casos de contaminação da água acima dos limites de qualidade (estabelecer limite);
3. Ampliação e melhorias no sistema de saneamento básico; inclusão de áreas não regularizadas na rede de coleta, fiscalização de disposição inadequada de efluentes, melhoria na eficiência do sistema de tratamento de efluentes, sistema de retenção primeira água de chuva; conservação de matas ciliares.
4. Política de controle e promoção do turismo, valorização da cultura do uso do berbigão (alimentação, artesanato, pratos típicos), valorizar monetariamente o berbigão na venda.

5. Implementar plano de manejo: controle na extração de berbigão, conscientização de usuários de praias acerca da importância do berbigão, implementar medidas de fiscalização sobre a retirada indiscriminada.

Além disso, medidas sociais, que atinjam a sociedade brasileira como um todo, são de grande importância na luta por uma sociedade mais digna e igualitária, possibilitando inclusive melhores condições de uso dos recursos naturais, como é o caso do berbigão.

Figura 19: Modelo conceitual de riscos incidentes sobre serviços ecossistêmicos de *Tivela mactroides*, impactos e ações. As linhas que se cruzam estão em cores diferentes para não confundir o leitor.

Fonte: autoria própria.

Considerando que uma das ações indicadas é a implementação de um plano de manejo, com base nas respostas dos especialistas são apresentadas algumas considerações para o manejo sustentável do berbigão em Caraguatatuba. As ações de manejo foram separadas para serem adotadas em situações de alta, normal e baixa densidades, e aquelas que devem ser adotadas sempre, independente da densidade. Consideramos importante incluir, junto com os cenários de densidade, cenários de concentração de Enterococos na água do mar, já que essa medida é realizada periodicamente pela CETESB na região e serve como indicador de contaminação da água por patógenos. A legislação brasileira determina, para o cultivo natural ou intensivo de espécies destinadas ao consumo humano e que serão consumidas crus, que a concentração média de coliformes fecais na água não deve exceder 14 UFC/100 mL e que 10% das amostras não devem exceder 43 UFC/100 mL (Resolução CONAMA nº 20/1986 (CONAMA, 1986)).

Assim, são sugeridas ações que devem ser adotadas sempre para manejo de *T. mactroides*, como:

1. Definição de um tamanho mínimo para pesca (como adotado, por exemplo, na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, em Santa Catarina (PEZZUTO e SOUZA, 2015));
2. Fornecer informações sobre possíveis riscos de consumo de *T. mactroides*, de forma clara e incisiva, aos frequentadores da praia e divulgar medidas preventivas antes do consumo, como o tratamento térmico, a fervura durante 10 min (como sugerido em DENADAI, *et al.*, 2015). Recomenda-se essas medidas principalmente nas praias perto do Centro, que foram as indicadas com maior comprometimento ambiental. Seguindo as sugestões de Turra *et al.* (2016) as orientações devem ser dadas nos períodos em que há maior quantidade de coletores na praia, ou seja, na maré baixa, no início da manhã e durante o verão, preferencialmente nos pontos de acesso à praia.
3. Monitorar a qualidade da carne de *T. mactroides* (como em Rota (1999)) e as condições ambientais;
4. Monitorar a densidade da população de *T. mactroides*;
5. Fazer levantamento e cadastro da população que se dedica regularmente a atividade de pesca de berbigão e dar orientações de manejo (como em Pezzuto e Souza (2015))
6. Educação ambiental envolvendo aspectos relacionados ao berbigão, como retirada e uso do berbigão de acordo com as situações de densidade e qualidade da água, manutenção da qualidade da praia, importância da espécie para a região.

Em situações de alta densidade, como observadas no período de 2007-2008, recomenda-se o estímulo à pesca e comercialização do berbigão e o uso em artesanato com conchas (com medidas como financiamento ao pequeno artesão, feiras de artesanato, etc); realizar festival de berbigão como medida de geração de renda e estímulo de pesca, a fim de controlar os impactos da alta densidade (como mal cheiro e acúmulo de conchas na praia) e estimular outros usos do berbigão (isca, por exemplo). No período pós-mortandade, seria recomendado limitar a quantidade de pesca, para evitar a sobre-exploração do estoque e permitir à população restabelecer seu nível normal de densidade.

Em situações de baixa densidade, sugere-se limitar a quantidade de pesca ou mesmo proibir a pesca, limitar a pesca a determinados dias da semana e aumentar o esforço na fiscalização (Figura 19). Nesses casos, principalmente no verão, as autoridades devem colocar avisos muito claros aos frequentadores das praias sobre a limitação ou proibição de retirada de berbigão, por conta do fluxo de turistas na região e a chegada constante de coletores, que mostram pouca consciência dos problemas relacionados à extração de *T. mactroides* e os riscos associados ao seu consumo (TURRA *et al.*, 2016a). Nas situações de densidade normal, como a Enseada se caracteriza pela presença de *T. mactroides* em quase toda sua extensão, mas ocorre da concentração de berbigão formar manchas que mudam de localização, foi proposta a rotatividade de áreas de acordo com o monitoramento da localização da mancha populacional ao longo da Enseada.

Figura 20: Propostas para medidas de manejo de *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba (SP).

5. DISCUSSÃO

5.1. Gestão de *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba

Como constatado por McLachlan *et al.* (2013), o problema afeto à avaliação da governança de praias é ter que tratar os aspectos múltiplos de forma realística, sem desconsiderar a complexidade intrínseca, o que, em uma escala regional, se traduz no gerenciamento e uso com finalidades distintas de recreação, de conservação ou de múltiplos propósitos. O berbigão *T. mactroides* é um exemplo dessa dificuldade, conforme levantado no presente estudo. É uma espécie que presta diversos SE na Enseada Caraguatatuba, envolvendo esferas sociais, culturais, econômicas e ambiental, e oferece uma oportunidade de geração de renda, tanto diretamente, pelo SE de provisão, quanto indiretamente, pelos serviços culturais e sociais, como a coleta recreativa, uma das atividades principais nas praias arenosas.

No entanto, a atual forma de gestão desse recurso se limita a Portaria MMA nº 445, de 07/02/2014, que incluiu *T. mactroides* como espécie ameaçada no Estado de São Paulo. Essa portaria, além de desconsiderar os SE de provisão e cultural prestados pela espécie na região, não atua sobre os riscos que impactam *T. mactroides*, a exemplo da contaminação da água do mar por efluentes. Como a Enseada de Caraguatatuba é caracterizada por receber grandes quantidades de água doce e efluentes urbanos dos rios que atravessam a zona urbana e o sistema de tratamento de esgoto do município é deficiente, a consequente descarga de esgotos nas praias pode ocasionar na proliferação de alguns patógenos e afetar a população de *T. mactroides*, além de representar um risco a saúde pública (DENADAI *et al.*, 2015b).

Outras atividades antrópicas, como aumento da área urbanizada, desmatamento e ocupações irregulares e turismo também geram muitos riscos, diretos ou indiretos, que vão atuar sobre *T. mactroides*. O desmatamento, principalmente de matas ciliares, e a impermeabilização do solo são vetores antrópicos do aumento de aporte de água doce no mar (SOUZA, 2012). O aporte de água doce, transportando lixo, matéria orgânica particulada e dissolvida, sais e outros materiais inorgânicos, carreados pelos rios do continente para o mar podem afetar *T. mactroides* e outros organismos de praias arenosas (ACOSTA e LODEIROS, 2004; DENADAI *et al.*, 2015; KRAEMER, CHOUDHURY e KAMPA, 2001; MEDEIROS, HENRY-SILVA e VIEGAS, 2014). Devido à considerável quantidade de corpos de água afluentes às praias da Enseada, com forte influência do rio Juqueriquerê e do rio Lagoa, há uma contribuição de grandes quantidades de material orgânico em suspensão, contribuição essa que provavelmente

é incrementada durante eventos de precipitação. Com a tendência de diminuição na precipitação, pode ocorrer uma menor contribuição dos corpos de água com material orgânico, limitando a quantidade de nutrientes disponíveis e dificultando a sobrevivência e crescimento de *T. mactroides*.

Mudanças nos parâmetros populacionais de *T. mactroides* podem afetar os SE prestados pelo mesmo, acarretando a perda de diversos benefícios. Além disso, a desvalorização de atividades tradicionais (como a pesca de berbigão), combinada com a geração de subempregos e as mudanças nas formas de uso e ocupação do solo (como expostos em DIEGUES, 2005; FURLAN, 2004; MANSANO, 2004), podem acarretar a perda de atividades relacionadas (como artesanato e culinária tradicional) e empobrecimento nutricional para a população local, já que muitas vezes os moluscos são uma excelente fonte de proteína para populações vulneráveis, pela facilidade de acesso ao recurso. Há uma perda econômica também, pois conforme observado em Turra *et al.*, (2016a), o comércio do berbigão representa uma considerável movimentação financeira, sendo fonte de renda para muitos pescadores. A pesca recreativa do berbigão também não pode ser desconsiderada (DENADAI *et al.*, 2015; TURRA *et al.*, 2016a), pois representa um bem-estar e diversão para as pessoas que se encontram na praia, podendo inclusive promover o turismo, ao gerar boas memórias afetivas com o local.

Os impactos na abundância da espécie também afetam seus SE de regulação e suporte, podendo ocasionar perdas de benefícios como manutenção da biodiversidade, já que a espécie é fonte de alimentos para várias outras, inclusive de importância comercial (TURRA *et al.*, 2015b), participando então da manutenção dos estoques pesqueiros. Além disso, a espécie também participa do processo de purificação da água, por meio da assimilação de resíduos (ACOSTA e LODEIROS, 2004) e, adicionalmente, é muito indicada para o monitoramento e pesquisa sobre em ambientes costeiros, ao fornecer informação sobre a qualidade ambiental (MARTINEZ *et al.*, 2014).

A exemplo dos estudos conduzidos com *T. macroides*, outros tem sido realizados sobre o manejo da biodiversidade de praias arenosas, a exemplo de Defeo (1989, 1993, 1996), Defeo & Alava (1993), Defeo *et al.* (1991, 1993), Díaz de León & Seijo (1992). Como já era observado por Defeo (1989), a pesca de moluscos bivalves em praias arenosas se caracteriza como uma atividade ocasional, influenciada pela demanda do produto e também pela oferta de empregos em centros urbanos adjacentes às áreas de coleta, o que leva a uma imprevisibilidade relacionada à atividade e também uma dificuldade de formar laços de cooperação entre os pescadores. Essas variáveis levam a desvalorização da atividade e marca os pescadores dedicados a esse tipo de exploração com baixa renda, quando comparados a outros grupos

econômicos semelhantes, como fazendeiros. A baixa renda também foi observada mais atualmente em pescadores locais de Caraguatatuba que se dedicam a atividade de pesca de *T. mactroides* (TURRA *et al.*, 2016a), bem como a sazonalidade da atividade por conta de subempregos gerados principalmente pelo turismo, o que representa uma dificuldade na gestão da espécie e de seus SE na região.

Na manejo do estoque de *T. mactroides*, apesar da alta abundância da espécie no local e da capacidade de rápida recuperação do estoque, como a atividade de pesca de berbigão na região se caracteriza pela chegada constante de novos coletores, principalmente turistas na época de verão, a ativa participação de comunidades locais no desenvolvimento do plano de manejo é um ponto central para a sustentabilidade da atividade (BEGOSSI, 1992; BEGOSSI e BRAGA, 1992; BERKES, 1985; BERKES, FOLKE e GADGIL, 1993; CLAY, 1990; MACGRILL, 1958; POSEY, 1985), seguindo as recomendações propostas em Turra *et al.* (2016). Atualmente, há um reconhecimento crescente da importância de considerar as questões sociais, econômicas e políticas, juntamente com as características biológicas das populações alvo, para conduzir a gestão de forma participativa (CASTILLA e DEFEO, 2001; CAVALCANTI, SCHLÄPFER e SCHMID, 2010; DEFEO *et al.*, 2009; DEFEO e CASTILLA, 2005; IHDE *et al.*, 2011; LEIVA e CASTILLA, 2002; MORSAN, 2007; SCHOEMAN, 1996). Inclusive o PEGC prevê a fixação e desenvolvimento das populações locais como prioridade na gestão da costa mas, segundo Furlan (2004), frequentemente ignora-se o conhecimento e técnicas de uso do ambiente pelas populações locais e as mesmas acabam excluídas social e economicamente.

Isso é evidente em Caraguatatuba em relação a gestão de *T. mactroides*. São necessárias de práticas de gestão que se estendam para além de abordagens puramente biológicas para incluir as características socioecológicas e ecossistêmicas da região. Como no município as praias são de livre acesso e há uma elevada proporção de visitantes por conta das atividades turísticas, a legislação atual pode ser ineficiente na gestão desse recurso. Ao invés da atual prática restritiva, uma gestão integrada, utilizando como abordagem a manutenção dos SE, pode incluir a melhoria da qualidade ambiental, garantir a segurança alimentar para famílias de baixa renda e demais consumidores e garantir a conservação da espécie. Considerar os SE de provisão e cultural do berbigão e organizar as comunidades usuárias desse recurso em enlaces organizacionais de cooperação, como cooperativas ou associações, também poderia estimular que a comunidade trabalhasse em prol da conservação do estoque de berbigão, ajudaria o poder público a controlar melhor a extração de *T. mactroides* e a qualidade do produto comercializado, assim como poderia favorecer o fortalecimento das demandas sociais relacionadas a gestão do

berbigão. Ações semelhantes já foram adotadas em outros locais, como a Cooperativa dos Pescadores Artesanais de Carutapera, no litoral das reentrâncias no Maranhão, e a Cooperativa dos Produtores de Ostra de Cananéia, no litoral sul de São Paulo (MALDONADO e SANTOS, 2006).

Muitas dificuldades surgem em estudos sobre a biodiversidade costeira e a GBE, como a necessidade de dados apropriados. Como ocorreu na nossa pesquisa, muitas vezes faltam dados sobre questões sociais e dados econômicos relevantes para a tomada de decisões. Por exemplo, a gestão da pesca recreativa é dificultada pela falta de dados sobre atividades recreativas, dados econômicos sobre valor e dados biológicos sobre as espécies capturadas. Defeo (1996) conduziu experimentos sobre o manejo de *Mesodesma mactroides* na costa do Uruguai, onde tentou identificar dinâmicas populacionais da espécie em situações de ausência de pesca, observando relações populacionais de *Mesodesma mactroides* com outras espécies, as quais seriam difíceis de identificar considerando apenas dados obtidos sem excluir a pesca. O autor concluiu que são necessários estudos que consideram o homem como principal regular de flutuações populacionais de *Mesodesma mactroides* a longo prazo. Estudos como esses são raros e difíceis de conduzir, mas necessários para entender dinâmicas populacionais da biodiversidade costeira e sua relação com atividades humanas, como na exploração de *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba.

Para futuros estudos, sugerimos um levantamento mais detalhado de políticas públicas que atuam sobre os riscos levantados, assim como verificar se as mesmas estão sendo implementadas. Outra questão é quantificar os limiares abaixo dos quais uma função do ecossistema não é mais fornecida, ou seja, os limites considerados críticos para o gerenciamento dos recursos costeiros (AUSTER, 2001). Embora os distúrbios naturais e antropogênicos nos sistemas costeiros afetem a magnitude e a qualidade das funções dos ecossistemas, é necessário distinguir entre perturbações pequenas ou infrequentes que causam mudanças temporárias nas funções dos ecossistemas - dos quais os sistemas se recuperam rapidamente - e distúrbios que causam mudanças mais fundamentais e duradouras (LONG, CHARLES e STEPHENSON, 2015). Portanto, verifica-se uma necessidade de desenvolvimento de novos trabalhos em relação aos SE prestados pelo berbigão, considerando essas observações.

5.2. Gestão Baseada em Ecossistemas para a biodiversidade costeira

Historicamente, os esforços de gestão costeira concentraram-se separadamente no gerenciamento tradicional da pesca ou na conservação da biodiversidade (GARCIA, RICE e

CHARLES, 2014). Desde a década de 1970, com o surgimento da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS) e acordos internacionais como a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) (UNEP, 1992), esses caminhos convergiram cada vez mais. Um resultado significativo dessa mudança foi o amplo compromisso com a abordagem de GBE. Isso tenta equilibrar os benefícios que as pessoas obtêm do oceano com a produtividade, a saúde e a resiliência de seus ecossistemas (MCLEOD e LESLIE, 2009).

Há uma tendência para a avaliação nos sistemas marinhos se concentrar em SE específicos e não na biodiversidade. Além disso, outra tendência é focar no valor econômico das espécies-alvo, o que muitas vezes pode resultar em uma falha ao desconsiderar outros SE que as espécies possam fornecer (CAVANAGH *et al.*, 2016). Muitos SE não se prestam facilmente à atribuição de um valor monetário e, em alguns casos, um valor monetário pode não ser apropriado. Outras dificuldades incluem a dificuldade de anexar valores a benefícios de não uso como, por exemplo, SE cultural (CAVANAGH *et al.*, 2016).

As abordagens baseadas nos SE prestados pela biodiversidade podem ser eficazes em nível nacional ou regional de pequena escala, por exemplo, permitindo considerar diferentes usos de uma Zona Econômica Exclusiva e ajudando na implementação de ferramentas como o planejamento espacial marinho. O papel da modelagem é de suma importância para apoiar essa abordagem e contribuir para uma melhor compreensão científica de todos os seus componentes (CAVANAGH *et al.*, 2016). Um melhor agrupamento e uso dos dados existentes, além do monitoramento guiado com foco nos indicadores de SE, também poderiam melhorar as ferramentas de suporte à decisão (CAVANAGH *et al.*, 2016).

Mas, para isso, segundo elaborado na Marine Nation 2025, a ciência precisa de: dados apropriados, novas ferramentas e novas habilidades. A necessidade de dados de dá porque dados sobre os ecossistemas e suas funções são muito limitados e os impactos de vários usos e ameaças cumulativas são amplamente desconhecidos. Há também a necessidade de novas ferramentas e análises para a tomada de decisão que requer gerenciamento de grandes volumes de dados e modelagem complexa baseada em risco, acoplando informações biofísicas, modelos econômicos e sociais e mudanças climáticas (COSTANZA, 2007). A necessidade de novas habilidades se refere a trabalhar dentro da interface ciência-política. Os cientistas precisam ser capazes de comunicar questões complexas e imprecisas a não-especialistas de maneiras que possam ser usadas para alcançar resultados políticos (PATERSON *et al.*, 2011). Os tomadores de decisão também necessitam de trabalhar com metas de gerenciamento e níveis de risco aceitáveis (COSTANZA, 2007).

Nosso estudo, ao trabalhar com uma abordagem ecossistêmica focada na biodiversidade de praias arenosas, indica claramente essas necessidades, pois, para alcançar o resultado final, foi preciso trabalhar com uma ampla base de informações, provenientes das mais diversas fontes. Tratar adequadamente essa extensa quantidade de informações exigiu recursos e modelos para indicar tendências futuras em cenários de mudanças rápidas e dinâmicas, para que ações pudessem ser propostas, tendo em vista a manutenção dos SE. Foi tangível as lacunas de informações referentes a diversos fatores, principalmente os que possibilitam mensurar os SE prestados pela biodiversidade e estimar impactos devido a interação desses fatores com a espécie-alvo.

Além disso, como observado na nossa pesquisa, uma grande variedade de partes interessadas e usuários podem se envolver em decisões políticas relacionadas a gestão de áreas costeiras, uma vez que o movimento da água e dos materiais transportados pela água, incluindo a biota, podem se espalhar rapidamente entre as áreas de diferentes controles legislativos. Portanto, é necessário um diálogo mais efetivo entre as partes interessadas e uma exposição clara dos benefícios e usos dos recursos costeiros, que resulte na percepção das partes interessadas sobre a importância da conservação e a necessidade da gestão dos riscos que a afetam, bem como a implementação de medidas de manejo como uma das ações de gestão. Trabalhar em termos de gestão de ecossistemas pode contribuir com a melhoria dessa percepção, pois, ao considerar as relações críticas entre biodiversidade, SE e o entendimento da estrutura e funcionamento do ecossistema, essa abordagem fornece um reconhecimento mais abrangente do valor da biodiversidade e, como tal, tem um forte potencial para contribuir efetivamente para a conservação e o gerenciamento dos recursos marinhos.

Essa pesquisa vem a suprir uma importante lacuna na gestão da biodiversidade (aplicada ao estudo de caso proposto) pois integrou informações sociais e culturais, biológicas e físicas, em torno dos SE prestados pela biodiversidade, fornecendo subsídios importantes para a implementação de um GBE na área de estudo. Além disso, apóia tomadores de decisão acerca dos riscos incidentes atuantes sobre os benefícios da biodiversidade para a sociedade, fornecendo níveis de riscos e formas de atuação. Também indicamos um caminho que pode ser seguido por estudos semelhantes, ao propor um modelo baseado em ecossistemas, em que as informações a respeito de riscos são integradas com impactos e ações, a fim de garantir não só a conservação da biodiversidade, como a manutenção dos benefícios que geram para a sociedade. Desse modo, é possível fornecer a não-especialistas informações de maneira clara e sucinta, de modo elas podem ser usadas para alcançar resultados político em, por exemplo, políticas de zoneamento e planejamento espacial costeiro e marinho.

CONCLUSÃO

Dentre as forma de gestão atuais, relacionadas a biodiversidade de praias arenosas, a do berbigão *T. mactroides* na Enseada de Caraguatatuba é um exemplo de gestão que utiliza abordagens puramente biológicas sem incluir as características socioecológicas e ecossistêmicas. A espécie, que presta diversos SE na Enseada Caraguatatuba, envolvendo esferas sociais, culturais, econômicas e ambiental, oferece uma oportunidade de geração de renda, tanto diretamente, pelo SE de provisão, quanto indiretamente, pelos serviços culturais e sociais, como a coleta recreativa, uma das atividades principais nas praias arenosas. No entanto, a atual forma de gestão desse recurso se limita a Portaria MMA nº 445, de 07/02/2014, que incluiu *T. mactroides* como espécie ameaçada no Estado de São Paulo. Essa portaria, além de desconsiderar os SE de provisão e cultural prestados pela espécie na região, não atua sobre os riscos que impactam *T. mactroides*, como contaminação da água do mar por agentes patógenos e derivados de óleo, e que podem ocasionar impactos como contaminação do berbigão, alteração em parâmetros populacionais da espécie no local, desvalorização de seus usos e perda de benefícios como geração de renda, manutenção de tradições, purificação da água e manutenção da biodiversidade. Essa pesquisa integrou informações sociais e culturais, biológicas e físicas, em torno dos SE prestados por *T. mactroides*, fornecendo subsídios importantes para a implementação de um GBE na área de estudo. Além disso, fornece subsídios para tomadores de decisão acerca dos riscos incidentes atuantes sobre *T. mactroides* e que podem prejudicar o fornecimento de benefícios, relacionados à espécie, para a sociedade, fornecendo níveis de riscos e formas de atuação. Também indicamos um caminho que pode ser seguido por estudos semelhantes, ao propor um modelo baseado em ecossistemas, em que as informações a respeito de riscos são integradas com impactos e ações, a fim de garantir não só a conservação da biodiversidade, como a manutenção dos benefícios que geram para a sociedade. Esse estudo indicou que, ao invés da atual prática restritiva atual, é necessária uma abordagem alternativa de gestão integrada de *T. mactroides*, com a ativa participação de comunidades locais, de forma a valorizar os SE prestados pela espécie e atuar sobre os riscos incidentes sobre esses SE. Dessa forma é possível conciliar a melhoria da qualidade ambiental, a segurança alimentar para famílias de baixa renda e demais consumidores e a conservação da espécie.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, V.; LODEIROS, C. Metales pesados en la almeja *Tivela mactroides* Born , 1778 (Bivalvia : Veneridae) en localidades costeras con diferentes grados de contaminación en Venezuela. **Ciencias Marinas**, v. 30, n. 2, p. 323–333, 2004.
- ALONGI, D. M. **Coastal ecosystem processes**. New York: CRC Press, 1998.
- ARKEMA, K. K.; ABRAMSON, S. C.; DEWSBURY, B. M. Marine ecosystem-based management: from characterization to implementation. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, p. 525–532, 2006.
- ARRIECHE, D.; PRIETO, A. Parámetros poblacionales del guacuco *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae) de Playa Caicara, Estado Anzoátegui, Venezuela. **Ciencias Marinas**, v. 32, p. 285–296, 2006.
- AUSTER, P. J. Defining thresholds for precautionary habitat management: actions in a fisheries context. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 21, p. 1–9, 2001.
- AZEVEDO, D. M. C. DE. Os Serviços Ecosistêmicos e sua valoração **The Ecosystem Services and their valuation** VI Simposio de Ciência do Agronegócio. **Anais...**Porto Alegre / Rio Grande do Sul: 2018
- BAKANOV, A. I. Assessment of water and sediment quality in fresh water bodies based on characteristics of benthic communities. **Russian Journal of Ecology**, v. 35, n. 6, p. 417–420, 2004.
- BARBIER, E. B. *et al.* Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. **Science**, v. 319, p. 321–323, 2008.
- BARROSO, C. X.; MATTHEWS-CASCON, H. Distribuição espacial e temporal da malacofauna no estuário do rio Ceará, Ceará, Brasil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 4, p. 79–86, 2004.
- BEGOSSI, A. The use os Optimal foraging theory to understand fishing strategies: a case from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro). **Human Ecology**, v. 20, n. 4, p. 463 – 475, 1992.
- BEGOSSI, A.; BRAGA, F. M. DE S. Food taboos and folk medicine from the Tocantins river (Brazil). **Amazoniana**, v. 12, p. 101 – 118, 1992.
- BERKES, F. Fishermen and the “tragedy of the commons”. **Environmental Conservation**, v. 12, n. 3, p. 199 – 206, 1985.
- BERKES, F.; FOLKE, C.; GADGIL, M. Traditional ecological knowledge biodiversity, resilience and sustainability. **The Beijer Institute of Ecological Economics**, v. Beijer Dis, n. 31, 1993.
- BRASIL. Resolução CIRM Nº 01, de 21 de novembro de 1990. **D.O.U. de 27/11/90**, v. 232, n. Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), p. 286–296, 1990.
- BUARQUE, S. C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia de planejamento**. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2008.
- CARAGUATATUBA. Decreto Nº 1, de 03 de janeiro de 2012. **Prefeitura Municipal de Caraguatatuba**, n. Aprova o Plano Municipal Plurianual de Desenvolvimento Sustentável Rural e da Pesca, p. 1–24, 2012.
- CARRILHO, C. D. **Identificação e valoração sociocultural dos serviços ecossistêmicos - o caso da comunidade do Marujá , Ilha do Cardoso - SP, Brasil**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.
- CASTILLA, J. C.; DEFEO, O. Latin American benthic shellfisheries: Emphasis on co-management and experimental practices. **Rev Fish Biol Fish**, v. 11, n. 1, p. 1–30, 2001.
- CASTRO, B. M. *et al.* Processos físicos: hidrografia, circulação e transporte. *In*: PIRES-VANIN, A. M. S. (Ed.). . **Oceanografia de um ecossistema subtropical: plataforma de São Sebastião**. São Paul: Edusp, 2008. p. 59–122.
- CAVALCANTI, C.; SCHLÄPFER, F.; SCHMID, B. Public participation and willingnesssto

- cooperate in common-pool resource management: a field experiment with fishing communities in Brazil. **Ecol. Econ.**, v. 69, p. 613–622, 2010.
- CAVANAGH, R. D. *et al.* Valuing biodiversity and ecosystem services: A useful way to manage and conserve marine resources? **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1844, 2016.
- CEBIMAR. **Dados climáticos**. Disponível em: <<http://cebimar.usp.br>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- CETESB. Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas no Estado de São Paulo. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, 2013.
- _____. Relatório de Qualidade das Praias e Águas Litorâneas do Estado de São Paulo. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2015.
- _____. Relatório de Qualidade das Praias e Águas Litorâneas do Estado de São Paulo. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**, 2018.
- CICIN-SAIN, B.; KNECHT, R. W. **Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts And Practices**. [s.l.] Island Press, 1998.
- CLARK, J. R. Coastal zone management for the new century. **Ocean & Coastal Management**, v. 37, p. 191–216, 1997.
- CLAY, J. W. **Indigenous people and tropical forest**. [s.l.] Cambridge: Cultural Survival Inc., 1990.
- CONAMA. **Resolução nº 20 de 18 de Junho de 1986**. Brazil, 1986.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.
- _____. Ecosystem services: multiple classification systems are needed. **Biological Conservation**, v. 141, p. 350–352, 2007.
- CURTIN, R.; PRELLEZO, R. Understanding marine ecosystem based management: A literature review. **Marine Policy**, v. 34, p. 821–830, 2010.
- DAILY, G. Nature's services: societal dependence on natural ecosystem. **Washington: Island Press**, p. 350, 1997.
- DEFEO, O. Development and management of artisanal fishery for yellow clam *Mesodesma mactroides* in Uruguay. **Fishbyte**, v. 7, n. 3, p. 21–25, 1989.
- DEFEO, O. Manejo experimental de un bivalvo explotado en playas arenosas. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 69, n. July, p. 605–614, 1996.
- DEFEO, O. *et al.* Threats to sandy beach ecosystems: a review. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, v. 81, p. 1–12, 2009.
- DEFEO, O.; CASTILLA, J. C. More than one bag for the world fishery crisis and keys for co-management successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. **Rev. Fish Biol. Fish.**, v. 15, p. 265–283, 2005.
- DEGROOT. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v. 1, p. 50–56, 2012.
- DENADAI, M. R. *et al.* Harvesting the Beach Clam *Tivela mactroides*: Short- and Long-Term Dynamics. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 7, n. 1, p. 103–115, 2015.
- DENADAI, M. R. *et al.* Assessment of contamination of the beach clam *tivela mactroides*: Implications for food safety of a recreational and subsistence marine resource in caraguatatuba bay, Brazil. **International Journal of Food Contamination**, v. 2, n. 1, 2015.
- DENADAI, M. R.; AMARAL, A. C. Z.; TURRA, A. Along- and across-shore components of the spatial distribution of the clam *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae). **Journal of Natural History**, v. 39, n. 36, p. 3275–3295, 2005.
- DIAS FILHO, M. *et al.* Avaliação da Usuário:, percepção pública na contaminação por lixo marinho de acordo com o perfil do Costeira, Estudo de caso em uma praia urbana no Nordeste do Brasil. **Revista Gestão Integrada**, v. 44, n. 11, p. 33–39, 2011.

- DIEGUES, A. C. **História e Memória Caiçara**HUCITEC, , 2005. (Nota técnica).
- ETCHEVERS, S. L. Notas ecológicas e cuantificación de la población de guacuco, *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia – Veneridae), en la Ensenada de La Guardia, Isla de Margarita, Venezuela. **Bol. Inst. Oceanogr.**, v. 15, p. 57–64, 1976.
- FDA, F. A. D. A. Sanitation of the harvesting, processing and distribution of shellfish. In: **National Shellfish Sanitation Program. Manual of operations. Part. II.** Washington, D.C: Dep. of Health and Human Services. Public Health Service, 1990. p. 40.
- FERREIRA, J. C. V. *et al.* Serviços ambientais oferecidos pelas praias de ponta negra e via costeira: perspectivas de valoração. **Revista do CERES**, v. 1, 2015.
- FUNDESPA. **Programa de Monitoramento Ambiental de Mexilhão - Monitoramento da qualidade ambiental da Enseada de Caraguatatuba e da segurança alimentar da população humana, utilizando o molusco bivalve (berbigão) Tivela mactroides como bioindicador.** [s.l: s.n.].
- FURLAN, S. A. Lugar e cidadania: implicações socioambientais das políticas de conservação ambiental. In: DIEGUES, A. C. (Ed.). **Enciclopédia Caiçara: o olhar do pesquisador.** São Paulo: HUCITEC, NUPAUB - CEC/USP, 2004. p. 225–249.
- GARCIA, S.; RICE, J.; CHARLES, A. **Governance of marine fisheries and biodiversity conservation: interaction and co-evolution.** New York, NY: WileyBlackwell, 2014.
- GESAMP, (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION). **The Contributions of Science to Integrated Coastal Management (FAO, Ed.): Reports and studies.** Rome: [s.n.].
- GIGLIOTTI, C. M. C.; SANTOS, M. J. A expansão urbana de Caraguatatuba (1950-2010): uma análise das transformações sócio espaciais. **Caminhos de geografia**, v. 14, p. 150–159, 2013.
- GONZÁLEZ, M. *et al.* Calidad microbiológica de la ostra *Crassostrea rhizophorae* y aguas de extracción, estado Sucre, Venezuela. **Rev. Cien tif. FCV- LUZ**, v. XIX, n. 6, p. 659–666, 2009.
- GPA. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino costera en la región de América Latina y el Caribe. In: **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra (GPA).** [s.l.] PNUMA (Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México, D.F.), 2001. .
- GRADO, T. E. D. E. Biomarcadores de hidrocarburos en el bivalvo (*Tivela mactroides*) expuestos a sedimentos contaminados. **Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad Bolívar**, p. 59, 2008.
- GRANEK, E. F. *et al.* Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. **Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology**, v. 24, n. 1, p. 207–216, 2010.
- GROOT, R. DE; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 93–408, 2002.
- HERRMANN, M. *et al.* Testing the habitat Harshness hypothesis: reproductive biology of the wedge clam *Donax hanleyanus* (Bivalvia: Donacidae) on three Argentinean sandy beaches with contrasting morphodynamics. **Journal of Molluscan Studies**, v. 76, p. 33–47, 2010.
- HYDER, K. *et al.* Making modelling count - increasing the contribution of shelf-seas community and ecosystem models to policy development and management. **Marine Policy**, v. 61, p. 291–302, 2015.
- IBGE. **Estimativas populacionais.** Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>>.

IHDE, T. F. *et al.* The increasing importance of marine recreational fishing in the US: challenges for management. **Fish. Res.**, v. 108, p. 268–276, 2011.

IP, I. DE P. **Fisheries statistics**. Disponível em:

<<http://www.propesq.pesca.sp.gov.br/propesq/web/app.php/publico/relatorio/30>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

JERICÓ-DAMINELLO, C. **Identificação e valoração sociocultural dos serviços ecossistêmicos - o caso da comunidade de Marujá, Ilha do Cardoso - SP, Brasil**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2014.

KRAEMER, A.; CHOUDHURY, K.; KAMPA, E. **Protecting Water Resources: Pollution Prevention, Thematic Background Paper** International Conference on Freshwater Bonn. **Anais...** Secretariat of the International Conference on Freshwater, 2001 Disponível em: <<http://www.water-2001.de>>

LEIVA, G. E.; CASTILLA, J. C. A review of the world marine gastropod fishery: evolution of catches, management and the Chilean experience. **Rev. Fish Biol. Fish.**, p. 283–300, 2002.

LONG, R. D.; CHARLES, A.; STEPHENSON, L. Key principles of marine ecosystem-based management. **Mar Policy**, v. 57, p. 53–60, 2015.

MACGILL, J. T. Map of coastal landforms of the world. **Geog. Rev.**, v. 48, p. 402–405, 1958.

MALDONADO, F.; SANTOS, A. DOS. Cooperativas de pescadores artesanais: uma análise sob a perspectiva teórica. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 8, n. 3, p. 323–333, 2006.

MANSANO, C. Do “tempo dos antigos” ao “tempo de hoje”: o caiçara de Camburi entre a terra e o mar. *In*: DIEGUES, A. C. (Ed.). **Enciclopédia Caiçara: o olhar do pesquisador**. São Paulo: HUCITEC, NUPAUB - CEC/USP, 2004. p. 193–224.

MARGOLUIS, R. *et al.* Using conceptual models as a planning and evaluation tool in conservation. **Evaluation and Program Planning**, v. 32, p. 138–147, 2009.

MARTINEZ, C. E. *et al.* Calidad microbiológica de la almeja (*Tivela mactroides*) y aguas de extracción en bahía Güiria, estado Sucre, Venezuela. **Revista Científica**, v. 14, n. 2, p. 109–117, 2014.

MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. **Biota marinha da costa oeste do Ceará**. Brasília: [s.n.].

MCLACHLAN, A. *et al.* Beach Clam Fisheries. **Oceanography and Marine Biology: Annual Review**, v. 34, n. December 2017, p. 163–232, 1996.

MCLACHLAN, A.; BROWN, A. C. **The Ecology of Sandy shores**. New York: Elsevier, 2006.

MCLACHLAN, A.; ERASMUS. **Sandy beach as ecosystems. International Symposium of sandy beaches**. [s.l.] Port Elizabeth, South Africa, 1983.

MCLEOD, K.; LESLIE, H. Why ecosystem-based management? *In*: **Ecosystem-based management for the oceans**. Washington, D.C: Island Press, 2009. p. 3–12.

MEA. **Ecosystem and human well-being: a framework for assessment**. Washington: [s.n.].

MEDEIROS, E. L.; HENRY-SILVA, G. G.; VIEGAS, G. F. Distribuição e densidade do bivalve *Tivela mactroides* (Born, 1778) em região estuarina tropical do semiárido do nordeste brasileiro. **Biotemas**, v. 27, n. 1, p. 79–91, 2014.

MEDEIROS, P. M.; BÍCEGO, M. C. Investigation of natural and anthropogenic hydrocarbon inputs in sediments using geochemical markers. II. São Sebastião, SP—Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, p. 892–89, 2004.

MENDOZA, J. J.; MARCANO, J. S. Abundancia Y Evaluación Del Guacuco *Tivela Mactroides* en la Ensenada la Guardia, Isla de Margarita, Venezuela. **Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente**, v. 39, n. 1&2, p. 79–91, 2000.

- MORSAN, E. Spatial pattern, harvesting and management of artesanal fishery for purple clam (*Amiantis purpurata*) in Patagonia (Argentina). **Ocean and Coastal Management**, v. 50, p. 481 – 497, 2007.
- NUSDEO, A. M. DE O. **Pagamento por serviços ambientais: sustentabilidade e disciplina jurídica**. São Paulo: Atlas, 2012.
- PATERSON, D. M. *et al.* Science and policy mismatch in coastal zone ecosystem management. **Marine Ecology Progress Series**, v. 434, p. 201–202, 2011.
- PEZZUTO, P. R.; SOUZA, D. S. E. A pesca e o manejo do berbigão (*Anomalocardia brasiliana*) (Bivalvia: Veneridae) na Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé, SC, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 34, p. 169–189, 2015.
- PIKITCH, E. *et al.* Ecosystem-based fishery management. **Science**, v. 305, n. 5682, p. 346–347, 2004.
- PMBOK. Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)-Sixth edition. **Project Management Institute**, p. 756, 2013.
- PNUMA. Urgent Action Need to Protect the Marine Environment, UNEP. **Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente**, 2001.
- POFFO, Í. R. F. Vazamentos de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo: Análise Histórica (1974 a 1999). **Construindo a Ciência Ambiental**. Abramovay, Ricardo (org.) São Paulo, SP: Annablume - FAPESP, p. 235–263, 2002.
- POFFO, I. R. F.; XAVIER, J. C. M.; SERPA, R. R. A. História dos 27 anos de Vazamento de Óleo no Litoral Norte do Estado de São Paulo (1974-2000). **Revista Meio Ambiente Industrial**, v. 30, p. 98–104, 2001.
- PORTZ, L. **Gestão de praias e dunas: aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul**. [s.l.: s.n.].
- POSEY, D. A. Indigenous management of tropical forest ecosystems. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 139 – 158, 1985.
- PRIETO, A. S. Contribución a la ecología de *Tivela mactroides*, Born, 1778: aspectos reproductivos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, n. 2, p. 323–328, 1980.
- REMOUNDOU, K. ET AL. Valuation of natural marine ecosystems : an economic perspective. **Environmental Science & Policy**, v. 12, p. 1040–1051, 2009.
- RODIL, I. F. *et al.* Seasonal variability in the vertical 324 distribution of benthic macrofauna and sedimentary organic matter in an estuarine 325 beach (NW Spain). **Journal of the Coastal and Estuarine Research Federation**, v. 38, p. 382–395, 2008.
- RODRIGUES, M. **Mapeamento da sensibilidade ambiental a derramamentos de óleo para a região costeira de São Sebastião e Caraguatatuba, litoral norte de São Paulo (SP), com uso de modelagem em sig de sistema especialista baseado em conhecimento e árvore de decisão**. [s.l.] USP, 2009.
- ROTA, M. M. I. Indicadores bacterianos en las aguas y en el guacuco (*Tivela mactroides*) de la Ensenada de la Guardia, Isla de Margarita, Venezuela. **Fundación La Salle de Ciencias Naturales**, v. LIX, n. 151, p. 85–94, 1999.
- SANTOS JESUS, R.; PROST, C. Importância Da Atividade Artesanal De Mariscagem Para As Populações Nos Municípios De Madre De Deus E Saubara, Bahia. **GEOUSP: espaço e tempo**, v. 30, p. 123–137, 2011.
- SANTOS, R. C.; SILVA, I. R. Serviços ecossistêmicos oferecidos pelas praias do município de camaçari, litoral norte do estado da bahia, brasil. **Cadernos de Geociências**, v. 9, p. 47–56, 2012.
- SCHOEMAN, D. An assessment of a recreational beach clam fishery: currentfishing pressure and opinions regarding the initiation of a commercial clamharvest. **S. Afr. J. Wildl. Res.**, v. 26, p. 160– 170., 1996.
- SEIXAS, C. S.; KALIKOSKI, D. C. Gestão participativa da pesca no Brasil: levantamento

- das iniciativas e documentação dos processos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 20, p. 119–139, 2009.
- SEVERYN, F.; MORALES, A. J. G. M.; MONTIEL, Y. G. Determinacion cuantitativa de microorganismos del género *Vibrio* durante el desarrollo embrionario y larval de la almeja *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae), bajo condiciones de laboratorio. **Ciencia**, v. 8, n. 2, p. 137–144, 2000.
- SHIRAZAWA-FREITAS, J. **Gestão da zona costeira: políticas públicas e atores sociais na praia da Cocanha, Caraguatatuba**. [s.l: s.n.].
- SILVA, J. L. T. *et al.* **Projeto praia limpa: avaliando a percepção ambiental dos frequentadores da praia de Atalaiaem Aracaju**, SEXIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS. **Anais...2016**
- SLOCOMBE, D. S. Defining goals and criteria for ecosystem based management. **Environmental Management**, v. 22, p. 483–493, 1998.
- SOUZA, M. C. B. **Influência da mata ciliar na qualidade da água de trecho do rio Jacarecica – Maceió/AL**. [s.l.] Universidade Federal de Alagoas, 2012.
- TATA, A.; PRIETO, A. S. Producción secundaria em una población del bivalvo tropical *Tivela mactroides* (Veneridae) en el Oriente de Venezuela. **Caribbean Journal of Science**, v. 22, p. 28–34, 1991.
- TAYLOR, J. G.; ZUBE, E. H.; SELL, J. . Landscape assessment and perception research methods. In: BECHTEL, R. B.; MARANS, R. W.; MICHELSON, W. (Eds.). . **Methods in environmental and behavioral research**. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1987. p. 361–393.
- TEEB, T. E. OF E. AND B. **Report for Business - Executive Summary**.
- TISSOT, B. N.; WALSH, W. J.; HIXON, M. Hawaiian Islands Marine Ecosystem Case Study: Ecosystem- and Community-Based Management in Hawaii. **Coastal Management**, v. 37, p. 255–273, 2009.
- TURRA, A. *et al.* Temporal variation in life-history traits of the clam *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae): Density-dependent processes in sandy beaches. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 150, n. PA, p. 157–164, 2014.
- TURRA, A.; PETRACCO, M.; *et al.* Population biology and secondary production of the harvested clam *Tivela mactroides* (Born, 1778) (Bivalvia, Veneridae) in Southeastern Brazil. **Marine Ecology**, v. 36, n. 2, p. 221–234, 2015.
- TURRA, A.; FERNANDEZ, W. S.; *et al.* Multi-species generalist predation on the stochastic harvested clam *Tivela mactroides* (Mollusca, Bivalvia). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 166, p. 115–123, 2015.
- TURRA, A. *et al.* Assessment of recreational harvesting of the trigonal clam *Tivela mactroides*: Socioeconomic aspects and environmental perception. **Fisheries Research**, v. 174, p. 58–67, 2016.
- TURRA, A. *et al.* Frequency, magnitude, and possible causes of stranding and mass-mortality events of the beach clam *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae). **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–13, 2016.
- TURRA, A.; DENADAI, M. R. O marisco-da-areia (berbigão) na Enseada de Caraguatatuba : Exploração humana, Riscos à saúde pública, Propostas de ações para solucionar os problemas diagnosticados. 2005.
- UNEP. **Convention on biological diversity**. [s.l: s.n.].
- WEINSTEIN, M. P. ET AL. Managing coastal resources in the 21st century. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, p. 43–48, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Questionário entregue a especialistas.

Usos e riscos relacionados ao berbigão

Prezado(s),

Meu nome é Juliana Nascimento Silva, sou aluna de mestrado em Oceanografia Biológica no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. Alexander Turra.

No meu trabalho de mestrado, tenho como objetivos identificar fatores (antrópicos ou naturais) que podem influenciar no desenvolvimento do berbigão *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba e identificar pressões, impactos, lacunas de políticas públicas e oportunidades relacionadas à população do berbigão.

Considerando seus conhecimentos acerca da espécie *T.mactroides* ou da coleta de berbigão (mesmo sendo outra espécie), pedimos a gentileza de contribuir com essa pesquisa respondendo o questionário a seguir. Suas respostas irão contribuir com a melhoria da conservação e manejo dessa espécie na Enseada de Caraguatatuba.

Esse questionário demora cerca de 30 minutos para ser concluído, dependendo das respostas. Isso porque muitas páginas contém perguntas seletivas que podem conduzir quem responde a pontos distintos do questionário. Recomendamos que seja respondido em um computador, pois a visualização pode ser dificultada em tablets ou celulares.

Se não se sentir seguro para responder alguma pergunta, sem problemas, é só deixar o campo destinado para a resposta sem preencher. Desde já agradecemos sua participação!

1. Você já realizou estudos com comunidades que praticam a pesca do berbigão?
2. Onde você estudou e/ou teve contato com a pesca do berbigão?
3. Nas linhas abaixo, listamos algumas ameaças que podem impactar, direta ou indiretamente, na quantidade da pesca do berbigão e na qualidade da carne do berbigão. Marque quais impactos podem causar.

	Qualidade			Quantidade			Não sei
	Mantém	Aumenta	Diminui	Mantém	Aumenta	Diminui	
Aporte de organismos patógenos na água do mar Contaminação da água do mar por hidrocarbonetos Aumento do aporte de sedimentos na praia Aumento do aporte de água doce no mar Aumento de predadores de berbigão Estreitamento da faixa de areia Eventos extremos Diminuição de predadores de berbigão Aumento de temperatura Lixo na praia e no mar Fortalecimento da cultura tradicional Estímulo a pesca artesanal Estímulo a pesca predatória Aumentos na precipitação Aumento na temperatura do água do mar Lançamento de efluentes industriais na água do mar Contaminação da areia por organismos patógenos Criação de reservas marinhas Proibição da pesca de arrasto Aumento do turismo na praia							

4. Conhece outros fatores que podem impactar na qualidade/quantidade da pesca do berbigão e que não estão listados na questão anterior?
5. Quais são as principais dificuldades de ordem técnica (por exemplo, dificuldade em acessar praias, equipamentos, etc) encontradas pelos pescadores(as) na pesca do berbigão?
6. Listamos abaixo algumas ações que podem ser implementadas para melhorar o comércio e a coleta do berbigão. Marque em quais situações essas ações podem ser implementadas. Considere: situações de "alta densidade", "densidade normal" e "baixa densidade" de berbigão na praia; "sempre", se em qualquer situação de densidade; ou "nunca", ou seja, em nenhuma situação de densidade.

	Alta densidade	Densidade normal	Baixa densidade	Sempre	Nunca	Diminui
Festival do berbigão Mercados públicos para comércio do frutos do mar Feira de artesanato permitindo venda de objetos feitos com conchas Especificar áreas para pesca de berbigão Leis ou diretrizes sobre como realizar a pesca Leis ou diretrizes sobre a qualidade da carne a ser comercializada Orientações sobre depuração e processamento do animal contaminado Locais para depurar e processar a carne do berbigão Incentivos a restaurantes para comprarem berbigão Suporte para melhorias na forma e/ou equipamentos da pesca Melhoria na qualidade ambiental das áreas onde se realiza a pesca Análises periódicas das condições da carne do berbigão Monitoramento para compreender oscilações de densidade Rotação de pescadores nas atividades de pesca Rotatividade de áreas para pesca Definição de quantidade máxima a ser pescada Tamanho mínimo para pesca Estabelecimento de período adequado para pesca Outros usos (como utilizar para ração, etc)						

7. Quais são os benefícios da pesca do berbigão?

Fortalecimento de culturas tradicionais
Geração de renda
Diminuição da vulnerabilidade social dos pescadores
Dinamização de economias locais
Não há benefícios
Outros

Riscos a *Tivela mactroides*

8. Das variáveis listadas abaixo, quais os impactos que você acredita que podem causar em uma população de *T.mactroides*? Se há algum impacto não listado, marque "Outros impactos".

	Eventos de mortalidade em massa	Contaminação de <i>T.mactroides</i>	Diminuição da população de <i>T.mactroides</i>	Aumento da população de <i>T.mactroides</i>	Desaparecimento de <i>T.mactroides</i>	Nenhum impacto	Outro impacto
Presença de parasitas/patógenos no organismo (ex: trematódios) Extravasamento de esgoto para o mar Perda/alteração de habitats Mudanças climáticas (eventos extremos) Atividades turísticas na praia Sobre-exploração do recurso para fins comerciais Urbanização desordenada na orla Superpopulação de <i>T.mactroides</i> Aumentos na industrialização local Aumento na temperatura do ar Aumento de precipitação Diminuição da faixa de areia							

9. Se marcou "Outros impactos" na questão anterior, especifique aqui. Você conhece alguma outra variável que pode ocasionar impactos em uma população de *T.mactroides*?

10. Quais das características intrínsecas da espécie *T.mactroides* e de seu ambiente natural poderiam ser consideradas "pontos fortes" para que uma população possa continuar estável ou se recuperar após algum impacto quando submetida a alguma das ameaças citadas anteriormente? Quais poderiam ser consideradas "pontos fracos"?

	Ponto forte	Ponto fraco
Reprodução contínua		
Crescimento rápido		

Oscilação de densidade
 Ampla distribuição geográfica
 Hábito filtrador
 Baixa capacidade de locomoção
 Necessidade de enterrar-se
 Outros

11. Se marcou "Outros" na questão anterior, especifique aqui.
12. Se uma população de *T. mactroides* estiver exposta a alguma ameaça, o que pode ser feito pelo poder público e pela população humana para evitar impactos na mesma?

Ações de educação ambiental
 Campanhas de uso racional
 Proibição da pesca
 Universalizar coleta de esgoto
 Evitar obras na praia (como construções, escavações, portos, etc)
 Criar áreas de proteção na orla
 Tratamento de esgoto
 Controlar fluxo de turistas
 Planejamento urbano, evitando construção de moradias/comércios/indústrias na praia, ou próximo a praia
 Manter uma boa qualidade da água dos rios que desaguam no mar
 Manter a limpeza da praia
 Evitar alterações nas características da praia (por exemplo, tipo de areia, inclinação)
 Proibir trânsito de meios de transporte na praia
 Preservar vegetação nativa
 Pesca condicionada a certificado de dependência do recurso para subsistência
 Subsídio do governo aos pescadores durante o período em que não pode haver pesca
 Definir períodos de pesca, rotação de áreas, tamanho mínimo de indivíduo a ser pescado

13. Você considera que o uso humano dessa espécie deve ser impedido em todas as suas formas? Porque?
14. Você fez pesquisa sobre o berbigão na Enseada de Caraguatatuba (São Paulo, Brasil)?

Sugestões

Você saberia indicar alguém para participar dessa pesquisa? Pode nos passar o nome e contato dessa pessoa?

Se você quer acrescentar alguma informação que julga relevante, ou fazer alguma crítica ou sugestão, esse espaço é destinado para isso. Fique à vontade. Sua contribuição é muito importante para nós!

APÊNDICE 2 - Questionário entregue aos usuários de praias

Usos e ameaças nas praias de Caraguatatuba

Prezado(s),

Meu nome é Juliana Nascimento Silva, sou aluna de mestrado em Oceanografia Biológica no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, sob orientação do Prof. Dr. Alexander Turra.

No meu trabalho de mestrado, tenho como objetivos identificar fatores que podem influenciar no desenvolvimento do berbigão *Tivela mactroides* na Enseada de Caraguatatuba e ver como é possível melhorar a situação. Para isso, estamos entrevistando pessoas que conhecem as praias em Caraguatatuba.

Você pode nos ajudar respondendo um questionário bem simples, onde pode marcar em uma lista o que você já observou ocorrendo em Caraguatatuba. Se tem algo interessante que você observou, como uma ação de ONG's limpando a praia, ou manchas de petróleo, ou ações de turistas que prejudicam a qualidade da praia, pode acrescentar no final do questionário. Só pedimos a gentileza de dizer em quais praias observou essas ações, se tiver essa informação.

Também temos uma página no face, onde podem se inscrever e nos mandar fotos ou vídeo das coisas que vêm acontecendo, como esgoto despejado na praia, lixo, etc. Também colocamos muitas informações legais na página!!

<https://www.facebook.com/BerbigaoLN/>

Desde já agradeço!!!

1. Você costuma frequentar as praias de Caraguatatuba ao longo de todo o ano?
2. Das variáveis elencadas abaixo, marque aquelas que você tem observado recentemente em Caraguatatuba.

Água do mar imprópria para banho
 Contaminação da água do mar por derivados de petróleo
 Estreitamento da faixa de areia
 Aumento na frequência de eventos extremos (tempestades, ondas de calor, etc)
 Lixo na praia e no mar
 Dejetos na areia
 Criação de reservas e parques de preservação ambiental
 Proibição da pesca de arrasto
 Aumento do turismo na praia
 Esgoto despejado na praia
 Objetos feitos com conchas a venda
 Orientações sobre como preparar o berbigão
 Pessoas com mal-estar após comer berbigão
 Venda de berbigão em restaurantes
 Pessoas coletando um pouco berbigão
 Projetos de monitoramento do berbigão
 Construções de moradia na beira da praia
 Favelas em áreas de preservação, beira de rios e córregos
 Pessoas coletando muito berbigão, para vender em outros locais
 Ações para aumentar a coleta de esgoto no município
 Regularização de áreas ocupadas ilegalmente
 Construção de moradias populares (CDHU)
 Ações de educação ambiental nas praias
 Orientações para não coletar berbigão
 Obras na praia (como colocar areia, escavar, etc)
 Controle do fluxo de turistas
 Aumento excessivo de turistas no verão
 Preservação da vegetação nativa no município
 Preservação da orla
 Proibição de realizar construções (como condomínios fechados) na beira da praia
 Aumento da industrialização
 Alerta sobre a possibilidade de ficar enfermo após comer berbigão
 Crescimento da cidade
 Superpopulação de berbigão
 Outros

3. Em que praias essas variáveis foram observadas? Ou ocorrem em todas as praias?

Você saberia indicar alguém para participar dessa pesquisa? Pode compartilhar esse questionário com ela?

Se você quer acrescentar alguma informação que julga relevante, ou fazer alguma crítica ou sugestão, esse espaço é destinado para isso. Fique à vontade. Sua contribuição é muito importante para nós!

APÊNDICE 3 - Gráficos

Gráfico 1: População fixa e flutuante de Caraguatatuba (SP), considerando o período 2003-2017.

Fonte: IBGE.

Gráfico 2: Coleta de esgoto (%) do município de Caraguatatuba (SP), considerando o período 2003-2017.

Fonte: CETESB.

Gráfico 3: CO remanescente e potencial de Caraguatatuba (SP), considerando o período 2003-2017. As barras cinzas representam a CO potencial e as barras pretas, a CO remanescente. A linha tracejada cinza representa a linha de tendência da CO potencial e, a preta, da CO remanescente.

Fonte: CETESB.

Gráfico 4: Concentração média mensal de Enterococos (UFC/100mL), no período compreendido entre 2003 a 2017, na Praia Palmeiras (Caraguatatuba, SP). A linha cinza está representada no eixo secundário. A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CETESB.

Gráfico 5: Concentração média mensal de Enterococos (UFC/100mL), no período compreendido entre 2004 a 2017, na Praia Palmeiras (Caraguatatuba, SP). A linha cinza está representada no eixo secundário. A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CETESB.

Gráfico 6: Precipitação média mensal (mm), no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: ANA.

Gráfico 7: Quantidade de eventos extremos durante o ano, no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). Em preto, eventos com menor quantidade de chuvas (quantil 5%); em azul, eventos de maior precipitação (quantil 95%); e em vermelho a somatória de eventos. As linhas tracejadas representam as tendências.

Fonte: ANA.

Gráfico 8: Precipitação média mensal, quantil 5% (mm), no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: ANA.

Gráfico 9: Precipitação média mensal, quantil 95% (mm), no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: ANA.

Gráfico 10: Temperatura média mensal (°C) no período compreendido entre 2000 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CEBIMAR.

Gráfico 11: Quantidade de eventos extremos durante o ano, no período compreendido entre 2000 a 2017 (Caraguatatuba, SP). Em preto, eventos com menor temperatura (quantil 5%); em azul, eventos de maior temperatura (quantil 95%); e em vermelho a somatória de eventos. As linhas tracejadas representam as tendências.

Fonte: CEBIMAR.

Gráfico 12: Temperatura média mensal quantil 95% (°C), no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CEBIMAR.

Gráfico 13: Temperatura média mensal, quantil 5% (°C), no período compreendido entre 1943 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CEBIMAR.

Gráfico 14: Velocidade do vento média mensal (km/h), no período compreendido entre 2003 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CEBIMAR.

Gráfico 15: Pressão média mensal (atm), no período compreendido entre 2003 a 2017 (Caraguatatuba, SP). A linha tracejada preta representa a linha de tendência.

Fonte: CEBIMAR.

APÊNDICE 3 - Imagem obtida pelo satélite LANDSAT 5, bandas 4/3/2 em 17/10/2003; b) Imagem obtida pelo satélite LANDSAT 8, bandas 4/3/2, em 17/09/2017; c) Imagem de 17/10/2003 após classificação não supervisionada; d) Imagem de 17/09/2017 após classificação não supervisionada. Todas as imagens são referentes ao município de Caraguatatuba (SP).