

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Pietro Vianelo Magalhães

**DISTÂNCIA DA COSTA, PROFUNDIDADE, ZOANTÍDEOS E ALGAS
FRONDOSAS MOLDAM A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES RECIFAIS
EM RECIFES ROCHOSOS NA BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ.**

Juiz de Fora
2025

Pietro Vianelo Magalhães

**DISTÂNCIA DA COSTA, PROFUNDIDADE, ZOANTÍDEOS E ALGAS
FRONDOSAS MOLDAM A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES RECIFAIS
EM RECIFES ROCHOSOS NA BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Juiz de Fora como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas

Orientador: Dr. Roberto da Gama Alves

Coorientador: Dr. Leonardo Mitrano Neves

Juiz de Fora

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Magalhães, Pietro Vianelo.

Distância da costa, profundidade, zoantídeos e algas frondosas moldam a estrutura da assembleia de peixes recifais em recifes rochosos da Baía da Ilha Grande, RJ / Pietro Vianelo Magalhães. -- 2025.

43 p. : il.

Orientador: Roberto da Gama Alves

Coorientador: Leonardo Mitrano Neves

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, 2025.

1. Estrutura do habitat. 2. Padrões espaciais. 3. Ictiofauna. I. Alves, Roberto da Gama, orient. II. Neves, Leonardo Mitrano, coorient. III. Título.

Pietro Vianelo Magalhães

**DISTÂNCIA DA COSTA, PROFUNDIDADE, ZOANTÍDEOS E ALGAS
FRONDOSAS MOLDAM A ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES
RECIFAIS DE RECIFES ROCHOSOS NA BAÍA DA ILHA GRANDE, RJ.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Juiz de Fora
como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Ciências
Biológicas

Aprovada em 20 de março de 2025

BANCA EXAMINADORA

Roberto da Gama Alves

Dr. Roberto da Gama Alves - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Luiza Pedrosa Guimarães

Ma. Luiza Pedrosa Guimarães

Universidade Federal de Juiz de Fora

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO LUIZ GOVEA SILVEIRA JUNIOR**
Data: 20/03/2025 10:25:03-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Me. Antonio Luiz Govea Silveira Junior
Universidade Federal de Juiz de Fora

*Dedico a todas as pessoas que trabalham
para fazer sua criança interna feliz.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marilde e Augusto, que desde criança sempre me apoiaram nas escolhas da vida, nada disso seria possível. Pai, “filho de peixe, peixinho é”, e quantas vezes escutamos comentários sobre a nossa similaridade? Você é como um cavalo-marinho, que carrega seus filhotes, mostrando que o amor está nos gestos diários de cuidado e proteção. Ainda que não tivesse percebido na época, o esforço de viajar, e de suportar a distância, para me garantir a melhor educação possível, foi o que me fez estar aqui hoje escrevendo esse texto. Mãe, a preocupação em todas as minhas idas para campo, ou viagens para congressos, não é nada mais do que o mínimo que você faria por mim. Tal como as baleias-jubartes guiam suas crias pelo oceano, você sempre me orientou com palavras de sabedoria e gestos de carinho, garantindo que eu encontrasse meu próprio caminho, mesmo quando o mar da vida estava revoltado. A paciência e o esmero de vocês comigo é comparável com o das tartarugas-marinhas, que atravessam grandes distâncias para garantir que a próxima geração tenha chances de crescer.

Ao meu irmão, Pablo, meu primeiro amigo e parceiro de desentendimentos. Assim como tubarões territorialistas, sempre brigávamos quando precisávamos conviver no mesmo ambiente por conta das nossas diferenças de personalidade, mas, em algum momento, aprendemos a nos suportar. Além de acompanharmos o crescimento um do outro, nós servimos de suporte para o outro nos momentos mais difíceis. Assim como você já demonstrou todo o orgulho que sente por mim, agora é a minha vez de falar que sinto muito orgulho por ver onde você está hoje.

Ao farol que guiou o meu navio mesmo nas noites mais escuras, Mariana. Foram tantas marés intensas nesses seis anos juntos, mas a certeza do seu abraço era igual a voltar para a terra firme depois de um longo mergulho. Estudamos, sonhamos e crescemos juntos, como um casal de peixes-borboletas que nadam em conjunto, explorando um mar repleto de descobertas ainda a serem feitas. Compartilhamos vitórias, consolamos um ao outro nas derrotas, e aprendemos que o amor verdadeiro é aquele que não desiste, mesmo quando as correntes contrárias são fortes.

Aos companheiros, Guilherme, Mateus, Pedro, e Victor Hugo, os primeiros marujos que embarcaram comigo. Nessa jornada, navegamos juntos desde a adolescência, atravessando cada onda com coragem e cumplicidade. Cada risada pelos corredores, e cada momento de desespero durante os estudos, foram partes do mar que nos moldou, criando laços que nem as tempestades mais intensas conseguiriam romper.

Aos integrantes do curso de Ciências Biológicas, e da pós graduação, que integraram a embarcação durante o caminho e tornaram a jornada mais leve, Amanda, Antonio, Artur, Arthur Loures e Arthur Barbosa, Caique, Caroline, Eduardo, Gabriela, Gabrielle, Lais, Maria Eduarda, Matheus, Pietra, Rinaldo, Silvia, Thales e Vitor. Vocês me mostraram que a amizade é uma bússola, que sempre nos mantém orientado, mesmo quando os ventos sopram e nos levam à outra direção. Obrigado pelos momentos de leveza, e por compartilharem risadas e apreensões comigo durante todos esses anos da graduação. O carinho de vocês é um presente tão vasto, essencial, e cheio de vida, quanto o oceano. Em especial, gostaria de agradecer ao Matheus todo o companheirismo desde os primeiros períodos de faculdade, compartilhando os mesmos sentimentos e angústias que só a universidade pode proporcionar. Independente do caminho que seguimos, sei que ainda compartilharemos o mesmo céu, e que as águas continuarão a nos conectar.

À tripulação do Laboratório de Ecologia Marinha e Costeira, Beatriz, Caio, Carolina, Dávila, Júlia, Lécio e Leonardo, pelo acolhimento desde o momento em que era apenas um recruta no meio de tantos peixes grandes. Em especial, agradeço ao Lécio pela ajuda nos momentos de correria para submissão, pela motivação pós mergulho, por cada coorientação, e por cada conselho durante o nervosismo pré-apresentação. Nessas horas, o apoio e a troca de conhecimentos entre nós foram como boias que me mantiveram à tona. Além disso, sou especialmente grato ao marinho que me deu pernoites e que confiou em mim, mesmo quando eu ainda estava aprendendo a dar nós e a remar, Leonardo Neves. Seus ensinamentos, sua paciência, e a sua solicitude, me apresentaram caminhos que eu não achava possíveis de conseguir. Foi a sua confiança em mim que me permitiu enxergar que cada pequeno passo nos aproxima de algo maior, aliás, o mestrado é logo ali.

Agradeço também ao professor Fabrício Carvalho, que me recebeu de portas abertas durante o meu período no Laboratório de Ecologia Vegetal, e me deu a primeira experiência de iniciação científica. Aos companheiros da botânica, que pude compartilhar de diversas risadas para desafogar do estresse em campo, Kelly, Nina e Walef. À professora Simone Cardoso, pela orientação na Biociclos Empresa Jr., e por me apresentar ao antigo Laboratório de Ecologia Aquática e Educação Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, possibilitando que esse trabalho fosse realizado. Ao professor Roberto da Gama por ter aceitado me orientar inesperadamente, pelo suporte na parte burocrática e pela confiança em mim para realizar um trabalho de qualidade. E a todos colegas, e professores que não foram citados, mas que contribuíram para a minha formação como profissional biólogo.

Agradeço ao projeto Monitomar – Susceptibilidade ambiental, social e econômica da Baía da Ilha Grande ao derramamento e à presença de óleo no mar – e à FAPERJ pelos dados que originaram esse trabalho.

Aos técnicos da coordenação do curso, que fazem a roda da burocracia girar. À Universidade Federal de Juiz de Fora, pela oportunidade de crescimento pessoal, e profissional, através de projetos de extensão, treinamentos profissionais, monitorias, e iniciação científica. De certa forma, cada sorriso, lágrima, e indignação, tornaram a travessia mais especial e moldou o aluno que teve o *campus* como sua segunda casa por tantos anos. Irei guardar comigo todos os momentos vividos aqui, assim como as conchas guardam os sons das ondas.

“Mesmo que você nunca tenha a chance de ver ou tocar o oceano, o oceano toca você a cada respiração que você dá, a cada gota de água que você bebe, a cada mordida que você consome.”

(Sylvia Earle)

RESUMO

A abundância e a distribuição espacial dos peixes recifais podem ser influenciadas por características locais do habitat, como composição bentônica, complexidade topográfica e profundidade, e os gradientes naturais e antrópicos associados à proximidade da costa. Além disso, maiores áreas de substrato rochoso podem promover aumentos na relação espécie-área desses animais. O objetivo deste estudo foi investigar a variação das assembleias de peixes recifais em ilhas de diferentes tamanhos, ao longo de um gradiente de distância da costa, e identificar os preditores que mais influenciam sua distribuição na Baía da Ilha Grande (BIG), RJ. Seis locais da região central da BIG, três em ilhas pequenas (perímetro < 2,3 km) e três na Ilha Grande (perímetro > 100 km), foram amostrados. Análises multivariadas testaram a variação na estrutura da assembleia, riqueza, e grupos tróficos de acordo com o tamanho da ilha (considerando a variabilidade entre os locais) e selecionaram os preditores que melhor explicaram a variação na assembleia. O tamanho da ilha não foi relacionado a mudanças em nenhum desses parâmetros, possivelmente devido à baixa distância entre as ilhas, e um menor efeito de isolamento. No entanto, cobertura de macroalgas e de zoantídeos, profundidade e distância de fontes de distúrbios antrópicos foram os preditores responsáveis pela variabilidade da estrutura da assembleia, abundância, e dos grupos tróficos de peixes recifais entre os locais. Tais resultados sugerem que, em pequenas escalas espaciais, as características ambientais locais assumem maior relevância na dinâmica espacial dessas comunidades.

Palavras-chave: estrutura do habitat, padrões espaciais, ictiofauna.

ABSTRACT

The abundance and spatial distribution of reef fishes can be influenced by local habitat characteristics like benthic composition, topographic complexity and depth, and both the natural and anthropogenic gradients associated with coastal proximity. Additionally, larger areas of rocky substrate may increase the species-area relationship for these organisms. This study aimed to investigate the variation in reef fish assemblages on islands of different sizes along a gradient of distance from the coast, identifying the key predictors influencing their distribution in the Ilha Grande Bay (BIG), Rio de Janeiro, Brazil. Six sites in the central region of BIG were sampled, including three on small islands (perimeter < 2.3 km) and three on Ilha Grande (perimeter > 100 km). Multivariate analyses were used to assess variation in assemblage structure, species richness, and trophic groups according to island size (taking into account the variability among sites) and to identify the predictors that best explained assemblage variation. Island size was not associated with changes in any of these parameters, possibly due to the short distance between islands and a reduced isolation effect. However, macroalgal and zoanthid cover, depth, and distance from anthropogenic disturbance sources were the primary predictors of variability in assemblage structure, abundance, and trophic groups among sites. These findings suggest that in small spatial scales, local environmental characteristics play more significant role in the spatial dynamics of these communities.

Keywords: habitat structure, spatial patterns, ichthyofauna.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo da Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil, com indicação dos locais de amostragem	20
Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) da contribuição relativa de 11 variáveis para variação observada na estrutura do habitat	24
Figura 3. Riqueza de espécies dos grupos tróficos observados em ilhas de diferentes tamanhos. Os seis locais foram agrupados em dois grupos de tamanho: ilhas pequenas – Imboassica, Brandão e Búzios; Ilha Grande – Bananal, Longa e Sítio Forte. Grupos tróficos indicados: HEE – herbívoros errantes; HET – herbívoros territorialistas; MCAR – macrocarnívoros; ONIV – onívoros; PLANC – planctívoros; PIM – predadores de invertebrados móveis; PIS – predadores de invertebrados sésseis	25
Figura 4. Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) demonstrando os padrões espaciais da assembleia de peixes recifais entre os locais e os tamanhos das ilhas associados aos preditores ambientais e antrópicos. Foi considerado o modelo mais parcimonioso gerado pelo DistLm, associado uma correlação de Pearson > 0,4	27
Figura 5. Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) demonstrando os padrões espaciais da assembleia de peixes recifais entre os locais e os tamanhos das ilhas associados às espécies. Foi considerado o modelo mais parcimonioso gerado pelo DistLm, associado a uma correlação de Pearson > 0,4	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise de variância permutacional (PERMANOVA) para a. estrutura da assembleia, b. grupos tróficos, c. riqueza e d. abundância de peixes recifes entre os locais e o tamanho da ilha (Pequena x Grande). df = graus de liberdade; MS = média da soma dos quadrados 26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAS – *Água Central do Atlântico Sul*
CCA – *alga calcária incrustante*
AIC – *Critério de Informação de Akaike*
AR% – *abundância relativa (%)*
BIG – *Baía da Ilha Grande*
BN – *Bananal*
BR – *Brandão*
BZ – *Búzios*
CPCe – *Coral Point with Excel Extensions*
dbRDA – *Análise de Redundância Baseada em Distância*
df – *graus de liberdade*
DistLm – *modelo linear baseado em distância*
FO% – *frequência de ocorrência (%)*
HEE – *herbívoros errantes*
HET – *herbívoros territorialistas*
ICMBio – *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade*
IM – *Imboassica*
LG – *Longa*
MCAR – *macrocarnívoros*
MMA – *Ministério do Meio Ambiente*
MS – *média das somas dos quadrados*
ONIV – *onívoros*
PCA – *Análise de Componentes Principais*
PERMANOVA – *Análise de Variância Permutacional*
PIM – *predadores de invertebrados móveis*
PIS – *predadores de invertebrados sésseis*
PLANC – *planctívoros*
PVC – *Policloreto de Vinila*
SF – *Sítio Forte*
WoRMS – *World Register of Marine Species*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	OBJETIVO GERAL.....	18
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1.	ÁREA DE ESTUDO	18
2.2.	AMOSTRAGEM DE PEIXES RECIFAIS	20
2.3.	AMOSTRAGEM DA COBERTURA BENTÔNICA E COMPLEXIDADE TOPOGRÁFICA	21
2.4.	IDENTIFICAÇÃO DAS COMUNIDADES BENTÔNICAS.....	21
2.5.	INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS.....	22
2.6.	ANÁLISE DOS DADOS	22
3.	RESULTADOS	23
3.1.	VARIAÇÃO DO HABITAT	23
3.2.	COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES RECIFAIS.....	24
3.3.	INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA ILHA SOBRE A ASSEMBLEIA DE PEIXES 26	
3.4.	RELAÇÕES ENTRE PREDITORES E A ASSEMBLEIA DE PEIXES RECIFAIS.....	26
4.	DISCUSSÃO	28
5.	CONCLUSÃO	31
6.	REFERÊNCIAS	32
7.	APÊNDICES.....	40
7.1.	APÊNDICE A – VARIAÇÃO DA COBERTURA BENTÔNICA ENTRE OS LOCAIS AMOSTRADOS.....	40
7.2.	APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES RECIFAIS	40

1. INTRODUÇÃO

Os recifes rochosos constituem o principal habitat para peixes recifais na faixa de transição tropical-subtropical da costa brasileira (Floeter *et al.* 2001). A disponibilidade de substratos rochosos favorece a fixação de invertebrados sésseis e algas, enquanto uma heterogeneidade topográfica contribui para a formação de habitats complexos e variados fornecendo alimento e abrigo para peixes (García-Charton *et al.* 2004; Klemens *et al.* 2006). A alta biomassa e a intensa produção primária de macroalgas e microfitobentos nesses ecossistemas, resultam do aporte significativo de nutrientes provenientes do ambiente terrestre (Floeter *et al.* 2001). Entretanto, esses ecossistemas têm enfrentado perda da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos graças à influência de diversos distúrbios, tanto naturais, quanto antrópicos (Bellwood *et al.* 2004). Alterações na qualidade da água, como aumento da temperatura, elevação das concentrações de metais pesados, e excesso de matéria orgânica, em conjunto com: impactos físicos, causados por embarcações e pela ancoragem direta sobre os recifes (Teixeira-Neves *et al.* 2016); aporte de sedimentos oriundos de rios e atividades de dragagem (Wilber *et al.* 2005); e introdução de espécies exóticas (Canning-Clode 2015), resultam na redução da riqueza, abundância e biomassa das espécies, alterando a estrutura e a dinâmica das comunidades recifais (Bellwood *et al.* 2004). Sendo assim, a identificação de variáveis que influenciam a abundância e a distribuição de espécies é fundamental para a criação de estratégias de conservação eficientes (Connolly *et al.* 2005; Beger & Possingham 2008).

No caso dos peixes recifais, as variáveis ambientais conhecidas influenciar na abundância, distribuição espacial, e biomassa, incluem as características locais do habitat, como a composição bentônica (Bouchon-Navaro & Bouchon 1989; McClanahan & Karnauskas 2011; Chong-Seng *et al.* 2012), complexidade topográfica (Friedlander & Parrish 1998; Bejarano *et al.* 2011), profundidade (Srinivasan *et al.* 2003), e os gradientes naturais e antrópicos associados à proximidade da costa, tal qual a exposição à ondas (Karnauskas *et al.* 2012), a pesca (Advani *et al.* 2015; Teixeira-Neves *et al.* 2015); a sedimentação (Beger & Possingham 2008; DeMartini *et al.* 2013; Neves *et al.* 2016), e o impacto termal (Teixeira-Neves *et al.* 2012). Ao modular a disponibilidade de alimento, abrigo e locais de acasalamento, esses fatores desempenham um papel essencial na variação local da composição e estrutura

dessas comunidades, influenciando os padrões de diversidade das assembleias de peixes.

A baía da Ilha Grande (BIG) compreende 170 ilhas, englobando ambientes marinhos, estuarinos, oceânicos e costões rochosos, que estão distribuídas através de um gradiente de distância da costa (Neves *et al.* 2016; Johnsson & Ikemoto 2015), apresentando variadas extensões de substrato rochoso para o assentamento de algas, e de invertebrados marinhos, podendo influenciar na estrutura de comunidades locais (García-Charton *et al.* 2004; Klemens *et al.* 2006). Logo, essas características a tornam um ótimo local para o estudo das relações entre assembleias de peixes recifais, e gradientes espaciais de variáveis físicas, biológicas e estruturais associadas. Essa região se destaca por possuir o maior número de unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro e por ser reconhecida pelo Ministério do Meio Ambiente como uma "Área de Extrema Importância Biológica" (MMA 2002). No entanto, apesar de sua relevância ecológica, os ecossistemas da BIG enfrentam crescentes ameaças decorrentes da degradação ambiental. Fatores como poluição, assoreamento e a expansão da atividade portuária contribuem para a perda de habitats, enquanto a sobrepesca se configura como um dos principais desafios para a manutenção da biodiversidade e do equilíbrio ecológico da região (Alho *et al.* 2002; Neves 2013). Esses impactos comprometem não apenas a diversidade biológica, mas também a funcionalidade dos ecossistemas marinhos, colocando em risco a integridade desse ambiente altamente produtivo.

A Ilha Grande representa a maior área insular dentro da BIG, com 193 km², e 161 km de extensão (INEA 2013). De acordo com a teoria da biogeografia de ilhas, ilhas maiores tendem a abrigar mais espécies devido à maior disponibilidade de habitat e recursos (MacArthur & Wilson 1967). A relação espécie-área foi observada em peixes recifais, com maiores valores sendo encontrados em recifes contínuos (Chittaro 2002). Além disso, embora a área do recife forneça uma medida razoável da disponibilidade de habitat, a área total da ilha reflete potencialmente tanto a disponibilidade quanto a diversidade de habitats (Sandin *et al.* 2008). Portanto, é esperado que a maior área de substrato rochoso contínuo dos recifes da Ilha Grande e a diversidade de ambientes adjacentes (ex. manguezais, estuários, bancos de algas), possam fornecer habitats com maior disponibilidade de recursos, abrigando mais espécies e indivíduos em comparação com ilhas menores da BIG. Em contrapartida, os recifes rochosos das ilhas pequenas possuem menor área, estão

sujeitos a um maior hidrodinamismo (Neves et al. 2016), e ambientes como manguezais e praias arenosas estão praticamente ausentes.

1.1. OBJETIVO GERAL

Investigar as relações entre as assembleias de peixes recifais, o tamanho da ilha, a estrutura do habitat e as influências antrópicas na BIG, RJ.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as mudanças na estrutura do habitat (cobertura bentônica e complexidade topográfica) de recifes rochosos insulares localizados em um gradiente de distância da costa e do canal de navegação da baía;
- Investigar a variação espacial das assembleias de peixes recifais em recifes rochosos de ilhas com diferentes tamanhos;
- Identificar as variáveis ambientais que mais influenciam os padrões espaciais da assembleia de peixes recifais;
- Determinar as espécies de peixes associadas aos padrões multivariados observados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A baía da Ilha Grande (BIG) está localizada na região sul do estado do Rio de Janeiro (23°06 S, 44°42 W), Sudeste do Brasil. A BIG está inserida na transição da região tropical e subtropical e ocupa uma área de aproximadamente 1.000 km², contendo cerca de 170 ilhas cercadas por águas rasas (geralmente não > 8 m de profundidade) (Ignacio *et al.* 2010). A BIG possui uma superfície de água de 470 km² e apresenta duas entradas para o mar em ambos os lados da ilha montanhosa de 193 km², Ilha Grande, que delimita a baía (Kjerfve *et al.* 2021). Um canal estreito de 2,3 km de largura e aproximadamente 35 m de profundidade divide a BIG em porções leste e oeste.

As ilhas da baía possuem litoral predominantemente composto por rochas graníticas que se estendem até a interface com o substrato arenoso. As principais influências oceanográficas da BIG são as variações sazonais da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e da Água da Zona Costeira, que dominam no verão e no inverno, respectivamente (Creed *et al.* 2007). Durante o verão, ocorre uma estratificação da coluna d'água podendo ocorrer variações de temperatura e salinidade (Creed *et al.* 2007). Além disso, a concentração de nutrientes e produtividade primária na camada subsuperficial durante o verão atingem valores máximos como resultado de águas enriquecidas da ACAS (Mesquita *et al.* 1983). As atividades econômicas presentes na BIG incluem turismo, geração de energia (usinas termonucleares), estaleiros, marinas particulares, terminais petrolíferos, um porto comercial, e pesca recreacional e comercial (artesanal e industrial).

Um total de seis locais foram selecionados para as amostragens de peixes recifais, situados ao longo de um gradiente de distância da costa e do canal de navegação da BIG. Desses locais, três estão localizados nas ilhas pequenas de Brandão, Búzios e Imboassica (perímetro < 2,3 km), e três na Ilha Grande (perímetro > 100 km), nos pontos de Bananal, Longa e Sítio Forte (Figura 1). Os recifes das ilhas pequenas são isolados pela planície arenosa, enquanto os recifes da Ilha Grande possuem maior área de substrato rochoso contínuo. Os pontos de Imboassica e Bananal estão localizados próximos ao canal de navegação e à região de ancoragem e reparo de plataformas. Diferentemente, os pontos restantes das ilhas pequenas, Brandão e Búzios, e da Ilha Grande, Longa e Sítio Forte, estão mais distantes dessas influências.

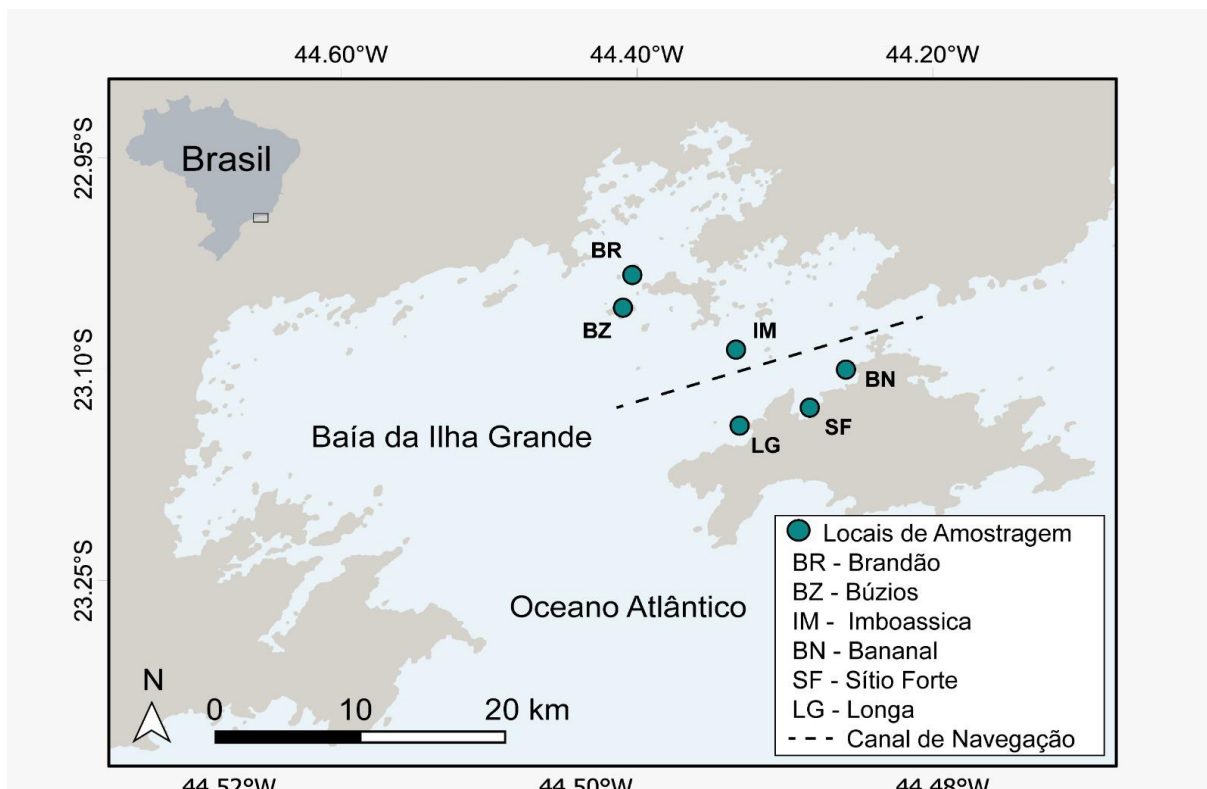


Figura 1. Área de estudo da Baía da Ilha Grande, Sudeste do Brasil, com indicação dos locais de amostragem. Fonte: elaborado pelo autor (2025).

2.2. AMOSTRAGEM DE PEIXES RECIFAIS

Censos visuais subaquáticos foram realizados para a amostragem de peixes recifais, entre julho de 2022 e abril de 2023. Os censos foram realizados através de mergulho SCUBA ao longo de transectos de 40 m² (20 x 2 m). Os peixes foram contabilizados pelo mergulhador nadando ativamente, identificando as espécies presentes a 1m à direita e 1m à esquerda ao longo de toda a extensão do transecto em duas passagens. Na primeira passagem, foi realizada a identificação das espécies nadando ativamente na coluna d'água, enquanto na segunda, os peixes mais associados ao fundo e entocados foram identificados. Em cada local foram realizados entre 6 e 12 transectos cobrindo uma área total entre 240 m² e 480 m², totalizando 47 transectos em todo o estudo. As amostragens foram realizadas em condições oceanográficas estáveis, entre 9:00 e 16:00.

Os peixes foram classificados em grupos tróficos de acordo com a literatura disponível (Pinheiro *et al.* 2018; Floeter *et al.* 2023) e dados complementares do FishBase (Froese & Pauly 2024).

2.3. AMOSTRAGEM DA COBERTURA BENTÔNICA E COMPLEXIDADE TOPOGRÁFICA

Fotoquadrados de 3.600 cm² (60 cm x 60 cm) foram realizados na mesma área dos transectos (40 m²) para estimar a cobertura relativa de macroalgas e invertebrados sésseis. As fotografias foram realizadas através de SCUBA utilizando uma câmera digital (Canon PowerShot G7x) anexada a uma caixa à prova d'água e fixada ao quadrado de policloreto de vinila (PVC). As fotografias foram tiradas alternadamente 1 m à direita e 1 m à esquerda de uma linha transversal, cobrindo todo o comprimento do transecto. Em cada transecto, aproximadamente 20 fotografias foram tiradas, totalizando 1034 fotografias. Na mesma posição de cada fotoquadrado, a estimativa da altura em metros da rocha mais alta (altura do substrato) foi tomada seguindo Neves *et al.* (2016). A profundidade em cada transecto foi medida com auxílio do computador de mergulho.

2.4. IDENTIFICAÇÃO DAS COMUNIDADES BENTÔNICAS

A porcentagem da cobertura das comunidades bentônicas foi estimada através do software Coral Point with Excel Extensions - CPCe 4.1 (Kohler & Gill 2006). O total de 40 pontos aleatórios foi plotado por fotografia, e os organismos sob cada um dos pontos foram identificados. Organismos bentônicos sésseis e semi-sésseis, expressos como percentual de cobertura, foram agrupados da seguinte forma (adaptado de Steneck & Dethier 1994): algas calcárias incrustantes (CCA); turf (algas filamentosas que formam um denso tapete < 5 cm); algas frondosas, compostas principalmente por algas marrons (ex.: *Sargassum* e *Dictyopteris*); zoantídeos (ex.: *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*); e corais duros (ex.: *Mussismilia hispida*). A porção inorgânica do costão rochoso também foi quantificada (ex: areia, rocha).

Foram utilizadas as nomenclaturas do World Register of Marine Species (WoRMS Editorial Board 2021) e AlgaeBase (Guiry & Guiry 2021) para classificação, à nível de gênero e espécie, dos organismos invertebrados e das algas, respectivamente. Para os grupos morfofuncionais utilizou-se da nomenclatura

presente na literatura sobre ecologia de corais e de costões rochosos (Connell *et al.*, 2014).

2.5. INFLUÊNCIAS ANTRÓPICAS

As variáveis relacionadas à influência antrópica foram as medidas de distância em quilômetros do local de amostragem para o ponto mais próximo da costa e do canal de navegação da BIG, seguindo Teixeira-Neves *et al.* (2015). A distância da costa foi incluída como um proxy das influências antrópicas, devido aos recifes mais distantes serem comparativamente menos acessíveis a influência humana relacionada a ancoragem e pisoteio do substrato, poluição por óleo - mais intensa próximo a marinas, rampas e praias. A distância do canal de navegação foi utilizada para considerar a influência da entrada/saída e fundeio de navios, rebocadores, petroleiros e plataformas na BIG sobre a biota recifal (Corrêa 2014). Os recifes mais próximos ao canal possuem maior potencial de serem invadidos por espécies exóticas, contaminados com o vazamento de óleo, descarga do esgoto de embarcações, e tintas anti-incrustantes.

2.6. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados da estrutura do habitat (porcentagem de cobertura de organismos bentônicos, altura do substrato e profundidade) e dos parâmetros da assembleia de peixes (estrutura da assembleia, número de indivíduos, riqueza e grupos tróficos) foram analisados considerando o transecto (40m²) o menor nível de replicação. Um único valor para cada transecto (média das 20 fotografias) foi calculado para as variáveis do habitat. A existência de preditores altamente correlacionados e a necessidade de transformação dos dados foram verificados utilizando um *draftsman plot*. Os valores referentes à abundância e riqueza das espécies de peixes recifais foram transformados pela raiz quadrada, para minimizar a influência de valores extremos e do zero.

A análise de componentes principais (PCA) baseada na correlação entre as variáveis do habitat (ex.: cobertura de CCA, algas frondosas, zoantídeos, turf e corais duros, profundidade e altura do substrato), distância da costa e do canal de navegação

foi realizada para descrever a variabilidade ambiental dos locais amostrados. Para essa análise, os dados foram normalizados para padronizar a contribuição das variáveis medidas em diferentes escalas.

A análise de variância permutacional (PERMANOVA; Anderson 2014) foi utilizada para testar as diferenças espaciais na estrutura da assembleia e dos grupos tróficos, riqueza e abundância de peixes recifais. O tamanho da ilha (2 níveis, ilha pequena x ilha grande) foi considerado um fator fixo, e os locais (Brandão, Búzios, Imboassica; Bananal, Sítio Fonte e Longa) um fator aleatório, aninhado no tamanho da ilha.

O modelo linear baseado em distância (DistLM) foi utilizado para identificar os preditores que melhor explicam a variabilidade na estrutura da assembleia de peixes. O método de seleção “best”, com base no Critério de Informação de Akaike (AIC), foi usado para selecionar o modelo final (Akaike 1973; Akaike 1974). Os padrões espaciais da assembleia de peixes entre locais e tamanho da ilha, foram visualizados utilizando a análise de redundância baseada em distância (dbRDA), considerando o modelo mais parcimonioso gerado pelo DistLM, associada a uma correlação de Pearson $> 0,4$, para identificar as espécies que mais contribuem para a variação. Matrizes de similaridade de Bray-Curtis foram calculadas para dados multivariados (estrutura da assembleia e dos grupos tróficos), enquanto matrizes de distância euclidiana (riqueza de espécies e abundância) foram calculadas para variáveis univariadas. As análises foram realizadas com o uso do pacote estatístico PRIMER versão 6 + PERMANOVA (Anderson *et al.* 2008).

3. RESULTADOS

3.1. VARIAÇÃO DO HABITAT

Os locais variaram principalmente quanto à cobertura de macroalgas, zoantídeos e complexidade topográfica (Figura 2, Apêndice A). Os recifes da Ilha Grande foram mais heterogêneos, variando entre áreas mais rasas (~4 m de profundidade), dominadas por algas frondosas e turf (50–82% da cobertura, Bananal) e áreas com maior altura do substrato e profundidade (6,5–12 m) (Longa e Sítio Forte). Em geral, os recifes das ilhas pequenas (Búzios e Brandão) caracterizaram-se pela

elevada cobertura de zoantídeos (geralmente > 50%), e maior distância para o canal de navegação.

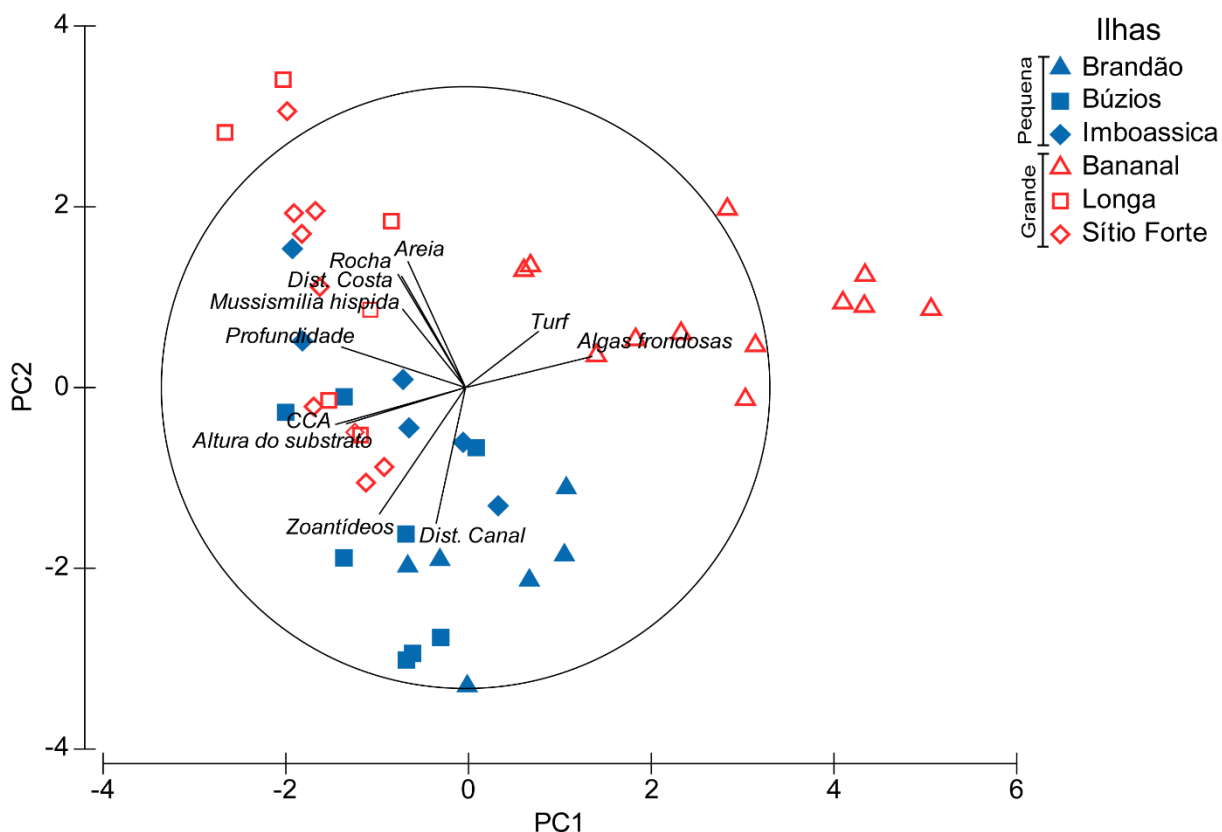


Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) da contribuição relativa de 11 variáveis para variação observada na estrutura do habitat. Fonte: elaborada pelo autor (2025).

3.2. COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES RECIFAIS

O total de 4424 indivíduos, pertencentes a 53 espécies e 31 famílias foi registrado em 47 transectos (Apêndice B). As assembleias foram dominadas por predadores de invertebrados móveis (26 espécies), seguidos pelos carnívoros (MCAR, 9), onívoros (ONIV, 7) e herbívoros (HEE e HET, 7), predadores de invertebrados sésseis (PIS, 3) e planctívoros (PLANC, 1). *Haemulon aurolineatum*, *Abudefduf saxatilis*, e *Coryphopterus* sp. foram os táxons mais abundantes, representando, aproximadamente, 80% de todos os peixes observados. As famílias mais ricas foram Serranidae (5 espécies), Haemulidae (4), e Pomacentridae (3). A média do número de indivíduos por transecto foi de $94,13 \pm 9,4$ (média $\pm$ erro padrão),

variando de 16 a 277 indivíduos, enquanto que a média da riqueza por transecto foi de $9,55 \pm 0,35$, e variou de 5 a 17 espécies. A Ilha Grande apresentou maior riqueza total (46), seguida pelas ilhas pequenas (35). A riqueza por grupo trófico (Figura 3) foi maior na Ilha Grande (MCAR – 9 espécies, HEE – 4, HET – 2, ONIV – 6, PLANC – 1, PIM – 22, PIS – 3); em comparação com as ilhas pequenas (MCAR – 4 espécies, HEE – 2, HET – 1, ONIV – 6, PLANC – 0, PIM – 19, PIS – 3). *Scarus trispinosus* e *Acanthurus chirurgus* foram exclusivamente observadas na Ilha Grande, enquanto *Sparisoma frondosum* e *Halichoeres poeyi* foram somente observadas nas ilhas pequenas.

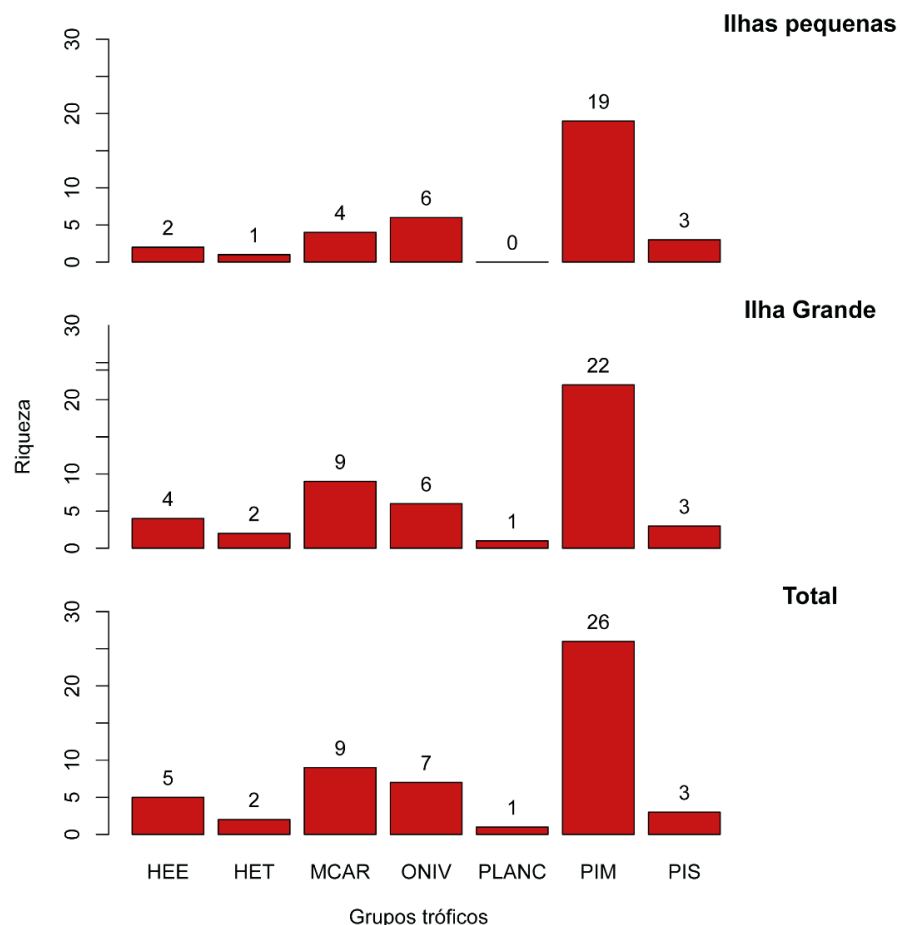


Figura 3. Riqueza de espécies dos grupos tróficos observados em ilhas de diferentes tamanhos. Os seis locais foram agrupados em dois grupos de tamanho: ilhas pequenas – Imboassica, Brandão e Búzios; Ilha Grande – Bananal, Longa e Sítio Forte. Grupos tróficos indicados: HEE – herbívoros errantes; HET – herbívoros territorialistas; MCAR – macrocarnívoros; ONIV – onívoros; PLANC – planctívoros; PIM – predadores de invertebrados móveis; PIS – predadores de invertebrados sésseis. Fonte: elaborado pelo autor (2025).

3.3. INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA ILHA SOBRE A ASSEMBLEIA DE PEIXES

O tamanho da ilha não foi relacionado a mudanças na estrutura da assembleia de peixes, dos grupos tróficos, da riqueza, e da abundância (Tabela 1). No entanto, a variabilidade entre os locais, exceto para a riqueza de espécies, foi significativa para estes parâmetros (valor de $p < 0,05$).

Tabela 1. Resultados da análise de variância permutacional (PERMANOVA) para **a.** estrutura da assembleia, **b.** grupos tróficos, **c.** riqueza e **d.** abundância de peixes recifes entre os locais e o tamanho da ilha (Pequena x Grande). df = graus de liberdade; MS = média da soma dos quadrados. Fonte: elaborada pelo autor (2025).

<i>a. Estrutura</i>					<i>b. Grupos tróficos</i>				
Fonte de variação	df	MS	F	p	Fonte de variação	df	MS	F	p
Tamanho	1	7396,3	1,1043	0,3765	Tamanho	1	4293,8	1,7141	0,2534
Local (Tamanho)	4	6432,8	4,851	0,0001	Local (Tamanho)	4	2587,6	4,5961	0,0001
Resíduos	41	1326,1			Resíduos	41	563		
Total	46				Total	46			

<i>c. Riqueza</i>					<i>d. Abundância</i>				
Fonte de variação	df	MS	F	p	Fonte de variação	df	MS	F	p
Tamanho	1	0,11358	0,62754	0,5704	Tamanho	1	37,126	1,3862	0,2976
Local (Tamanho)	4	0,18276	1,3114	0,2866	Local (Tamanho)	4	27,607	3,7305	0,0121
Resíduos	41	0,13936			Resíduos	41	7,4005		
Total	46				Total	46			

3.4. RELAÇÕES ENTRE PREDITORES E A ASSEMBLEIA DE PEIXES RECIFAIS

Algas frondosas, zoantídeos, distância da costa, distância do canal de navegação, e profundidade foram os preditores selecionados pelo DistLM, explicando 34,5% da variação na estrutura da assembleia (Figura 4). O primeiro eixo da dbRDA explicou 18,4% da variação, e distinguiu os locais mais distantes da costa (~10 km), dos locais com maior dominância de algas frondosas. O segundo eixo da dbRDA explicou 9,5% da variação da assembleia e diferenciou os locais com maiores profundidades, mais distantes do canal de navegação (> 10 km) e com maior

cobertura de zoantídeos (> 50%), dos locais mais rasos (< 4 m), e próximos do canal de navegação (2,5–3,7km).

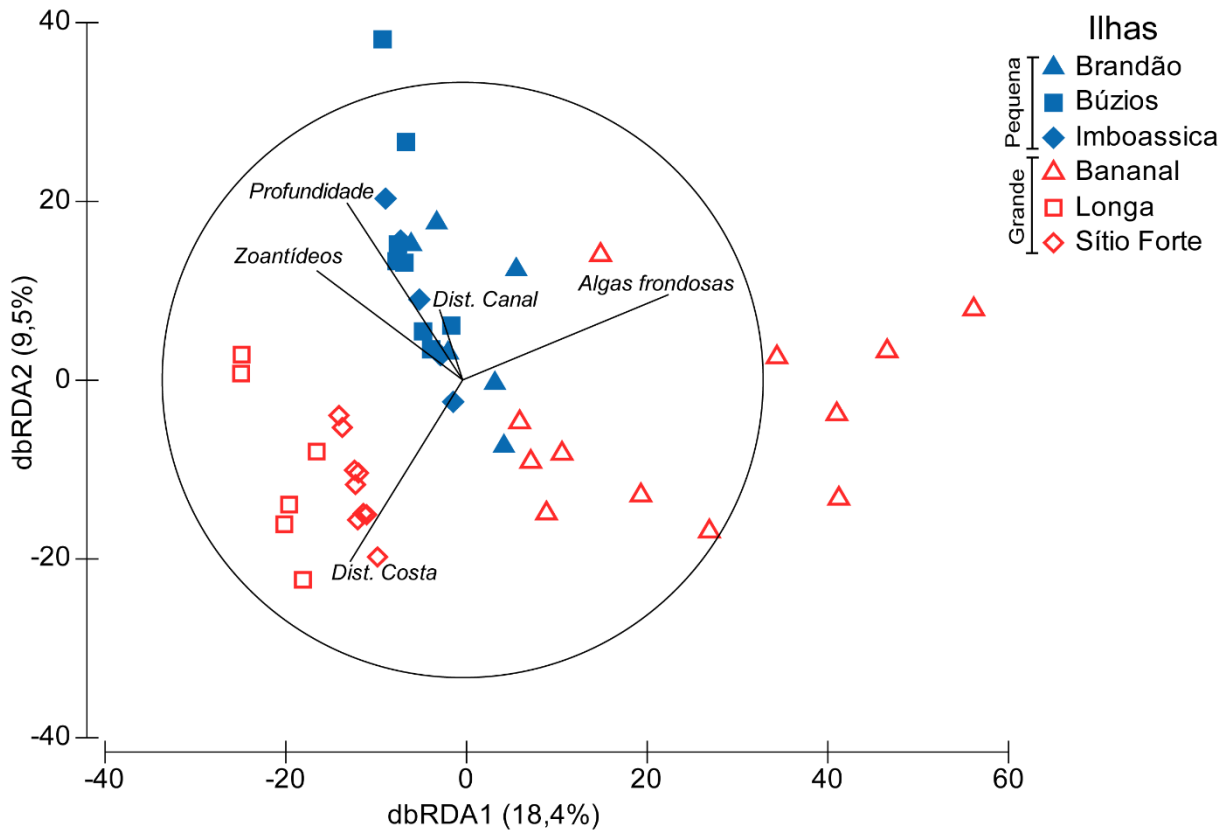


Figura 4. Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) demonstrando os padrões espaciais da assembleia de peixes recifais entre os locais e os tamanhos das ilhas associados aos preditores ambientais e antrópicos. Foi considerado o modelo mais parcimonioso gerado pelo DistLm, associado a uma correlação de Pearson > 0,4. Fonte: elaborada pelo autor (2025).

Os locais apresentaram composição de grupos tróficos variada (Figura 5). As espécies de herbívoros territorialistas (*Stegastes fuscus*), onívoros (*Abudefduf saxatilis*), e predadores de invertebrados móveis (*Coryphopterus* sp.) foram associadas aos recifes mais distantes da costa (~10 km) localizados na Ilha Grande (Longa e Sítio Forte). O recife próximo ao canal de navegação (2,5 km) e de menor profundidade (~4 m) da Ilha Grande (Bananal) foi dominado por peixes onívoros (*Diplodus argenteus*, *Stephanolepis hispidus*) e predadores de invertebrados móveis (*Haemulon steindachneri*, *Hippocampus reidi*, *Malacoctenus* sp., *Sphoeroides spengleri*, *Sphoeroides testudineus*). As maiores profundidades (> 5 m) e cobertura de

zoantídeos dos recifes das ilhas pequenas (Brandão, Búzios e Imboassica) foram associadas as maiores abundâncias da espécie planctívora/zoobentívora *Haemulon aurolineatum*, e dos predadores de invertebrados móveis *Halichoeres poeyi* e *Pareques acuminatus*.

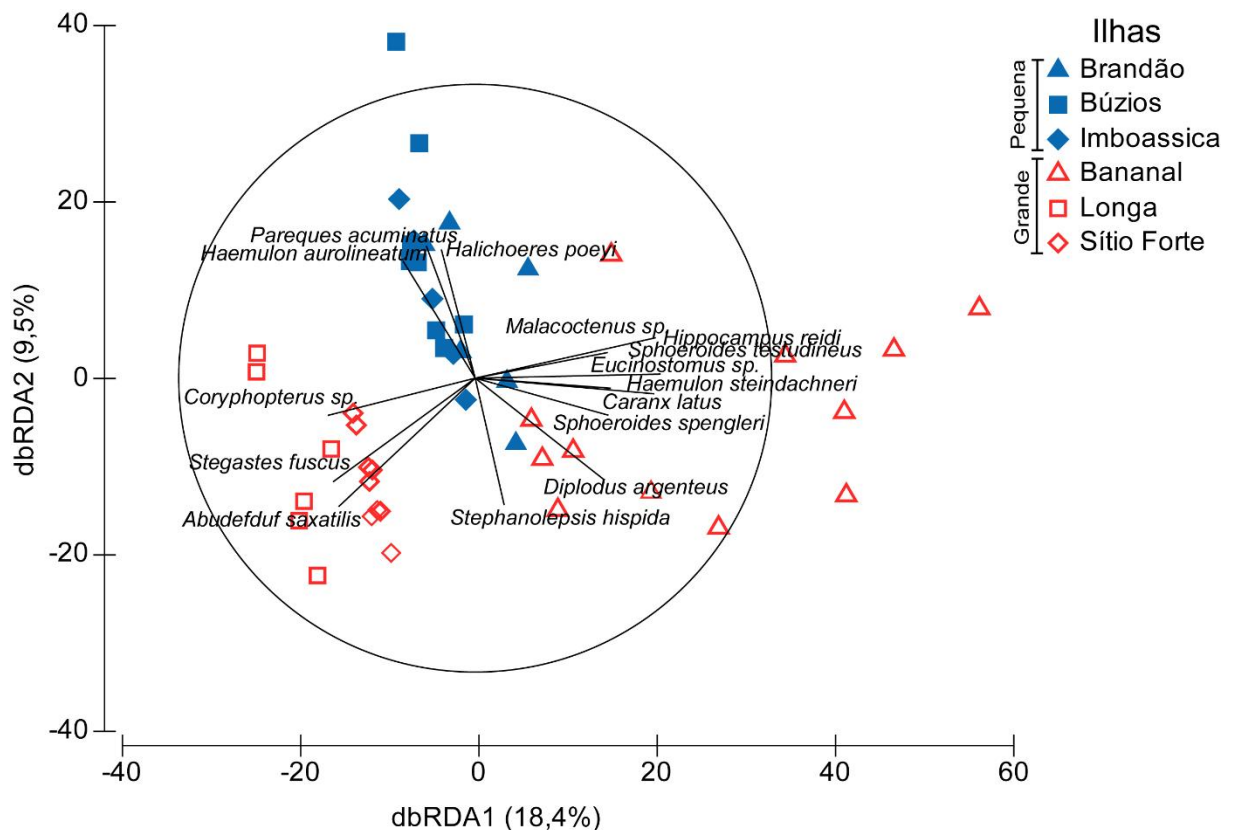


Figura 5. Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) demonstrando os padrões espaciais da assembleia de peixes recifais entre os locais e os tamanhos das ilhas associados às espécies. Foi considerado o modelo mais parcimonioso gerado pelo DistLm, associado a uma correlação de Pearson $> 0,4$. Fonte: elaborada pelo autor (2025).

4. DISCUSSÃO

Este estudo investigou os fatores que influenciam os padrões espaciais das assembleias de peixes recifais de ilhas de diferentes tamanhos da baía da Ilha Grande. Os recifes variaram quanto à cobertura de macroalgas, zoantídeos e corais duros, associadas a variações na profundidade, influência da costa e do canal de navegação, sem relação clara com o tamanho da ilha. A proximidade da costa e do

canal de navegação foi associada à estrutura do habitat mais distinta, dominada por algas frondosas. Em contrapartida, os zoantídeos dominaram nos locais mais distantes do canal, enquanto a complexidade topográfica e abundância de corais duros aumentou com a distância da costa. Fatores como a sedimentação e o hidrodinamismo podem ser centrais na variação da estrutura do habitat dos recifes da BIG.

A ressuspensão de sedimentos, causada pela dragagem do canal de navegação, e os menores níveis de hidrodinamismo, podem aumentar o depósito de sedimentos sobre o recife do Bananal. A adição de nutrientes relacionada ao aumento da sedimentação favorece o crescimento de macroalgas, mesmo com a diminuição da luz, no entanto, os efeitos são espécie-específicos (Ulmar *et al.* 1997; Sura *et al.* 2021; Grier *et al.* 2025). Por outro lado, ambientes marinhos mais sedimentados estão sujeitos à redução do crescimento, e inibição do assentamento e do recrutamento de larvas de corais (Wilber *et al.* 2015). Além disso, o sombreamento gerado por essas algas afeta o crescimento de corais em recifes rasos tropicais (Box & Mumby 2007). Diferentemente, devido às suas posições geográficas, os recifes das ilhas pequenas são mais hidrodinâmicos. É possível que a maior exposição às ondas garanta uma menor sedimentação local, promovendo o crescimento de *Palythoa caribaeorum* ao retirar os sedimentos finos, como areia, da superfície das colônias (Azevedo-Soto 2007).

Uma assembleia de peixes diversa foi observada nos recifes insulares estudados, com todos os sete grupos tróficos de peixes recifais registrados (Pinheiro *et al.* 2018). O número de espécies observadas (53 espécies) representou entre 65%–80% do registrado em estudos anteriores com esforço amostral maior na região da BIG (Corrêa, 2014; Neves *et al.* 2016, Teixeira-Neves *et al.* 2015). A assembleia foi dominada por espécies de predadores de invertebrados móveis (26 espécies; representando 64% da abundância total), um padrão comum em recifes rochosos subtropicais (Rodrigues *et al.* 2024). De maneira geral, os grupos tróficos foram melhor representados na Ilha Grande, com destaque para os herbívoros e macrocarnívoros, que englobam espécies alvo da pesca e com papéis chave para o funcionamento dos recifes. Espécies importantes para a dinâmica de detritos e formação de sedimentos (Tebbett *et al.* 2022), como os herbívoros budião-azul (*Scarus trispinosus*) e o peixe-cirurgião (*Acanthurus chirurgus*), foram pouco abundantes e observadas somente no local mais distante da costa (Longa), na Ilha Grande. Embora os macrocarnívoros

tenham sido representados por espécies de pequeno porte em todos os locais, o badejo-mira (*Mycteroperca acutirostris*) também foi mais abundante na Ilha Grande. O budião-azul e o badejo-mira são alvo da pesca subaquática, classificados como em perigo e dados insuficientes, respectivamente, na lista vermelha de espécies ameaçadas da fauna brasileira (ICMBio 2025). Estes resultados indicam que os recifes estudados estão sob intensa pressão antrópica, com risco de perder espécies chave para o seu funcionamento.

A ausência do efeito do tamanho da ilha na variação da assembleia de peixes contrasta com o conceito geral da relação espécie-área (MacArthur & Wilson 1967). No presente estudo, as distâncias entre as ilhas são pequenas para que o isolamento afete negativamente a riqueza, minimizando o efeito que a limitação à dispersão teria na composição da assembleia (Sandin *et al.* 2008). Algumas espécies conseguem cruzar a barreira (áreas de substrato arenoso) entre as ilhas (La Mesa *et al.* 2012; Garcia *et al.* 2014), limitando a influência da área. Além disso, as espécies que mais se movimentam, como grandes budiões (3–10km), garoupas, pargos e xaréus (dezenas a centenas de quilômetros; Green *et al.* 2015), que poderiam se beneficiar da maior área da ilha, foram pouco abundantes em todos os locais. A pressão de pesca impacta os padrões de distribuição espacial dos peixes recifais e reduz a inclinação das curvas de relação espécie-área (Tittensor *et al.* 2007). A elevada variabilidade da assembleia entre os locais indica que particularidades dos habitats e influências ambientais possuem maior importância para a assembleia do que o tamanho da ilha.

Este estudo demonstrou que características locais dos habitats, como a cobertura de macroalgas e zoantídeos, a profundidade, e a distância de fontes de distúrbios antrópicos foram os melhores preditores da variação das assembleias de peixes entre os locais. Os bancos de macroalgas formadoras de dossel sustentam elevadas taxas de produção secundária nos recifes através da epifauna associada (Tano *et al.* 2016; Chen *et al.* 2020), e foram marcados neste estudo por elevada abundância de peixes invertívoros e macrocarnívoros (*Eucinostomus* sp., *Hippocampus reidi*, *Malacoctenus* sp., *Sphoeroides spengleri*, *Sphoeroides testudineus*, *Caranx latus*) de pequeno porte, no recife do Bananal. Peixes invertívoros se alimentam de invertebrados sustentados pela produção primária (Chen *et al.* 2022) e se beneficiam da proteção fornecida pela estrutura das macroalgas contra piscívoros mesopredadores (Srednick & Steele 2022). Por outro lado, os herbívoros

territorialistas foram associados aos recifes mais distantes da costa da Ilha Grande, nas áreas com menor influência da descarga de rios e fluxos de sedimentos. apresentando o mesmo padrão de distribuição em estudos anteriores na BIG (Neves *et al.* 2016). O sedimento depositado sobre o turf suprime a herbivoria de peixes recifais, com cargas de sedimentação menores, resultando em maiores taxas de alimentação por herbívoros (Bellwood & Furton 2008; Goatley & Bellwood 2012). Além disso, a influência da distância da costa na variação da assembleia de peixes tem sido associada a impactos oriundos de outras fontes no continente (e.g. poluição, pressão de pesca), promovendo mudanças drásticas nas assembleias em pequenas escalas (< 3 km) espaciais (Teixeira-Neves *et al.* 2015; Neves *et al.* 2016).

Os zoantídeos e a profundidade foram associados principalmente a espécies gregárias que compartilham hábitos planctívoros e zoobentívoros (*Haemulon aurolineatum*) ao longo da vida, mais abundantes nas ilhas pequenas. A profundidade está associada à maior área de substrato disponível para forrageamento, reprodução ou descanso (Gibran & Moura 2012), pois os recifes mais rasos são geralmente mais estreitos e menos estruturados comparados aos mais profundos (Fonseca *et al.* 2021). Os planctívoros são influenciados por fatores físicos relacionados à movimentação da água devido a dinâmica das comunidades zooplancônicas depender da ação de ventos do oceano trazer nutrientes para áreas rasas (Karnauskas *et al.* 2012).

5. CONCLUSÃO

Este estudo destaca a importância das particularidades locais dos habitats e suas distâncias para fontes de distúrbios antrópicos na estrutura de peixes recifais em recifes rochosos na BIG. A ausência de uma relação entre o tamanho da ilha e a composição das assembleias de peixes sugere que, em escalas espaciais com baixo isolamento entre habitats, a dispersão de espécies e as características ambientais locais assumem maior relevância na dinâmica espacial dessas comunidades. O impacto da ressuspensão e depósito de sedimentos sobre o recife, e da pesca sobre espécies alvo, parecem exercer papel crucial nos padrões de distribuição observados, com implicações diretas para a funcionalidade dos ecossistemas recifais. A baixa abundância de espécies ameaçadas, como o budião-azul (*Scarus trispinosus*) e peixes da família Epinephelidae (badejos e garoupas), destaca a necessidade de medidas de conservação e manejo para mitigar impactos humanos.

Diante da variabilidade observada entre os locais de amostragem, é essencial considerar as características locais dos habitats ao planejar estratégias de conservação. Nossos resultados apontam para a necessidade de abordagens que considerem a variação da assembleia de peixes recifais ser moldada por um conjunto de fatores antrópicos e da paisagem marinha.

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO-SOTO, Verónica. Effects of sedimentation on the distribution and ecology of the reef zoanthid *Palythoa caribaeorum*. 2007.

ADVANI, Sahir *et al.* Distance from a fishing community explains fish abundance in a no-take zone with weak compliance. **Plos one**, v. 10, n. 5, p. e0126098, 2015.

AKAIKE, Hirotogu. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: **Selected papers of hirotugu akaike**. New York, NY: Springer New York, 1998. p. 199-213.

AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

ALHO, Cleber José Rodrigues; SCHNEIDER, Maurício; VASCONCELLOS, Luis Antonio. Degree of threat to the biological diversity in the Ilha Grande State Park (RJ) and guidelines for conservation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 375-385, 2002.

ANDERSON, Marti. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. **Primer-E Limited.**, 2008.

ANDERSON, Marti J. Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA). **Wiley statsref: statistics reference online**, p. 1-15, 2014.

BEGER, Maria; POSSINGHAM, Hugh P. Environmental factors that influence the distribution of coral reef fishes: modeling occurrence data for broad-scale conservation and management. **Marine Ecology Progress Series**, v. 361, p. 1-13, 2008.

BEJARANO, Sonia; MUMBY, Peter J.; SOTHERAN, Ian. Predicting structural complexity of reefs and fish abundance using acoustic remote sensing (RoxAnn). **Marine Biology**, v. 158, p. 489-504, 2011.

BELLWOOD, David R. *et al.* Confronting the coral reef crisis. **Nature**, v. 429, n. 6994, p. 827-833, 2004.

BELLWOOD, David R.; FULTON, Christopher J. Sediment-mediated suppression of herbivory on coral reefs: Decreasing resilience to rising sea-levels and climate change?. **Limnology and Oceanography**, v. 53, n. 6, p. 2695-2701, 2008.

BOUCHON-NAVARO, Yolande; BOUCHON, Claude. Correlations between chaetodontid fishes and coral communities of the Gulf of Aqaba (Red Sea). **Environmental Biology of Fishes**, v. 25, p. 47-60, 1989.

BOX, Steve J.; MUMBY, Peter J. Effect of macroalgal competition on growth and survival of juvenile Caribbean corals. **Marine Ecology Progress Series**, v. 342, p. 139-149, 2007.

CANNING-CLODE, João. Biological Invasions in Changing Ecosystems. **Warschau/Berlin**, 2015.

CHEN, Yi-Yang; COOPER, Paul; FULTON, Christopher J. Sargassum epifaunal communities vary with canopy size, predator biomass and seascape setting within a fringing coral reef ecosystem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 640, p. 17-30, 2020.

CHEN, Yi-Yang; JENNIONS, Michael; FOX, Rebecca J. Foraging microhabitat preferences of invertivorous fishes within tropical macroalgal meadows: identification of canopy specialists. **Coral Reefs**, v. 41, n. 5, p. 1511-1522, 2022.

CHITTARO, Paul M. Species-area relationships for coral reef fish assemblages of St. Croix, US Virgin Islands. **Marine Ecology Progress Series**, v. 233, p. 253-261, 2002.

CHONG-SENG, Karen M. *et al.* The influence of coral reef benthic condition on associated fish assemblages. 2012.

CONNOLLY, Sean R. *et al.* Community structure of corals and reef fishes at multiple scales. **Science**, v. 309, n. 5739, p. 1363-1365, 2005.

CORRÊA, Carolina *et al.* Estrutura da assembleia de peixes recifais em costões rochosos da Ilha Grande, RJ: influência da complexidade topográfica, cobertura bêntica e atividade antrópica. 2014.

CREED, Joel C. **Biodiversidade marinha da baía da Ilha Grande**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria Nacional de Biodiversidade e Florestas, 2007.

DE MESQUITA, Afranio Rubens. Marés, circulação e nível do mar na Costa Sudeste do Brasil. **Laboratório MAPTOLAB (Laboratório de Marés e Processos Temporais Oceânicos)**: www.mares.io.usp.br Ícone Marés, 1997.

DEMARTINI, E. *et al.* Terrigenous sediment impact on coral recruitment and growth affects the use of coral habitat by recruit parrotfishes (F. Scaridae). **Journal of coastal conservation**, v. 17, p. 417-429, 2013.

EARLE, Sylvia A. **The world is blue: How our fate and the ocean's are one**. National Geographic Books, 2010.

ERIKSSON, Britas Klemens; RUBACH, Anja; HILLEBRAND, Helmut. Biotic habitat complexity controls species diversity and nutrient effects on net biomass production. **Ecology**, v. 87, n. 1, p. 246-254, 2006.

FLOETER, Sergio R. *et al.* Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, n. 4, p. 423-431, 2001.

FLOETER, Sergio R.; PINHEIRO, Hudson Tércio; ROCHA, Luiz A. Biogeografia e evolução dos peixes recifais brasileiros. **Peixes recifais brasileiros/Brazilian reef fishes**, 2023.

FONSECA, Milaine S. *et al.* Drivers of distribution of the parrotfish *Sparisoma frondosum* (agassiz, 1831) in Southwest Atlantic rocky reefs: Insights for management and conservation. **Ocean & Coastal Management**, v. 209, p. 105642, 2021.

FORMIGA-JOHNSON, R.M. & IKEMOTO, S.M. 2015. Diagnóstico do setor costeiro da Baía da Ilha Grande subsídios à elaboração do zoneamento ecológico-econômico costeiro. Volume I. Governo do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Estado do Ambiente, Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro.

FRIEDLANDER, Alan M.; PARRISH, James D. Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 224, n. 1, p. 1-30, 1998.

GARCIA, Jessica *et al.* Movement patterns of fish in a Martinique MPA: implications for marine reserve design. **Marine Ecology Progress Series**, v. 513, p. 171-185, 2014.

GARCÍA-CHARTON, Jose Antonio *et al.* Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. **Marine Biology**, v. 144, p. 161-182, 2004.

GIBRAN, Fernando Zaniolo; MOURA, Rodrigo Leão de. The structure of rocky reef fish assemblages across a nearshore to coastal islands' gradient in Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, p. 369-382, 2012.

GOATLEY, Christopher HR; BELLWOOD, David R. Sediment suppresses herbivory across a coral reef depth gradient. **Biology letters**, v. 8, n. 6, p. 1016-1018, 2012.

GREEN, Alison L. *et al.* Larval dispersal and movement patterns of coral reef fishes, and implications for marine reserve network design. **Biological Reviews**, v. 90, n. 4, p. 1215-1247, 2015.

GRIER, Shalanda R. *et al.* Sediment, light, and interspecific interactions have strong but independent species-specific effects on two dominant coral reef macroalgae. **Marine Biology**, v. 172, n. 2, p. 1-16, 2025.

Guiry MD, Guiry GM (2019) Algae Base. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível: <http://www.algaebase.org>. Acessado em 13 de março de 2025.

ICMBio, 2025. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/>. Acessado em: 13 de março de 2025.

Ignacio BL, Julio LM, Junqueira AOR, Ferreira-Silva MAG (2010) Bioinvasion in a Brazilian bay: filling gaps in the knowledge of southwestern Atlantic biota. **PloS one**, v. 5, n. 9, p 1–9.

INEA. Parque Estadual da Ilha Grande: Plano de Manejo (Fase 2)/Resumo Executivo. Rio de Janeiro: INEA, 2013, 98 p

KARNAUSKAS, Mandy *et al.* Physical forces influence the trophic structure of reef fish communities on a remote atoll. **Limnology and oceanography**, v. 57, n. 5, p. 1403-1414, 2012.

KJERFVE, Björn *et al.* Oceanographic and environmental characteristics of a coupled coastal bay system: Baía de Ilha Grande-Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 41, p. 101594, 2021.

KOHLER, Kevin E.; GILL, Shaun M. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Computers & geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1259-1269, 2006.

LA MESA, Gabriele *et al.* Movement patterns of the parrotfish *Sparisoma cretense* in a Mediterranean marine protected area. **Marine environmental research**, v. 82, p. 59-68, 2012.

MACARTHUR, Robert H.; WILSON, Edward O. **The theory of island biogeography**. Princeton university press, 2001.

MCCLANAHAN, T.; KARNAUSKAS, Mandy. Relationships between benthic cover, current strength, herbivory, and a fisheries closure in Glovers Reef Atoll, Belize. **Coral Reefs**, v. 30, p. 9-19, 2011.

Ministério do Meio Ambiente - MMA (2002) Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade Brasileira. Fundação Bio-RIO, SECTAM, IDEMA, SNE, Brasília.

NEVES, Leonardo M. *et al.* The farther the better: effects of multiple environmental variables on reef fish assemblages along a distance gradient from river influences. **PloS one**, v. 11, n. 12, p. e0166679, 2016.

NEVES, Leonardo M. *et al.* Estrutura e diversidade das assembleias de peixes recifais na Baía da Ilha Grande: importância de variáveis físicas, da estrutura do habitat e variações temporais de curto prazo. 2013.

PINHEIRO, Hudson T. *et al.* South-western Atlantic reef fishes: Zoogeographical patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity centre in the Atlantic Ocean. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 7, p. 951-965, 2018.

RODRIGUES, Thiago E. *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, n. 8, p. 909-925, 2024.

SANDIN, Stuart A.; VERMEIJ, Mark JA; HURLBERT, Allen H. Island biogeography of Caribbean coral reef fish. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 6, p. 770-777, 2008.

STENECK, Robert S.; DETHIER, Megan N. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. **Oikos**, p. 476-498, 1994.

SREDNICK, Griffin S.; STEELE, Mark A. Macroalgal physical structure predicts variation in some attributes of temperate fish assemblages better than macroalgal species composition. **Marine Biology**, v. 169, n. 11, p. 147, 2022.

SRINIVASAN, Maya. Depth distributions of coral reef fishes: the influence of microhabitat structure, settlement, and post-settlement processes. **Oecologia**, v. 137, p. 76-84, 2003.

SURA, Shayna A. *et al.* Responses of two common coral reef macroalgae to nutrient addition, sediment addition, and mechanical damage. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 536, p. 151512, 2021.

TANO, Stina *et al.* Tropical seaweed beds are important habitats for mobile invertebrate epifauna. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 183, p. 1-12, 2016.

TEBBETT, Sterling B.; SIQUEIRA, Alexandre C.; BELLWOOD, David R. The functional roles of surgeonfishes on coral reefs: past, present and future. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, p. 1-53, 2022.

TEIXEIRA-NEVES, Tatiana Pires; NEVES, Leonardo Mitrano; ARAÚJO, Francisco Gerson. The development of a preliminary rock reef fish multimetric index for assessing thermal and urban impacts in a tropical bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 290-300, 2016.

TEIXEIRA-NEVES, Tatiana Pires; NEVES, Leonardo Mitrano; ARAÚJO, Francisco Gerson. Hierarchizing biological, physical and anthropogenic factors influencing the structure of fish assemblages along tropical rocky shores in Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 98, p. 1645-1657, 2015.

TEIXEIRA-NEVES, Tatiana Pires; NEVES, Leonardo Mitrano; ARAÚJO, Francisco Gerson. Hierarchizing biological, physical and anthropogenic factors influencing the structure of fish assemblages along tropical rocky shores in Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 98, p. 1645-1657, 2015.

TITTENSOR, Derek P. *et al.* Human impacts on the species–area relationship in reef fish assemblages. **Ecology Letters**, v. 10, n. 9, p. 760-772, 2007.

UMAR, M. J.; MCCOOK, L. J.; PRICE, I. R. Effects of sediment deposition on the seaweed *Sargassum* on a fringing coral reef. **Coral Reefs**, v. 17, p. 169-177, 1998.

WILBER, Dana H. *et al.* Sedimentation: potential biological effects of dredging operations in estuarine and marine environments. 2005.

WoRMS Editorial Board (2019) World Register of Marine Species. Disponível: <http://www.marinespecies.org>. Acessado em 13 de março de 2025.

7. APÊNDICES

7.1. APÊNDICE A – VARIAÇÃO DA COBERTURA BENTÔNICA ENTRE OS LOCAIS AMOSTRADOS

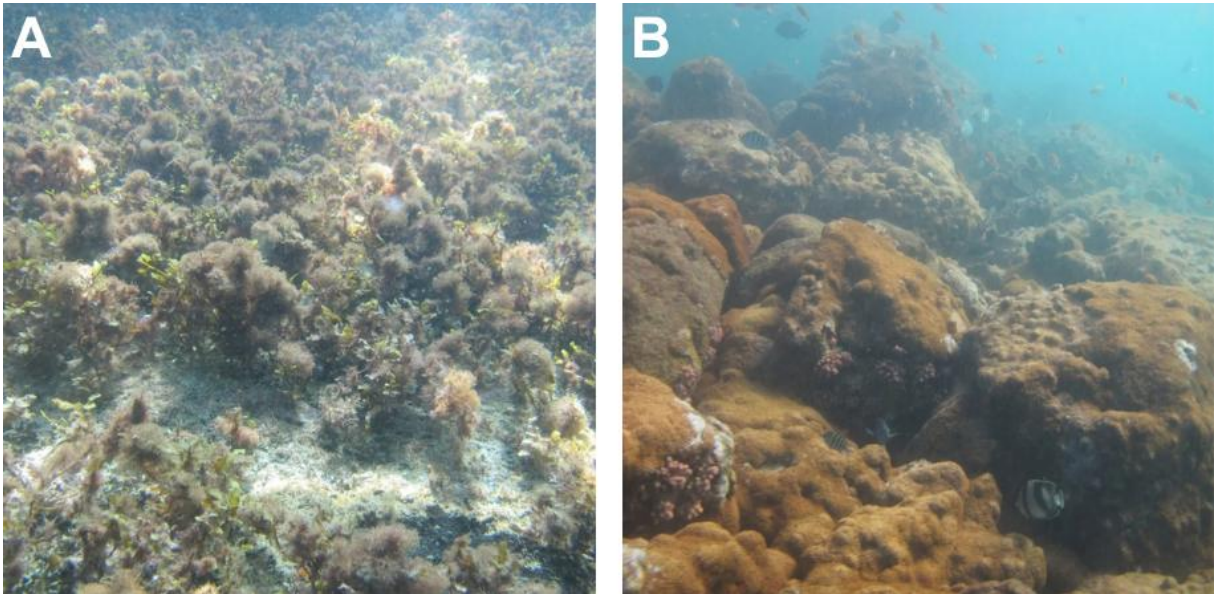


Figura 2. (A) Predomínio de macroalgas sob o substrato arenoso no Bananal. (B) Maior cobertura de zoantídeos em Búzios.

7.2. APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE PEIXES RECIFAIS

Tabela 1. Composição de espécies, abundância (média $\pm$ EP), porcentagem da abundância relativa (AR) e frequência de ocorrência (FO) para as espécies de peixes observadas em ilhas de tamanhos diferentes. Os seis locais foram agrupados em dois grupos de tamanho: ilhas pequenas – Imboassica, Brandão e Búzios; Ilha Grande – Bananal, Longa e Sítio Forte. Grupos tróficos indicados: HEE – herbívoros errantes; HET – herbívoros territorialistas; MCAR – macrocarnívoros; ONIV – onívoros; PLANC – planctívoros; PIM – predadores de invertebrados móveis; PIS – predadores de invertebrados sésseis. Fonte: elaborada pelo autor (2025).

	Grupo trófico	Ilhas pequenas			Ilha Grande		
		Abundância	AR%	FO%	Abundância	AR%	FO%
Acanthuridae							
<i>Acanthurus chirurgus</i>	HEE				0,08±0,05	0,10	7,69

	Grupo trófico	Ilhas pequenas			Ilha Grande		
		Abundância	AR%	FO%	Abundância	AR%	FO%
Blenniidae							
<i>Parablennius marmoratus</i>	ONIV	1,65±0,33	1,40	75	1,31±0,41	1,69	57,69
Carangidae							
<i>Caranx latus</i>	MCAR	0,1±0,07	0,08	10	1,15±0,59	1,49	30,77
Chaenopsidae							
<i>Emblemariopsis signifer</i>	PIM	0,15±0,11	0,13	10	0,04±0,04	0,05	3,85
Chaetodontidae							
<i>Chaetodon striatus</i>	PIS	0,8±0,2	0,68	50	0,31±0,11	0,40	26,92
Dactylopteridae							
<i>Dactylopterus volitans</i>	PIM		0,00		0,04±0,04	0,05	3,85
Diodontidae							
<i>Chilomycterus spinosus</i>	PIS	0,05±0,05	0,04	5	0,04±0,04	0,05	3,85
Epinephelidae							
<i>Myteroperca acutirostris</i>	MCAR				0,08±0,05	0,10	7,69
Gerreidae							
<i>Eucinostomus</i> sp.	PIM				0,77±0,44	0,99	19,23
Gobiidae							
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	PIM	3,15±1,15	2,67	65	5,15±1,2	6,65	73,08
<i>Elacatinus figaro</i>	PIM	0,8±0,26	0,68	45	0,19±0,08	0,25	19,23
Haemulidae							
<i>Anisotremus surinamensis</i>	PIM	0,2±0,09	0,17	20	0,04±0,04	0,05	3,85
<i>Anisotremus virginicus</i>	PIM	0,5±0,21	0,42	25	0,23±0,12	0,30	15,38
<i>Haemulon aurolineatum</i>	PIM	86,4±18,76	73,25	90	29,27±8,42	37,77	65,38
<i>Haemulon steindachneri</i>	PIM	4,05±1,89	3,43	50	2,5±0,68	3,23	61,54
Holocentridae							
<i>Holocentrus adscensionis</i>	PIM	0,15±0,11	0,13	10	0,12±0,06	0,15	11,54
Kyphosidae							
<i>Kyphosus</i> sp.	HEE				0,04±0,04	0,05	3,85
Labridae							
<i>Bodianus pulchellus</i>	PIM				0,08±0,05	0,10	7,69
<i>Halichoeres poeyi</i>	PIM	0,15±0,08	0,13	15		0,00	0,00
Labrisomidae							
<i>Labrisomus cricota</i>	PIM	0,05±0,05	0,04	5			
<i>Labrisomus nuchipinnis</i>	PIM	0,2±0,12	0,17	15	0,23±0,1	0,30	19,23
<i>Malacoctenus</i> sp.	PIM	0,25±0,12	0,21	20	0,42±0,19	0,55	19,23
Monacanthidae							
<i>Cantherhines macrocerus</i>	ONIV	0,1±0,07	0,08	10			
<i>Cantherhines pullus</i>	ONIV	0,05±0,05	0,04	5	0,12±0,06	0,15	11,54
<i>Stephanolepis hispidus</i>	ONIV	0,2±0,09	0,17	20	0,62±0,14	0,79	50,00
Mullidae							
<i>Pseudupeneus maculatus</i>	PIM				0,04±0,04	0,05	3,85
Muraenidae							
<i>Gymnothorax moringa</i>	MCAR				0,04±0,04	0,05	3,85

	Grupo trófico	Ilhas pequenas			Ilha Grande		
		Abundância	AR%	FO%	Abundância	AR%	FO%
Ostraciidae							
<i>Acanthostracion polygonius</i>	ONIV				0,04±0,04	0,05	3,85
Pempheridae							
<i>Pempheris schomburgkii</i>	PLANC	2,15±1,37	1,82	20	1,27±1,15	1,64	15,38
Pomacanthidae							
<i>Pomacanthus paru</i>	PIS	0,6±0,28	0,51	30	0,58±0,16	0,74	38,46
Pomacentridae							
<i>Abudefduf saxatilis</i>	ONIV	11,25±3,17	9,54	70	22,38±3,4	28,88	80,77
<i>Stegastes fuscus</i>	HET	1,6±0,46	1,36	55	3,12±0,89	4,02	69,23
<i>Stegastes variabilis</i>	HET				0,04±0,04	0,05	3,85
Scaridae							
<i>Cryptotomus roseus</i>	HEE				0,04±0,04	0,05	3,85
<i>Scarus trispinosus</i>	HEE						
<i>Sparisoma frondosum</i>	HEE	0,05±0,05	0,04	5			
Sciaenidae							
<i>Odontoscion dentex</i>	MCAR	0,05±0,05	0,04	5	0,15±0,15	0,20	3,85
<i>Pareques acuminatus</i>	PIM	0,9±0,25	0,76	50	0,12±0,06	0,15	11,54
Scorpaenidae							
<i>Scorpaena</i> sp.	MCAR				0,04±0,04	0,05	3,85
Serranidae							
<i>Diplectrum formosum</i>	MCAR	0,05±0,05	0,04	5	0,31±0,27	0,40	7,69
<i>Diplectrum radiale</i>	MCAR		0,00	0	0,12±0,08	0,15	7,69
<i>Diplectrum</i> sp.	MCAR	0,3±0,13	0,25	25	0,19±0,1	0,25	15,38
<i>Serranus baldwini</i>	PIM	0,25±0,12	0,21	20	0,19±0,08	0,25	19,23
<i>Serranus flaviventris</i>	PIM	0,1±0,07	0,08	10	0,04±0,04	0,05	3,85
Sparidae							
<i>Calamus penna</i>	PIM				0,12±0,08	0,15	7,69
<i>Diplodus argenteus</i>	ONIV	1,4±0,27	1,19	75	5,31±1,06	6,85	92,31
Syngnathidae							
<i>Hippocampus reidi</i>	PIM				0,04±0,04	0,05	3,85
<i>Micrognathus crinitus</i>	PIM	0,05±0,05	0,04	5			
Indeterminado	PIM	0,05±0,05	0,04	5			
Synodontidae							
<i>Synodus</i> sp.	MCAR				0,04±0,04	0,05	3,85
Tetraodontidae							
<i>Sphoeroides greeleyi</i>	PIM	0,05±0,05	0,04	5	0,12±0,06	0,15	11,54
<i>Sphoeroides spengleri</i>	PIM	0,1±0,1	0,08	5	0,31±0,12	0,40	23,08
<i>Sphoeroides testudineus</i>	PIM				0,08±0,08	0,10	3,85