UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

JOYCE DE MOURA E SILVA

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO BASEADA NA DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA E NA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DO HABITAT

São Vicente – SP
2025

Instituto de Biociências - Campus do Litoral Paulista
Praça Infante D. Henrique s/nº - CEP 11330-900 - São Vicente (SP) - Brasil
Tel. (13) 3569-7100 – email diretor.clp@unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

JOYCE DE MOURA E SILVA

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO BASEADA NA DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA E NA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DO HABITAT

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia Marinha.

Orientador(a): June Ferraz Dias

Coorientador(a): Thamíris Christina Karlovic de Abreu

São Vicente - SP
2025

S586i

Silva, Joyce de Moura

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO BASEADA NA DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA E NA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DO HABITAT / Joyce de Moura Silva. -- São Vicente, 2025

47 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente

Orientadora: June Ferraz Dias

Coorientadora: Thamíris Christina Karlovic de Abreu

1. Unidades de Conservação. 2. Ictiofauna. 3. Turismo. 4. Complexidade Estrutural.. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Dedico este trabalho à minha mãe, que fez da educação o maior presente que poderia oferecer aos seus filhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, pela base de conhecimento e pelo suporte acadêmico que me permitiram conduzir esse trabalho.

Ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, em especial à Prof. Dra. June Ferraz Dias, pela orientação dedicada e pelo empenho em mobilizar esforços para meu desenvolvimento na pesquisa.

À minha coorientadora, Dra. Thamíris Christina Karlovic de Abreu, agradeço profundamente pelo apoio constante, pelos ensinamentos transmitidos com paciência e carinho, e pela dedicação ao longo de toda a pesquisa.

Ao Projeto Mergulhando na Conservação, pela disponibilização dos dados coletados e pelo fornecimento dos equipamentos de campo, essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também por me envolver e despertar minha paixão pela conservação, e a todos que, de alguma forma, por conta deste projeto "mergulharam" comigo nesta jornada, em especial ao pesquisador Lucas Citele, pelo apoio e incentivo ao longo do percurso.

Ao Parque Estadual da Ilha Anchieta, à gestora Priscila Saviolo Moreira e aos monitores do parque, pelo apoio logístico durante a pesquisa e pela disposição em contribuir com minhas atividades.

À minha mãe, Maísa Moura, e aos meus irmãos, Jamylle, Juan e João Paulo, por enxergarem e amarem a bióloga que sempre existiu em mim, antes mesmo deste sonho se tornar realidade. Ao meu avô, Pedro Moura, que embora não tenha acompanhado esta trajetória, me ensinou a amar a natureza. Agradeço também ao meu tio, Márcio Moura, pelo carinho durante a caminhada e pela doação do meu primeiro notebook, que me possibilitou iniciar tudo isso.

Ao meu companheiro e melhor amigo, Wesley, por sempre me apoiar e acreditar em mim, por toda paciência durante este processo e por renunciar a momentos nossos para que eu pudesse me dedicar à pesquisa, você é parte fundamental disso.

Agradeço a todos os amigos que me acompanharam ao longo desta trajetória e, em especial, às minhas "meninas das baleias", pelo apoio emocional e por serem exemplos de profissionais que me inspiram.

Resumo

O Parque Estadual da Ilha Anchieta, localizado em Ubatuba (SP) é uma das áreas preservadas mais visitadas do litoral paulista. Além da porção terrestre ser uma unidade de conservação de proteção integral, o entorno marinho possui uma Zona de Exclusão de Pesca, contribuindo para a manutenção da biodiversidade marinha. Diante da intensa pressão turística na região, torna-se essencial identificar áreas prioritárias para a proteção e manejo. O estudo teve como objetivo analisar a zona rasa dos recifes rochosos de duas praias com distintos níveis de pressão antrópica: Palmas, localizada na Zona de Uso Intensivo (maior pressão), e Sul, inserido na Zona de Uso Extensivo (menor pressão). A comparação entre essas praias buscou subsidiar a definição de prioridades de manejo. Os dados foram coletados por meio de mergulho livre, com registros em vídeo utilizados para identificação das espécies, guildas tróficas, estimativas de abundância relativa e de indicadores ecológicos. A complexidade estrutural, avaliada pela cobertura do substrato consolidado e rugosidade, foi realizada para caracterizar os habitats entre as praias, de modo que a variável "praia", foi utilizada para comparar a composição de peixes e de guildas tróficas por meio da análise PERMANOVA. A diversidade de peixes não apresentou diferenças significativas entre as praias, embora Palmas tenha se mostrado ligeiramente menos diversa. As guildas tróficas variaram entre as áreas, com invertívoros sendo um dos grupos predominantes em ambas. Contudo, o Sul apresentou maior representatividade de onívoros, enquanto Palmas registrou maior presença de macrocarnívoros, com redução de grupos basais, como herbívoros-detritívoros e macroalgívoros. A análise PERMANOVA indicou diferenças na composição das comunidades, sugerindo que, embora a diversidade não tenha variado de forma significativa, tanto as espécies quanto às guildas tróficas da ictiofauna diferem. Essas variações sugerem uma possível relação com a complexidade estrutural do ambiente e, possivelmente, à pressão turística. A praia do Sul apresentou maior complexidade estrutural, associada à heterogeneidade da rugosidade e à maior cobertura de algas calcárias. Já Palmas exibiu maior presença de macroalgas e rugosidade mais homogênea. Devido à maior pressão de turismo, menor complexidade do ambiente, e a variações na composição da ictiofauna, recomenda-se priorizar ações de manejo em Palmas, considerada uma área mais vulnerável. Os resultados reforçam a importância de integrar análises da estrutura do ambiente à gestão de áreas preservadas, uma vez que isso permite caracterizar e orientar ações mais efetivas para a conservação de ecossistemas e da geobiodiversidade.

Palavras chaves: Unidades de Conservação; Turismo; Ictiofauna; Complexidade Estrutural.

ABSTRACT

Anchieta Island State Park, located in Ubatuba (SP), is one of the most visited preserved areas on the coast of São Paulo. In addition to the land portion being a fully protected conservation unit, the surrounding marine area has a Fishing Exclusion Zone, contributing to the maintenance of marine biodiversity. Given the intense tourist pressure in the region, it is essential to identify priority areas for protection and management. The study aimed to analyze the shallow zone of the rocky reefs of two beaches with different levels of anthropic pressure: Palmas, located in the Intensive Use Zone (higher pressure), and Sul, located in the Extensive Use Zone (lower pressure). The comparison between these beaches sought to support the definition of management priorities. Data were collected through free diving, with video recordings used to identify species, trophic guilds, estimates of relative abundance, and ecological indicators. Structural complexity, assessed by consolidated substrate coverage and roughness, was used to characterize the habitats between beaches, so that the variable “beach” was used to compare fish composition and trophic guilds using PERMANOVA analysis. Fish diversity did not show significant differences between beaches, although Palmas was slightly less diverse. Trophic guilds varied between areas, with invertivores being one of the predominant groups in both. However, the South had a higher representation of omnivores, while Palmas recorded a greater presence of macro-carnivores, with a reduction in basal groups, such as herbivores-detritivores and macroalgae-eaters. The PERMANOVA analysis indicated differences in community composition, suggesting that, although diversity did not vary significantly, both the species and trophic guilds of the ichthyofauna differ. These variations suggest a possible relationship with the structural complexity of the environment and, possibly, tourist pressure. The South beach presented greater structural complexity, associated with the heterogeneity of roughness and greater coverage of calcareous algae. Palmas, on the other hand, exhibited a greater presence of macroalgae and more homogeneous roughness. Due to greater tourism pressure, lower environmental complexity, and variations in the composition of the ichthyofauna, it is recommended to prioritize management actions in Palmas, considered a more vulnerable area. The results reinforce the importance of integrating analyses of the environment's structure into the management of preserved areas, as this allows for the characterization and guidance of more effective actions for the conservation of ecosystems and geobiodiversity.

Keywords: Conservation Units; Tourism; Ichthyofauna; Structural Complexity

Lista de ilustrações

Figura 1 - Mapa de localização do Parque Estadual da Ilha Anchieta (Ubatuba -SP). O mapa apresenta a localização das áreas de estudo: praia de Palmas e praia do Sul, indicadas por marcadores em vermelho. Adicionalmente, indica as porções dos costões rochosos estudados, localizados à direita e à esquerda de cada praia 17

Figura 2 - Interface do programa *CPCe Coral Point* com exemplo da sobreposição de 12 pontos de forma estratificada, demonstrando o processo de identificação da cobertura do substrato. 18

Figura 3 - Escala da rugosidade de costões rochosos baseado nas definições de Roberts e Poulin (1993), adaptada a partir de registros feitos no Parque Estadual Ilha Anchieta 20

Figura 4 - Fluxograma do processo de coleta e análise dos dados para avaliação da complexidade estrutural, incluindo as seguintes etapas: Análise e seleção de quatro vídeos; Extração de um *frame* por segundo; Seleção de 20 *frames* de forma aleatória; Distribuição de 12 pontos por *frame* e respectivas identificações da cobertura do substrato; Análise da rugosidade; Análise dos dados.....21

Figura 5 - Fluxograma da metodologia para coleta e análise de dados ictiofaunísticos, incluindo as seguintes etapas: Coleta de dados por meio da metodologia *Diver Operated Video* (DOV); Análise de vídeos pelo programa *VLC media player*; Identificação das espécies e estimativa da abundância relativa; Identificação do estado de ameaça das espécies identificadas segundo lista vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza - IUCN; Classificação das espécies em guildas tróficas; Análise dos dados por meio de indicadores ecológicos, testes estatísticos inferenciais e análises multivariadas. 23

Figura 6 - Categorias de cobertura de substrato identificadas nas praias de Palmas e Sul do Parque Estadual da Ilha Anchieta; A) alga turfosa; B) alga calcária; C) macroalga; D) Colônia *Palythoa* sp.; E) Colônia *Mussismilia* sp.; F) Substrato sobre rocha ou biota; G) Substrato inconsolidado; H) Ouriço-do-mar; I) Ascídia solitário; J) Porífera; K) *Zoanthus* sp 24

Figura 7 - Porcentagem da cobertura do substrato nas praias de Palmas e do Sul identificadas no Parque Estadual da Ilha Anchieta; Categorias de substrato: Alga turfosa (AT); Macroalga (MA);

Alga calcária (AC); Substrato sobre rocha ou biota (SR); Colônia *Palythoa sp.* (COB)*;* Substrato inconsolidado (SUB); Ouriço-do-mar (OUR); Colônia de *Zoanthus sp*. (COZO); Colônia de *Mussismilia sp.* (COC); Porífera (ESP); Ascídia solitário (ASS). 25

Figura 8 - Curva de rarefação e extrapolação obtidas a partir dos dados de abundância relativa da ictiofauna das praias de Palmas e Sul no Parque Estadual Ilha Anchieta. As curvas ilustram a relação do esforço amostral com a riqueza estimada. As áreas sombreadas representam os intervalos de confiança e as linhas tracejadas indicam as estimativas extrapoladas.....32

Figura 9 - Abundância relativa das guildas tróficas, evidenciando as diferenças na composição entre as praias Palmas e Sul do Parque Estadual Ilha Anchieta. Guildas tróficas baseadas nos levantamentos de Citele (2023), Neto *et al.,* (2019) e Floeter (2023) com complementação na base de dados *FishBase*, sendo elas: Macroalgívoro (MALG), Invertívoro (INV), Macrocarnívoro (MCAR), Onívoro (ONI), Planctivoro (PLANC) e Herbívoro-detritívoro (HERD).....35

Figura 10 - Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) obtidas a partir da matriz de Bray-Curtis. A matriz foi estimada a partir dos dados de abundância relativa das espécies de peixes. As elipses destacam a tendência de agrupamento das amostras por praia (Palmas e Sul).36

Figura 11 - Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) obtidas a partir da matriz de Bray-Curtis. A matriz foi estimada a partir dos dados de abundância relativa das guildas tróficas de peixes. As elipses destacam a tendência de agrupamento das amostras por praia (Palmas e Sul) 37

Lista de tabelas

Tabela 1. Categorias de cobertura do substrato e suas respectivas descrições, definidas para identificação da cobertura bentônica dos costões rochosos das praias de Palmas e do Sul no Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA) 19

Tabela 2 - Descrição dos dados de medidas de posição e de dispersão da rugosidade das praias de Palmas e do Sul a partir das coletas realizadas no Parque Estadual da Ilha Anchieta 27

Tabela 3 - Lista de espécies registradas no Parque Estadual Ilha Anchieta. Classificação quanto ao grau de ameaça (IUCN) incluindo as categorias: Dados Insuficientes (DD), Pouco Preocupante (LC), Quase Ameaçada (NT), Vulnerável (VU), Em Perigo (EN) e Guildas tróficas: Macroalgívoro (MALG), Invertívoro (INV), Macrocarnívoro (MCAR), Onívoro (ONI), Planctivoro (PLANC) e Herbívoro-detritívoro (HERD). As colunas "Sul" e "Palmas" indicam com "X" as espécies registradas em cada praia, e com "-" as ausentes 29

Tabela 4 - Índices ecológicos da ictiofauna registrados nas praias de Palmas e Sul no PEIA. São apresentados os valores dos índices de diversidade *Shannon-Wiener* (H'), *Simpson* (1-D), equitabilidade de *Pielou* (J), a riqueza estimada por meio da rarefação pela função *rarefy*() do pacote *vegan* e a riqueza observada de espécies em cada praia 32

Tabela 5 - Representatividade da ictiofauna entre as praias de Palmas e do Sul no Parque Estadual Ilha Anchieta 33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
2. OBJETIVOS E HIPÓTESE 13
2.1 Objetivos específicos 13
2.2 Hipótese 13
3. MATERIAL E MÉTODOS 13
3.1 Área de estudo 13
3.2 O turismo no PEIA 14
3.3 Aspectos físicos e biológicos dos costões rochosos 15
3.4 Caracterização da complexidade estrutural dos habitats 17
3.5 Caracterização da ictiofauna e avaliação de diferenças entre as praias de Palmas e do Sul 21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 23
4.1 Caracterização da complexidade estrutural das praias de Palmas e do Sul 23
4.2 Caracterização da ictiofauna de peixes recifais/associados a recifes e estado de conservação 28
4.3 Comparação entre indicadores ecológicos 32
4.4 Guildas tróficas e avaliação de diferenças na composição de peixes recifais/associados a recifes entre as praias de Palmas e do Sul 34
4.5 Potencial vulnerabilidade frente ao turismo 37
5. CONCLUSÃO 38
6. REFERÊNCIAS 39

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas marinhos são ambientes essenciais para manutenção do equilíbrio ecológico, pois fornecem serviços ecossistêmicos importantes, que regulam a qualidade ambiental e sustentam a vida na terra (WARD, *et al*. 2022), como a produção de alimentos, a proteção da costa e a manutenção do bem-estar humano (LEGAT, *et al.* 2018).

Dentre os ecossistemas marinhos, os costões rochosos se destacam por sua importância ecológica, elevada disponibilidade de recursos e alta biodiversidade, incluindo a ictiofauna marinha (MORENO, 2012). Os costões rochosos são ecossistemas marinhos formados por substrato consolidado, compostos por afloramentos rochosos que avançam em direção ao mar (GHILARD, 2012). Uma de suas características mais marcantes é a presença de zonas definidas, resultantes das variações de maré. As zonas definidas como supralitoral, mediolitoral e infralitoral, abrigam diferentes faixas de organismos adaptados às condições específicas de cada área da zonação (GERLING*, et al*. 2016).

Apesar da notável importância, estudos apontam que a biodiversidade marinha tem sofrido mudanças (LOTZE, *et al*. 2019), impulsionadas por múltiplas pressões antrópicas, que resultam na degradação e perda da função dos ecossistemas marinhos, ameaçando o bem-estar e a sobrevivência das populações humanas (WARD, *et al*. 2022).

O turismo desordenado em áreas marinhas é apontado como uma das pressões antrópicas com potencial de impactar os ecossistemas (CAPARRÓS, *et al*. 2022). Desde a década passada, o aumento da visitação em ambientes naturais tem provocado o desgaste dos próprios atrativos que tornam essas áreas interessantes para a atividade turística (SPELTA, 2011). Nos costões rochosos, o turismo pode gerar impactos diretos, como a ressuspensão do sedimento, pisoteamento, além do ruído sobre a biota local. Essas ações podem provocar respostas negativas no ambiente, incluindo a redução da biodiversidade (SPELTA, 2011; PEDRINI, 2008).

Um exemplo notável deste impacto foi descrito por Pedrini (2007), na região do aquário natural do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). Antes da instrução normativa de FF/DE 267/2017, a região era fortemente impactada pelos visitantes. Sem o ordenamento turístico, Pedrini (2007) destacou impactos negativos no ecossistema, como o toque em organismos, ressaltando a "deseducação ambiental", no qual, embora os visitantes estivessem em uma Unidade de Conservação (UC), as práticas adotadas pelos mesmos não eram compatíveis com os objetivos destas.

Diante desse cenário, a conservação dos ecossistemas marinhos torna-se um desafio essencial para a proteção da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos fundamentais à vida (WARD, *et al*. 2022). Essa necessidade é ressaltada ainda, na Agenda 2030, por meio do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14, que propõe "conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável" (OLIVEIRA, *et al.* 2024), além da gestão e conservação de unidades de conservação, observadas no Quadro Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, conforme Plano Estratégico para a Biodiversidade Pós-2020 da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB).

As UCs, dentro desse contexto global, desempenham um papel fundamental para a conservação e uso sustentável dos recursos. O Parque Estadual da Ilha Anchieta é uma UC de proteção integral em sua porção terrestre, que abriga uma rica biodiversidade. No entanto, a área marinha ao seu redor não está incluída nos limites do Parque, estando inserida na Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APMLN), a qual possui uma zona de exclusão de pesca.

Devido às suas belezas naturais, o Parque é uma das UCs mais visitadas no Estado de São Paulo (CITELE, 2023), apresentando diferentes pressões turísticas entre suas praias, o que permite uma oportunidade para avaliar a vulnerabilidade de ecossistemas recifais frente à pressão turística. A avaliação de ambientes mais vulneráveis à pressão turística constitui uma ferramenta essencial para a gestão de áreas protegidas. No PEIA, essa pressão se distribui de maneira distinta em cada recife rochoso, em função do zoneamento das regiões e das restrições de acesso a esses ambientes (GUILLAUMON *et al*. 1989). Além disso, as características locais de cada costão rochoso também influenciam a integridade ecológica e a vulnerabilidade de cada praia frente ao turismo.

Pesquisas indicam que os costões rochosos podem apresentar diferentes níveis de complexidade estrutural do habitat, relacionados a variações no recife, como rugosidade, tipo de cobertura do substrato, inclinação do costão, entre outros aspectos, que influenciam diretamente na biodiversidade associada a esse habitat (SILVEIRA, 2012). Uma maior complexidade estrutural influencia na heterogeneidade do ambiente, afetando a disponibilidade de abrigos, recursos alimentares, composição de grupos tróficos e a diversidade das comunidades associadas ao costão rochoso (SILVEIRA, 2012; GRAHAM *et al*. 2012).

Apesar disso, a relação entre a estrutura do habitat e da comunidade de peixes marinhos em áreas submetidas a diferentes pressões turísticas ainda é pouco explorada, especialmente no contexto do PEIA. Estudos realizados por Dahmer (2021) analisaram a diversidade de peixes relacionados à visitação no aquário natural e na região da Trilha Sub e, embora não tenha encontrado evidências significativas, a autora destacou a necessidade de ampliar a avaliação para locais da ilha onde a pressão turística é mais intensa.

A identificação de ambientes mais vulneráveis à pressão turística no PEIA constitui uma ferramenta de gestão importante, pois pode orientar a implementação de medidas mais eficazes, otimizar o uso de recursos e favorecer a conservação dos ecossistemas. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo investigar duas praias do PEIA, sendo elas Palmas e Sul, a fim de analisar qual delas apresenta maior vulnerabilidade frente à pressão turística, considerando ferramentas relacionadas à complexidade estrutural do habitat e às comunidades de peixes marinhos presentes em cada praia.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESE

Com o intuito de fornecer subsídios para o manejo do PEIA, este estudo busca analisar duas praias com diferentes extensões, complexidades estruturais e níveis de pressão turística, a fim de identificar áreas mais vulneráveis diante do turismo.

2.1 Objetivos específicos

Para alcançar esse propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a complexidade estrutural dos habitats, considerando as variáveis rugosidade e cobertura do substrato consolidado;
- Identificar e caracterizar a ictiofauna, acerca da composição de espécies e das guildas tróficas de cada praia;
- Avaliar diferenças na composição de espécies e de guildas tróficas entre as praias, considerando tanto aspectos de complexidade estrutural quanto de pressão do turismo.

2.2 Hipótese

Partindo do pressuposto de que a complexidade estrutural do habitat influencia a diversidade de peixes e das guildas tróficas, e que o aumento da pressão turística tende a acentuar vulnerabilidades ecológicas, espera-se que:

- A praia com menor complexidade estrutural, apresente menor diversidade da ictiofauna e de guildas tróficas. Por apresentarem baixa complexidade estrutural e diversidade biológica, esta praia tende a ser mais vulnerável diante da pressão turística, demandando mais atenção em termos de ordenamento turístico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Conforme mencionado anteriormente, o PEIA é uma UC de Proteção Integral, gerenciada pela Fundação Florestal (Decreto Estadual 9.629 de 29 de março de 1977) que tem como foco a proteção da porção terrestre da Ilha. Situada no litoral norte do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°31” e 23°34” de latitude sul e 45°02” e 45°05” de longitude oeste, a cerca de 600 m do continente, no município de Ubatuba, tem dentre os seus objetivos a preservação da segunda maior Ilha do Estado (ARANHA, 2011).

O Parque é dividido em zonas, a fim de definir programas de manejo adequados à cada área, reduzindo os conflitos de uso. As zonas adotadas pelo plano de manejo são: a Zona Intangível,

dedicada à proteção integral dos ecossistemas e recursos biológicos, sendo a mais restritiva; a Zona de uso Extensivo, abrangendo áreas naturais, porém, com alguma interferência antrópica. Esta tem como objetivo minimizar o impacto antrópico, permitindo o acesso ao público para fins educativos, de pesquisa ou lazer, onde se localiza a praia do Sul (GUILLAUMON *et al*. 1989); a Zona de Recuperação envolve áreas que foram significativamente impactadas, trata-se de uma zona provisória, que ao atingir grau de recuperação significativo, deve ser incluída a uma das categorias permanentes; a Zona de Uso Intensivo, abrange áreas bastante alteradas, sendo a mais flexível de todas as zonas, onde se localiza a praia de Palmas (GUILLAUMON *et al*. 1989).

Embora o foco da proteção pelo Parque Estadual concentre-se na porção terrestre, o entorno marinho exerce papel fundamental na manutenção da biodiversidade local. Esta proteção é assegurada por instrumentos complementares à gestão do PEIA. Ainda na década de 1980, essa importância foi reconhecida com a criação, pela antiga SUDEPE, de uma Zona de Exclusão de Pesca (ZEP). Posteriormente, em 2022, a ZEP foi incorporada ao zoneamento da Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APAMLN), por meio do decreto 66.823/2022, que estabeleceu a Zona de Proteção da Geobiodiversidade (ZPGBio) como faixa mais restritiva do litoral norte. A ZPGBio mantém e amplia as restrições originais, permitindo apenas atividades compatíveis com a conservação, como turismo de baixa intensidade, pesquisa científica e educação ambiental. Este zoneamento, reflete uma abordagem ecossistêmica, ao integrar a proteção de ambientes terrestres e marinhos e promover a resiliência do sistema diante de impactos antrópicos (ROLIM, *et al.* 2019).

3.2 O turismo no PEIA

Por se tratar de uma das UCs mais visitadas do Estado de São Paulo, o Parque recebe em média 45 mil visitantes por ano (CANDIDO, 2023). Em 2023, o número de visitantes anual foi de 61.730, sendo que o maior fluxo de visitantes foi observado nos meses de verão (dados fornecidos pela gestão do Parque Estadual Ilha Anchieta, comunicação pessoal, 2025). Além disso, a partir de 2024, o monitoramento de visitantes passou a ser realizado pela permissionária que atua no Parque desde 2023. Como contrapartida, a empresa que possui a permissão de uso expandiu o monitoramento do turismo para áreas de difícil acesso, como a praia do Sul.

Em 2024, primeiro ano de monitoramento ampliado, o número de visitantes anual aumentou para 105.757 (dados fornecidos pela gestão do Parque Estadual Ilha Anchieta, comunicação pessoal, 2025), indicando que a pressão turística no Parque pode ser ainda maior do que a estimada, já que o monitoramento até então, não era capaz de cobrir áreas mais distantes e de difícil acesso. Esse aumento, contudo, não ocorre de forma homogênea, visto que o zoneamento

do Parque, definido pelo plano de manejo, determina a intensidade do fluxo de embarcações e visitantes nos arredores do Parque. O maior fluxo de visitantes e embarcações concentra-se na Zona de Uso Intensivo, que abriga, dentre outras áreas, a praia de Palmas e o Píer (GUILLAUMON *et al*. 1989).

Inserida nesta zona, a praia de Palmas apresenta acesso mais facilitado, uma vez que não há necessidade de trilhas para alcançá-la, apesar de existir a trilha para acesso ao lado esquerdo da praia, o canto direito pode ser acessado sem a necessidade desta. A praia de Palmas pode ser visitada por todos os visitantes que chegam ao parque por meio de embarcações, como escunas, que podem desembarcar pessoal no Píer.

Por outro lado, a praia do Sul está na Zona de Uso Extensivo, também destinada para o uso recreativo, porém, restringindo grandes concentrações de pessoas (GUILLAUMON *et al*. 1989). Esta praia pode ser acessada por trilha de nível médio, com obrigatoriedade de monitoria ou por meio de transporte marítimo, possuindo um fluxo de embarcações relevante, contudo, não é permitida a presença de escunas, o que reduz a quantidade de visitantes de uma só vez nesta praia (MARIANO, 2024). Devido a isso, a praia do Sul possui menor pressão de visitação em comparação a Palmas.

3.3 Aspectos físicos e biológicos dos costões rochosos

A visitação no Parque é motivada, dentre outros fatores, devido à beleza cênica de suas paisagens, incluindo dos ecossistemas marinhos, como os costões rochosos. Essas áreas recebem aporte de nutrientes provenientes dos sistemas terrestres e, por isso, apresentam grande biomassa e elevada produção primária associada a microfitobentos e macroalgas. Os organismos bentônicos de substrato consolidado são importantes ferramentas de pesquisa para compreender o funcionamento e estabilidade dos ecossistemas marinhos, pois servem de abrigo e de alimento para inúmeras espécies, promovendo áreas de reprodução e crescimento (TOLEDO *et al*. 2021).

Os costões rochosos da praia de Palmas foram amplamente estudados por Ghilardi (2007), Pereira (2007), Ribeiro (2010), Spelta (2011) e Sandy (2017), apresentando principalmente macroalgas e invertebrados.

Nesta praia, o costão do lado esquerdo possui extensão de aproximadamente 755 metros, e o lado direito 118 metros, distâncias obtidas entre dois pontos de amostragem, através do *software Google Earth*. São descritos como costões mais recortados, possuindo rachaduras em suas rochas, contudo, destaca-se que a região dos primeiros 200 metros possui menor fragmentação, isto é, são rochas com menor quantidade de recortes (TOLEDO *et al*. 2021). É destacada a dominância do coral *Palythoa* sp. especialmente no verão, com coberturas que podem atingir até 25 %. Apesar disso, ressalta-se que a dominância do coral ocorre principalmente a partir dos 200

metros do costão, e em profundidades de 2,0 a 6,5 metros, apresentando uma sucessão de ocupação em uma região específica. Por outro lado, a macroalga *Sargassum* é descrita como dominante nos 200 metros iniciais, além de associação de *Amphiroa* e *Jania* em todo a extensão do costão (TOLEDO *et al*. 2021).

Os costões rochosos da praia do Sul, por sua vez, possuem no lado esquerdo aproximadamente 203 metros e o lado direito, 98 metros, distâncias obtidas entre dois pontos de amostragem, através do *software Google Earth*. A praia é pouco descrita na literatura, considerando os aspectos da complexidade estrutural e da comunidade bentônica.

Pesquisas realizadas por Mariano (2024), analisaram o fluxo de embarcações nesta praia, identificando alta permanência e ancoragem, sem o controle de desembarque até a data das coletas desta pesquisa. Como resultado, a pesquisadora identificou possíveis relações de áreas com maior intensidade turística, relacionadas ao maior percentual de branqueamento, como na praia do Sul.

Embora sejam necessários estudos adicionais que corroborem com as observações apresentadas por Mariano (2024), a tese evidencia uma importante lacuna de conhecimento na região da praia do Sul, e acende um alerta sobre a necessidade de investigações que caracterizam a cobertura do substrato nessa praia. A ausência de informações prévias limita as conclusões e dificulta a avaliação de possíveis alterações no ambiente.

Considerando a pressão turística e a lacuna de informações na praia do Sul, as áreas delimitadas para estudo compreendem a praia de Palmas, situada na face norte da Ilha e a praia do Sul, localizada na face oeste, englobando os costões rochosos tanto à direita quanto à esquerda de ambas as praias (Figura 1). Cabe ressaltar que, apesar da extensão das praias serem variáveis, o estudo delimitou transectos de mesma distância em ambas as praias (aproximadamente 100 metros), a fim de torná-las comparáveis. A escolha das praias em questão permite avaliar de que forma diferentes zonas de uso e níveis de pressão antrópica influenciam a conservação dos ecossistemas marinhos.

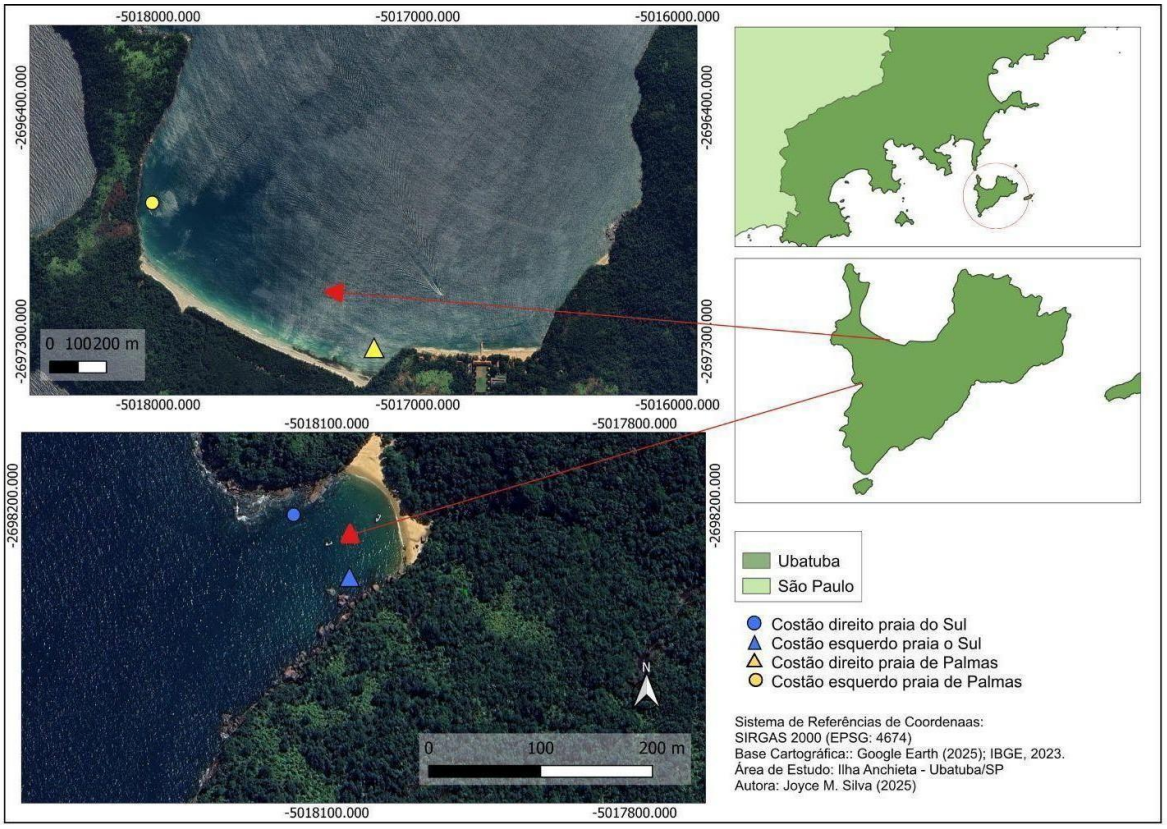


Figura 1. Mapa de localização do Parque Estadual da Ilha Anchieta (Ubatuba -SP). O mapa apresenta a localização das áreas de estudo: praia de Palmas e praia do Sul, indicadas por marcadores em vermelho. Adicionalmente, indica as porções dos costões rochosos estudados, localizados à direita e à esquerda de cada praia.

3.4 Caracterização da complexidade estrutural dos habitats

Para avaliar a complexidade estrutural, foram estimadas duas variáveis, a partir da análise de vídeos previamente coletados por meio da metodologia *Diver Operated Video* (DOV), sendo elas a porcentagem do tipo de cobertura do substrato consolidado e a rugosidade do costão rochoso. Este método de coleta consiste em um mergulhador percorrer transectos pré-definidos, operando aparelho de filmagem (GOETZE, *et al*. 2019). Neste estudo, utilizou-se como equipamento câmeras da marca *GoPro*, dos modelos Hero 9 e/ou 360.

Com o aumento da coleta de informações sobre comunidades marinhas por meio de métodos de filmagem, a utilização das imagens obtidas pela metodologia DOV é considerada abrangente para descrever também a complexidade estrutural das comunidades bentônicas (BENNETT, *et al*. 2016). A utilização do DOV para coleta de dados simultâneos sobre a cobertura bentônica e monitoramento da ictiofauna é uma alternativa economicamente viável, pois permite a realização das pesquisas em um menor tempo, com maior otimização de recursos durante o monitoramento (BENNETT, *et al*. 2016).

Com isso, foram selecionados dois vídeos para cada praia, um para cada lado do costão rochoso (*i.e.,* direito e esquerdo). Os vídeos foram transformados em *frames* por segundo, e foi realizada a curadoria para retirada dos *frames* não adequados à análise, como *frames* em direções opostas ao costão ou demasiadamente comprometidos em qualidade de imagem. A partir disso, foram selecionados, 20 *frames* foram aleatorizados e analisados no programa *CPCe Coral Point* (Kohler *et al*. 2006), utilizando quadrantes de 60 cm x 60 cm para delimitar a de estimativa de cobertura do substrato por organismos bentônicos. A determinação da cobertura bentônica foi realizada por meio da sobreposição de pontos, aplicando-se seleção estratificada. Os pontos foram distribuídos em 3 colunas e 2 linhas, com 2 pontos por célula, contando com 12 pontos por *frame* (Figura 2), resultando em uma cobertura de 240 pontos por lado de praia (BENNETT, *et al*. 2016). Posteriormente, cada ponto foi analisado para identificar o tipo de cobertura do substrato consolidado.

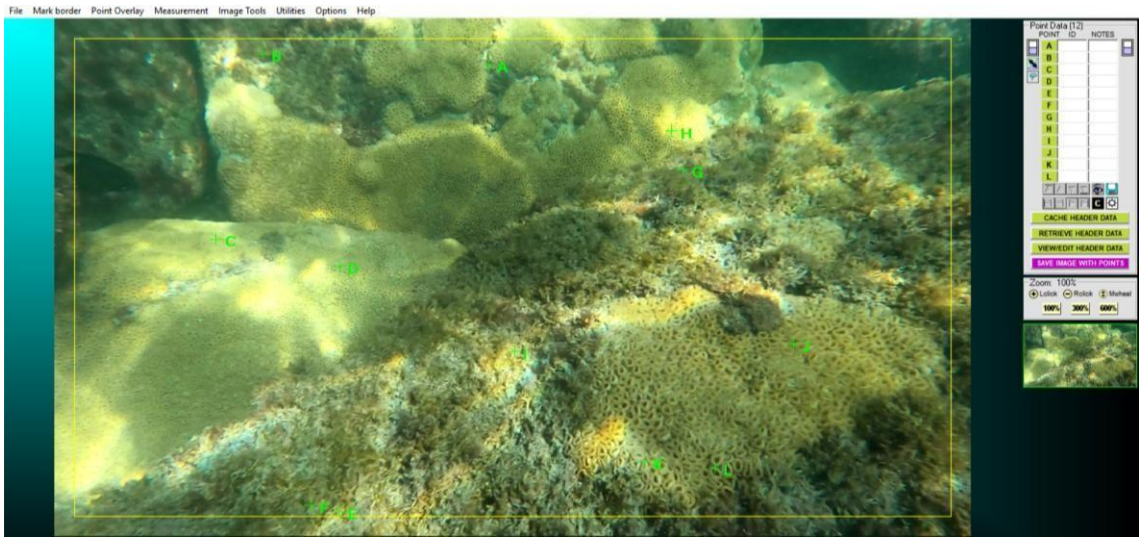


Figura 2. Interface do programa *CPCe Coral Point* com exemplo da sobreposição de 12 pontos de forma estratificada, demonstrando o processo de identificação da cobertura do substrato.

Tal identificação foi fundamentada em levantamentos prévios realizados no entorno do PEIA, que caracterizassem a comunidade bentônica local, garantindo maior precisão e contextualização das identificações. Para tanto, foi realizada a revisão bibliográfica de estudos realizados na porção médio e infralitoral de costões rochosos do PEIA, como por exemplo os trabalhos realizados por: Ghilardi (2007) na porção infralitoral do costão rochoso da enseada de Palmas; Ribeiro (2010) entre a região infralitoral da praia de Fora à ponta do Norte; Pereira (2007), no costão oeste da praia de Palmas; Spelta (2011) na piscina natural; e Sandy (2022) na região mediolitoral do costão esquerdo da praia do Engenho. O levantamento indicou que os povoamentos frequentemente apresentam poucos táxons dominantes, sendo comum que um

único táxon ocupe até 80 % ou mais da área, ou que haja, no máximo, quatro táxons dominantes (PEREIRA, 2007; GHILARDI, 2007; SPELTA, 2011).

Após o levantamento, as espécies identificadas em cada estudo foram organizadas em tabelas, com o objetivo de identificar possíveis similaridades entre os registros e caracterizar de forma geral a composição das espécies presentes nos costões rochosos analisados. Posteriormente, foram levantados estudos que empregam metodologias que caracterizavam a cobertura do substrato relacionando-o à ictiofauna, com o objetivo de identificar as categorias utilizadas nesses trabalhos e subsidiar a construção das categorias a serem adotadas na caracterização da cobertura bentônica deste estudo. Desta forma, foram selecionados três trabalhos principais, sendo eles Rodrigues *et al*. (2024), Ferrari *et al*. (2024) e Floeter *et al*. (2007).

Com base nessas informações, foram definidas 11 categorias de cobertura de substrato possíveis de serem encontradas no PEIA, as quais encontram-se sumarizadas na Tabela 1. Conforme anteriormente especificado, estas fundamentam-se em aspectos relacionados às espécies e elementos previamente registrados na área de estudo, às categorias comuns à estudos desta expertise e aos aspectos ecológicos associados às guildas tróficas da ictiofauna.

Tabela 1. Categorias de cobertura do substrato e suas respectivas descrições, definidas para identificação da cobertura bentônica dos costões rochosos das praias de Palmas e do Sul no Parque Estadual Ilha Anchieta (PEIA).

Categoria	Descrição	Sigla
Macroalga	Algas de maior porte, geralmente eretas, frondosas ou foliáceas.	MA
Alga turfosa	Algas filamentosas de pequeno porte, densas, geralmente formando tapetes baixos.	AT
Alga calcária	Algas calcificadas, muitas vezes crostosas ou com ramificações rígidas.	AC
Colônia *Mussismilia sp.*	Coral cérebro.	COC
Colônia *Palythoa sp.*	Coral baba-de-boi.	COB
Colônia *Zoanthus sp.*	Gênero de coral mole.	COZO
Ouriço-do-mar	Representada por *Echinometra sp.*	OUR
Ascídias solitárias	Classe do subfilo tunicata; considerado organismos solitários.	ASS
Porífera	Esponjas marinhas.	ESP

Substrato inconsolidado	Regiões de substrato aparente, como zonas arenosas.	SUB
Sedimento sobre a rocha ou biota	Sedimento sobre a rocha ou sob organismos.	SR

Fontes: Ghilardi (2007), Ribeiro (2010), Pereira (2007), Spelta (2011) e Sandy (2022).

Foram calculadas as frequências absolutas e relativas de cada categoria de cobertura do substrato (FÁVERO & BELFIORE, 2017). Para cada praia, contabilizou-se o número de pontos correspondentes a cada categoria, resultando na frequência absoluta. Em seguida, a frequência relativa (porcentagem da cobertura) foi obtida dividindo-se o número de pontos de cada categoria pelo total de pontos amostrados em cada praia (n=480)

A classificação da rugosidade foi realizada por meio de uma escala guia (Figura 3) , previamente elaborada, a qual descreve os respectivos cenários de 0 a 5, conforme as descrições de Poulin e Roberts (1993), sendo eles: 0, sem relevo vertical; 1, relevo baixo e esparso; 2, baixo, mas generalizado; 3, moderadamente complexo; 4, muito complexo com numerosas cavernas e fissuras; e 5, excepcionalmente complexo com alta cobertura de corais e numerosas cavernas e saliências (POULIN e ROBERTS, 1993; BENNETT, *et al*. 2016). A elaboração desta escala, teve como objetivo minimizar a subjetividade durante a identificação da rugosidade.

Desta forma, os 20 *frames* aleatorizados para a identificação da cobertura do substrato foram analisados e classificados em números (0 - 5) com base no nível de rugosidade encontrado. A partir dos dados obtidos, foram estimadas medidas de posição e dispersão, a fim de identificar o padrão de rugosidade de cada praia (FÁVERO & BELFIORE, 2017). Para testar se a rugosidade era significativamente diferente entre as praias, aplicou-se o teste não pareado de *Mann-Whitney* ($p<0,05$) ((FÁVERO & BELFIORE, 2017). A análise dos dados foi realizada no *software R*, na interface *RStudio*.



Figura 3. Escala da rugosidade de costões rochosos baseado nas definições de Roberts e Poulin (1993), adaptada a partir de registros feitos no Parque Estadual Ilha Anchieta.

A síntese do processo descrito anteriormente esta apresentada na figura 4 na forma de fluxograma.

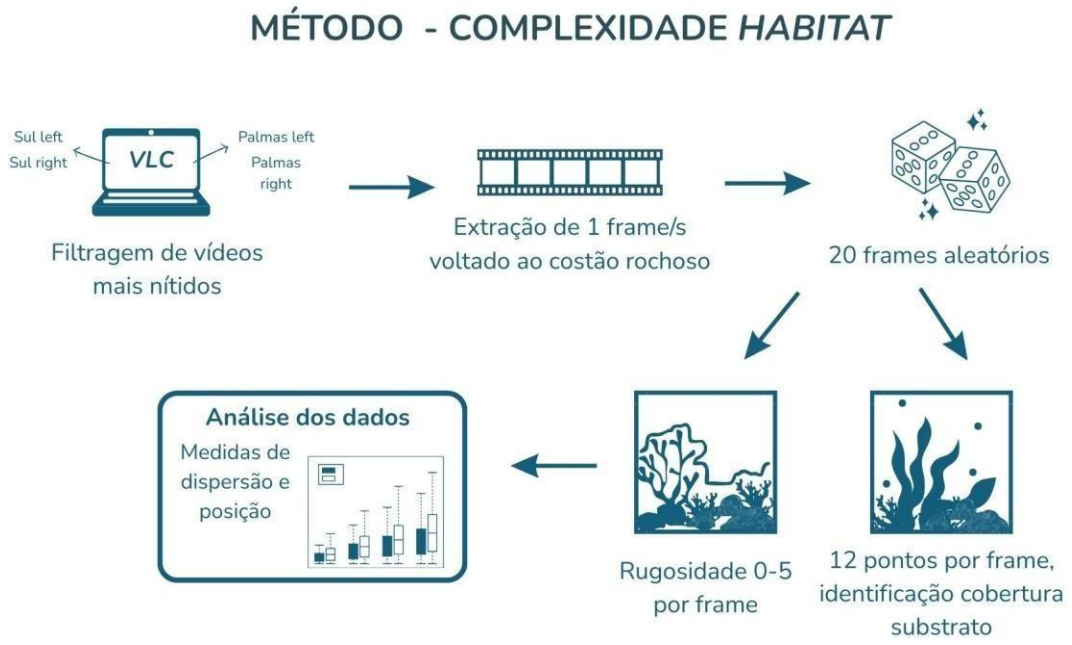


Figura 4. Fluxograma do processo de coleta e análise dos dados para avaliação da complexidade estrutural, incluindo as seguintes etapas: Análise e seleção de quatro vídeos; Extração de um *frame* por segundo; Seleção de 20 *frames* de forma aleatória; Distribuição de 12 pontos por *frame* e respectivas identificações da cobertura do substrato; Análise da rugosidade; Análise dos dados.

3.5 Caracterização da ictiofauna e avaliação de diferenças entre as praias de Palmas e do Sul

O levantamento da ictiofauna foi realizado a partir da análise de vídeos coletados por meio do DOV (*Diver Operated Video*). O método permite a repetição das imagens, em diferentes velocidades, que podem ser analisadas e comparadas com as de guias e manuais de identificação, facilitando as identificações dos exemplares e as estimativas de suas abundâncias relativa.

Além disso, comparado aos métodos de captura, como redes de arrasto, o DOV se destaca por ser minimamente invasivo, fator especialmente importante para estudos conduzidos em áreas de preservação, onde os impactos ambientais devem ser mínimos. Além disso, as gravações permitem a análise detalhada das espécies em comparação a identificações feitas em campo, como censos visuais, dado a possibilidade de repetição das imagens, que podem ser auxiliadas por guias no momento das análises, melhorando a acurácia das identificações e das estimativas de abundância relativa.

No presente estudo, foram realizadas 48 coletas (tomadas de imagens) por meio deste método, distribuídas em 24 coletas por praia, sendo 12 amostragens no costão direito e 12 amostragens no costão esquerdo. A coleta de dados foi realizada nos períodos da manhã e tarde, durante os meses de verão do ano de 2023. Para realizar as amostragens, dois mergulhadores

percorreram uma distância de aproximadamente 100 metros na zona rasa dos costões rochosos em cada amostragem, equipado com câmera *GoPro* 360 ou Hero 9, máscara, *snorkel* e nadadeiras. Os transectos foram percorridos duas vezes por amostragem, sendo a primeira vez com o mergulhador posicionado acima do substrato consolidado durante o percurso de ida, e a segunda vez, com o mergulhador posicionado na interface entre o substrato consolidado e a camada de sedimento no percurso de retorno. Tal estratégia de coleta tem como objetivo, capturar tanto as espécies dos costões rochosos, quanto às associados ao costão rochoso.

As gravações foram analisadas utilizando o *Software VLC media player*. A identificação das espécies foi realizada com base nos guias de identificação elaborados por Szpilman (2000) e Rolim *et al.* (2017). A partir destas, estimou-se a riqueza de espécies utilizando curvas de rarefação (GOTELLI & COLWELL, 2001; GOTELLI & ELLISON, 2012). Tal método permite não só estimar a riqueza de espécies padronizando o número de indivíduos ou de amostragens, mas também avaliar a suficiência do esforço amostral em representar a comunidade sob estudo. A abundância relativa de cada espécie foi estimada adaptando o método aplicado para BRUV, conforme Andradi *et al*. (2016). Para tanto considerou-se o número máximo de indivíduos (MaxN) de uma mesma espécie em cada *frame* dividido pelo número de vezes que esta foi registrada na amostragem, reduzindo assim vieses por superestimativa.

Para a análise da diversidade biológica foram estimados os indicadores ecológicos de diversidade de *Shannon* (riqueza e uniformidade)*, Simpson* (probabilidade de dois organismos pertencerem à mesma espécie) e *Pielou* (equabilidade)*,* com o objetivo de avaliar comparativamente as duas regiões, facilitando a interpretação e visualização de padrões (BEGON *et al.* 2009). Para testar se os indicadores ecológicos foram significativamente diferentes entre praias, aplicou-se o teste não pareado de *Mann-Whitney* (FAVERO & BELFIORE, 2017). As espécies também foram agrupadas em guildas tróficas com base nas dietas, a fim de adquirir informações relevantes sobre o funcionamento do ecossistema na qual as espécies estão inseridas (OLIVEIRA *et al*. 2016). A classificação em guildas tróficas foi baseada em dados secundários, previamente descritos em trabalhos anteriores e reunidos por Neto *et al.* (2019), Citele (2023) e Floeter (2023), com complementação na base de dados *FishBase*. Além disso, foi realizado o levantamento do estado de ameaça das espécies considerando a lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN).

Por fim, para avaliar se a composição das comunidades era diferente entre as praias, foram estimadas matrizes de dissimilaridade de Bray-Curtis a partir dos dados de abundância relativa

de espécies e de guildas tróficas. Em sequência, aplicou-se a tais matrizes as análises de Coordenadas Principais (PCoA) e de PERMANOVA, estimando-se a significância estatística por meio de 10000 permutações (BORCARD *et al*. 2011). Todas as análises foram realizadas no *software R*, por meio da interface *RStudio* (R CORE TEAM, 2023).

A síntese do processo descrito anteriormente, apresentada na forma de fluxograma encontra-se na figura 5.



Figura 5. Fluxograma do método para coleta e análise de dados ictiofaunísticos, incluindo as seguintes etapas: Coleta de dados por meio da metodologia *Diver Operated Video* (DOV); Análise de vídeos pelo programa *VLC media player*; Identificação das espécies e estimativa da abundância relativa; Identificação do estado de ameaça das espécies identificadas segundo lista vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza - IUCN; Classificação das espécies em guildas tróficas; Análise dos dados por meio de indicadores ecológicos, testes estatísticos inferenciais e análises multivariadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da complexidade estrutural das praias de Palmas e do Sul

Foram identificadas as seguintes categorias de cobertura do substrato: - em ambas as praias: macroalga (MA), alga turfosa (AT), alga calcária (AC), colônia de *Palythoa* sp. (COB), colônia de *Mussismilia* sp. (COC), ouriço-do-mar (OUR) representada por *Echinometra* spp., substrato inconsolidado (SUB) e substrato sobre rocha ou biota (SR). Adicionalmente, algumas categorias foram identificadas em apenas uma das praias, como *Zoanthus* sp. (COZO) e ascídias solitárias (ASS) na praia do Sul, e porífera (ESP), na praia de Palmas. As categorias identificadas são apresentadas na figura 6.

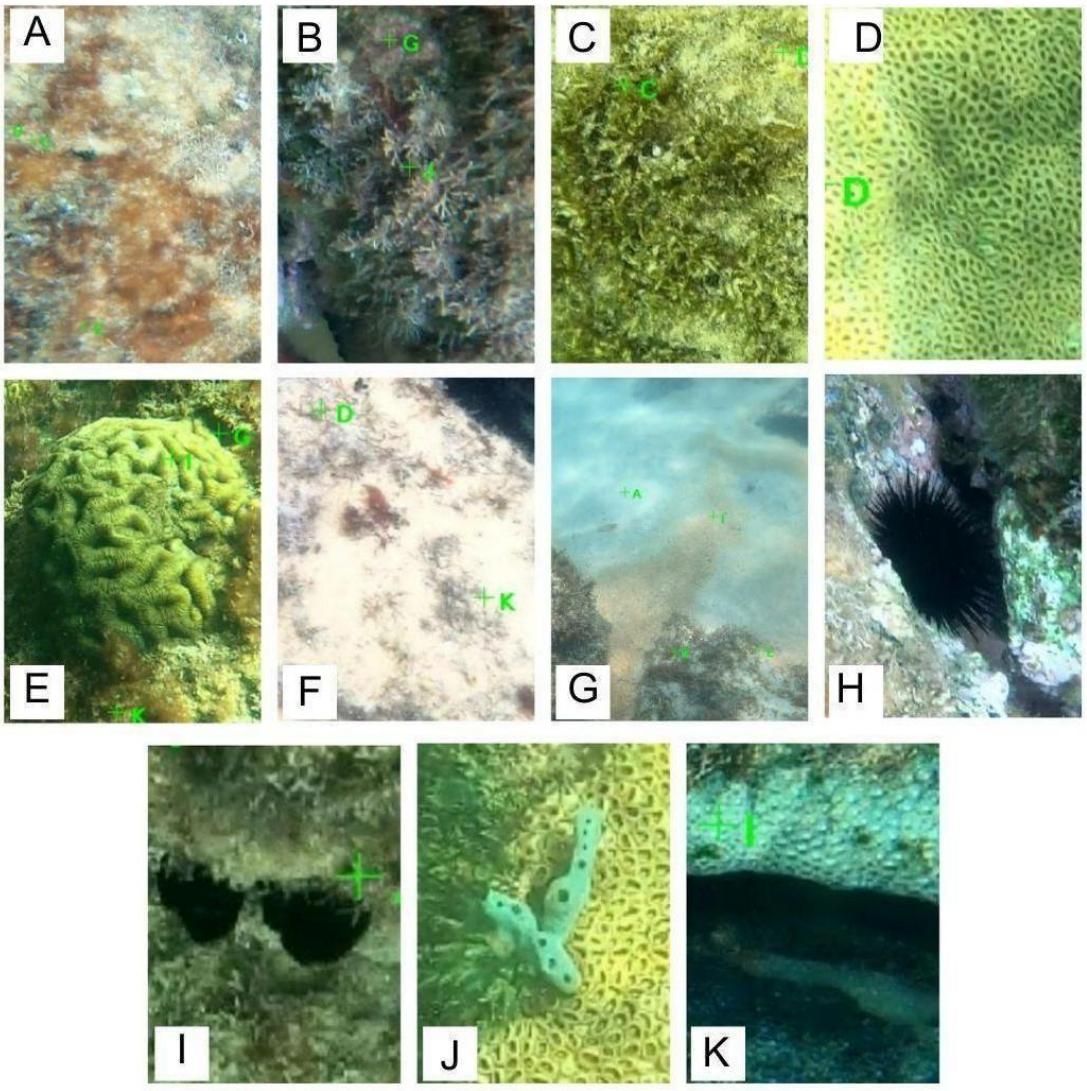


Figura 6. Categorias de cobertura de substrato identificadas nas praias de Palmas e Sul do Parque Estadual da Ilha Anchieta; A) alga turfosa; B) alga calcária; C) macroalga; D) Colônia *Palythoa* sp.; E) Colônia *Mussismilia* sp.; F) Substrato sobre rocha ou biota; G) Substrato inconsolidado; H) Ouriço-do-mar; I) Ascídia solitária; J) Porífera; K) *Zoanthus* sp.

Em relação à cobertura percentual (Figura 7), ambas as praias apresentaram elevada porcentagem de algas turfosas (33,5 % Sul; 28,1 % Palmas), com variações nas demais categorias entre as praias. A praia do Sul apresentou maiores porcentagens de algas calcárias (20,3 %), seguido por macroalgas (14 %) e em menor porcentagem substrato sobre a rocha ou biota 10,91 %, colônia de *Palythoa* sp. 9,4 %, substrato inconsolidado 6,1 %, ouriço-do-mar 4,3 %, colônia de *Zooanthus* sp. 1,02 % colônia de *Mussimilia* sp. 0,3 % e ascídia solitária 0,3 %. Por outro lado, a praia de Palmas apresentou maior porcentagem de macroalga em relação ao Sul (22,51 %), seguido de colônia de *Palythoa* sp. e substrato inconsolidado (13,7 %), além de outras categorias com menor porcentagem, sendo elas substrato sobre a rocha ou biota 12,30%, alga calcária 8,4%, colônia de *Mussimilia* sp. 0,7%, ouriço-do-mar 0,5% e porifera 0,5%.

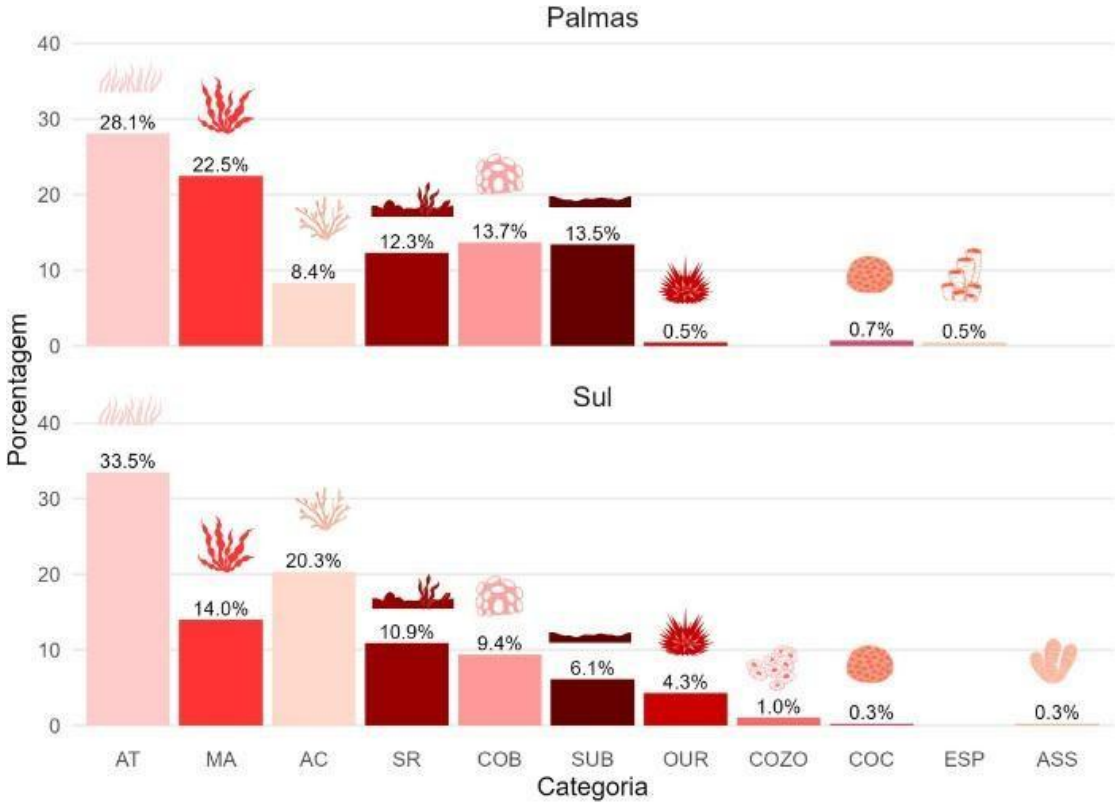


Figura 7. Porcentagem da cobertura do substrato nas praias de Palmas e do Sul identificadas no Parque Estadual da Ilha Anchieta; Categorias de substrato: Alga turfosa (AT); Macroalga (MA); Alga calcária (AC); Substrato sobre rocha ou biota (SR); Colônia *Palythoa sp.* (COB)*;* Substrato inconsolidado (SUB); Ouriço-do-mar (OUR); Colônia de *Zoanthus sp*. (COZO); Colônia de *Mussismilia sp.* (COC); Porífera (ESP); Ascídias solitárias (ASS).

A principal diferença entre as praias, com relação à cobertura, é a presença exclusiva de esponjas (ESP) nas Palmas e de colônia de zoantídeos (COZO e ascídias solitárias (ASS) na praia do sul (Figura 7).

A maior representatividade de algas turfosas em ambas as praias pode ser explicada devido às características ecológicas. Em comparação com outros grupos de algas, como macroalgas ou algas calcárias, as algas turfosas têm crescimento mais acelerado e são menos vulneráveis ao pastoreio e à turbulência da água, contribuindo para que ocupem o espaço disponível em costões rochosos mais rapidamente do que as demais espécies (DIAZ, *et al*. 2002; MARK, *et al*. 2006).

Além disso, as algas turfosas são compostas de múltiplas espécies, e essa composição pode variar de acordo com as condições ambientais particulares de cada região, inclusive ao longo de um mesmo costão rochoso (RODRIGUES *et al*. 2024), o que dificulta uma análise mais abrangente do grupo. Por essas razões, a cobertura de algas turfosas em ambas as praias é um tópico que necessita de mais pesquisas, a fim de analisar adequadamente sua relação de

dominância no PEIA e das espécies que compõem o grupo. Além disso, quando há qualquer tipo de estresse ambiental, em regiões com corais formadores de recife, as algas turfosas têm seu crescimento favorecido, principalmente em habitats fortemente influenciados por perturbações antropogênicas (O'Brien & Scheibling, 2018), o que também aponta para a necessidade de mais pesquisas sobre esse grupo.

Além das algas turfosas, a praia do Sul apresentou elevada representatividade de algas calcárias. Na literatura, as algas calcárias são conhecidas por aumentar a biodiversidade do habitat bentônico, sendo associadas ao fornecimento de substrato de fixação de espécies bentônicas, e ao potencial para formação de habitat estruturalmente mais complexos (SISSINI *et al*. 2022; MCCOY *et al*. 2015; PIAZZI *et al*. 2022).

Pesquisas conduzidas por Teichert *et al*. (2020) apontam para a importância do grupo como construtoras secundárias de costões rochosos, pois as algas calcárias possuem a capacidade de reforçar as estruturas pré-estabelecidas, adicionando maior rigidez ao recife. Essas características podem contribuir para a heterogeneidade do habitat da praia do Sul, aumentando sua complexidade estrutural.

A praia de Palmas, por outro lado, apresentou menor porcentagem de algas calcárias em contraste com a elevada de algas turfosas e macroalgas, representando juntas, mais de 50% da cobertura. Essas características conferem a esta praia menor complexidade estrutural, uma vez que os grupos predominantes contribuem menos para a heterogeneidade do habitat (RODRIGUES, *et al.* 2024; GRAHAM, *et al*. 2013) quando comparado às algas calcárias, por exemplo, devido a menor rigidez de sua estrutura. Apesar disso, o tapete de algas turfosas pode sustentar uma macrofauna bêntica diversa, que vive na matriz das algas, podendo representar um recurso importante para espécies invertívoras (RODRIGUES *et al.* 2024). Adicionalmente, pesquisas realizadas por Fabricius *et al*. (2023) demonstraram que, a elevada quantidade de macroalga pode ser prejudicial aos ambientes recifais, pois implicam em impactos no assentamento e desenvolvimento de corais, dificultando a recuperação de ambientes recifais após perturbações.

A praia de Palmas também se mostrou com alta porcentagem de áreas compostas por substrato. As categorias SR e SUB, somadas, representam cerca de 25% da cobertura total. Isso pode indicar regiões com menor ocupação de organismos bentônicos, podendo reduzir a complexidade estrutural (FUKUNAGA *et al.* 2020). Pesquisas realizadas por Pedrini (2007), evidenciaram a ressuspensão do sedimento como impacto causado pelo turismo na região do Aquário natural do PEIA. Nesse cenário, a elevada presença de SR na praia de Palmas pode ser um fator associado à alta pressão turística, que culmina na ressuspensão do sedimento e posterior

deposição sob a biota. Pedrini (2007) ressalta ainda que, o aumento da quantidade de sedimentos resulta em diversos impactos nas comunidades bentônicas, podendo reduzir a complexidade estrutural dos habitats.

Outro fator importante que contribuiu para o aumento da complexidade estrutural na praia do Sul foi a rugosidade (Tabela 2). Observa-se que, nesta praia, as estimativas de moda foram superiores à média, sugerindo que predominam de formações com maior rugosidade, indicando um ambiente estruturalmente mais diverso. Além da predominância de valores de rugosidades elevados, a praia do Sul apresentou maior variabilidade, evidenciada pelos valores mais altos de desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude. Esses resultados indicam que a rugosidade do habitat nesta praia é mais heterogênea, com áreas de superfícies irregulares, apesar de alguns pontos com menor rugosidade.

Já a praia de Palmas apresentou valores de rugosidade intermediários, com predominância de relevo moderadamente complexo, ou seja, concentração das frequências no valor 3. Portanto, essa praia apresentou menor variabilidade nos dados, podendo indicar um ambiente mais homogêneo, com rugosidade menos acentuada, o que implica em menor complexidade estrutural do habitat. Apesar das variações observadas, o teste de Mann-Whitney não indicou diferença estatisticamente significativa para essa variável ($p>0,05$).

Tabela 2. Descrição dos dados de medidas de posição e de dispersão da rugosidade das praias de Palmas e do Sul a partir das coletas realizadas no Parque Estadual da Ilha Anchieta.

Praia	Média	Mediana	Moda	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Amplitude
Palmas	2,57	3,00	3,00	1,06	0,41	4,00
Sul	3,00	3,00	4,00	1,54	0,51	5,00

A maior rugosidade identificada na praia do Sul pode estar associada à morfologia do entorno marinho a oeste, que apresenta declive na ordem de 1:15, com fundo marinho composto por areia grossa (TOLEDO *et al*. 2021), evidenciando maior hidrodinamismo. O maior declive, aliado ao hidrodinamismo elevado, destacado pela sedimentação presente, pode promover maior energia das ondas sob o costão rochoso, sendo responsável por recortar o costão, gerando rachaduras e saliências que culminam no aumento da

rugosidade. Além dos fatores abióticos, o incremento de algas calcárias contribui para o aumento da heterogeneidade do habitat.

A praia de Palmas, por outro lado, apresentou menor rugosidade, e pode estar relacionada às características da região em que está inserida. Localizada na face norte da ilha, a região caracteriza-se pela baixa hidrodinâmica, com sedimentação identificada como areia fina. A praia é protegida da ação erosivas de correntes e ondas, apresentando menores valores de declive, na ordem de 1:10 (TOLEDO *et al*. 2021). Ademais, rochas presentes na praia de Palmas não apresentam tantos recortes, quando comparadas à praia do Sul, possivelmente associadas ao menor hidrodinamismo. Cabe ressaltar, que esse padrão é observado nos primeiros 200 metros, mas, após esse trecho, a região apresenta mais recortes gradativamente até a região do boqueirão, localizada ao final do costão esquerdo (TOLEDO *et al*. 2021).

Além disso, a maior porcentagem de cobertura de substrato é de algas turfosas e macroalgas, que conferem pouca contribuição para a construção da complexidade estrutural (RODRIGUES *et al.* 2024; GRAHAM *et al.* 2013), quando comparada a outros organismos como algas calcárias e corais. Com base nas considerações feitas, conclui-se que a praia de Palmas apresenta menor complexidade estrutural em comparação à praia do Sul.

4.2 Caracterização da ictiofauna de peixes recifais/associados a recifes e estado de conservação

Foi registrado um total de 41 espécies pertencentes a 23 famílias (Tabela 3). A distribuição destas não foi uniforme entre as praias, de modo que o número de espécies registradas em apenas uma destas foi maior na praia do Sul, sendo elas: *Acanthurus coeruleus*, *Balistes capriscus*, *Bodianus rufus*, *Eucinostomus harengulus*, *Haemulon plumieri*, *Halichoeres brasiliensis*, *Holocentrus adscensionis*, *Hypanus bertalutzae*, *Pempheris schomburgkii*, *Selene vomer*, *Sparisoma frondosum*, *Trachinotus falcatus*, *Trichiurus lepturus* e *Tylosurus acus*. Já na praia de Palmas foram registradas *Centropomus undecimalis*, *Eugerres brasiliensis* e *Priacanthus arenatus*. Além disso, foram identificadas seis guildas tróficas, sendo elas: macroalgívoro (MALG), invertívoro (INV), macrocarnívoro (MCAR), onívoro (ONI), planctivoro (PLANC) e herbívoros detritívoros (HERD).

Foi avaliado o grau de ameaça das espécies ao nível global, conforme a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (2024), considerando as seguintes categorias: Criticamente em Perigo (CR); Em Perigo (EM); Vulnerável (VU); Quase Ameaçada (NT); Pouco Preocupante (LC); Dados Insuficientes (DD).

A maior parte das espécies observadas em ambas as praias apresentou baixo risco de ameaça (NT). Apesar disso, em Palmas, duas espécies estão classificadas com algum grau de

ameaça, sendo elas: *Dasyatis hypostigma* (EN) e *Epinephelus marginatus* (VU), enquanto no Sul, além as espécies mencionadas, as espécies *Balistes capriscus* (VU) e *Hypanus bertalutzae* (VU) estão em algum grau de ameaça.

A ocorrência das espécies com algum grau de ameaça reforça a importância destas praias para a conservação de peixes associados aos costões rochosos (SOUZA, *et al*. 2018), como *Epinephelus marginatus,* considerada como espécies-chave em tais ecossistemas por atuarem como mesopredadores, regulando os níveis tróficos inferiores (ANDERSON, *et al*. 2018).

A garoupa-verdadeira apresenta forte relação com os habitats, pois depende de abrigos, especialmente em fases juvenis (ANDERSON, *et al*. 2018). Os indivíduos identificados em ambas as praias exibiam características compatíveis com essa fase, sugerindo que se tratava de jovens e o uso potencial das praias como infantário. Segundo Anderson *et al.* (2018), variações na topografia do habitat parecem ser ainda mais limitantes do que fatores alimentares nessa fase, uma vez que a dieta dos jovens acaba sendo mais diversificada, reforçando a necessidade de proteção dos habitats essenciais para a proteção desta espécie.

Além disso, duas espécies de raias com algum grau de ameaça também foram registradas. O entorno marinho do Parque foi reconhecido internacionalmente como uma área de importância para tubarões e raias (ISRA), por abrigar habitat importantes para a sobrevivência desses animais (JABADO, *et al*. 2025). Esses dados reforçam a necessidade de ampliar os esforços de conservação, visando proteger tanto as espécies quanto os ambientes que sustentam a biodiversidade marinha.

Tabela 3. Lista de espécies registradas no Parque Estadual Ilha Anchieta. Classificação quanto ao grau de ameaça (IUCN) incluindo as categorias: Dados Insuficientes (DD), Pouco Preocupante (LC), Quase Ameaçada (NT), Vulnerável (VU), Em Perigo (EN) e Guildas tróficas: Macroalgívoro (MALG), Invertívoro (INV), Macrocarnívoro (MCAR), Onívoro (ONI), Planctivoro (PLANC) e Herbívoro-detritívoro (HERD). As colunas "Sul" e "Palmas" indicam com "X" as espécies registradas em cada praia, e com "-" as ausentes.

Espécie	Família	Sul	Palmas	IUCN	Guilda trófica
Abudefduf saxatilis	Pomacentridae	X	X	LC	ONI
Acanthurus chirurgus	Acanthuridae	X	X	LC	HERD
Acanthurus coeruleus	Acanthuridae	X	-	LC	HERD
Anisotremus surinamensis	Haemulidae	X	X	DD	INV

Anisotremus virginicus	Haemulidae	X	X	LC	INV
Balistes capriscus	Balistidae	X	-	VU	INV
Bodianus rufus	Labridae	X	-	LC	INV
Caranx latus	Carangidae	X	X	LC	MCAR
Centropomus undecimalis	Centropomidae	-	X	LC	MCAR
Chaetodon striatus	Chaetodontidae	X	X	LC	INV
Dasyatis hypostigma	Dasyatidae	X	X	EN	INV
Diplectrum formosum	Serranidae	X	X	LC	MCAR
Diplodus argenteus	Sparidae	X	X	LC	ONI
Epinephelus marginatus	Epinephelidae	X	X	VU	MCAR
Eucinostomus gula	Gerreidae	X	X	LC	INV
Eucinostomus harengulus	Gerreidae	X	-	LC	ONI
Eugerres brasiliensis	Gerreidae	-	X	LC	INV
Haemulon aurolineatum	Haemulidae	X	X	LC	INV
Haemulon plumieri	Haemulidae	X	X	LC	INV
Haemulon steindachneri	Haemulidae	X	X	LC	INV
Halichoeres brasiliensis	Labridae	X	-	DD	INV
Halichoeres poeyi	Labridae	X	X	LC	INV

Holocentrus adscensionis	Holocentridae	X	-	LC	INV
Hypanus berthalutzae	Dasyatidae	X	-	VU	INV
Hypanus guttatus	Dasyatidae	X	X	NT	INV
Kyphosus spp	Kyphosidae	X	X	LC	MALG
Mugil curema	Mugilidae	X	X	LC	HERD
Mycteroperca acutirostris	Epinephelidae	X	X	LC	MCAR
Pempheris schomburgkii	Pempheridae	X	-	LC	PLANC
Pomacanthus paru	Pomacentridae	X	X	LC	INV
Priacanthus arenatus	Priacanthidae	-	X	LC	INV
Pseudupeneus maculatus	Mullidae	X	X	LC	INV
Selene vomer	Carangidae	X	-	LC	MCAR
Sparisoma axillare	Labridae	X	X	DD	HERD
Sparisoma frondosum	Labridae	X	-	DD	HERD
Sphoeroides greeley	Tetraodontidae	X	X	LC	INV
Stegastes fuscus	Pomacentridae	X	X	LC	MALG
Trachinotus falcatus	Carangidae	X	-	LC	INV
Trachinotus goodei	Carangidae	X	X	LC	INV
Trichiurus lepturus	Trichiuridae	X	-	LC	MCAR
Tylosurus acus	Belonidae	X	-	LC	MCAR

Fonte: Estado de conservação IUCN (2024); Guildas tróficas baseadas nos levantamentos de Citele (2023), Neto *et al.* (2019), e Floeter (2023) com complementação na base de dados *FishBase.*

4.3 Comparação entre indicadores ecológicos

Conforme observado pela curva de rarefação (Figura 8), o número de espécies observadas em ambas as praias foi próximo à assíntota, com a praia do Sul apresentando maior riqueza estimada, embora os intervalos de confiança indiquem incerteza, com potencial de estimativas ainda maiores.

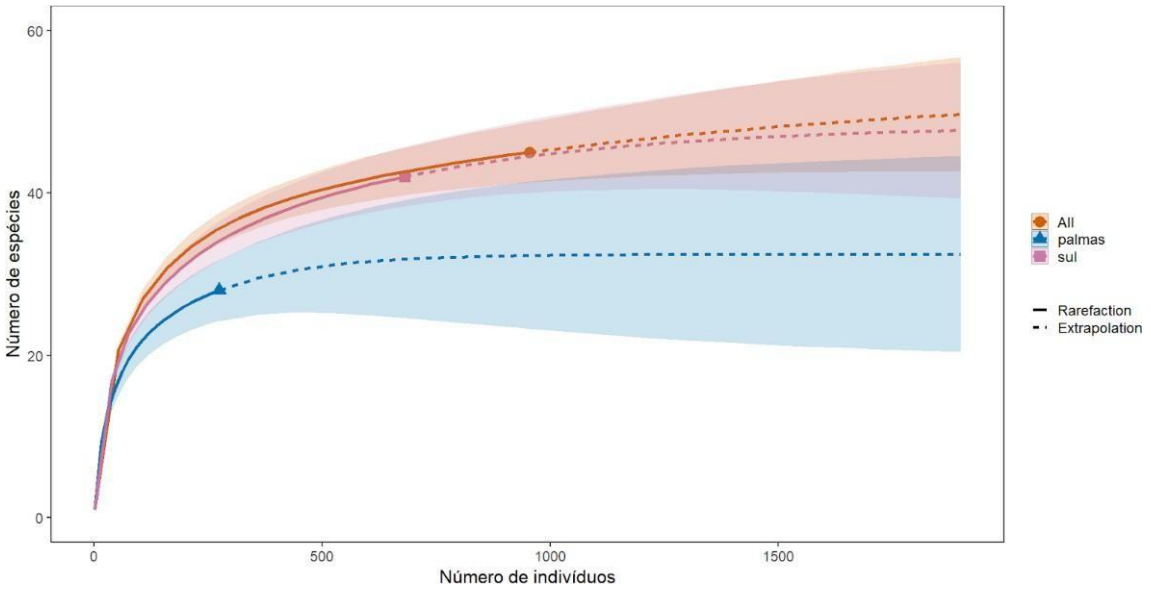


Figura 8. Curva de rarefação e extrapolação obtidas a partir dos dados de abundância relativa da ictiofauna das praias de Palmas e Sul no Parque Estadual Ilha Anchieta. As curvas ilustram a relação do esforço amostral com a riqueza estimada. As áreas sombreadas representam os intervalos de confiança e as linhas tracejadas indicam as estimativas extrapoladas.

Os indicadores ecológicos (Tabela 4) apresentaram maiores valores de diversidade na praia do Sul (*Shannon* e *Simpson*), em comparação a Palmas. Apesar disso, a equabilidade das espécies foi maior na praia de Palmas (*Pielou*), sugerindo que, apesar da menor riqueza estimada, a distribuição dos indivíduos entre elas é mais uniforme.

Tabela 4. Índices ecológicos da ictiofauna registrados nas praias de Palmas e Sul no PEIA. São apresentados os valores dos índices de diversidade *Shannon-Wiener* (H'), *Simpson* (1-D), equitabilidade de *Pielou* (J), a riqueza estimada por meio da rarefação pela função *rarefy*() do pacote *vegan* e a riqueza observada de espécies em cada praia.

Praias	H'	Simpson	J	Riqueza estimada	Riqueza observada
Sul	1,69	0,69	0,77	48,00	38,00
Palmas	1,35	0,66	0,84	32,00	27,00

Os resultados do teste de *Mann-Whitney* não foram significativos para a maioria dos indicadores ecológicos ($p > 0,05$), exceto para a equabilidade ($p < 0,05$). Embora não tenha sido significativo, a magnitude dos indicadores de diversidade foi maior na praia do Sul, indicando que esta praia apresenta diferença sutil na diversidade, em comparação à Palmas.

A representatividade das espécies em termos de porcentagem da abundância relativa (Tabela 5) diferiu entre as praias. No Sul, as espécies mais dominantes foram *Abudefduf saxatilis*, *Trichiurus lepturus,* e *Mugil curema.* A baixa equabilidade na praia do Sul pode estar relacionada à presença destas espécies dominantes. A primeira mencionada é uma espécie onívora e pode ser favorecida em ambientes mais heterogêneos, como os observados nesta praia. Por outro lado, *Trichiurus lepturus* foi registrada em apenas duas das coletas, em agregação, com abundância do cardume de aproximadamente 40 indivíduos. Ainda assim, sua elevada abundância pontual contribuiu significativamente para a redução da equabilidade no Sul. Por outro lado, na praia de Palmas as espécies dominantes foram *Caranx latus*, *Haemulon steindachneri* e *Abudefduf saxatilis*.

Tabela 5. Representatividade da ictiofauna entre as praias de Palmas e do Sul no Parque Estadual Ilha Anchieta.

Espécie	**Palmas**	**Sul**
Caranx latus	21,42%	4,88%
Haemulon steindachneri	11,52%	4,04%
Abudefduf saxatilis	10,21%	17,37%
Diplectrum formosum	10,19%	0,15%
Diplodus argenteus	9,19%	5,06%
Anisotremus virginicus	6,47%	4,42%
Centropomus undecimalis	4,57%	0,00%
Pomacanthus paru	3,19%	2,64%
Hypanus guttatus	2,59%	0,48%
Mugil curema	2,59%	10,63%
Kyphosus spp	2,31%	2,64%
Stegastes fuscus	2,28%	3,01%
Haemulon aurolineatum	1,98%	4,20%
Anisotremus surinamensis	1,85%	0,80%
Eugerres brasilianus	1,85%	0,00%

Trachinotus goodei	1,48%	2,63%
Priacanthus arenatus	1,11%	0,00%
Dasyatis hypostigma	0,74%	0,59%
Halichoeres poeyi	0,74%	0,59%
Acanthurus chirurgus	0,68%	6,29%
Sparisoma axillare	0,65%	1,04%
Chaetodon striatus	0,54%	2,08%
Epinephelus marginatus	0,37%	0,59%
Eucinostomus gula	0,37%	0,30%
Mycteroperca acutirostris	0,37%	0,30%
Pseudupeneus maculatus	0,37%	2,01%
Sphoeroides greeleyi	0,37%	0,59%
Trichiurus lepturus	0,00%	12,04%
Selene vomer	0,00%	1,41%
Holocentrus adscensionis	0,00%	1,11%
Halichoeres brasiliensis	0,00%	0,89%
Pempheris schomburgkii	0,00%	0,89%
Balistes capriscus	0,00%	0,37%
Hypanus berthalutzae	0,00%	0,30%
Sparisoma frondosum	0,00%	0,24%
Tylosurus acus	0,00%	0,22%
Acanthurus coeruleus	0,00%	0,15%
Bodianus rufus	0,00%	0,15%
Eucinostomus harengulus	0,00%	0,15%
Haemulon plumieri	0,00%	0,15%
Trachinotus falcatus	0,00%	0,15%

De forma geral, a diversidade entre as praias apresenta uma diferença sutil, isto é, apenas em uma das variáveis. Apesar disso, a composição da comunidade, ou seja, o número de espécies presentes e suas respectivas abundâncias relativas, variam significativamente, refletindo alterações nos padrões estruturais das comunidades, que foram também observados nas guildas tróficas.

4.4 Guildas tróficas e avaliação de diferenças na composição de peixes recifais/associados a recifes entre as praias de Palmas e do Sul

A distribuição da abundância relativa entre as guildas tróficas variou entre as praias (Figura 9). Na praia do Sul os INV foram mais abundantes (33%), seguido pelo grupo ONI

(22,6%), MCAR (19,6%) e HERD (18,34%), além de grupos menos abundantes como MALG (5,65%) e PLANC (0,9%). Por outro lado, na praia de Palmas os MCAR foram mais abundantes (37,7%), seguido pelos grupos INV (34%) e ONI (19,6%). Guildas como HERD (4,2%) e MALG (4,5%) foram as menos abundantes.

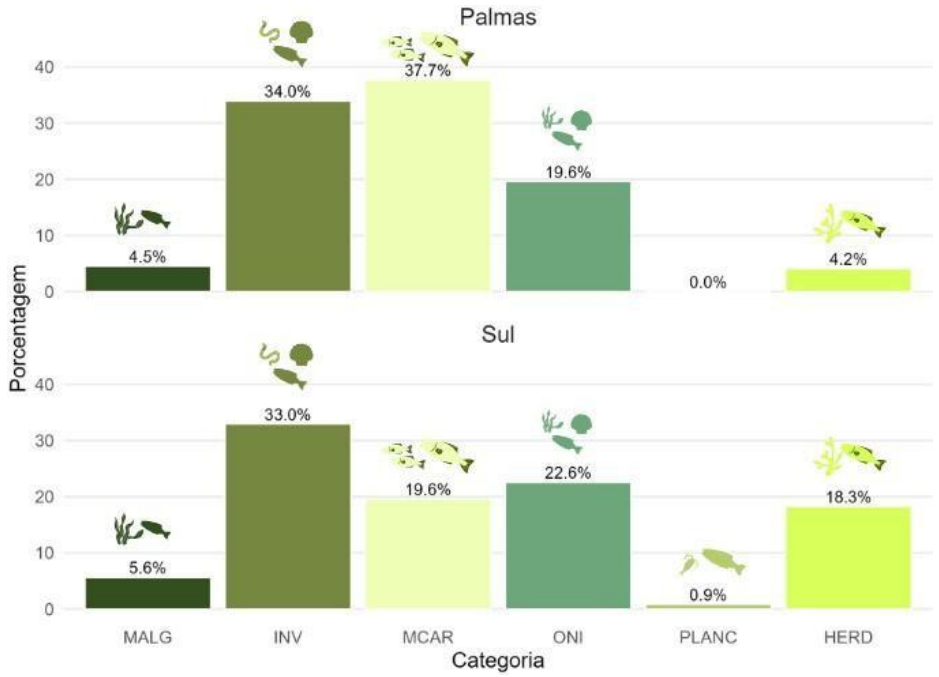


Figura 9. Abundância relativa das guildas tróficas, evidenciando as diferenças na composição entre as praias Palmas e Sul do Parque Estadual Ilha Anchieta. Guildas tróficas baseadas nos levantamentos de Citele (2023), Neto *et al.* (2019) e Floeter (2023) com complementação na base de dados *FishBase*, sendo elas: Macroalgívoro (MALG), Invertívoro (INV), Macrocarnívoro (MCAR), Onívoro (ONI), Planctivoro (PLANC) e Herbívoro-detritívoro (HERD).

Ambientes mais complexos estruturalmente podem fornecer maior disponibilidade de abrigos para organismos bentônicos, devido à maior heterogeneidade ambiental. Como resultado, pode haver um aumento das guildas tróficas de INV, que se alimentam destes organismos (BOSCH, *et al*. 2022; NOELLE, *et al*. 2022), como observado na praia do Sul. Além disso, os peixes ONI por serem espécies oportunistas, também podem se beneficiar de ambientes estruturalmente mais diversos, nos quais a disponibilidade de recursos alimentares é mais ampla (FLOETER, 2023), padrão também observado na praia do Sul.

Outro aspecto importante observado nesta mesma praia foi a maior abundância de peixes HERD em comparação à praia de Palmas. Os peixes HERD raspam a matriz de algas turfosas e calcárias do costão rochoso, de modo que promovem a manutenção do ecossistema (FLOETER, 2023). Pesquisas realizadas por Harris (2015), demonstram que a perda ou redução de HERD no ambiente pode resultar em impactos, como o crescimento desordenado de algas no recife, tornando esses ambientes mais vulneráveis.

Por sua vez, a praia de Palmas apresentou maior abundância relativa de guildas tróficas de níveis superiores, como MCAR, em detrimento de guildas tróficas de níveis mais baixos, como

HERD e MALG. Esse padrão pode indicar um potencial desequilíbrio na estrutura trófica local, uma vez que a redução de guildas basais, que são fundamentais para sustentação das teias tróficas, pode culminar no crescimento desordenado de algas (HARRIS, 2015), como observado nesta praia, tornando o ambiente mais vulnerável.

A análise PERMANOVA apresentou diferenças significativas ($p<0,05$), na composição das espécies e das guildas tróficas entre as praias. Tal diferença pode ser observada na PCoA (Figuras 10 e 11), as quais evidenciam a separação das amostras. Observa-se maior dispersão das amostras de Palmas apresentando maior dispersão em comparação ao Sul, tanto para os dados de abundância, quanto para as guildas tróficas. Apesar da separação entre os grupos, as elipses apresentam zonas de sobreposição, indicando que parte da variabilidade da comunidade é compartilhada entre as praias, possivelmente devido a condições ambientais semelhantes em alguns períodos de amostragem, como baixa visibilidade.

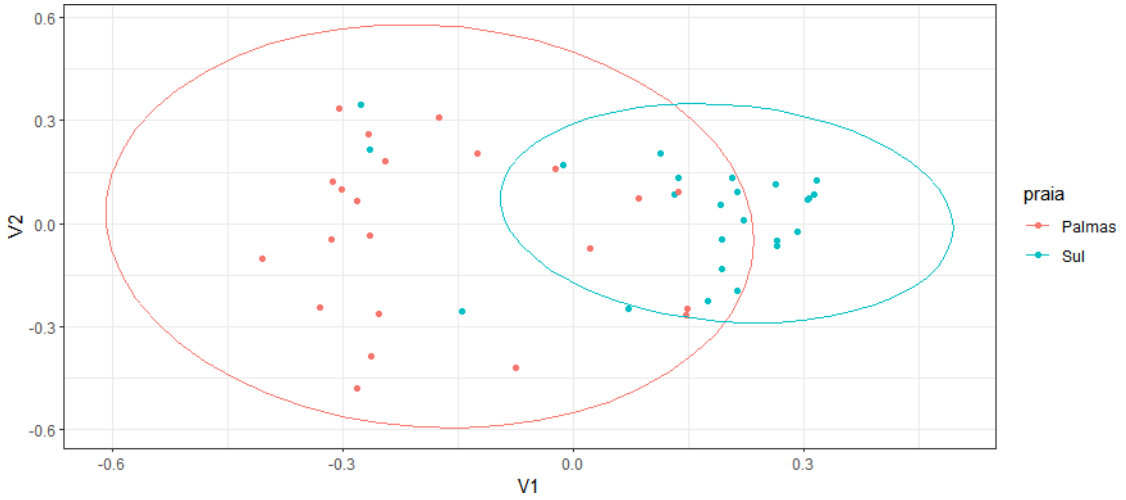


Figura 10. Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) obtidas a partir da matriz de Bray-Curtis. A matriz foi estimada a partir dos dados de abundância relativa das espécies de peixes. As elipses destacam a tendência de agrupamento das amostras por praia (Palmas e Sul).

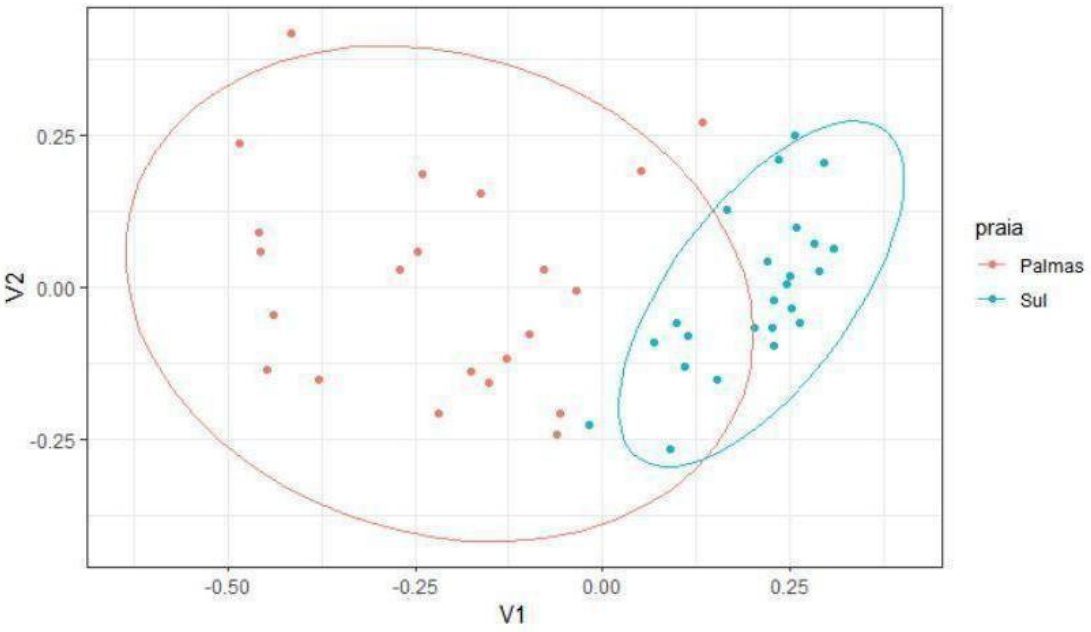


Figura 11. Resultado da Análise de Coordenadas Principais (PCoA) obtidas a partir da matriz de Bray-Curtis. A matriz foi estimada a partir dos dados de abundância relativa das guildas tróficas de peixes. As elipses destacam a tendência de agrupamento das amostras por praia (Palmas e Sul).

4.5 Potencial vulnerabilidade frente ao turismo

Embora o presente estudo não tenha avaliado relações causais entre a atividade turística e a estrutura da comunidade de peixes, os resultados apontam que a praia de Palmas apresenta maior potencial de vulnerabilidade frente à pressão turística. Isso porque, dentre outros fatores, a praia possui maior extensão em comparação ao Sul, o que implica em uma maior área a ser monitorada. Em áreas mais extensas, o manejo demanda maior atenção devido aos desafios logísticos envolvidos, como o monitoramento contínuo, a fiscalização das atividades antrópicas e aplicação de medidas de conservação que se tornam mais complexos à medida que a área aumenta.

Em termos de complexidade estrutural do habitat, embora a variável rugosidade não tenha apresentado diferença significativa, a cobertura do substrato, predominantemente composta por algas turfosas e macroalgas, aliada à expressiva presença de regiões de substrato inconsolidado ou sobre a biota, confere a essa praia uma menor complexidade estrutural. Assim, o ambiente tende a ser mais homogêneo, tornando-o mais vulnerável.

Além disso, embora a diversidade de espécies não tenha apresentado diferença significativa, a composição das espécies e as abundâncias variaram entre as duas praias,

possivelmente em decorrência das diferenças observadas na complexidade estrutural do habitat. Na praia de Palmas, verificou-se uma redução na proporção de herbívoros e um aumento de macrocarnívoros, sugerindo potenciais instabilidades ecológicas. Esse padrão, associado à sua localização em uma zona mais utilizada pelo uso público, naturalmente mais suscetível a impactos e a presença do atracadouro, indicam maior vulnerabilidade da praia frente à pressão turística. Portanto, recomenda-se que as ações de manejo voltadas à conservação da geobiodiversidade e à mitigação dos impactos do turismo sejam concentradas prioritariamente em Palmas.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada atualizou o registro de espécies de peixes marinhos e da cobertura do substrato na praia de Palmas, além de apresentar, pela primeira vez segundo a literatura disponível, uma caracterização da praia do Sul. Esse local, até então pouco estudado, foi analisado quanto à composição de peixes na zona rasa dos costões rochosos e à composição da cobertura do substrato, contribuindo para o entendimento da comunidade bentônica do PEIA como um todo. Essa abordagem amplia o conhecimento produzido por pesquisas anteriores (GHILARDI, 2007; RIBEIRO, 2010; PEREIRA, 2007; SPELTA, 2011; DAHMER, 2021, SANDY, 2022) e permite a comparação de possíveis mudanças na cobertura bentônica dos costões rochosos do PEIA ao longo dos anos.

Os resultados indicaram que áreas com diferentes intensidades de visitação apresentam variações significativas na composição de espécies de peixes, corroborando as observações de Pedrini (2007), que associou à elevada presença de visitantes simultaneamente no PEIA à impactos nos organismos nectônicos, como os peixes. Desta forma, reforça-se a influência da pressão antrópica sobre os habitats marinhos do entorno do Parque.

Além disso, pesquisas anteriores (PEDRINI, 2008; DAHMER, 2023) já destacaram a necessidade de avaliar as comunidades de peixes marinhos em áreas do Parque com maior fluxo turístico. O estudo atende essa demanda, oferecendo informações que reforçam a necessidade da adoção de medidas mitigatórias e de manejo voltadas à conservação da biodiversidade marinha do PEIA.

Diante das contribuições trazidas pela pesquisa, os resultados também contribuem para o alcance do ODS 14, que propõe a conservação e uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos. Ao identificar áreas marinhas que requerem maior atenção e descrever aspectos da biodiversidade marinha de locais com relevância internacional para a conservação (JABADO *et al*. 2025), esse trabalho fornece subsídios importantes para a gestão do PEIA, além de contribuírem para a proposta de criação do Parque Estadual Marinho na porção marinha dele.

Assim como destacado em estudos anteriores (PEDRINI, 2007; PEDRINI, 2008), foi identificada nesta pesquisa a importância da implementação de ações de manejo e de educação ambiental, especialmente na zona de uso intensivo, que abriga a maior parte da visitação. Apesar da existência de projetos pontuais, como a "Tenda Oceano", "Projeto Mergulhando na Conservação" ou o "Projeto Trilhasub", é importante o desenvolvimento de programas permanentes, financiados por políticas estatais, que promovam mudanças comportamentais nos visitantes e a efetiva aplicação dos objetivos do uso público em uma UC.

Com base nas contribuições mencionadas, recomenda-se a realização de novos estudos, focados na praia de Palmas, com o objetivo de subsidiar a definição de ações de manejo adequadas à realidade local.

6. REFERÊNCIAS

ANDERSON, A. B.; BATISTA, M. B.; GIBRAN, F. Z. Uso do habitat por cinco espécies-chave de peixes recifais em sistemas de recifes rochosos do sul do Brasil: evidências da eficácia da APM. *Marine Biodiversity*, v. 49, p. 1027–1036, 2019.

ANDRADI, B.; DIMINIC, A. *et al*. Assessing Caribbean shallow and mesophotic reef fish communities using baited-remote underwater video (BRUV) and diver-operated video (DOV) survey techniques. *PLoS One*, v. 11, n. 12, p. e0168235, 2016.

ARANHA, L. B. Modelagem da dinâmica da paisagem do Parque Estadual Ilha Anchieta (PEIA), Ubatuba, SP: subsídios para o Plano de Restauração. 2011. 161f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BEGON, M. *et al. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas.* 4. ed. Grupo A, 2009.

BENNETT, K. *et al. Can diver operated stereo-video surveys for fish be used to collect meaningful data on benthic coral reef communities? Limnology and Oceanography: Methods*, v. 14, n. 12, p. 874-885, 2016.

BEZERRA, N. P. A.; SANTOS, M. G.; BATISTA, C. H. O.; VERAS, D. P.; HAZIN, F. H. V.; OLIVEIRA, P. G. V. Composição e estrutura trófica da ictiofauna em um ambiente recifal no Pontal de Maracaípe – Pernambuco, Brasil. *Oecologia Australis*, v. 27, n. 1, p. 88–97, 15 mar. 2023.

BOSCH, N. E.; PESSARRODONA, A.; FILBEE-DEXTER, K. *et al. Habitat configurations shape the trophic and energetic dynamics of reef fishes in a tropical–temperate transition zone: implications under a warming future*. *Oecologia*, v. 200, p. 455–470, 2022. https://doi.org/10.1007/s00442-022-05278-6.

BORCARD, D., GILLET, F., LEGENDRE, P.. Numerical Ecology with R, eds R. Gentleman, K. Hornik, and G. G. Parmigiani; New York, NY: Springer. 2011 doi: 10.1007/978-1-4419-7976- 6.

CÂNDIDO, L. C. Caracterização dos habitat de fundo do entorno do Parque Estadual da Ilha Anchieta, São Paulo utilizados pela ictiofauna. Tese (Mestrado em Oceanografia Biológica), Programa de Oceanografia, 16 jun. 2023.

CARMINATTO A. A., MARCOS M. R., BUBTTURI, D. G., BARELLA W. M*., Effects of*

habitat complexity and temporal variation in rocky reef fish communities in the Santos estuary (SP), Brazil Ecological Indicators. Volume 108 1470-160X. 2020.

CAPARRÓS-MARTÍNEZ, J. L.; MARTÍNEZ-VÁZQUEZ, R. M.; DE PABLO VALENCIANO, J. *Analysis and global research trends on nautical tourism and green coastal infrastructures: the case of coral reefs and seagrass meadows*. *Environmental Sciences Europe*, v. 34, p. 33, 2022

DAHMER C., Interação entre banhistas na zona rasa do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), Ubatuba - SP; Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo; 2021.

DARLING E. S.; GRAHAM N. A. J.; JANUCHOWSKI, H. F. A. *Relationships between structural complexity, coral trait and reef fish assemblages*. Coral Reefs, v. 36, p. 561 - 575, 2017.

DIAZ-PULIDO, G.; MCCOOK, L. *The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 232, p. 115–128, 2002.

FABRICIUS, K. E. *et al. Macroalgal cover on coral reefs: spatial and environmental predictors, and decadal trends in the Great Barrier Reef. PLoS One*, v. 18, n. 1, 2023.

FERRARI, D. S.; NUNES, L. T.; MENDES, T. C.; FERREIRA, C. E. L.; FLOETER, S. R. *Hyperdominance and habitat composition drive reef fish foraging at Atlantic oceanic islands*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 726, p. 1–15, 2024. https://doi.org/10.3354/meps14483.

FÁVERO, L., P.; BELFIORE, P.; Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS®e Stata. Elsevier Brasil, 2017.

FUKUNAGA, Atsuko; BURNS, John H. R.; PASCOE, Kailey H.; KOSAKI, Randall K. *Associations between benthic cover and habitat complexity metrics obtained from 3D reconstruction of coral reefs at different resolutions.* Remote Sensing, v. 12, n. 6, p. 1011, 2020.

FLOETER, S. *et al. Reef fish community structure on coastal islands of southeastern Brazil: the influence of exposure and benthic* cover. *Environmental Biology of Fishes*, v. 78, p. 147–160, 2007. https://doi.org/10.1007/s10641-006-9084-6.

FLOETER, S. R. KRAJEWSKI, J. P.; FIUZA, T. M. J.; ROCHA, L. A.; CARVALJHO, F. A. . Peixes recifais brasileiros. Ed CRV, 2023.

GHILARDI, N. P. Utilização do método dos povoamentos na caracterização de comunidades bentônicas em trecho do infralitoral consolidado da Enseada das Palmas, Ilha Anchieta, Ubatuba (SP). 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

GRAHAM, N. A. J.; NASH, K. L.; *The importance of structural complexity in coral reef ecosystems*. Coral Reefs, v. 32, n. 2, p. 315 - 326. 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s00338- 012-0984-y

GOTZE, J. S.; BONDT, M.; MCLEAN, D. L. *et al.* Um guia de análise de campo e vídeo para vídeo estéreo operado por mergulhador. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 10, p. 1083–1090, 2019. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13189.

GOTELLI, N. J.,R. K. COLWELL. "Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness." *Ecology Letters* 4 (4): 379–91.2001; https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x.

GOTELLI, NJ, e AM ELLISON. *Introdução à estatística ecológica* . Segunda edição. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. 2012

GUILLAUMON, J. R.; MARCONDES, M. A. P.; NEGREIROS, O. D.; MOTA, I. S.; EMMERICH, W.; BARBOSA, A. F.; SCORVO, F. J. D. *Plano de manejo do Parque Estadual da Ilha Anchieta.* São Paulo: Instituto Florestal, 1989.

HARRIS, J. L.; *The ecology of turf algae on coral reefs*. University of California, (Tese Doutorado), San Diego, 2015.

IUCN. Red List Of Threatened Species. 2022. Disponível em: < https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em jul. 2025

JABADO, R. W.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, E.; PALACIOS, M. D.; BETTCHER BRITO, V.; ARMSTRONG, A. O.; CHARLES, R.; ROHNER, C. A.; BATLLE-MORERA, A.; GONZALEZ-PESTANA, A. *South American Atlantic: a regional compendium of Important Shark and Ray Areas.* Dubai: IUCN SSC Shark Specialist Group, 2025. DOI: https://doi.org/10.59216/ssg.isra.2025.r5.

KOHLER, K. E.; GILL, S. M. *Coral Point Count* com extensões Excel (CPCe): um programa Visual Basic para determinação da cobertura de corais e substratos usando metodologia de contagem de pontos aleatórios. *Computers & Geosciences*, v. 32, n. 9, p. 1259–1269, 2006. DOI:10.1016/j.cageo.2005.11.009.

LEGAT, A. P.; LEGAT, J. F. A.; PEREIRA, A. M. L.; DINIZ, F. M.; FOGAÇA, F. H. S. Conservação, uso e gestão de recursos e ecossistemas marinhos. In: *Vida na água: contribuições da Embrapa.* Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 3.

LOTZE, H. K.; et al. Projeções globais de conjunto revelam amplificação trófica do declínio da biomassa oceânica com as mudanças climáticas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 116, p. 12907–12912, 2019

MARK. L. M.; LITTLER, D. S.; BROOKS, B. L. *Harmful algae on tropical coral reefs: bottom- up eutrophication and top-down herbivory. Harmful Algae*, v. 5, n. 5, p. 565–585, 2006. https://doi.org/10.1016/j.hal.2005.11.003.

MANNA, L. R.; MAZZONI, C. F. Diversidade funcional de peixes de riacho: como as assembleias podem estar organizadas? *Oecologia Australis*, v. 17, n. 3, p. 402–410, 2013.

MARIANO, A. E. B. Efeitos do turismo no branqueamento de Palythoa caribaeorum e Mussismilia hispida (Cnidaria, Anthozoa) em recifes rochosos do Litoral Norte de São Paulo. (Tese de Mestrado) 2024.

MCCOY, S. J.; KAMENOS, N. A. *Coralline algae (Rhodophyta) in a changing world: integrating ecological, physiological, and geochemical responses to global change*. *Journal of Phycology*, v. 51, n. 1, p. 6–24, 2015.

NETO, J. A.; AZEVEDO, V.; MOREIRA, P.; LIGNON, M. Avaliação da ictiofauna do Parque Estadual Ilha Anchieta, Ubatuba (SP) e sua importância como fonte de recursos naturais. *Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca – XXI*, nov. 2019.

NOELLE, K. H.; BURNS, J. H. R.; GREEN, S. J. *Intra-habitat structural complexity drives the distribution of fish trait groups on coral reefs*. *Ecological Indicators*, v. 142, 2022.

O'Brien, J. M. & Scheibling, R. E. Turf wars: competition between foundation and turf-forming species on

temperate and tropical reefs and its role in regime shifts. *Marine Ecology Progress Series*, v. 590, p. 1-17, 2018.

OLIVEIRA, J. F. *et al. Trophic structure of the ichthyofauna in a Brazilian semiarid reservoir*. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 106, 2016.

OLIVEIRA, A. I.; BENTO, C. A. TALES, S. M.; FROTA T. C INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil: ODS 14: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Brasília: Ipea, 2024. 19 p. (Cadernos ODS, 14). DOI: http://dx.doi.org/10.38116/ri2024ODS14

PEDRINI, A. de G.; COSTA, C.; SILVA, V. G.; MANESCHY, F. S.; NEWTON, T.; BERCHEZ, F.; GHILARDI, N. P.; SPELTA, L. Gestão de áreas protegidas e efeitos da visitação ecoturística pelo mergulho com snorkel: o caso do Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA), Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 20, 2008.

PEDRINI, A. G.; COSTA, C.; NEWTON, T.; MANESCHY, F. S.; SILVA, V. G.; BERCHEZ, F.; SPELTA, L.; GHILARDI, N. P.; ROBIM, M. J. Efeitos ambientais da visitação turística em áreas protegidas marinhas: estudo de caso na Piscina Natural Marinha, Parque Estadual da Ilha Anchieta, Ubatuba, São Paulo, Brasil. *Revista OLAM – Ciência e Tecnologia*, Rio Claro, v. 7, n. 1, p. 678–696, 2007.

PEREIRA, A. P. V. Caracterização fisionômica da comunidade marinha bentônica de substrato consolidado do infralitoral no costão oeste da Enseada das Palmas, Ilha Anchieta, Ubatuba-SP, Brasil. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.

PEREIRA, P. H. C.; MUNDAY, P. L. *Coral colony size and structure as determinants of habitat use and fitness of coral-dwelling fishes*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 533, p. 163 - 172, 2016.

PIAZZI, L.; PINNA, F.; CECCHERELLI, G. *Crustose coralline algae and biodiversity enhancement: the role of Lithophyllum stictiforme in structuring Mediterranean coralligenous reefs*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 278, 2022.

POULIN, N. V. C.; ROBERTS, C. M. *Greater biomass and value of target coral-reef fishes in two small Caribbean marine reserves*. *Marine Ecology Progress Series*, v. 100, p. 167–176, 1993.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available in: <https://www.R-project.org>

RIBEIRO, Henrique Lauand. Padrões de estruturação de comunidades marinhas bentônicas de substrato consolidado do infralitoral-Praia de Fora à Ponta do Norte-Parque Estadual da Ilha Anchieta, Ubatuba, SP. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. 2010.

RODRIGUES, T. E.; GIGLIO, V. J.; GIBRAN, F. Z. *et al*. *Depth, hard coral and turf cover as predictors of micro-scale spatial distribution of fishes in a subtropical rocky reef*. *Environmental Biology of Fishes*, v. 107, p 909 - 925, 2024.

ROLIM, F. A.. "*EFFECTS OF NO-TAKE MARINE RESERVES ON FISH ASSEMBLAGES IN BRAZIL: AN ASSESSMENT USING STEREO-VÍDEOS*". (Tese de Doutorado). Repositório UNESP. 3 May 2019.

ROLIM, F. A.; RODRIGUES, P. F. C.; GADIG, O. B. F. Peixes de Recife Rochoso: Estação Ecológica de Tupinambás - São Paulo: Anolis books,79 p., 2017.

SANDY, Bruno Lenhaverde. Monitoramento de longo prazo: análises de séries temporais de comunidade bentônica do mediolitoral de costão rochoso do Parque Estadual da Ilha Anchieta. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. 2022.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 66.823, de 17 de junho de 2022. Cria o Mosaico de Unidades de Conservação do Litoral Norte e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 18 de junho de 2022.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 9.629, de 29 de março de 1977. Cria o Parque Estadual da Ilha Anchieta e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 30 de março de 1977.

SILVEIRA, M. "RELAÇÕES ENTRE COMPLEXIDADE DO HABITAT E COMUNIDADES DE PEIXES DE COSTÃO ROCHOSO". Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Florianópolis. 2012.

SISSINI, M.N., KOERICH, G., B., M.B. *et al. Diversity, distribution, and environmental drivers of coralline red algae: the major reef builders in the Southwestern Atlantic*. *Coral Reefs* 41, 711– 725 (2022). https://doi.org/10.1007/s00338-021-02171-1

SOUZA, G. R. S.; GADIG, O. F.; MOTTA, F. S.; MOURA, R. L.; *et al., Reef fishes of the Anchieta Island State Park, Southwestern Brazil. Biota Neotropica*, [S.l.], v. 18, n. 4, 2018.

SPELTA, Leticia Maria Pia Bonandi. Avaliação das alterações na estrutura da comunidade bentônica relacionadas à visitação pública na piscina natural do Parque Estadual da Ilha Anchieta-Ubatuba, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.

SZPILMAN, Marcelo. Peixes marinhos do Brasil: guia prático de identificação. Mauad Editora Ltda, 2000.

TEICHERT S. S.; KIESSLING W. A.*; A possible between coral reef success, crustose coralline algae and the evolution of herbivory*. Scientific reports; 10; 2020. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-73900-9

TOLEDO, C. E. V. et al. Geobiodiversidade. In: Proposta de criação do Parque Estadual Marinho Tartaruga-de-Pente, São Paulo, 2021.

WARD, D.; MELBOURNE-THOMAS, J.; PECL, G. T.; EVANS, K.; GREEN, M.; MCCORMACK, P. C.; NOVAGLIO, C.; TREBILCO, R.; BAX, N.; BRASIER, M. J.; CAVAN, E. L.; EDGAR, G.; HUNT, H. L.; JANSEN, J.; JONES, R.; LEA, M. A.; MAKOMERE, R.; MULL, C.; SEMMENS, J. M.; SHAW, J.; TINCH, D.; VAN STEVENINCK, T. J.; LAYTON, C. *Safeguarding marine life: conservation of biodiversity and ecosystems. Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 32, n. 1, p. 65–100, 2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: JOYCE DE MOURA E SILVA

Título: *"IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO BASEADO NA DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA E NA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DO HABITAT"*

Orientador: Profa. Dra. June Ferraz Dias

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. June Ferraz Dias	APROVADO
Prof. Dr. Eduardo Bessa Pereira da Silva	APROVADO
Prof. Dr. Ivan Sergio Nunes Silva Filho	APROVADO

PARECER:

O TRABALHO FOI APRESENTADO COM DESENVOLTURA E SEGURANÇA PELA ALUNA. CONSIDERADO ADEQUADO AO NÍVEL DE TCC PELA BANCA, QUE APROVOU POR UNANIMIDADE. NÃO FORAM COLOCADOS APONTAMENTOS PARA CORREÇÃO.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Joyce de Moura e Silva** obteve o seguinte conceito:

☒ APROVADO ☐ REPROVADO

São Vicente, 08 de dezembro de 2025.

p/
Profa. Dra. June Ferraz Dias

p/
Prof. Dr. Eduardo Bessa Pereira da Silva

Prof. Dr. Ivan Sergio Nunes Silva Filho