



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA/UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



MARINA QUIRINO COSTA SANTOS

**ASCENSÃO DOS MESOPREDADORES? UMA ANÁLISE SOBRE O
ZONEAMENTO DE USO NAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES RECIFAIS
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL A COSTA DOS CORAIS -
AL**

Penedo - AL
2024

MARINA QUIRINO COSTA SANTOS

ASCENSÃO DOS MESOPREDADORES? UMA ANÁLISE SOBRE O
ZONEAMENTO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL COSTA
DOS CORAIS NAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES RECIFAIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Licenciatura em Ciências
Biológicas da Unidade
Educativa Penedo – Campus
Arapiraca da Universidade Federal
de Alagoas, como requisito parcial
para obtenção de grau de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Claudio L. S. Sampaio.

Penedo-AL
2024



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Unidade Educacional Penedo
Biblioteca Setorial Penedo-BSP

S237a Santos, Marina Quirino Costa
Ascensão dos mesopredadores? Uma análise sobre o zoneamento da área de proteção ambiental costa dos corais nas assembleias de peixes recifais. / Marina Quirino Costa Santos – Penedo, AL, 2024.
33 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Luis Santos Sampaio.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) -
Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Unidade Educacional Penedo,
Penedo, AL, 2024.

Referências: f. 26-31.
Anexo: f. 32-33.

1. Monitoramento recifal. 2 Conservação. 3. Ictiofauna. 4. Pesca. 5. Turismo. I.
Sampaio, Claudio Luis Santos. II. Título.

CDU 57

Bibliotecária responsável: Eliúde Maria da Silva
CRB - 4 / 1834



ATA DE DEFESA DO 152º TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos vinte e sete dias do mês de Novembro de 2024, às 16h, estiveram reunidos na Unidade Educacional Penedo, presentes ou de forma *online* via web conferência, os membros da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso de **MARINA QUIRINO COSTA SANTOS**, matrícula 18211811, intitulado **ASCENSÃO DOS MESOPREDADORES: UMA ANÁLISE SOBRE O ZONEAMENTO DE USO NAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES RECIFAIS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL A COSTA DOS CORAIS – AL**. Após a apresentação pelo(a) discente, seguiu-se a arguição da Banca Examinadora, sendo este trabalho APROVADO com nota 9,3 (nove virgula três). Ficam cientes o orientador e a discente dos procedimentos e prazos regulamentares para conclusão do processo. Nada mais havendo a tratar eu, Claudio Luís Santos Sampaio, lavrei a presente Ata, que vai por mim assinada, e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Penedo – AL, 27 de Novembro de 2024.

Documento assinado digitalmente
gov.br CLAUDIO LUIS SANTOS SAMPAIO
Data: 28/11/2024 17:56:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador
Nome: CLAUDIO LUIS SANTOS SAMPAIO
SIAPE ou CPF: 1639893

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCIO JOSE COSTA DE ALBUQUERQUE LIMA
Data: 28/11/2024 17:43:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro da banca examinadora
Nome: MARCIO JOSÉ C. A. LIMA JR SIAPE
ou CPF: 147.003.177-95

Documento assinado digitalmente
gov.br ALFREDO LEANDRO BORIE MOJICA
Data: 28/11/2024 17:52:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro da banca examinadora
Nome: ALFREDO LEANDRO BORIE MOJICA SIAPE ou
CPF: 1067005

Ao meu melhor amigo do mundo
inteiro, Remy (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, minha maior inspiração e pessoa que nunca mediu esforços por mim. Nossos momentos juntas são sempre os meus favoritos.

Aos meus irmãos, Leo e Rafa, por me fazerem querer ser melhor a cada dia. A minha irmã Millena, minha companheira de todos os momentos.

A minha vó Luzia, aluna assídua das aulas de zoologia de vertebrados e minha segunda mãe.

Ao meu falecido avô Rad, minha figura paterna mais importante, espero que eu possa me tornar uma pessoa capaz de te trazer orgulho.

A todos os meus familiares.

A Afonso, pela paciência e companheirismo.

A minha melhor amiga Dualda e a todos os meus amigos virtuais: Alex, Jean, Zav, Ravi, Luisa, Emy, Lucas e Iara, obrigada por fazerem com que eu nunca me sentisse só, mesmo com a distância.

A Daffny, minha dupla radioativa, que possamos passar juntas muitas copas do mundo. Aos meus professores queridos, Kim e Guilherme, as aulas são mais leves quando são com vocês.

Aos meus colegas de laboratório, esse trabalho não seria possível sem vocês.

A professora Taciana, por toda paciência, carinho e amizade ao longo desses anos.

Ao professor Buia, por ter me convencido a entrar no curso de biologia e estar comigo desde o início da graduação, foi uma alegria trilhar minha jornada acadêmica com você.

Ao PELD CCAL, PIBIC e CNPq pelo apoio financeiro e a oportunidade de fazer parte de um projeto tão importante quanto esse.

A todas as pessoas que contribuíram de alguma forma na minha formação pessoal e profissional.

“Ai Gabi, só quem viveu sabe”

- Andressa Urach

RESUMO

Os recifes coralíneos sofrem globalmente com a antropização, destacando-se pelo crescimento sistemático do turismo desordenado e pesca. Tais atividades, em alguns casos são as únicas alternativas para a atividade econômica local. A necessidade de conservação da biodiversidade levou ao estabelecimento da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), classificada como de uso sustentável, buscando coadunar a conservação ambiental e os usos direto (pesca) e indireto (turismo e pesquisa) de maneira racional foi zoneada em categorias, entre elas: Zona de Visitação (ZV), destinada ao turismo e Zona de Proteção da Vida Marinha (ZPRE), onde só é permitida a pesquisa científica autorizada. Nos recifes, assim como nos outros habitats, os predadores de topo controlam a população mesopredadores através do consumo ou instaurando medo, o que incentiva mudanças de comportamento e uso de habitats, limitando assim sua abundância e distribuição. A perda desses predadores de topo, resultado de pesca e destruição de habitats, afeta negativamente nossos oceanos, gerando tensões adicionais sobre as espécies de presas, favorecendo as atividades de mesopredadores. O presente estudo buscou monitorar a influência do zoneamento da APACC, utilizando peixes mesopredadores das famílias Epinephelidae, Lutjanidae, Carangidae, Serranidae, Sciaenidae e Synodontidae para compreender as relações ecológicas e econômicas locais em duas zonas distintas. Para isso, foram realizados 299 censos na ZV e ZPRE, totalizando 13.298 indivíduos registrados, de 81 espécies pertencentes a 35 famílias com uma biomassa de aproximadamente 320 quilos de peixe. Destacamos os mesopredadores, que apresentaram riqueza de 20ssp. para ambos os zoneamentos, mas biomassa total de aproximadamente 12,300kg e densidade média de 0,9 peixes/40m² para a ZV e 15,800kg e d= 1,5 peixes/40m² para a ZPRE, indicando que, mesmo na zona *no-take*, os mesopredadores estão em declínio, tais resultados, somados ao fato de não termos registrados nenhum predador de topo, podem ser reflexos da pesca ilegal, que ao eliminar predadores de topo e grande parte dos mesopredadores abriu espaço para o abundante estabelecimento dos tróficos Onívoros e Predadores de Invertebrados Móveis. Nossos resultados ressaltam a importância do zoneamento para a manutenção das atividades econômicas mais importantes na região, o turismo e a pesca. Destacamos a necessidade do estabelecimento e ampliação de zonas *no-take* e continuidade dos programas de monitoramento que, forneçam informação ambiental para pescadores, turistas e operadores de turismo, para que as zonas possam cumprir seus objetivos, garantidos as atividades econômicas mais importantes na região, o turismo e a pesca.

Palavras-chave:

Monitoramento recifal, Turismo, Pesca, Conservação, Ictiofauna.

ABSTRACT

Coral reefs are globally affected by anthropization, particularly due to the systematic growth of unregulated tourism and fishing. In some cases, these activities are the only alternatives for local economic activity. The need for biodiversity conservation led to the establishment of the Costa dos Corais Environmental Protection Area (APACC), classified as a sustainable use area, aiming to reconcile environmental conservation with direct (fishing) and indirect (tourism and research) uses in a rational way. The area was zoned into categories, including: Production Zone (ZPRO), designated for multiple uses, and Marine Life Protection Zone (ZPRE), where only authorized scientific research is allowed. In coral reefs, as in other habitats, apex predators control the population of mesopredators through consumption or by instilling fear, which encourages behavioral changes and habitat use, thus limiting their abundance and distribution. The loss of these apex predators, as a result of fishing and habitat destruction, negatively impacts our oceans, creating additional pressure on prey species and favoring mesopredator activities. This study aimed to monitor the influence of the APACC zoning by using mesopredator fish from the families Epinephelidae, Lutjanidae, Carangidae, Serranidae, Sciaenidae, and Synodontidae to understand the local ecological and economic relationships in two distinct zones. To achieve this, 299 visual census were conducted in the ZV and ZPRE zones, totaling 13,298 individuals recorded from 81 species belonging to 35 families, with a biomass of approximately 320 kg of fish. We highlight the mesopredators, which showed a species richness of 20 spp. in both zones, but a total biomass of approximately 12,300 kg and an average density of 0.9 fish/40m² in the ZV, compared to 15,800 kg and a density of 1.5 fish/40m² in the ZPRE. These results indicate that, even in the *no-take* zone, mesopredators are declining. Combined with the fact that no apex predators were recorded, these findings may reflect the effects of illegal fishing, which, by eliminating apex predators and many mesopredators, has created space for the abundant establishment of ONI and PIM trophic groups. Our results highlight the importance of zoning for maintaining the most important economic activities in the region, tourism and fishing. We emphasize the need for the establishment and expansion of *no-take* zones, as well as the continuation of monitoring programs that provide environmental information to fishermen, tourists, and tour operators, ensuring that the zones can fulfill their objectives while guaranteeing the region's key economic activities, tourism and fishing.

Keywords:

Reef Monitoring, Tourism, Fishery

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da APPAC, com destaque para as zonas de coleta, ZV e ZPRE.	15
Figura 2 – Aplicação do método “transecto em banda”.	16
Figura 3 – Gráfico referente à densidade de Grupos Tróficos na ZV e ZPRE, na APACC	18
Figura 4 – Gráfico referente à biomassa de Grupos Tróficos na ZV e ZPRE, na APACC	19
Figura 5 – Biomassa de peixes recifais na ZV e ZPRE na APACC, através nMDS.	20

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Famílias, espécies e densidade (peixes/40m²) registradas na ZV e ZPRE em Maragogi. *Peixes ameaçados de extinção **32**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMPs – Áreas Marinhas Protegidas

APACC – Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais

APA-CCAL – Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Alagoas CAR – Carnívoro

CVS – Censo Visual Subaquático HE – Herbívoro Errante

HT – Herbívoro Territorial

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade MMA – Ministério do Meio Ambiente

nMDS – Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico ONI – Onívoro

PERMANOVA – Análise de Variância Permutacional Multivariada PIM – Predador de Invertebrados Móveis

PIS – Predador de Invertebrados Sésseis PK – Plactívoro

UC – Unidade de Conservação ZPRE – Zona de Preservação ZPRO – Zona de Produção ZV – Zona de Visitação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	ESPECÍFICOS	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	ÁREA DE ESTUDO	15
3.2	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	16
4	RESULTADOS	18
5	DISCUSSÃO	21
6	CONCLUSÕES	25
7	REFERÊNCIAS	28
8	MATERIAL SUPLEMENTAR	32

INTRODUÇÃO

Distribuindo-se por cerca de um terço do litoral brasileiro, os belos recifes coralíneos abrigam uma grande riqueza de peixes, dentre elas espécies endêmicas, raras e ameaçadas, inclusive pela pesca e turismo (Pinheiro *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2020). Responsáveis por inúmeros serviços ecológicos, os recifes sofrem globalmente com a antropização, turismo desordenado, mudanças climáticas e a crescente pressão pesqueira (Floeter *et al.*, 2006; Benevides *et al.*, 2018; Loiola *et al.*, 2019), que afetam majoritariamente os predadores de topo, por possuírem maior interesse comercial (Nunes *et al.*, 2012; Eggertsen *et al.*, 2024). Embora responsáveis por impactos ambientais, tais atividades, em muitos casos, são as principais alternativas econômicas regionais (Albuquerque *et al.*, 2015).

Nos ambientes recifais, os elasmobrânquios e grandes peixes carnívoros (> 15 kg) representam o topo da cadeia alimentar, desempenhando papel crucial no controle das populações de peixes, entretanto, nas últimas décadas, estas populações sofreram um declínio de mais de 90% nos ambientes marinhos (Myers & Worm, 2003; Heithaus *et al.*, 2008; Ritchie & Johnson, 2009). A manutenção de populações saudáveis de predadores de topo é considerada fator chave para a conservação da biodiversidade (Sergio *et al.*, 2006; Rizzari, Bergseth & Frisch, 2014) e estabilidade ecológica (Ritchie *et al.*, 2012; Rizzari, Bergseth & Frisch, 2014), de modo que sua remoção pode desencadear o efeito de cascata trófica, afetando a estrutura das assembleias (Guariento, 2007). Esses predadores de topo não apenas controlam a biomassa de peixes, mas também os afugentam, instigando mudanças comportamentais e no uso dos habitats, limitando a abundância e distribuição dos mesopredadores (Ritchie & Johnson, 2009). A perda desses grandes predadores, resultante de pesca intensiva e degradação dos habitats, tem impactos profundos nos ecossistemas marinhos, gerando tensões adicionais sobre as espécies de presas e favorecendo os mesopredadores (Hempson *et al.*, 2017). Esses efeitos comprometem a prestação de serviços ecossistêmicos, impactando negativamente a socioeconomia (Gittleman *et al.*, 2001; Prugh *et al.*, 2009; Hempson *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2020).

A urgência na conservação da biodiversidade recifal e de seus serviços ecológicos, especialmente na região Nordeste, que apresenta as maiores áreas recifais do Atlântico Sul (Laborel- Deguen *et al.*, 2019), levou ao estabelecimento de Áreas Marinhas Protegidas (AMPs), destacando-se a Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), criada em 1997. A APACC é a maior AMP federal costeiro-marinha do Brasil de uso sustentável. A

proximidade com grandes centros urbanos a torna crucial para a segurança alimentar e a economia local, por meio da pesca artesanal e do turismo (Gamarra *et al.*, 2023).

Na tentativa de conciliar atividades econômicas importantes, como a pesca e o turismo, a APACC foi zoneada em categorias, entre elas: Zona de Produção (ZPRO), destinada a múltiplos usos, incluindo a Zona de Visitação (ZV), de uso exclusivo para visitação, a Zona de Uso Sustentável (ZUS), onde a pesca e o turismo são permitidos e Zona de Preservação (ZPRE), área *no-take*, sem visitação turística ou pesca, onde só é permitido pesquisas científicas autorizadas (ICMBIO, 2021).

Nesse contexto, o presente estudo busca conhecer a influência do zoneamento da APACC na assembleia de peixes recifais, utilizando os mesopredadores para aferir a efetividade dos zoneamentos e compreender as relações ecológicas e econômicas locais.

OBJETIVOS

2.1 GERAL

Conhecer a influência do zoneamento da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) na assembleia de peixes recifais, utilizando os mesopredadores para aferir a efetividade dos zoneamentos e compreender as relações ecológicas e econômicas locais.

2.2 ESPECÍFICOS

Entender a estrutura da assembleia biológica de peixes recifais utilizando como métricas 1) riqueza e *status* de conservação 2) biomassa e densidade e 3) grupos tróficos de peixes em duas zonas recifais de distintos usos na APACC: Zona de Visitação (ZV) e Zona de Preservação (ZPRE).

MATERIAIS E MÉTODOS

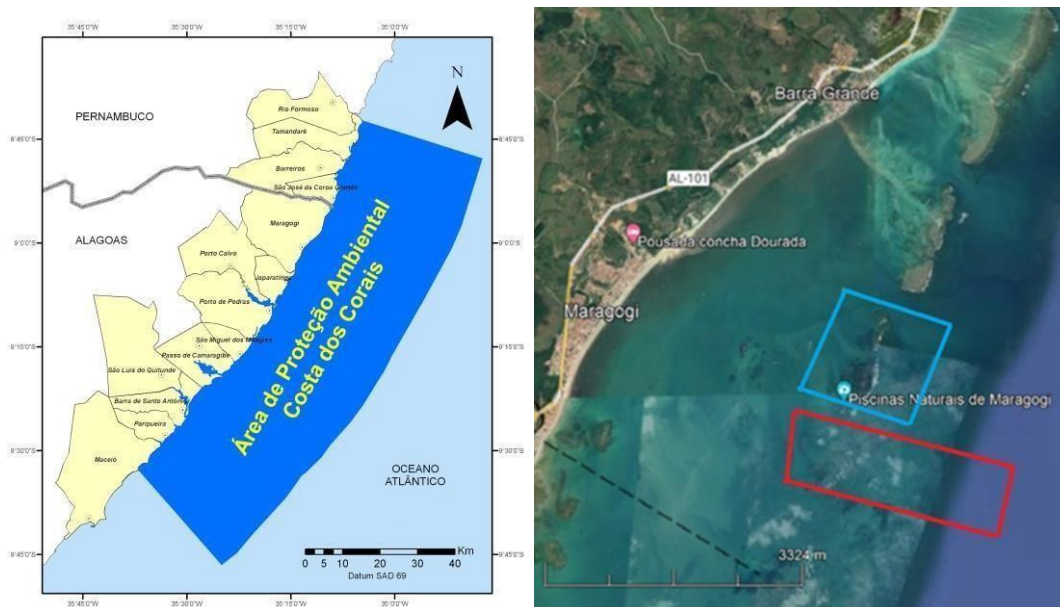
3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), localizada no litoral nordeste do Brasil, Atlântico Sul, abrange treze municípios situados entre sul do Estado de Pernambuco e o norte de Alagoas. Compreendendo cerca de 120 km ao longo da costa, sua área total, tanto terrestre quanto marinha, alcança aproximadamente 413.535 hectares (Steiner *et al.*, 2015; ICMBIO, 2021) (Fig. 1).

A APACC busca equilibrar a conservação ambiental com o uso direto (pesca) e indireto (turismo e pesquisa), sendo uma das principais atrações turísticas da região, atraindo cerca de 300 mil turistas anualmente (ICMBIO, 2012; 2021).

No município de Maragogi (AL), o mais visitado da APACC, os recifes são subdivididos em três zonas distintas, cada uma com sua finalidade e características específicas. A Zona de Produção (ZPRO) é designada para uso geral, permitindo atividades como pesca e turismo, englobando pontos onde é permitida apenas a atividade turística, neste trabalho referidos apenas como Zona de Visitação (ZV). Por fim, a Zona de Preservação (ZPRE) é uma área *no-take*, reservada unicamente para pesquisas autorizadas pelo ICMBIO. O presente trabalho foi desenvolvido na ZV e na ZPRE.

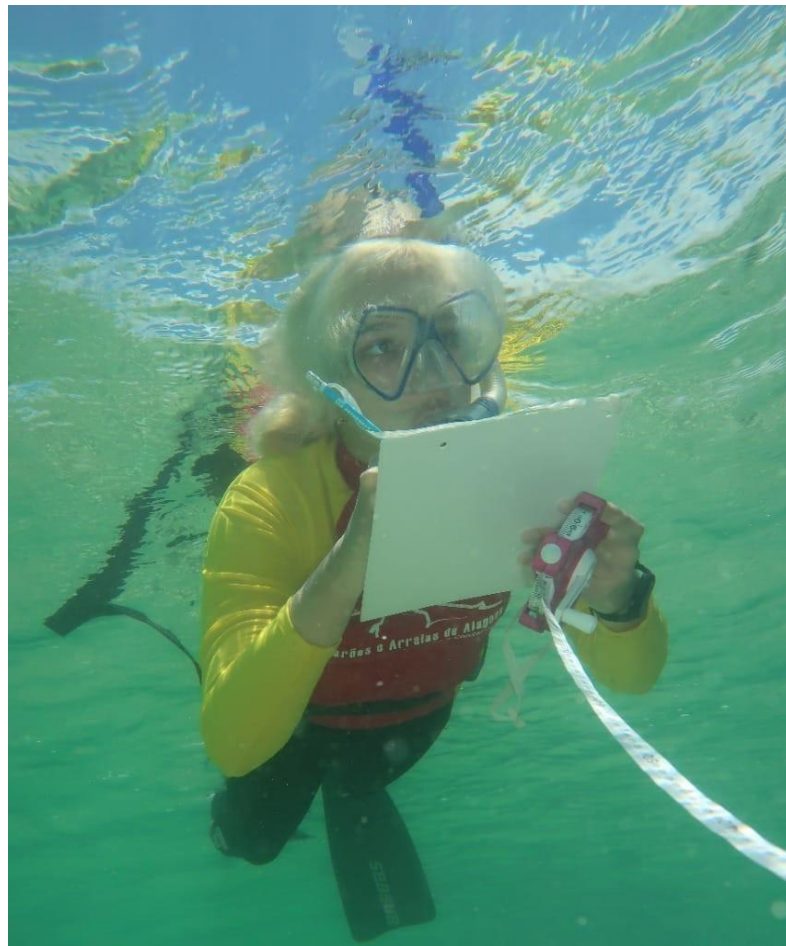
Figura 1: Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, com destaque ao município de Maragogi (AL) e seu zoneamento. ▭ - Zona de Preservação; ▭ - Zona de visitação



3.2 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Entre os anos de 2019 e 2024, foram realizados mergulhos livres e diurnos em profundidades inferiores a 5 m, para aplicação de censo visual (CVS) em transectos de 20x2m, onde um mergulhador registrou em planilha PVC (Fig. 2) as espécies, número de indivíduos e seus comprimentos observados (em classes de 5cm, < 10 cm, < 15cm, < 20 cm, < 25 cm, < 30 cm e > 31 cm). Para a obtenção da estimativa do peso dos peixes (g/40m²) foi utilizada a equação $W = a.Lb$, onde as duas constantes de crescimento alométrico foram obtidas através do Fishbase (Froesy & Pauly, 2024). A metodologia seguiu o protocolo da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos – ReBentos (Leão et al., 2015), desenvolvido para atender as especificidades dos recifes brasileiros e que causa pouca perturbação aos peixes, sendo indicado para áreas marinhas protegidas AMPs (Mallet et al., 2014).

Figura 2: Mergulhadora utilizando o método de transecto de banda, anotando as espécies observadas



Para cada espécie identificada foi atribuída uma categoria trófica de acordo com a

literatura (Randall, 1967; Ferreira *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2021), sendo elas: Herbívoros errantes (HE), Herbívoros Territoriais (HT), Planctívoros (PK), Predadores de invertebrados móveis (PIM), Predadores de invertebrados sésseis (PIS) e Carnívoros (CAR), onde neste trabalho, focaremos nos CAR de médio porte (<50cm) das Famílias: Epinephelidae, Lutjanidae, Carangidae, Serranidae, Sciaenidae e Synodontidae, aqui classificados como “mesopredadores”. Esses peixes possuem peso máximo inferior a 10 kg e são importantes alvos de pescarias locais (Benevides *et al.*, 2018; Eggertsen *et al.*, 2024), além de terem peixes e, em menor escala, crustáceos em sua dieta (Randall, 1967).

As análises estatísticas foram realizadas por meio dos Softwares “R” (R Core Team, 2024), “PRIMER v6 & PERMANOVA+” (Anderson *et al.*, 2008; Clarke & Gorley 2006), para comparar a riqueza, densidade, biomassa e grupos tróficos dos peixes recifais registrados. As amostras foram comparadas com a Análise de Variância Multivariada por Permutação (PERMANOVA) sobre a matriz de similaridade de Bray Curtis através do teste de pairwise e da Análise da Variância (ANOVA). Ambas as análises consideram significativos os valores de ($p < 0.05$).

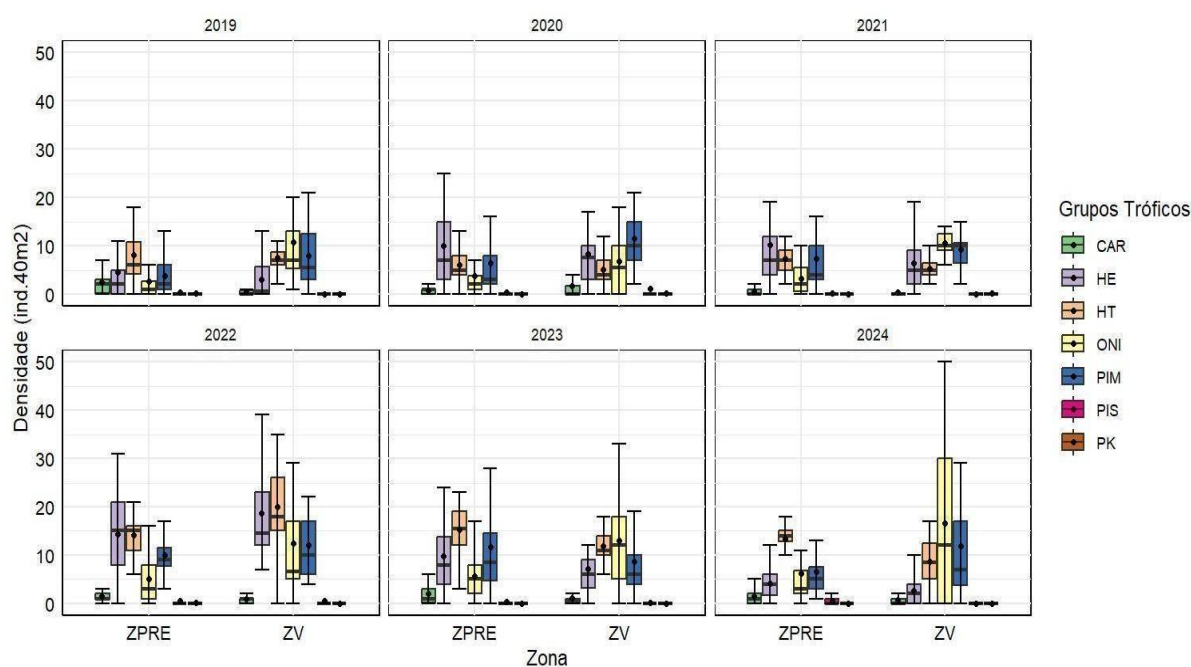
RESULTADOS

Foram realizados 299 censos, sendo 149 na ZV e 150 na ZPRE. Totalizando 13.298 indivíduos registrados, de 81 espécies pertencentes a 35 famílias em Maragogi (Anexo I), com biomassa de, aproximadamente, 320 quilos de peixe.

Para a ZV foram registrados 7,889 indivíduos de 29 famílias e 68 espécies, dos quais 716 eram espécimes listados como ameaçados de acordo com a portaria 148 do MMA. As maiores densidades foram registradas para o grupo trófico dos PIM ($d=13,65$ peixes/40m²) (Fig 3) seguido pelos ONI ($d=13,59$ peixes/40m²), que apresentaram uma maior frequência quando comparados com a ZPRE, exceto por 2020. Neste zoneamento, os CAR (mesopredadores) totalizaram 20 ssp. e biomassa total de aproximadamente 12.300kg e densidade =0,89 peixes/40m²

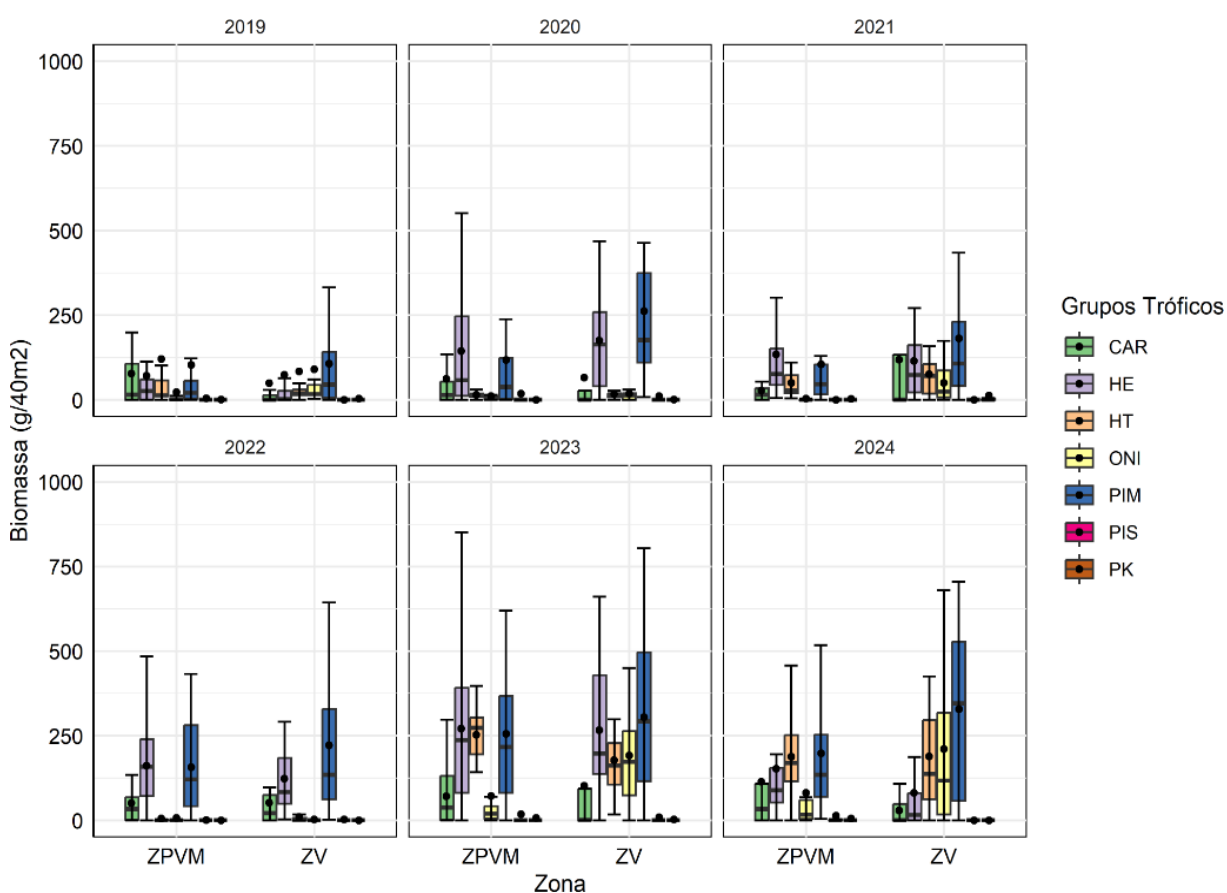
Já na ZPRE, foram registrados 5,409 indivíduos de 29 famílias e 71 espécies, destes, 944 indivíduos ameaçados de extinção foram contabilizados. Os grupos tróficos mais expressivos foram os HE ($d=10,89$ peixes/40m²) (Fig 3) e HT ($d=10,76$ peixes/40m²). Foram encontradas 20 ssp, biomassa total de cerca de 15.800kg e densidade de 1,50 peixes/40m². Além disso, o maior número de CAR foi observado mais frequentemente nessa zona, com exceção do ano de 2020.

Figura 3: Representação das densidades de Grupos Tróficos na Zonas de Visitação (ZV) e Zona de Preservação (ZPRE) na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) entre os anos de 2019 a 2024. HT= Herbívoro Territorial, HE= Herbívoro Errante, CAR= Carnívoro, PIM= Predador de Invertebrados Móveis, PIS= Predador de Invertebrados Sésseis, PK= Plactívoros.



Foi identificada diferenças significativas para a biomassa entre os zoneamentos ($p=0.001$) (Fig 3), os maiores CAR (mesopredadores) foram, frequentemente, registrados na ZPRE, com exceção dos anos de 2021 e 2022. Com relação aos ONI, as maiores biomassas foram registradas na ZV para todos os anos amostrados.

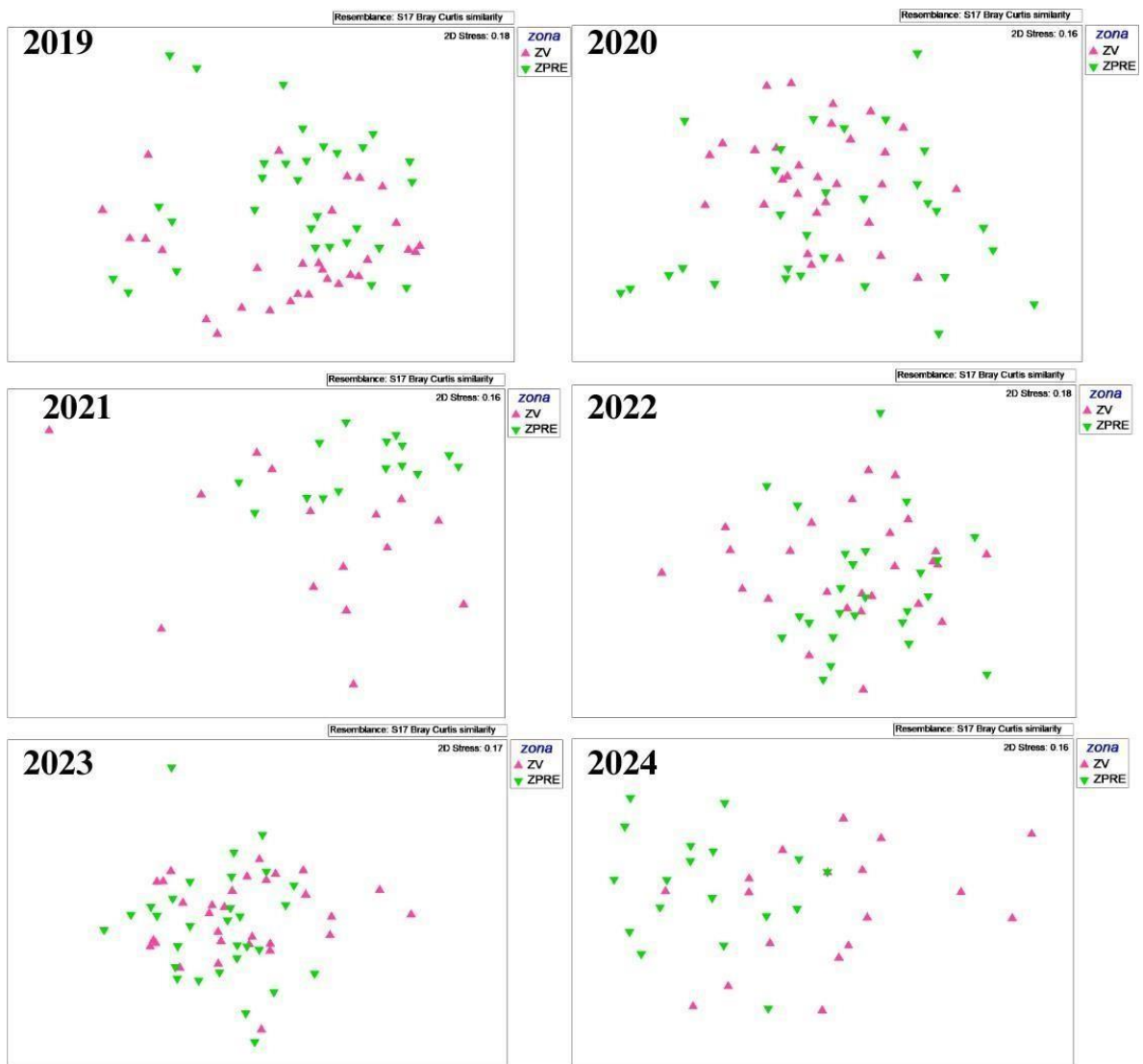
Figura 4: Representação da biomassa de Grupos Tróficos na Zonas de Visitação (ZV) e Zona de Preservação (ZPRE) na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) entre os anos de 2019 a 2024. HT= Herbívoro Territorial, HE= Herbívoro Errante, CAR= Carnívoro, PIM= Predador de Invertebrados Móveis, PIS= Predador de Invertebrados Sésseis, PK= Plactívoros.



Através da análise de nMDS (Fig 5) pode-se verificar dissimilaridades na biomassa dos grupos tróficos de cada zona durante todos os anos analisados. Foram encontradas diferenças significativas na interação dos fatores zona e ano de coleta para estes dados (Pseudo-F=3,34). A densidade dos grupos tróficos apresentou diferenças significativas entre zonas para todos os anos de coleta ($p=0.001$).

Fig.5: Biomassa de peixes recifais nas Zonas de Visitação (ZV) e Zona de Preservação (ZPRE) na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) entre os anos de 2019 a 2024, através do

Escalonamento Multidimensional (MDS).



DISCUSSÃO

As espécies registradas neste trabalho correspondem a cerca de 25% da riqueza total da APACC (Pereira *et al.*, 2021), destacando a importância do zoneamento em uma área estratégica do Atlântico Sul (Laborel-Deguen *et al.*, 2019) por abrigar uma das mais ricas assembléias de peixes recifais do Atlântico Sul (Araujo *et al.*, 2020). Dessas espécies, 9,8% (8 espécies) são consideradas ameaçadas, sendo elas *Elacatinus figaro* Sazima, Moura & Rosa, 1997, *Gramma brasiliensis* Sazima, Gasparini & Moura, 1998, *Scarus zelindae* Moura, Figueiredo & Sazima, 2001, *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878), *Sparisoma frondosum* (Agassiz, 1831), *Microspathodon chrysurus* (Cuvier, 1830), *Mycteroperca bonaci* (Poey, 1860), listadas como “Vulneráveis” e *Scarus Trispinosus* (Valenciennes, 1840), classificada como “Em Perigo” de acordo a portaria 148 do MMA (2022).

A ZPRE apresentou resultados semelhantes a estudos conduzidos em outras localidades do Brasil, corroborando com a informação de que zonas *no-take* apresentam maior riqueza quando comparadas com áreas não protegidas, reflexo de um menor impacto antrópico (Anderson *et al.*, 2014; Machado *et al.*, 2024; Pereira *et al.*, 2024).

A ZV apresentou maior densidade entre as duas zonas, devido à disponibilidade de recursos gerada pelas atividades turísticas, com os ONI e PIM sendo os responsáveis por compor grande parte dessa densidade. No entanto, é importante considerar que, na ZV, a densidade de CAR nunca ultrapassou 1,7 (peixes/40m²), com o valor mais baixo registrado em 2021 (0,3 peixes/40m²), sugerindo pressão sobre os mesopredadoras. Em contraste, a ZPRE exibiu densidade de CAR (mesopredadores) de 2,5 peixes por 40m² no ano de 2019, contudo esse número caiu para menos de 1/3 no ano seguinte (0,73 peixes/40m²).

A biomassa de CAR na ZPRE foi consistentemente abaixo de 40g/40m², resultado semelhante ao previamente obtido por Morais *et al.*, (2017) para a biomassa de pequenos CAR (mesopredadores) em Maragogi, APPAC, visto que os recifes costeiros apresentam menor biomassa quando comparados às ilhas oceânicas devido a maior facilidade de acesso e exploração de seus recursos (Sandin *et al.*, 2008; Friedlander *et al.*, 2010, 2012; Williams *et al.*, 2011; Graham & McClanahan, 2013; Morais *et al.*, 2017; Eggertsen *et al.*, 2024), inclusive na APACC (Pereira *et al.*, 2024).

Desta forma, nossos dados não suportam a teoria de *mesopredator release* proposta por Ritchie & Johnson (2009), onde a remoção dos predadores de topo influência a comunidade de peixes, abrindo espaço para o aumento de mesopredadores e, conseqüentemente, das taxas de predação. A pesca na APACC, incluindo a ilegal na ZV e ZPRE (Obs.pess.; Nunes *et al.*, 2023),

devido a eliminação de predadores de topo e redução dos mesopredadores abriu espaço para o abundante estabelecimento dos tróficos ONI e PIM. Outro fator que pode justificar as baixas densidades e biomassas é a profundidade, visto que espécies carnívoras atualmente estão em águas mais profundas ou afastadas da costa (Krajewski & Floeter, 2011; Morais *et al.*, 2017; Eggertsen *et al.*, 2024), incluindo a APACC (Pereira *et al.*, 2024), e nossos censos ocorreram nos recifes costeiros, em profundidades de 2 a 5m.

A diminuição dos predadores marinhos em grande escala é um fenômeno global preocupante e apontado por diversos estudos (Pauly *et al.*, 1998; Jackson *et al.*, 2001; Baum *et al.*, 2003; Myers & Worm, 2003; Luiz & Edwards, 2011; Nadon *et al.*, 2012; Morais *et al.*, 2017; Eggertsen *et al.*, 2024). Nossos resultados apoiam tal informação, visto que não foi registrado nenhum indivíduo maior que 45cm em todos os CENSOS amostrados, somado com a ausência dos predadores de topo, assim como em boa parte dos recifes brasileiros (Morais *et al.*, 2017), sugerindo que a importante função ecológica realizada por esses animais foi perdida também na APACC (Heithaus *et al.*, 2008).

Fato semelhante foi, também, observado para os mega e mesoherbívoros, como peixes-boi e tartarugas (Alves *et al.*, 2016) e os grandes budiões (Ross *et al.*, 2020a, 2020b; Pereira *et al.*, 2024), respectivamente, que podem ter favorecido aos HT, herbívoros territoriais, que atualmente dominam em densidade os recifes rasos da APACC (Pereira *et al.*, 2024)

Apesar da proteção da APACC, estudos sugerem que até 90% das APA's podem apresentar um desempenho insatisfatório (menor do que esperado para métricas de conservação/restauração de espécies ameaçadas) (Edgar *et al.*, 2014). Tal desempenho pode ser principalmente atribuído ao turismo e a pescarias ilegais (Nunes *et al.*, 2023) ou não manejadas, pois, segundo Floeter *et al.*, (2006) e mais recentemente Eggertsen *et al.*, (2024), a pressão pesqueira causa efeitos negativos na abundância e tamanho de diversas espécies, corroborando com nossos dados, onde a ZV apresentou a menor riqueza, número de espécimes ameaçados e biomassa. O cumprimento das medidas de proteção vem demonstrando decisivo para a eficácia das zonas *no-take* (Bergseth *et al.* 2013; Edgar *et al.* 2014), pois até mesmo pequenas pressões de pesca podem reverter efeitos de proteção ambiental que muitas vezes levam décadas a serem atingidos (Little *et al.* 2005).

Nossos resultados foram possivelmente influenciados pela pandemia do COVID-19, pois as medidas de distanciamento social não apenas causaram impactos na mobilidade humana e atividades comerciais, especialmente o turismo, como também impactaram a o meio ambiente numa escala global (Rutz *et al.*, 2020; Montgomery *et al.*, 2021; Olán-González *et al.*, 2023).

Em 2021, observamos a redução dos CAR, além disso, suas densidades foram, quase sempre maiores na ZPRE, com exceção de 2020, ano em que se deu início a pandemia do COVID-19. A diminuição de densidade dos CAR durante o período 2020-2021, que o turismo foi suspenso na APACC, pode ser explicada por um possível aumento da pressão pesqueira, visto que, com a proibição do turismo, a principal fonte de renda da região, a população manteve a segurança alimentar e o excedente das pescarias comercializado localmente, o que corrobora com Corlett *et al.* (2020) e Quimbayo *et al.* (2022), que sugeriram que as dificuldades em fiscalizar as AMPs durante à pandemia aumentaria a frequência de pescarias, mesmo em áreas *no-take*.

Observamos maior distinção entre os anos 2019-21 e 2022-23, indicando que a suspensão das atividades turísticas durante a pandemia também afetou as assembleias de peixes independente de zona de uso, pois as diferenças entre 2019-21 podem estar associadas à reabertura da APACC no período pós pandemia.

Com relação à biomassa, observamos redução dos ONI entre 2019-20, início da pandemia, assim como aumento da cerca de 20 vezes para sua biomassa média na ZV no ano de 2024, período em que o turismo retornou a seu fluxo normal.

Nossas observações de corroboram outros autores que indicam que a alimentação artificial seja a principal causa do incremento da abundância de ONI, em especial de *Abudefduf saxatilis* (Medeiros *et al.*, 2007, Ilarri *et al.*, 2008, Feitosa *et al.*, 2012; Albuquerque *et al.*, 2014; Paula *et al.* 2018), a principal espécie que compõe o grupo trófico dos ONI neste trabalho. A alimentação artificial, embora proibida na APACC (ICMBIO, 2012), ocorre com frequência, sendo praticada por turistas e operadoras de mergulho e parece selecionar indivíduos mais agressivos na ZV (Ilarri *et al.*, 2008; Paula *et al.*, 2018), o que pode estar afugentando outras espécies, hipótese sustentada pela menor riqueza e pelo fato de ONI na ZV ter uma densidade quase três vezes maior quando comparada com a ZPRE.

Além da alimentação artificial, a pesca ilegal pode estar influenciando nos resultados obtidos, pois embora a ZV seja destinada exclusivamente ao turismo e a ZPRE à pesquisa, petrechos de pesca são frequentemente encontrados e removidos durante os censos, confirmando a pesca ilegal nos recifes rasos, reportada nos recifes mais afastados da APACC por Nunes *et al.* (2023). As atividades de pesca, quando não manejadas corretamente, apresentam elevado potencial para gerar impactos, produzindo tensões adicionais e conseqüentemente a perda de serviços ecossistêmicos, causando impactos econômicos e ecológicos negativos (Prugh *et al.*, 2009; Batista *et al.*, 2014). Apesar disso, o monitoramento

pesqueiro no Brasil é quase inexistente e apenas 0.8% da zona costeira é classificada como AMP *no-take* (Dario *et al.*, 2015; Vila-Nova *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2021), e embora existam planos de recuperação de espécies ameaçadas onde a pesca é permitida apenas nas AMPs onde a atividade é concedida e monitorada (Pinheiro *et al.*, 2021), não há sinais de avanços.

Com isso, os setores do turismo e da pesca, de grande importância socioeconômica na região, devem ser adequadamente capacitados e monitorados para que a resiliência seja mantida, especialmente na ZPRE (Nunes *et al.*, 2022), assim como o bem-estar das comunidades locais que deles dependem (Sala & Giakoumi, 2018).

Embora a implementação da ZPRE como área *no-take*, no ano de 2015, seja ainda recente, influenciando os resultados aqui discutidos (Claudet, 2018), não deixam de corroborar as observações de Nunes *et al.*, (2022), que indicaram essa zona como aquela de maior resiliência frente aos impactos da pesca e turismo na APACC. Ressaltamos que esse zoneamento na APACC é uma ferramenta essencial para a conservação de espécies endêmicas e ameaçadas de grande importância ecológica e econômica (Benevides *et al.*, 2019; Nunes *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2024).

CONCLUSÃO

A ZV apresentou menor riqueza (68spp.) bem como uma reduzida biomassa (12.300kg) e densidade (0,89 peixes/40m²) de carnívoros (CAR), sugerindo impacto da pesca ilegal. Tal fator é também relacionado com a maior abundância de ONI, grupo trófico responsável pela maior parte da densidade registrada nesse zoneamento, que, beneficiados pela alimentação artificial ofertada pelo turismo inadequado, afugentam outros peixes.

A ZPRE apresentou a maior riqueza total (71spp.) e a menor densidade entre as zonas, no entanto, maiores biomassas dos grupos tróficos CAR, HE e PIS foram registradas. Apesar das baixas densidades em ambos os zoneamentos, a ZPRE apresentou os mesmos números de riqueza (20spp.), mas uma maior biomassa (15.800kg) e densidade (1,50 peixes/40m²) de CAR, confirmando, como outros estudos na APACC, um melhor estado de conservação. A suposição do *mesopredator release* não foi observada devido a fatores como: tempo de implementação do zoneamento, reduzida fiscalização e impactos causados pela pesca ilegal.

Destacamos a necessidade do estabelecimento e ampliação de zonas *no-take*, bem como a integração das pesquisas na região, para que, também, forneçam informação ambiental para pescadores, turistas e operadores de turismo, assim como de ações de fiscalização, para que as zonas possam cumprir seus objetivos, garantindo a continuidade das atividades econômicas mais importantes na região, o turismo e a pesca.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, T.; Loiola, M.; Nunes, J. A. C. C.; Reis-Filho, J. A.; Sampaio, C. L. S. & Leduc, A. O. H. C. In situ effects of human disturbances on coral reef-fish assemblage structure: temporary and persisting changes are reflected as a result of intensive tourism. *Marine and Freshwater Research*, 66(1), 23, 2015.
- Alves, M. D., Kinas, P. G., Marmontel, M., Borges, J. C. G., Costa, A. F., Schiel, N., & Araújo, M. E. (2016). First abundance estimate of the Antillean manatee (*Trichechus manatus manatus*) in Brazil by aerial survey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(4), 955-966.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., & Clarke, K.R. (2008) PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods, PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Anderson, A. B., Bonaldo, R. M., Barneche, D. R., Hackradt, C. W., Felix-Hackradt, F. C., García-Charton, J. A., & Floeter, S. R. (2014). Recovery of grouper assemblages indicates effectiveness of a marine protected area in Southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, 514, 207-215.
- Araújo, M. E.; De Mattos, F. M. G.; De Melo, F. P. L.; De Carvalho, L. T. C.; Feitos, C. V.; Lippi, D. L.; Hackradt, F. C. F.; Hackradt, C. W.; Nunes, J. L. S.; Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, N. L. R. P.; Ferreira Júnior, A. V.; Pereira, P. H. C.; Macedo, C. H. R.; Sampaio, C. L. S. & Feitosa, J. L. L. (2020). Diversity patterns of reef fish along the Brazilian tropical coast. *Marine Environmental Research*, 105038.
- Batista, M. I., Henriques, S., Pais, M. P., & Cabral, H. N. (2014). Assessment of cumulative human pressures on a coastal area: integrating information for MPA planning and management. *Ocean & Coastal Management*, 102, 248-257.
- Baum, J. K., Myers, R. A., Kehler, D. G., Worm, B., Harley, S. J. & Doherty, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the northwest Atlantic. *Science* 299,389–392
- Benevides, L. J.; Pinto, T. K.; Nunes, J. de A. C. C. & Sampaio, C. L. S. (2018). Fish escape behavior as a monitoring tool in the largest Brazilian multiple-use Marine Protected Area. *Ocean & Coastal Management*, 152, 154–162.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2006) PRIMER v6: User Manual/Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). PRIMER-E, Plymouth.
- Claudet, J. (2018). Six conditions under which MPAs might not appear effective (when they are). *ICES Journal of Marine Science*, 75(3), 1172-1174.
- Corlett, R. T., Primack, R. B., Devictor, V., Maas, B., Goswami, V. R., Bates, A. E., Koh, L.P., Loyola, R., Pakeman, R.J., Cumming, G.S., Pidgeon, A., Johns, D. & Roth, R. (2020). Impacts of the coronavirus pandemic on biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 108571.
- Dario, F. D., Alves, C. B., Boos, H., Frédou, F. L., Lessa, R. P., Mincarone, M. M., Pinheiro, M.A.A., Polaz, C.N.M., Reis, R.E., Rocha, L.A., Santana, F.M., Santos, R.A., Santos, S.B., Vianna, M., & Vieira, F. (2015). A better way forward for Brazil's fisheries. *Science*, 347(6226), 1079-1079.

- Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Willis, T.J., Kininmonth, S., Baker, S.C., Banks, S., Barret, N. S., Becerro, M.A., Bernard, A.T.F, Berkhout, J., Buxton, S.J., Campbell, S.J., Cooper, A.T., Davey, M., Edgar, S.C., Försterra, G., Galván, D.E., Irigoyen, A.J., Kushner, D.J., Moura, R., Parnell, P.E., Shears, N.T., Soler, G., Strain, E.M.A & Thomson, R.J. 2014. Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature* 506, 216–220.
- Eggertsen, L., Luza, A. L., Cordeiro, C. A., Dambros, C., Ferreira, C. E., Floeter, S. R., Francini-Filho, R. B., Freire, K. M. F, Gasalla, M. A., Giarrizzo, T., Giglio, V. J., Hanazaki, N., Lopes, P. F. M., Longo, G. O., Luiz, O. J., Magris, R. A., Mendes, T. C., Pinheiro, H. T., Quimbayo, J. P., Reis-Filho, J. A., Vila-Nova, D.A. & Bender, M. G. (2024). Complexities of reef fisheries in Brazil: a retrospective and functional approach. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 34(1), 511-538.
- Feitosa, C. V., Chaves, L. D. C. T., Ferreira, B. P., & De Araujo, M. E. (2012). Recreational fish feeding inside Brazilian MPAs: impacts on reef fish community structure. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(7), 1525-1533.
- Ferreira, C. E. L.; Floeter, S. R.; Gasparini, J. L.; Ferreira, B. P. & Joyeux, J. C. (2004) Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *Journal of Biogeography*, 31 (7): 1093-1106.
- Floeter, S. R., Halpern, B. S., & Ferreira, C. E. L. (2006). Effects of fishing and protection on Brazilian reef fishes. *Biological Conservation*, 128: (3), 391-402.
- Friedlander, A. M., Sandin, S. A., DeMartini, E. E. & Sala, E. (2010). Spatial patterns of the structure of reef fish assemblages at a pristine atoll in the central Pacific. *Marine EcologyProgress Series* 410, 219–231.
- Friedlander, A. M., Zgliczynski, B. J., Ballesteros, E., Aburto-Oropeza, O., Bolaños, A. & Sala, E. (2012). The shallow-water fish assemblage of Isla del coco National Park, Costa Rica: structure and patterns in an isolated, predator-dominated ecosystem. *Revista de BiologíaTropical* 60, 321–338.
- Froese, R. & D. Pauly (Ed). (2024). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (11/2024).
- Gamarra, A.C.L. Costa, M.A.C. Ferreira, L.M. Diele-Viegas, A.P.O. Santos, R.J. Ladle, A.C. Malhado & J.V. Campos-Silva (2023) The contribution of fishing to human well-being in Brazilian coastal communities, *Marine Policy*, 150, 2023.
- Gittleman, J. L. (Ed.). (2001). *Carnivore conservation* (Vol. 5). Cambridge University Press.
- Graham, N. A. J. & McClanahan, T. R. (2013). The last call for marine wilderness? *Bio Science* 63, 397–402.
- Guariento, R. D. (2007). O papel do comportamento na ocorrência de cascatas tróficas. *Oecologia Brasiliensis*, 11(4), 590-600.
- Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution* 23, 202– 210.
- Hempson, T. N., Graham, N. A., MacNeil, M. A., Williamson, D. H., Jones, G. P., & Almany,

G. R. (2017). Coral reef mesopredators switch prey, shortening food chains, in response to habitat degradation. *Ecology and Evolution*, 7, 2626–2635

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Plano de manejo da APA Costa dos Corais. p. 74, 2012.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2021) - Plano de uso público da APA Costa dos Corais. p. 19,.

Ilari, M. D. I.; Souza, A. T.; Medeiros, P. R.; Gempel, R. G. & Rosa, I. M. L. (2008) Effects of tourist visitation and supplementary feeding on fish assemblage composition on a tropical reef in the Southwestern Atlantic. *Neotropical Ichthyology*, 6: 651-656.

Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B.J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, C. B., Lenihan, H. S., Pandolfi, J. M., Peterson, C. H., Steneck, R. S., Tegner, M. J. & Warner, R. R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293, 629–637.

Krajewski, J. P., & Floeter, S. R. (2011). Reef fish community structure of the Fernando de Noronha Archipelago (Equatorial Western Atlantic): the influence of exposure and benthic composition. *Environmental Biology of Fishes*, 92, 25-40.

Laborel-Deguen, F.; Nunes, F.; Castro, C. & Pires, D. (Org.) (2019). Recifes brasileiros: o legado de Laborel. 1ed. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 360p.

Leão, Z. M. A. N.; Minervino-Neto, A.; Ferreira, B. P.; Feitosa, C. V.; Sampaio, C. L. S.; Costa-Sassi, C. F.; Neves, E. G.; Freira, F. A. M.; Silva, G. M.; Strenzel, G. M. R.; Sovi-Erzoski, H. H.; Oliveira, J. E. L.; Mendes, L. F.; Soares, M. O.; Araujo, M.; Oliveira, M. D. M.; Maida, M.; Correia, M. D.; Rosa, R. S.; Sassi, R.; Johnsson, R.; Francini-Filho, R. B.; Kikuchi, R. K. P. & Leite, T. S.; 2015. Monitoramento dos recifes e ecossistemas corais, in: Turra, A., Denadai, M.R. (Eds.), Protocolos Para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 155– 179, 2015.

Little, L. R., Smith, A. D. M., McDonald, A. D., Punt, A. E., Mapstone, B. D., Pantus, F., & Davies, C. R. (2005). Effects of size and fragmentation of marine reserves and fisher infringement on the catch and biomass of coral trout, *Plectropomus leopardus*, on the Great Barrier Reef, Australia. *Fisheries Management and Ecology*, 12(3), 177-188.

Loiola, M.; Cruz, I. C. S.; Lisboa, D. S.; Mariano-Neto, E.; Leão, Z. M. A. N.; Oliveira, M. D. M. & Kikuchi, R. K. P. (2019). Structure of marginal coral reef assemblages under different turbidity regime. *Marine Environmental Research*.

Luiz, O. J. & Edwards, A. J. (2011). Extinction of a shark population in the archipelago of Saint Paul's rocks (equatorial Atlantic) inferred from the historical record. *Biological Conservation* 144, 2873–2881.

Machado, A. A., Masi, B. P., Aguiar, A. A., Ozorio, M. E., Salles, C. N., Hostim-Silva, M. & Bertoncini, Á. A. (2023). Rocky reef incursions: challenges faced by reef fishes in a Brazilian Hope Spot region. *Marine Pollution Bulletin*, 193, 115240.

- Mallet, D., Wantiez, L., Lemouellic, S., Vigliola, L. & Pelletier, D. (2014). Complementarity of Rotating Video and Underwater Visual Census for Assessing Species Richness, Frequency and Density of Reef Fish on Coral Reef Slopes. *PLoS ONE*, 9(1), e84344.
- Medeiros, P. R., Gempel, R. G., Souza, A. T., Ilarri, M. I. & Sampaio, C. L. S. (2007). Effects of recreational activities on the fish assemblage structure in a northeastern Brazilian reef. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2(3), 288-300.
- Montgomery, R. A., Raupp, J. & Parkhurst, M. 2021. Animal behavioral responses to the COVID-19 quietus. *Trends Ecol Evol* 36: 184–86
- Morais, R. A., Ferreira, C. E. L., & Floeter, S. R. (2017). Spatial patterns of fish standing biomass across Brazilian reefs. *Journal of Fish Biology*, 91(6), 1642–1667.
- Myers, R. A. & Worm, B. (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423, 280–283.
- Nadon, M. O., Baum, J. K., Williams, I. D., Mcpherson, J. M., Zgliczynski, B. J., Richards, B.L., Schroeder, R. E. & Brainard, R. E. (2012). Re-creating missing population baselines for Pacific reef sharks. *Conservation Biology* 26, 493–503.
- Nunes, J. de A. C. da C., Medeiros, D. V., Reis-Filho, J. A., Sampaio, C. L. S., & Barros, F. (2012). Reef fishes captured by recreational spearfishing on reefs of Bahia State, northeast Brazil. *Biota Neotropica*, 12(1), 179–185.
- Nunes, V. F. C., Ferreira, M. T. O., Junior, F. F., Amorim, M. B. B., Sampaio, C. L., & Pinto, T. K. (2022). Do marine protected areas protect shallow coral reef systems? A resilience- based management approach in Tropical Southwestern Atlantic reefs. *Journal of Coastal Conservation*, 26(6), 79.
- Nunes, D. M., Bezerra, A. C., Barros, W. M., Araújo, P. V., Branco-Nunes, I. S., Magris, R. A., Pereira, P.H.C., Normande, I.C., Barboza, R.S.L & Cardoso, A. T. (2023). Evidence of illegal fishing within the largest Brazilian coastal MPA: Turning a blind eye to the obvious. *Marine Policy*, 147, 105324.
- Olán-González, M., Reyes-Bonilla, H., Arreola-Alarcón, I. M., Uribe, R. V. & Olivier, D. (2023). Ecotourism impacts on reef fishes in a marine reserve during the COVID-19 era. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(7), 317-323.
- Paula, Y. C. D., Schiavetti, A., Sampaio, C. L. & Calderon, E. (2018). The effects of fish feeding by visitors on reef fish in a Marine Protected Area open to tourism. *Biota Neotropica*, 18(3), e20170339.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. Jr. (1998). Fishing down marine food webs. *Science* 279, 860–863.
- Pereira, P. H., Côrtes, L. G., Lima, G. V., Gomes, E., Pontes, A. V., Mattos, F., Araújo, M.E., Ferreira-Junior, F. & Sampaio, C. L. (2021). Reef fishes biodiversity and conservation at the largest Brazilian coastal Marine Protected Area (MPA Costa dos Corais). *Neotropical Ichthyology*, 19, e210071.
- Pereira, P. H. C., de Lima, G. V., da Silva, E. G., de Farias Pontes, A. V., Côrtes, L. G. F.,

Sampaio, C. L., Pinto, T. K., Belluci, M. S. P., Cardoso, A. T. C. & Normande, I. C. (2024). Spatial distribution, management zoning and depth effects on reef biodiversity and productivity at the largest Brazilian coastal marine protected area. *Coral Reefs*, 43(5), 1271-1283.

Pinheiro, H. T., Rocha, L. A., Macieira, R. M., Carvalho-Filho, A., Anderson, A. B., Bender, M. G., Di Dario, F., Ferreira, C.E.L., Figueiredo-Filho, J., Francini-Filho, R., Gasparini, J.L., Joyeux, J.C., Luiz, O.J., Mincarone, M.M., Moura, R.L., Nunes, J.A.C.C., Quimbayo, J.P., Rosa, R.S., Sampaio, C.L.S., Sazima, I., Simon, T., Vila-Nova, D.A. & Floeter, S. R. (2018). South-western Atlantic reef fishes: Zoogeographical patterns and ecological drivers reveal a secondary biodiversity centre in the Atlantic Ocean. *Diversity and Distributions*, 24(7), 951-965.

Pinheiro, H. T., Nunes, J. A., Coni, E. O. C., Almeida, E. C. G., Sampaio, C. L. S., Ferreira, C. E., Meirelles, P., Hostim-Silva, M., Pereira, P. H. C., Giglio, V.J., Gasparini, J. L., Rocha, L. A. & Ferreira, C. M. (2021). An inverted management strategy for the fishery of endangered marine species. *Frontiers in Marine Science*, 8, 604108.

Prugh, L. R., Stoner, C. J., Epps, C. W., Bean, W. T., Ripple, W. J., Laliberte, A. S. & Brashares, J. S. (2009). The rise of the mesopredator. *Bioscience*, 59(9), 779-791.

Quimbayo J. P., Silva F. C., Barreto C. R., Pavone, C. B., Lefcheck, J. S., Leite, K., Figueiroa, A. C., Correia, E. C. & Flores, A. A. V. 2022. The COVID-19 pandemic has altered illegal fishing activities inside and outside a marine protected area. *Curr Biol* 32: R765–66.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Randall, J.E., 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr. Miami* 5:665-847.

Ritchie, E. G. & Johnson, C. N. (2009). Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology letters*, 12(9), 982-998.

Ritchie, E. G., B. Elmhagen, A. S. Glen, M. Letnic, G. Ludwig & R. A. McDonald. 2012. Ecosystem restoration with teeth: What role for predators? *Trends in Ecology & Evolution* 27:265–271

Rizzari, J. R., Bergseth, B. J. & Frisch, A. J. (2014). Impact of conservation areas on trophic interactions between apex predators and herbivores on coral reefs. *Conservation Biology*, 9(2), 418–429.

Roos, N. C., Longo, G. O., Pennino, M. G., Francini-Filho, R. B. & Carvalho, A. R. (2020). Protecting nursery areas without fisheries management is not enough to conserve the most endangered parrotfish of the Atlantic Ocean. *Scientific Reports*, 10(1), 19143.

Roos, N. C., Taylor, B. M., Carvalho, A. R. & Longo, G. O. (2020). Demography of the largest and most endangered Brazilian parrotfish, *Scarus trispinosus*, reveals overfishing. *Endangered Species Research*, 41, 319-327.

Rutz C., Loretto M. C., Bates A. E., Davidson, S. C., Duarte, C.M., Jetz, W., Johnson, M., Kato, A., Kays, R., Mueller, T., Primack, R. B., Ropert-Coubart, Y., Tucker, M. A., Wikelski,

M. & Cagnacci, F. 2020. COVID-19 lockdown allows researchers to quantify the effects of human activity on wildlife. *Nat Ecol Evol* 4: 1156– 59

Sala, E., & Giakoumi, S. (2018). No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 75(3), 1166-1168.

Sandin, S. A., Smith, J. E., DeMartini, E. E., Dinsdale, E. A., Donner, S. D., Friedlander, A.M., Konotchick, T., Malay, M., Maragos, J. E., Obura, D., Pantos, O., Paulay, G., Richie, M., Rohwer, F., Schroeder, R. E., Walsh, S., Jackson, J. B. C., Knowlton, N. & Sala, E. (2008).

Baselines and degradation of coral reefs in the northern Line Islands. *PLoS One* 3, e1548.

Sergio, F., Newton, I. A. N., Marchesi, L. & Pedrini, P. (2006). Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1049-1055.

Vila-Nova, D. A., Ferreira, C. E. L., Barbosa, F. G. & Floeter, S. R. (2014). Reef fish hotspots as surrogates for marine conservation in the Brazilian coast. *Ocean & Coastal Management*, 102, 88- 93.

Williams, I. D., Richards, B. L., Sandin, S. A., Baum, J. K., Schroeder, R. E., Nadon, M. O., Zgliczynski, B., Craig, P., McIlwain, J. L. & Brainard, R. E. (2011). Differences in reef fish assemblages between populated and remote reefs spanning multiple archipelagos across the central and western Pacific. *Journal of Marine Biology* 2011, 1–14.

ANEXOS

Anexo I: Famílias, espécies e densidade (n de indivíduos/40m²) registradas nos censos visuais subaquáticos realizados na Zona de Visitação (ZV) e Zona de Preservação (ZPRE) em Maragogi.

*Peixes ameaçados de extinção;

		20 9		2020		20 1		2022		2 3		20 4	
		ZV	ZPRE	ZV	ZPRE	ZV	ZPRE	ZV	ZPRE	ZV	ZPRE	ZV	ZPRE
	<i>Acanthurus bahianus</i>	0,75	0,3	1,5	0,4	0,6	0,3	1,05	0,4	0,8	0,3	0,15	0,05
Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i>	0,1	0,5	0,6	0	0,45	0,38	0,3	0,5	0,8	0,5	0	0,08
	<i>Acanthurus coeruleus</i>	0,3	0,65	1	1,6	0,4	1,6	1,6	1,1	1,6	0,9	0,13	0,28
Balistidae	<i>Balistes vetula</i>	0	0	0,5	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0
Blenniidae	<i>Ophioblennius trinitatis</i>	0,05	0,08	0,5	0	0	0	0,1	0,18	0,9	0,55	0,05	0,18
	<i>Scartella cristata</i>	0	0	0,5	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0
Paralichthyidae	<i>Paralichthys sp</i>	0	0	0,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bothidae	<i>Bothus lunatus</i>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Caranx bartholomaei</i>	0	0,08	0,05	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0
	<i>Caranx crysos</i>	0	0,08	0,05	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0
Carangidae	<i>Caranx latus</i>	0,1	0,3	0,1	0,03	0,1	0	0	0	0	0	0,03	0,03
	<i>Caranx ruber</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0
	<i>Oligoplites sp</i>	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0,03
Chaetodontidae	<i>Chaetodon striatus</i>	0	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0,08	0	0,2	0,13	0,03	0,15
Dorosomatidae	<i>Opisthonema oglinum</i>	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i>	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	1,05	0,7	0,8	0	0,8	0	0,28	0	1,63	0,73	0	0
	<i>Elacatinus figaro*</i>	0,05	0	0	0	0	0	0,08	0	0,23	0,18	0	0
Grammatidae	<i>Gramma brasiliensis*</i>	0	0,05	0	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0
	<i>Anisotremus surinamensis</i>	0,18	0,05	0	0,05	0	0,05	0	0,53	0,05	0,05	0	0,025
	<i>Anisotremus moricandi</i>	0,03	0,05	0,13	0,03	0	0,03	0,25	0,1	0,23	0,13	0	0,1
	<i>Anisotremus virginicus</i>	0,4	0,1	1,15	0,1	0,25	0,13	0,33	0	0,45	0,23	0,05	0,18
Haemulidae	<i>Haemulon aurolineatum</i>	0	0,18	0,23	2,15	0	0,9	0,98	0,1	6,78	5,9	0,48	0,28
	<i>Haemulon parra</i>	2,53	0,13	13,9	0,3	0,8	0,3	3,1	0,1	2,8	0,43	1,7	1,35
	<i>Haemulon plumieri</i>	0	0	0,15	0	0	0	0	2,03	0	0	0	0
	<i>Haemulon squampipima</i>	0	0,45	0,3	0	0	0	0,08	0,9	1,35	1,28	0	0
	<i>Haemulon atlanticus</i>	0	0	0,18	0	0	0	0	0,13	0	0	0	0
Holocentridae	<i>Myripristis jacobus</i>	0,1	0,03	0,2	0	0	0	0,03	0,28	0,4	0,2	0	0,1
	<i>Holocentrus adscensionis</i>	0	0,18	0,18	0	0	0	0,18	0	0,6	0,38	0,15	0,03
	<i>Bodianus rufus</i>	0,13	0,3	0,13	0,03	0,13	0,03	0,05	0,03	1,03	0,65	0,075	0,13
	<i>Halichoeres brasiliensis</i>	1,05	0,25	1,73	0,2	0,53	0,15	0,78	0,08	1,9	1,1	1,7	0,43
	<i>Halichoeres poeyi</i>	1,3	0,68	2,3	1,2	1	1,2	2,6	0,3	3,4	1,43	0,73	0,23
	<i>Scarus trispinosus*</i>	0,05	0,45	0,08	0	0	0	0,08	1,175	0,1	0,05	0	0
Labridae	<i>Scarus zelindae*</i>	0,15	8,5	0,78	0,6	0,15	0,6	1,08	1,35	2,7	2	0,025	0,7
	<i>Sparisoma amplum</i>	0,4	0,08	0,08	0,05	0	0,05	0,45	0	0,63	0,325	0	0,3
	<i>Sparisoma axillare*</i>	0,25	0,43	1,6	0,45	0,75	0,45	6,7	0	5,53	2,8	0,63	0,38
	<i>Sparisoma radians</i>	0	0,05	0	0	0	0	0,03	1,65	0,03	0	0	0,05
	<i>Sparisoma frondosum*</i>	0,35	0,15	0,63	0,43	0,08	0,43	0,95	0,33	0,55	0,53	0,05	0,08
	<i>Labrisomus nuchipinnis</i>	0	0,03	0,05	0	0	0	0,25	3,93	0,13	0,1	0	0,03
Labrisomidae	<i>Malacoctenus delalandei</i>	0	0	0	0	0	0	0,23	0,2	0	0	0	0
	<i>Malacoctenus zaluari</i>	0	0	0	0	0	0	0,35	0,9	0,35	0,18	0	0
	<i>Lutjanus alexandrei</i>	0	0,05	0	0	0	0	0	0,15	0,38	0,33	0	0,025
	<i>Lutjanus jocu</i>	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0	0
Lutjanidae	<i>Lutjanus synagris</i>	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus cyanopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0,03	0,6	0	0	0	0
	<i>Lutjanus analis</i>	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,05	0,025	0	0,025
	<i>Ocyurus chrysurus</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,05	0	0
Monacanthidae	<i>Cantherhines macrocerus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,025
Mulidae	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0,03	0,2	0,1	0,23	0,1
	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	0,18	0,28	0,53	0	0,525	0	0,2	0,03	0,28	0,13	0	0
Muraenidae	<i>Gymnothorax funebris</i>	0	0,03	0	0	0	0	0	0,18	0,03	0,03	0	0
	<i>Gymnothorax vicinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0	0
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus vespetilio</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ophichthidae	<i>Myrichthys ocellatus</i>	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0,05	0,025	0	0	0
Ostraciidae	<i>Acanthostracion polygonius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,025	0	0
Pempheridae	<i>Pempheris schomburgki</i>	0	0	0	0	0	0,15	0	2,5	0	4,5	0	0
	<i>Holocanthus ciliaris</i>	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomacanthidae	<i>Holocanthus tricolor</i>	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0
	<i>Pomacanthus arcuatus</i>	0	0	0	0,15	0	0	0	0,15	0	0	0	0
	<i>Pomacanthus paru</i>	0	0	0,13	0	0	0,13	0,03	0	0	0	0,03	0,08
	<i>Abudefduf saxatilis</i>	6,9	1,1	3,7	1,4	3,2	1,1	13,5	8,2	14,4	4,5	8,58	2,53
	<i>Microspathodon chrysurus*</i>	0	0,15	0,4	0	0	0,2	0	0	0,1	0,08	0	0
Pomacentridae	<i>Stegastes fuscus</i>	5,45	5,25	3,53	2,8	1,78	2,58	7,65	0,33	18,7	10,23	3,25	4,83
	<i>Stegastes pictus</i>	0	0	0,45	0	0	0	0,08	0,03	0,23	0,23	0,2	0,2

	<i>Stegastes variabilis</i>	0,2	0,125	0,75	0	0,23	0	0	0,58	0,48	0,4	0,18	0,48
	<i>Chromis multilineata</i>	0,05	0	0,55	0	0	0	0	0	2,08	1,55	0	0
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenarius</i>	0	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sciaenidae	<i>Odontoscion dentex</i>	0	0	0,13	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0	0
	<i>Pareques acuminatus</i>	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i>	0	0	0	0	0	0	0,2	0,18	0	0	0,2	0,33
	<i>Cephalopholis fulva</i>	0,33	1,03	0,23	0,2	0,03	0,2	0,25	0,53	0,8	0,6	0	0,05
Epinephelidae	<i>Epinephelus adscensionis</i>	0,03	0,05	0,13	0	0	0	0	0	0,6	0,5	0	0
	<i>Mycteroperca bonaci*</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,28	0	0	0	0
	<i>Alphestes afer</i>	0	0	0	0,05	0	0,05	0	0,1	0,1	0	0	0
Serranidae	<i>Serranus flaviventris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0	0
Grammistidae	<i>Rypticus saponaceus</i>	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synodontinae	<i>Synodus intermedius</i>	0,03	0,05	0	0	0	0	0,03	0	0,1	0,03	0	0
	<i>Synodus synodus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0	0
Tetraodontidae	<i>Canthigaster figueiredoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,13	0	0