



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

LETÍCIA BRASILEIRO SILVA

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES ASSOCIADOS A CORAIS EM
DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO EM AMBIENTES RECIFAIS RASOS**

CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO DE 2022

LETÍCIA BRASILEIRO SILVA

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES ASSOCIADOS A CORAIS EM
DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO EM AMBIENTES RECIFAIS RASOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação como requisito para a obtenção do título de Mestre (a).

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Thelma Lúcia Pereira Dias

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586d Silva, Leticia Brasileiro.
Diversidade funcional de peixes associados a corais em diferentes estados de conservação em ambientes recifais rasos [manuscrito] / Leticia Brasileiro Silva. - 2022.
55 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.
"Orientação : Profa. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Debilidade coralínea. 2. Conservação ambiental. 3. Estrutura populacional. 4. Recifes rasos. I. Título

21. ed. CDD 577.6

LETÍCIA BRASILEIRO SILVA

**DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES ASSOCIADOS A CORAIS EM
DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO EM AMBIENTES RECIFAIS RASOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação como requisito para a obtenção do título de Mestre (a).

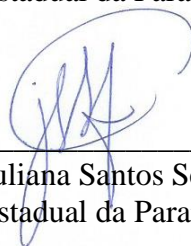
Área de concentração: Biodiversidade e Conservação em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos.

Aprovada em: 23/02/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Thelma Lúcia Pereira Dias (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof^a. Dr^a. Juliana Santos Severiano
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof^a. Dr^a. Michelle Gomes Santos
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Ao meu irmão João Janduy Brasilleiro, por
todas as vezes que você me mostrou que é
hora de viver!

Ao meu tio Luís Eduardo L. Brasileiro (*in
memorian*), por toda força!

A minha mãe Raymunda Suely L. Brasileiro
(*in memorian*), por todo esforço pela minha
educação!

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Esses dois últimos anos me fizeram ter gratidão por muitas coisas. Primeiramente, agradeço a Deus por ser minha força e fortaleza durante esse tempo, acredito que só o sobrenatural pode explicar aquilo que o natural não pode. A Ele toda honra e glória e se consegui chegar aqui hoje, devo isso a minha fé, que não é inabalável, mas me leva distante, me faz sonhar e voar alto.

Agradeço a minha família por todo amor, confiança e suporte nesses anos difíceis, em especial ao meu pai, Francisco de Assis Silva, que sempre acreditou em mim e sempre torceu por minhas conquistas. As palavras dele “as realizações dos seus sonhos, são meus sonhos também” me reconfortam, mesmo em meio a todos os problemas.

Não posso deixar de agradecer aos meus tios Maria Madalena Brasileiro e Edgard De Macedo Silva, por todo o apoio. Foi a confiança de vocês em mim que não me fez desistir de concluir esse mestrado. Meus agradecimentos especiais aos meus irmãos, Luan Rocha Silva e João Janduy Brasileiro Primo, que me deram forças e apoiaram-se em tudo que faço. Vocês serão minhas referências sempre de força de vontade, de garra e determinação. Obrigada por todo apoio intelectual, espiritual e financeiro.

Ao meu amor, Carlos Michel Clemente Santos, agradeço todas as conversas, incentivos e tempo doado para me fazer bem e continuar fazendo o que preciso fazer. Eu sei que por vezes não é fácil ser fortaleza para os outros, mas teu esforço me faz mestre e pode ter certeza, não é só um título... Obrigada por todas as horas de sono doadas ao meu trabalho, viagens, opiniões e conselhos, cada linha desse trabalho tem um pedacinho de ti. Não posso deixar de agradecer também a sua família que me acolheu com todo o amor.

Eu acho que a Professora Thelma Lúcia Pereira Dias não tem muita noção do impacto que ela teve na minha vida, são anos de trabalho juntas, com muita confiança e respeito! Adoro a forma que a senhora me deixa voar, mas me traz para o chão quando necessário. Obrigada por todas as contribuições e orientações.

Aos meus amigos de turma e graduação, muito obrigada pela força e pelas palavras de incentivo. Em especial, cito minha amiga Adara Barbosa de Sousa, que mesmo de longe, sempre esteve tão perto.

Deixo já registrado meu agradecimento a banca examinadora por todas as contribuições, tenho certeza que serão para fortalecer! Agradeço também a secretaria, coordenação e docentes

do PPGEC/UEPB pela paciência e contribuições. Além disso, agradeço a Capes, pela bolsa cedida para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, esse trabalho não teria uma linha sem Camile Dias Avelino... Cami, muito obrigada! Nada que eu falar, fizer ou comprar vai ser o suficiente para te agradecer. Você é especial, eu sempre te disse isso e não deixe que te digam ao contrário, só quem não te conhece de verdade, não sabe da sua índole. Obrigada por todas as coletas, conversas, mensagens e apoio. Você vai longe e eu torço demais por tu.

Mãe, eu sei que as vezes trilhamos caminhos diferentes do que os pais sonham para gente, mas eu precisava tentar me arriscar... Eu espero que onde você esteja, esteja com orgulho de mim, porque eu ainda tenho certeza da escolha que fiz! Como é duro não te ter aqui comigo... Assim, todos os momentos felizes como esse acabam se tornando um pouco tristes também... Te amarei sempre e olha por mim, por favor!

*“A cura para tudo é sempre água salgada:
o suor, as lágrimas ou o mar”*

(Isak Dinesen)

RESUMO GERAL

Sabe-se que os ambientes recifais detêm grande biodiversidade, sendo, entretanto, um dos ecossistemas mais vulneráveis a estressores, como mudanças climáticas e ações antrópicas. Estudos que abordam como os organismos se comportam em um determinado ambiente são cada vez mais relevantes, assim, trabalhos que envolvem a diversidade funcional das comunidades tornaram-se fundamentais na determinação de processos ecossistêmicos e do seu bom funcionamento. Este estudo visa responder qual é o efeito do estado de conservação dos corais sobre a diversidade funcional de peixes associados a duas regiões com comunidade coralínea em situação preocupante. Espera-se que o estado de conservação coralínea influenciará nos padrões de diversidade funcional das espécies associadas, afetando assim sua diversidade funcional. Para isso, as colônias de corais de dois ambientes recifais do estado da Paraíba, recifes de Areia Vermelha e do Seixas, foram classificadas quanto a presença de doenças, branqueamento, mortalidade e danos. Ao mesmo tempo, as assembleias de peixes recifais associados foram caracterizadas quanto à abundância relativa, estrutura de tamanho dos indivíduos e organizadas dentro de categorias funcionais. A partir de análises envolvendo índices de diversidade funcional, apesar da não significância dos modelos 2 e 4 do teste estatístico e das poucas correlações significativas mostradas pela análise complementar de Quarto Canto, os cálculos de diversidade funcional apontaram uma baixa uniformidade (FEve) e riqueza (FRic) funcional para as duas regiões (FEve= 0,42/ FRic= 0,3 – Areia Vermelha e FEve= 0,55/FRic= 1,87 – Seixas), o que corroboram com o apresentado em outros trabalhos que, de forma geral, constataram que a baixa cobertura de corais vivos e a complexidade reduzida de habitat, acaba causando uma diminuição na diversidade funcional de peixes recifais, corroborando também com a hipótese deste estudo. Além disso, em relação as colônias de corais, o estudo apontou a dominância do coral *Siderastrea stellata*, e que menos da metade das colônias de corais, para as duas regiões de estudo, encontram-se saudáveis e uma porcentagem considerável encontram-se com algum tipo de dano, principalmente o crescimento algal, o que pode ser indicativo de ambientes em recuperação e vulneráveis. Conclui-se que o estado de conservação coralíneo acaba por influenciar nos padrões de diversidade funcional das espécies de peixes associadas, uma vez que, tais ambientes recifais em situação preocupante proporcionam uma baixa diversidade funcional.

Palavras-chave: Debilidade coralínea. Conservação. Estrutura populacional. Recifes rasos.

ABSTRACT

It is known that reef environments hold great biodiversity, being, however, one of the most vulnerable ecosystems to stressors, such as climate change and anthropic actions. Studies that address how organisms behave in a given environment are increasingly relevant, thus, works that involve the functional diversity of communities have become fundamental in determining ecosystem processes and their proper functioning. This study aims to answer what is the effect of the conservation status of corals on the functional diversity of fish associated with two regions with coral communities in a worrying situation. It is expected that the coral conservation status will influence the patterns of functional diversity of associated species, thus affecting their functional diversity. For this, the coral colonies of two reef environments in the state of Paraíba, Areia Vermelha and Seixas reefs, were classified according to the presence of diseases, bleaching, mortality and damage. At the same time, the associated reef fish assemblages were characterized in terms of relative abundance, size structure of individuals and organized into functional categories. From analyzes involving functional diversity indices, despite the non-significance of models 2 and 4 of the statistical test and the few significant correlations shown by the complementary analysis of Quarto Canto, the functional diversity calculations showed low uniformity (FEve) and richness (FRic) functional for both regions (FEve= 0.42/ FRic= 0.3 – Areia Vermelha and FEve= 0.55/FRic= 1.87 – Seixas), which corroborates with what was presented in other works that, In general, they found that the low coverage of live corals and the reduced complexity of habitat, ends up causing a decrease in the functional diversity of reef fish, also corroborating the hypothesis of this study. In addition, in relation to coral colonies, the study pointed out the dominance of the coral *Siderastrea stellata*, and that less than half of the coral colonies, for the two study regions, are healthy and a considerable percentage are found with some type of damage, mainly algal growth, which may be indicative of recovering and vulnerable environments. It is concluded that the coral conservation status ends up influencing the patterns of functional diversity of associated fish species, since such reef environments in a worrying situation provide a low functional diversity.

Keywords: Coral weakness. Conservation. Population structure. Shallow reefs.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Mapa das áreas de estudo situadas no Estado da Paraíba, (a) Recifes de Areia Vermelha e (b) Recifes do Seixas. Imagens de satélite, fonte: Google Earth.....23
- Figura 2** - Esquematização das 3 matrizes (matriz R, matriz L e matriz Q) que compõem a análise RLQ.....28
- Figura 3** - Colônias de corais das espécies encontradas. (a) *S. stellata*, (b) *F. gravida* e (c) *P. astreoides*. Fotos: Camile Dias.....29
- Figura 4** - Valores absolutos das colônias de corais encontradas possuindo algum tipo de doença.....30
- Figura 5** - Danos avistados nas colônias de corais. (a) *S. stellata*, com sedimentação, (b) *S. stellata* com alteração de pigmentação e crescimento algal, (c) *F. gravida* com crescimento algal e (d) *S. stellata* com evidência de predação. Fotos: Camile Dias.....30
- Figura 6** - Algumas doenças vistas em colônias de corais em nos recifes da Praia do Seixas. (a) *S. stellata* com banda vermelha, (b) *S. stellata* com praga branca, (c) *S. stellata* com síndrome branca e (d) *S. stellata* com pontos negros. Fotos: Camile Dias.....31
- Figura 7** - Situação de branqueamento das colônias de corais nos recifes do Seixas. (a) branqueamento nível I (não branqueados, porém pálidos), (b) branqueamento nível II (moderado, pálidos a 50% branqueados), (c) branqueamento nível III (graves, 50 a 100% branqueados) e (d) branqueamento nível IV (mortos, sem pólipos aparentes, mas não sedimentado). Fotos: Camile Dias.....32
- Figura 8** - Espécies mais abundantes registradas nos locais de amostragem em Areia Vermelha. Os peixes (a) *H. parra*, (b) *S. fuscus*, (c) *A. saxatilis*, (d) *S. variabilis*. Fotos: Camile Dias.
.....33
- Figura 9** - Espécies de peixes avistadas somente nos recifes do Seixas. Os peixes (a) *H. reidi*, (b) *H. plumieri*, (c) *M. ocellatus*, (d) *C. striatus*, (e) *A. chirurgus*, e (f) *H. brasiliensis*. Fotos: Camile Dias.....34
- Figura 10** - Gráfico de ordenação entre as correlações dos traços funcionais das espécies de peixes encontradas e os dados referentes ao estado de conservação coralínea em Areia Vermelha - PB.....36
- Figura 11**: Resultado gráfico da análise de Quarto Canto para os ambientes recifais do Seixas. As áreas cinzas correspondem as relações não significativas ($p > 0,05$), as pintadas de azul indicam as correlações significativas negativas e as vermelhas, as positivas ($p < 0,05$)
.....37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 PERGUNTA	15
3 HIPÓTESE DE PESQUISA	16
4 OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo geral	17
4.2 Objetivos específicos	17
5 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO	18
6 CAPÍTULO 1 - ARTIGO - DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES ASSOCIADOS A CORAIS EM DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO EM AMBIENTES RECIFAIS RASOS	19
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE A – MATRIZES RLQ: AREIA VERMELHA	50
APÊNDICE B – MATRIZES RLQ: PONTA DE SEIXAS	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

Estudos ecológicos têm evoluído muito nos últimos tempos e muito se tem desenvolvido acerca da ecologia de comunidades. A ecologia, atrelada a conservação, ultrapassa os limites de estudar-se apenas as relações ecológicas, processos e serviços ecossistêmicos, uma vez que, o viés conservacionista da ecologia diagnóstica e traça planos para espécies, para que assim, se conheça e se preserve organismos vivos, seja de uma floresta temperada a ambientes recifais com a vida impactada pelo homem. Dessa forma, diversas nuances da ecologia que estuda a diversidade surgiram e irão surgir, assim como os estudos sobre a diversidade funcional.

Em relação a diversidade de espécies, é consenso entre os ecólogos relacionarem a riqueza de espécies, ou seja, o número de espécies presentes numa dada área e as abundâncias relativas das mesmas, à biodiversidade de um determinado local, sendo aspectos importantes, uma vez que tais dados fornecem informações relevantes sobre, por exemplo, o estado de conservação de uma determinada comunidade (MARANDINO & LAURINI, 2018; WONG et al., 2018). Somado a isso, além da diversidade taxonômica, a diversidade funcional das comunidades nos ecossistemas é um tema crescente e que está ganhando forças em diversas áreas, tendo uma importância primordial para determinar processos ecossistêmicos (PETCHEY & GASTON, 2006). Os estudos que envolvem a diversidade funcional são baseados em um conjunto de características das espécies, chamadas de características funcionais, sendo componentes do fenótipo de um organismo que influenciam os processos ecossistêmicos (PETCHEY & GASTON, 2006).

A diversidade funcional surge como um componente da biodiversidade que abrange uma série de características funcionais (características morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos) predominantes em um ecossistema (GOSWAMI et al., 2017). Essa diversidade é importante porque é capaz de fornecer dados sobre vários aspectos do funcionamento do ecossistema, como sua dinâmica, estabilidade, disponibilidade de nutrientes, entre outros fatores, sendo um índice de medição usado para averiguar a confiabilidade também do seu bom funcionamento (GOSWAMI et al., 2017).

Além disso, estudos que abordam a análise de características funcionais tornaram-se de extrema importância, uma vez que, a partir de tais estudos, os pesquisadores têm conseguido informações relevantes relacionada à composição e a diversidade da comunidade, obtendo informações fundamentais sobre a resiliência e restauração do ecossistema (CADOTTE et al., 2015). Com isso, através da utilização desse tipo de diversidade, torna-se possível verificar a

dinâmica entre as características funcionais das espécies, funcionalidade ecossistêmica, e compreender os efeitos dos impactos ambientais de forma mais precisa (GAGIC et al., 2015).

Baseado nesse tipo de abordagem, o trabalho de Tilman et al. (1997) foi pioneiro, visto que, foram eles que a conceituaram pela primeira vez, e desde então, a biodiversidade passou a ser entendida como um componente mais funcional do que unicamente taxonômico. Logo, a proposta da abordagem da diversidade funcional, que inclui a relevância das características morfológicas, fisiológicas e comportamentais das espécies como uma ferramenta no funcionamento e estruturação do ecossistema, começou a ganhar força (TILMAN et al., 1997; GAGIC et al., 2015).

O interesse crescente em estudar a diversidade funcional, culminou no surgimento de inúmeras formas de mensura-la nos ecossistemas. A escolha de quais características utilizar em um determinado estudo dependerá de seus objetivos específicos, visto que, os estudos ecológicos estão cada vez mais focados na importância dessas características para o entendimento de relações mais complexas entre indivíduos e seu ambiente (PETCHEY & GASTON, 2006). Como os índices de diversidade funcional evoluíram rapidamente, atualmente existem diversos índices que a quantificam como, por exemplo, aqueles que incluem características que podem ser medidas em uma escala contínua (por exemplo, tamanho do corpo), que são características preferenciais. Há também os índices que utilizam características categóricas, como divisões em níveis tróficos. Esses últimos, vêm recebendo interesse especial em estudos ecológicos (TÖRNROOS & BONSDORFF, 2012).

Diversas teorias ecológicas contribuíram para a expansão do conhecimento sobre a diversidade funcional, sendo a Teoria de Nicho imprescindível nos estudos de estruturação a nível local de espécies, visto que tais espécies são limitadas pelo número de nichos em um determinado espaço, sendo determinados pela limitação do ambiente. Assim, as características funcionais acabam por revelar o conjunto de atributos que são adaptados as condições do local (GÖTZENBERGER et al., 2012).

Assim como para diversas áreas, a biologia marinha também utiliza preceitos da ecologia de comunidades para entender e elucidar problemas. Com o intuito de estudar vida marinha, tal área se apropria de aspectos da ecologia funcional para elucidar suas questões. Castro e Huber (2012) afirmam que a vida marinha é fonte de saúde também para os seres humanos, assim, estudos que busquem conhecer, diagnosticar e conservar esses ambientes são extremamente relevantes, até porque os ambientes marinhos são detentores de vasta biodiversidade.

Em relação a tais ambientes, atualmente, sabe-se que a biodiversidade está comprometida por muitos fatores como as mudanças ambientais e climáticas, causadas principalmente por distúrbios antropogênicos, sendo os recifes de corais um exemplo de ecossistema ameaçado devido a sua vulnerabilidade a estressores globais (RAMÍREZ-ORTIZ et al., 2017). Embora representem menos de 0,2% do fundo do oceano, eles abrigam um terço de todas as espécies marinhas de peixes descritas, constituindo as comunidades aquáticas mais diversas e complexas do mundo (NELSON et al., 2016).

Para o Brasil, boa parte dos recifes existentes não se configura como um recife de coral verdadeiro, uma vez que, sua formação não se dá devido a sobreposição de esqueletos calcáreos de corais mortos. Contudo, o país possui os únicos recifes de corais verdadeiros do Atlântico Sul, porém, sua diversidade de corais é baixa. Os recifes brasileiros, em sua maioria, são de constituição arenítica, com contribuição marcante algas calcárias, principalmente na região Nordeste. Apesar da baixa diversidade, tais ambientes recifais possuem um grau de endemismo alto (ZILBERBERG et al., 2016).

Diante da crise ambiental que os recifes de corais e ambientes recifais enfrentam em decorrência de mudanças climáticas e atividades antropogênicas, como a perda da biodiversidade, surgimento de doenças e branqueamento (ocorre quando as células dos corais expulsam todas ou, quase todas, as microalgas simbiotas – zooxantelas – responsáveis por gerar a maior parte da sua fonte de alimento por meio da fotossíntese), são imprescindíveis os estudos sobre as consequências da perda da complexidade do habitat decorrente da morte de corais, sobre a comunidade de macroinvertebrados e peixes associados (FABRICIUS et al., 2014). Sabe-se que distúrbios que modificam a riqueza e abundância de espécies construtoras de recifes são de particular interesse por causa da possibilidade que essas espécies têm de fornecer habitat estrutural, refúgio e recursos adicionais para vários outros organismos (HOLBROOK et al., 2008).

Muitas pesquisas foram desenvolvidas com o intuito de descrever uma doença ou fazer um diagnóstico da situação de branqueamento de colônias de corais. Da década de 70 ao início do século XXI, mais de 25 doenças em corais já tinham sido catalogadas e descritas (GARRETT & DUCKLOW, 1975; WOODLEY et al., 2016). No que diz respeito ao branqueamento de corais, caracteriza-se como um dos principais males causados a esses organismos estudados na atualidade (LOUGH & VAN OPPEN, 2018).

Vale ressaltar que, mesmo sabendo-se que os recifes de corais são detentores da maior diversidade aquática comparando-se todos os ecossistemas marinhos, muitos estudos nos recifes se concentram apenas na diversidade ou situação dos corais e, para estudos referentes à

diversidade funcional das espécies associadas, muitos retratam o papel desempenhado por espécies de peixes (GIBSON et al., 2011).

No litoral brasileiro, as espécies de corais, hidroides calcáreos e octocorais vem sofrendo com os subsequentes eventos de branqueamento em massa ocorridos em 2010 e 2016, devido ao estresse térmico incomum ocorrido nesses períodos, causando debilidade nesses organismos, inclusive no litoral da Paraíba (DIAS & GONDIM, 2016; TEIXEIRA et al., 2019). Nesse cenário, direcionar estudos visando avaliar a influência da debilidade e mortalidade dos corais na diversidade funcional das comunidades de peixes associados aos recifes coralíneos são de especial relevância, uma vez que, o estado de conservação dos corais pode gerar impactos negativos que envolvem a perda de biodiversidade, da segurança alimentar e da economia baseada no turismo em áreas recifais.

2 PERGUNTA

O estado de conservação da comunidade de corais (i.e., estado de saúde, branqueamento, taxa de mortalidade e presença de danos) afeta a diversidade funcional de peixes em recifes rasos?

3 HIPÓTESE DE PESQUISA

O estado de conservação das colônias de corais (i.e., estado de saúde, branqueamento, taxa de mortalidade e presença de danos) influenciará nos padrões de diversidade funcional de peixes associados de forma diretamente proporcional.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Caracterizar as comunidades de corais recifais quanto ao estado de conservação (i.e., presença de doenças, branqueamento, taxa de mortalidade e danos) e avaliar a diversidade funcional de peixes em relação ao estado de conservação das colônias de corais estudadas.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os corais quanto a presença de doenças, branqueamento, mortalidade e danos, como o crescimento algal, marcas de predação, sedimentação e tipo de doença;
- Caracterizar as comunidades de peixes recifais quanto à abundância relativa e estrutura de tamanho dos indivíduos;
- Avaliar a diversidade funcional dos peixes recifais considerando o estado de conservação dos corais nas áreas estudadas, através de métricas de diversidade funcional.

5 ESTRUTURA GERAL DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está organizada em estrutura de capítulo único. Assim, o manuscrito em forma de artigo é intitulado como:

- (1) Diversidade funcional de peixes associados a corais em diferentes estados de conservação em ambientes recifais rasos.

6 CAPÍTULO 1 - ARTIGO - DIVERSIDADE FUNCIONAL DE PEIXES ASSOCIADOS A CORAIS EM DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO EM AMBIENTES RECIFAIS RASOS

RESUMO

Estudos que abordam como os organismos se comportam em um determinado ambiente são relevantes e tornaram-se fundamentais na determinação de processos ecossistêmicos e do seu bom funcionamento. Além da baixa diversidade, comparando-se com outros recifes e considerando-se os impactos ambientais sofridos nas últimas décadas, os ambientes recifais brasileiros possuem alto grau de endemismo. Assim, tal estudo visa avaliar a influência da debilidade dos corais na diversidade funcional das comunidades de peixes recifais. Nesse sentido, foram realizados mergulhos livres, entre novembro de 2020 e maio de 2021, para obter-se informações a respeito do estado de conservação coralíneo em dois ambientes recifais paraibanos, os recifes de Areia Vermelha e do Seixas, e sobre a abundância, estrutura de tamanho de peixes além de organizá-los dentro de categorias funcionais distribuídas em quatro atributos (tamanho, grupo trófico, postura dos ovos, fecundidade e comportamento social). Cada coral foi caracterizado quanto ao estado de conservação e os peixes encontrados com tamanho igual ou superior a 1 cm foram fotografados, contados, identificados ao menor nível taxonômico possível e categorizados funcionalmente. Ao todo foram encontradas 252 colônias de corais e 9 espécies de peixes em Areia Vermelha e 11 nos recifes do Seixas. Apesar da não significância dos modelos 2 e 4 do teste estatístico da RLQ e das poucas correlações significativas mostradas pela análise complementar de Quarto Canto, os cálculos de diversidade funcional apontaram uma baixa uniformidade (FEve) e riqueza (FRic) funcional para as duas regiões (FEve= 0,42/ FRic= 0,3 – Areia Vermelha e FEve= 0,55/FRic= 1,87 – Seixas), o que corroboram com o apresentado em outros trabalhos que, de forma geral, constataram que a baixa cobertura de corais vivos e a complexidade reduzida de habitat, acaba causando uma diminuição na diversidade funcional de peixes recifais, corroborando também com a hipótese deste estudo. Além disso, em relação as colônias de corais, o estudo apontou a dominância do coral *Siderastrea stellata*, e que menos da metade das colônias de corais, para as duas regiões de estudo, encontram-se saudáveis e uma porcentagem considerável encontram-se com algum tipo de dano, principalmente o crescimento algal, o que pode ser indicativo de ambientes em recuperação e vulneráveis devido principalmente ao último evento de branqueamento em massa ocorrido em 2016. Por esses aspectos, são fundamentais estudos e ações que visem recuperar

essas áreas, com o intuito de minimizar os problemas ecológicos já existentes e restaurar o bom funcionamento desses ecossistemas.

Palavras-chave: Biodiversidade. Corais escleractíneos. Riqueza funcional. *Siderastrea stellata*. Uniformidade funcional.

ABSTRACT

Studies that address how organisms behave in a given environment are relevant and have become fundamental in determining ecosystem processes and their proper functioning. In addition to the low diversity, compared to other reefs and considering the environmental impacts suffered in recent decades, Brazilian reef environments have a high degree of endemism. Thus, this study aims to assess the influence of coral weakness on the functional diversity of reef fish communities. In this sense, freediving was carried out between November 2020 and May 2021 to obtain information about the coral conservation status in two reef environments in Paraíba, the Areia Vermelha and Seixas reefs, and about the abundance, structure and of fish size, in addition to organizing them into functional categories distributed in four attributes (size, trophic group, egg laying, fecundity and social behavior). Each coral was characterized as to its conservation status and the fish found with a size equal to or greater than 1 cm were photographed, counted, identified at the lowest possible taxonomic level and functionally categorized. In all, 252 coral colonies and 9 species of fish were found in Areia Vermelha and 11 in the reefs of Seixas. Despite the non-significance of models 2 and 4 of the RLQ statistical test and the few significant correlations shown by the complementary analysis of the Quarto Canto, the calculations of functional diversity indicated low uniformity (FEve) and functional richness (FRic) for the two regions (FEve= 0.42/ FRic= 0.3 – Areia Vermelha and FEve= 0.55/FRic= 1.87 – Seixas), which corroborates what was presented in other studies that, in general, found that the low coverage of live corals and the reduced complexity of the habitat, ends up causing a decrease in the functional diversity of reef fish, also corroborating the hypothesis of this study. In addition, in relation to coral colonies, the study pointed out the dominance of the coral *Siderastrea stellata*, and that less than half of the coral colonies, for the two study regions, are healthy and a considerable percentage are found with some type of damage, mainly algal growth, which may be indicative of recovering and vulnerable environments, mainly due to the last mass bleaching event that occurred in 2016. For these

reasons, studies and actions aimed at recovering these areas are essential, with the order to minimize existing ecological problems and restore the proper functioning of these ecosystems.

Key words: Biodiversity. Functional Richness. Functional Uniformity. Scleractine Corals. *Siderastrea stellata*.

INTRODUÇÃO

Os ambientes recifais, embora representem menos de 0,2% do fundo do oceano, abrigam cerca de um terço de todas as espécies marinhas de peixes descritas, constituindo as comunidades aquáticas mais diversas e complexas do mundo (NELSON et al., 2016). Atualmente, a biodiversidade nesses locais está comprometida, sendo os recifes de corais um exemplo de ecossistema ameaçado devido a sua vulnerabilidade a estressores globais, a fluidez do meio e a falta de barreiras (ZILBERBERG et al., 2016).

No mundo todo, tais ambientes vêm sofrendo uma crise ambiental principalmente em consequência de mudanças climáticas e atividades antropogênicas (FABRICIUS et al., 2014). Eventos de branqueamento em massa, ocorridos devido a elevação da temperatura das águas resultando na expulsão das zooxantelas (algas simbiotes com as células coralíneas), foram registrados com maior frequência nas últimas décadas o que dificulta a recuperação dos corais e os tornam mais suscetíveis a doenças e ao aparecimento de outros problemas como o crescimento macroalgal (HUGHES et al., 2018).

Tais problemas têm atingindo as colônias de corais em escala global. No Brasil, tal distúrbio é preocupante uma vez que os ambientes recifais brasileiros são caracterizados principalmente pela baixa diversidade de espécies de corais e da macrofauna associada, quando se compara essa diversidade com a de outros recifes do mundo (LEÃO et al., 2010; DIAS & GONDIM, 2016). Entretanto, esses ambientes possuem um alto grau de espécies endêmicas tanto de corais escleractíneos como de hidroides calcáreos e peixes (LEÃO et al., 2010; DIAS & GONDIM, 2016). Estima-se que, sete em cada 23 corais escleractíneos e três em cada cinco espécies de hidroides calcáreos, sejam endêmicos, o que reforça a necessidade de conservação desses ambientes (GONDIM et al., 2011; DIAS & GONDIM, 2016).

Distúrbios que modificam a diversidade, isto é, riqueza e abundância de espécies construtoras de recifes recebem atenção particular devido a possibilidade que esses organismos possuem de fornecer recursos como alimentação, habitat estrutural e refúgio para diversas

espécies (HOLBROOK et al., 2008). Com isso, é imprescindível compreender os processos ecossistêmicos que regem tais ambientes e estudos que envolvem a diversidade funcional têm auxiliado nesse aspecto. Gagic et al. (2015) afirmam que os estudos envolvendo a diversidade funcional auxiliam na compreensão dos efeitos dos impactos ambientais de forma mais precisa, principalmente no contexto de mudanças climáticas atual que impactam diretamente o estado de conservação dos ambientes recifais.

Dessa forma, a diversidade funcional surge como um componente da biodiversidade que abrange uma série de características funcionais dos organismos predominantes em um ecossistema (características morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos), sendo importante porque é capaz de influenciar e determinar vários aspectos do seu bom funcionamento (TILMAN et al., 1997; GOSWAMI et al., 2017).

O estado de conservação dos corais pode gerar impactos negativos que envolvem a perda de biodiversidade, da segurança alimentar e da economia baseada no turismo em áreas recifais. Considerando os últimos acontecimentos de eventos de branqueamento em massa que atingiram a costa brasileira, causando debilidade coralínea e perda de biodiversidade, a vulnerabilidade das colônias de corais que sobreviveram a tal evento e os efeitos negativos da ação do homem, este estudo visa avaliar qual o efeito do estado de conservação coralínea na diversidade funcional de peixes recifais, objetivando caracterizar as comunidades de corais recifais quanto ao estado de conservação e avaliar a diversidade funcional de peixes em relação ao estado de conservação das colônias de corais estudadas. Assim, a hipótese deste trabalho é que quanto pior o estado de conservação dos corais, menos rica e diversa funcionalmente serão as assembleias associadas.

MÉTODOS

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas formações recifais costeiras no litoral Paraibano, sendo elas: os recifes de Areia Vermelha, localizados dentro de um Parque Estadual Marinho e os recifes da Praia do Seixas, inseridos na Área de Proteção Ambiental Naufrágio Queimado. As duas áreas recifais recebem atividade turística intensa, principalmente durante o verão (Figura 1).

O clima regional predominante nas áreas é do tipo AS', tropical quente e úmido, pela classificação climática de Köppen, com precipitações de outono-inverno que alcançam em

torno de 1800 mm de médias anuais, com chuvas concentradas de março a julho (FRANCISCO & SANTOS, 2017).

As duas áreas estudadas, assim como outros pontos do litoral brasileiro, estão com seus ambientes recifais em situação preocupantes devido a fatores como a intensa atividade comercial/pesqueira, atividade turística desenfreada, poluição e consequências das mudanças climáticas que, principalmente nas últimas décadas, acabam por favorecer o surgimento de eventos de branqueamento em massa, relatados nos anos de 2010 e 2016 para o Brasil e, conseqüentemente a debilidade coralínea. Dessa forma, ambos os ambientes recifais analisados encontram-se em situação alarmantes no que diz respeito a conservação da biodiversidade e do estado de conservação das colônias de corais. Inclusive, Dias e Gondim (2016) já relataram a presença de corais branqueados e em estados iniciais de doenças para a região dos recifes da praia do Seixas.

Os critérios de escolha dos ambientes foram o grau de impacto das colônias estudadas e a atividade turística intensa.

Figura 1: Mapa das áreas de estudo situadas no Estado da Paraíba, (a) Recifes de Areia Vermelha e (b) Recifes do Seixas. Imagens de satélite.



Fonte: Google Earth.

Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (PEM-AV)

O Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha (07°00'41"S, 34°48'58"W) está localizado no município de Cabedelo, possui cerca de 3 km de extensão no sentido norte-sul,

distante cerca de 100 m da costa (Praia de Camboinha), sendo formado por um longo cordão recifal que margeia um banco de areia que fica exposto durante a maré baixa. O acesso aos banhistas é feito através de embarcações particulares ou turísticas (GONDIM et al., 2011).

O PEM-AV foi criado em 2002 pelo Governo do Estado da Paraíba, devido à necessidade de conservação da biodiversidade da área, do seu grande potencial biológico e como forma de regulamentar as atividades turísticas locais (GONDIM et al., 2011; LOURENÇO et al., 2015). O recife de características irregulares e formação predominantemente arenítica, possui uma contribuição marcante de corais zooxantelados como *Mussismilia harttii* (Verrill, 1868) e *M. hispida* (Verrill, 1901), além de *Siderastrea stellata* (Verrill, 1868) e de algas calcárias (incrustantes e rodolitos) (GONDIM et al., 2011).

Apesar de ter sido criado a quase duas décadas, o PEM-AV ainda não possui um plano de manejo, extrapolando o prazo máximo 5 anos estabelecidos para a criação de um plano adequado. Por isso, estudos nessa região são de extrema importância para o levantamento de dados sobre a fauna do parque, para que sirvam de base para a elaboração de um plano de manejo adequado atendendo as necessidades mais urgentes de conservação de algumas espécies ali presentes.

Recifes da Praia do Seixas

Os recifes da Praia do Seixas (70°9'21"S, 34°47'10"W) são caracterizados por formações recifais aparentes na maré baixa, há cerca de 700 m da praia, com profundidade da coluna da água variante de totalmente descoberto a locais profundos, com até 6 m, e zonas intermediárias de 0,5 m a 1,5 m, servindo como zonas de habitat, refúgio e alimento para muitos animais como espécies de peixes e invertebrados. Sua formação consiste em uma combinação de rochas areníticas, algas calcárias e corais, sendo um destino procurado por turistas (DIAS & GONDIM, 2016).

A Área de Proteção Ambiental Naufrágio Queimado foi criada a partir do Decreto 38.981 de dezembro de 2018. A APA possui uma área de aproximadamente 422 km², que se estendem entre 2 municípios, Cabedelo e João Pessoa, sendo esta área correspondente a aproximadamente de 10,2% da plataforma continental da Paraíba (ICMBio, 2018). A justificativa para a criação da APA abrange desde princípios ecológicos, para a proteção do seu grande potencial biológico, até como forma de regulamentar as atividades turísticas e pesqueiras locais.

Os recifes do Seixas estão sujeitos a uma forte ação das ondas e turbidez na maior parte do ano, o que diminui a visibilidade da água principalmente nos meses do inverno. Dias e Gondim (2016) relataram também que tais recifes estão entre as áreas atingidas pelo evento de branqueamento em massa em 2010. No período, foram registradas espécies de corais e octocorais com sinais de doenças, crescimento macroalgal e marcas de predadores.

Desenho amostral

O estudo foi realizado através de mergulho livre (*snorkeling*), por 2 mergulhadores, indo uma vez ao mês em cada área estudada, entre os meses de novembro de 2020 a maio de 2021 (em período seco, por ter sido o período mais propício à visualização das espécies), em regime de maré baixa (-0,1 a 0,4 m). A profundidade média na área varia de 0,5 a 4 m.

Para a obtenção dos dados referentes ao estado de conservação dos corais, foram estendidos 30 transectos lineares durante o período diurno (sendo 15 em cada recife estudado) de 10 x 2 m (20 m²), com todos os pontos de amostragem georreferenciados utilizando-se GPS acoplado a câmera fotográfica.

Feito isso, ao longo de cada transecto, foram dispostos aleatoriamente 5 quadrados de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²). Dentro desses quadrados, especificamente para as colônias de corais encontradas, foram obtidos os seguintes dados: presença/identificação de doenças (síndrome branca, praga branca, banda vermelha, pontos negros), presença de danos (alteração de pigmentação, evidências de predação, sedimento ou crescimento algal) e sobre a situação de branqueamento, seguindo a metodologia de McClanahan et al. (2004), onde os corais são classificados em uma de quatro categorias (níveis de branqueamento): não branqueados, moderados (pálidos a 50% branqueados), graves (50 a 100% branqueados) e mortos.

Além disso, para cada amostra, os seguintes dados ambientais abióticos foram mensurados: temperatura (em °C), aferida através de termômetro; salinidade, com o auxílio de um refratômetro; pH, com um kit de pH para ambiente marinho; profundidade (em metros) por uma fita métrica; e visibilidade da água, com o disco de Secchi. Inicialmente, todos os dados foram anotados em pranchetas de PVC.

Os peixes encontrados associados aos recifes com tamanho igual ou superior a 1 cm foram fotografados, mensurados, através de perspectiva visual (BELL et al, 1985), contados e identificados ao menor nível taxonômico possível (SMITH, 1997; TUNNELL et al., 2010).

A composição das características funcionais das assembleias de peixes foi feita através da caracterização das espécies utilizando 5 características funcionais, sendo uma delas contínua

e as demais categóricas, que incluem 12 categorias adaptadas dos trabalhos de Holbrook et al. (2008), Ramírez-Ortiz et al. (2017), Yeager et al. (2017), Duarte et al. (2020). A Tabela 1 a seguir descreve as características funcionais e categorias utilizadas no estudo.

Todas as informações sobre as características categóricas de cada espécie de peixes (grupo trófico, postura de ovos, fecundidade e comportamento social) foram obtidas por meio de um levantamento bibliográfico em literatura pertinente (e.g. Smith, 1997; Tunnell et al., 2010), além da consulta de bancos de dados online, como: MarLIN BIOTIC (<http://www.marlin.ac.uk/biotic>), Fishbase (<http://www.fishbase.org/search.php>), Instituto Smithsonian de Pesquisa Tropical (<https://biogeodb.stri.si.edu/caribbean/es/pages>). As informações sobre as características categóricas foram organizadas em uma matriz de valores binários, onde ‘1’ significa o enquadramento da espécie na categoria e ‘0’, o não enquadramento. Vale ressaltar que o tamanho médio dos indivíduos foi a única característica obtida por meio de aferição nos locais de estudo, por isso, foram trazidos dados sobre a estrutura de tamanho dos indivíduos.

Tabela 1: Descrição das características funcionais utilizadas nas espécies de peixes.

Características funcionais	Tipo de característica	Categorias	Definição/Importância
Tamanho do corpo	Contínua	*	Maior tamanho do comprimento total, estando relacionado com muitas funções ecossistêmicas, podendo ser indicador de distúrbios.
Grupo trófico	Categórica	Herbívoro Carnívoro Onívoro Coralívoro Detritívoro Planctívoro	Indica a estrutura trófica, o ciclo de energia, de nutrientes nas comunidades, além de quais recursos alimentares estão disponíveis.
Postura dos ovos	Categórica	Bentônica Pelágica	Influencia o grau e a extensão da dispersão larval. Larvas lançadas na água apresentam grande poder de dispersão nos ecossistemas.
Fecundidade	Categórica	Baixa 1–2500 ovos Alta > 2500 ovos	Taxa de ovos liberados, o que pode indicar aumento ou diminuição da comunidade em uma escala de tempo.
Comportamento social	Categórica	Solitário Dupla/cardume	Comportamento da ocorrência das espécies no meio. Influencia na ocupação do habitat.

*Utilizados os valores médios encontrados.

Análise de dados

Todos os dados foram inicialmente organizados em planilha Excel e testados quanto à normalidade. Em relação ao estado de conservação dos corais, aos táxons encontrados nos ambientes de estudo, assim como suas abundâncias e estrutura de tamanho dos indivíduos, as planilhas geraram matrizes. Assim, a partir dessas matrizes, foi utilizada a estatística descritiva, como valores de porcentagem e valores médios, acompanhados dos respectivos desvios padrão, para caracterizar o estado de conservação ambiental e a estrutura de tamanho das assembleias de peixes associados.

Os dados sobre a conservação dos corais e os dados abióticos de cada amostra, compõem as informações referentes a matriz ambiental (matriz R), construída para a realização da análise estatística. Os dados referentes a conservação dos corais foram organizados em valores de porcentagem de colônias encontradas naquele determinado estado de conservação.

A diversidade de atributos funcionais foi calculada através de dois índices: o índice de riqueza funcional (FRic) que representa a quantidade de espaço funcional preenchido pela comunidade (VILLÉGER et al. 2008), e o índice de uniformidade funcional (FEve) que descreve a uniformidade da distribuição da abundância em um espaço de característica funcional (VILLÉGER et al. 2008), ambos utilizando o pacote “FD” – Functional Diversity (LALIBERTÉ et al., 2015). Mason et al. (2005) afirmam que os índices de riqueza e uniformidade funcional são dois aspectos importantes para a diversidade de espécies, pois, eles são ortogonais entre si (ou seja, variam independentemente um do outro) e estão relacionadas às mesmas entidades (ou seja, às espécies).

Para verificar a relação entre as características funcionais de peixes e as variáveis ambientais relacionadas ao estado de conservação dos corais, foi realizada a análise RLQ (DOLÉDEC et al., 1996), que fornece a ordenação simultânea de espécies, seus atributos e as variáveis ambientais, devidamente padronizadas. Tal análise é baseada em duas hipóteses nulas, fornecidas por dois modelos: o Modelo 2 que diz que não há relação entre as matrizes R e L e o Modelo 4, que diz que não há relação entre as matrizes L e Q. Para isso, então foram geradas 3 matrizes, sendo a matriz R a que contém dados ambientais; a L, a matriz de táxons; e a matriz Q, contendo as características funcionais (traços), conforme esquematizado na Figura 2.

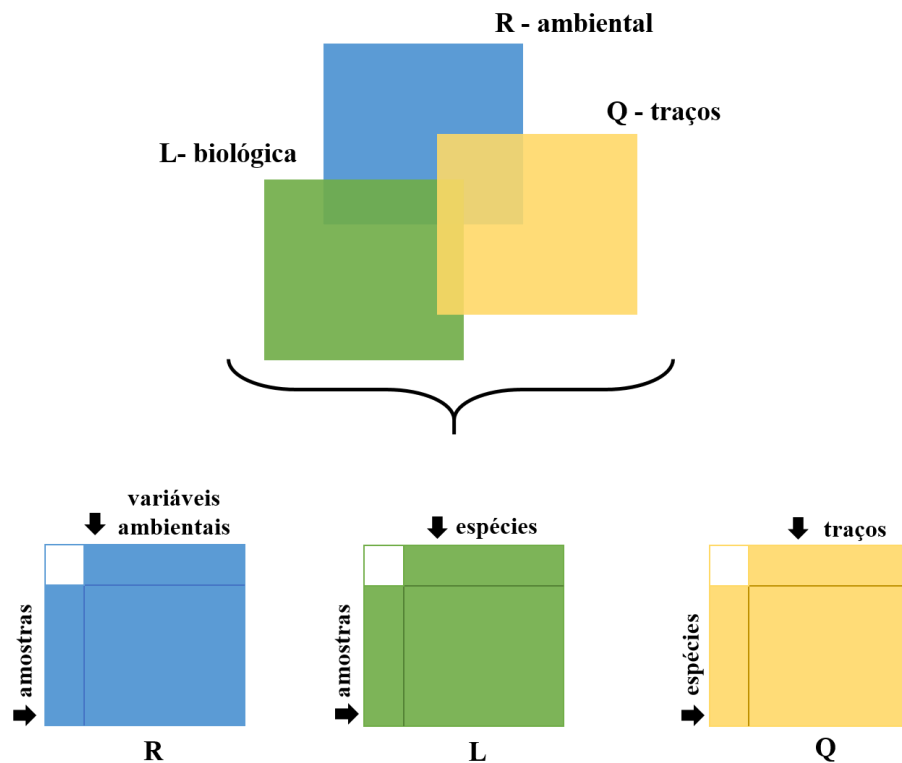
Como a RLQ cruza as três matrizes, contudo, fornece apenas os dois valores de p globais, fornecidos pelos dois modelos supracitados, tais análises foram complementadas pelas análises de Quarto Canto (LEGENDRE et al., 1997; DRAY et al., 2014), usadas para encontrar

uma relação bivariada significativa ($p < 0,05$) entre um único atributo e uma variável ambiental por vez.

As matrizes com todos os dados referentes aos traços e categorias analisadas para as duas áreas de estudo, assim como as demais matrizes, estão disponíveis nos apêndices: APÊNDICE A – MATRIZES RLQ: AREIA VERMELHA e APÊNDICE B - MATRIZES RLQ: PONTA DE SEIXAS.

As análises estatísticas e os resultados gráficos foram computados com os pacotes `ade4` e `vegan`, sendo implementados no software R (versão 4.1.0).

Figura 2: Esquematização das 3 matrizes (matriz R, matriz L e matriz Q) que compõem a análise RLQ.



Fonte: elaborado pelo autor.

RESULTADOS

Estado de conservação dos corais nas áreas de estudo

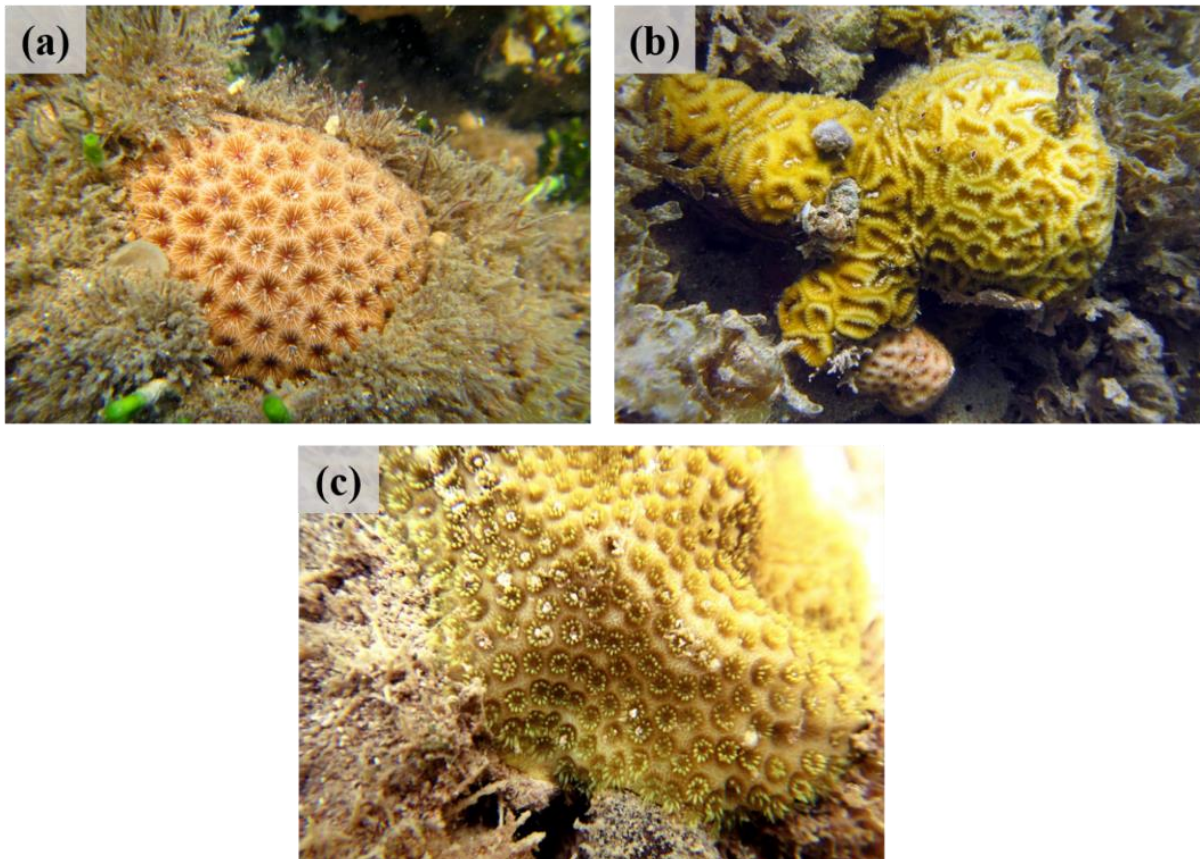
Ao todo, foram registradas 376 colônias de corais. Desse total, 252 colônias estavam nos recifes do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha e 124 foram avistadas nos recifes

da Praia do Seixas. Para as duas regiões, foram registradas majoritariamente a espécie de coral escleractíneo *Siderastrea stellata*.

Dos 252 corais encontrados em Areia Vermelha, apenas 4 deles não se tratava de *S. stellata*, sendo 3 colônias da espécie *Favia gravida* (Verrill, 1868) e a outra, um *Porites astreoides* (Lamarck, 1816). A figura 3 ilustra as espécies analisadas. Foi possível observar que 106 colônias coralíneas estavam saudáveis e apenas uma estava morta. Além disso, foram registradas colônias que se enquadravam em mais de uma categoria utilizada para a descrição do estado de conservação desses cnidários.

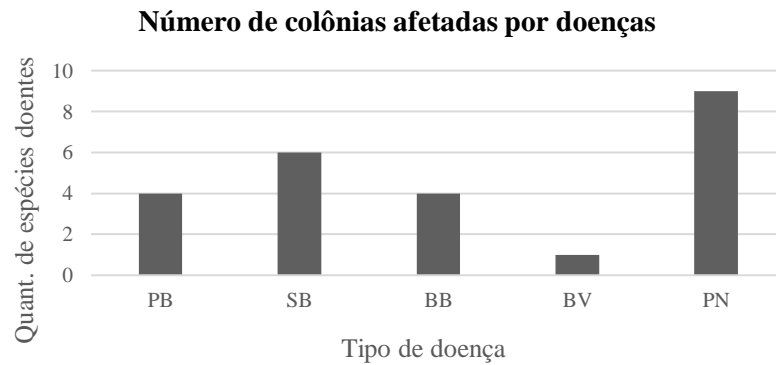
Quanto a presença de doenças que afetam os corais, observou-se 5 tipos na região: praga branca, síndrome branca, banda branca, banda vermelha e pontos negros. A doença dos pontos negros foi a mais recorrente, possuindo 9 colônias de corais atingidas. Os dados absolutos referentes ao estado de saúde coralíneo estão descritos na Figura 4.

Figura 3: Colônias de corais das espécies encontradas. (a) *S. stellata*, (b) *F. gravida* e (c) *P. astreoides*.



Fotos: Camile Dias.

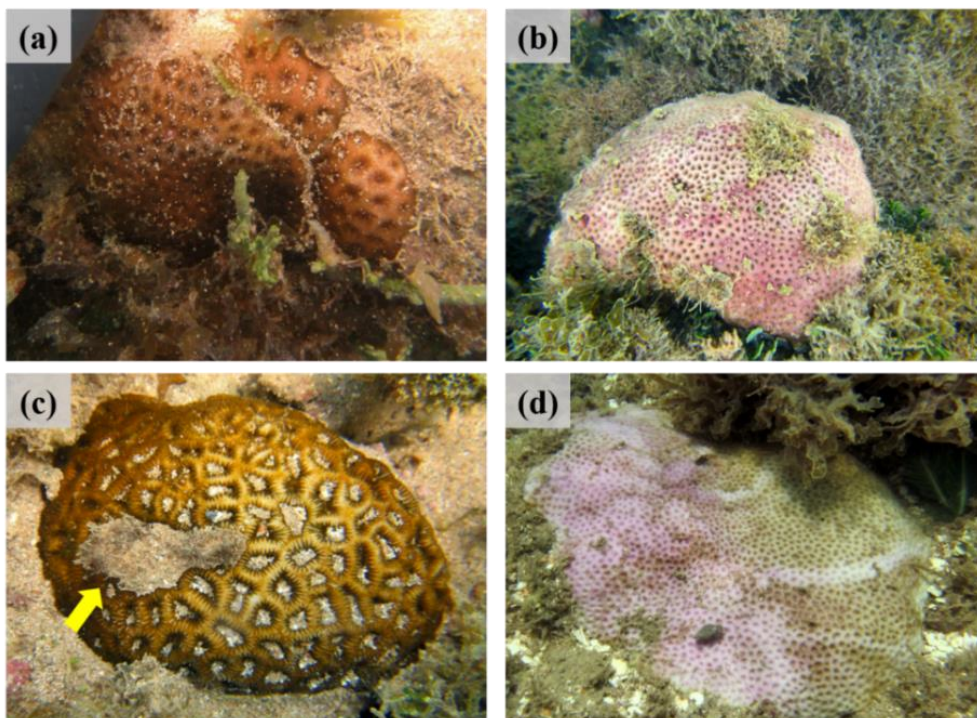
Figura 4: Valores absolutos das colônias de corais encontradas possuindo algum tipo de doença.



Legenda: PB: praga branca; SB: síndrome branca; BB: banda branca; BV: banda vermelha e PN: pontos negros.

Em relação a presença de danos (alteração de pigmentação, evidências de predação, sedimento ou crescimento algal), 8,3% das colônias possuíam alteração de pigmentação, 16,7% estavam sedimentadas e 25% possuíam crescimento algal. Apenas uma colônia foi encontrada com evidência de predação (Figura 5).

Figura 5: Danos avistados nas colônias de corais. (a) *S. stellata*, com sedimentação, (b) *S. stellata* com alteração de pigmentação e crescimento algal, (c) *F. gravida* com crescimento algal e (d) *S. stellata* com evidência de predação. Fotos: Camile Dias.



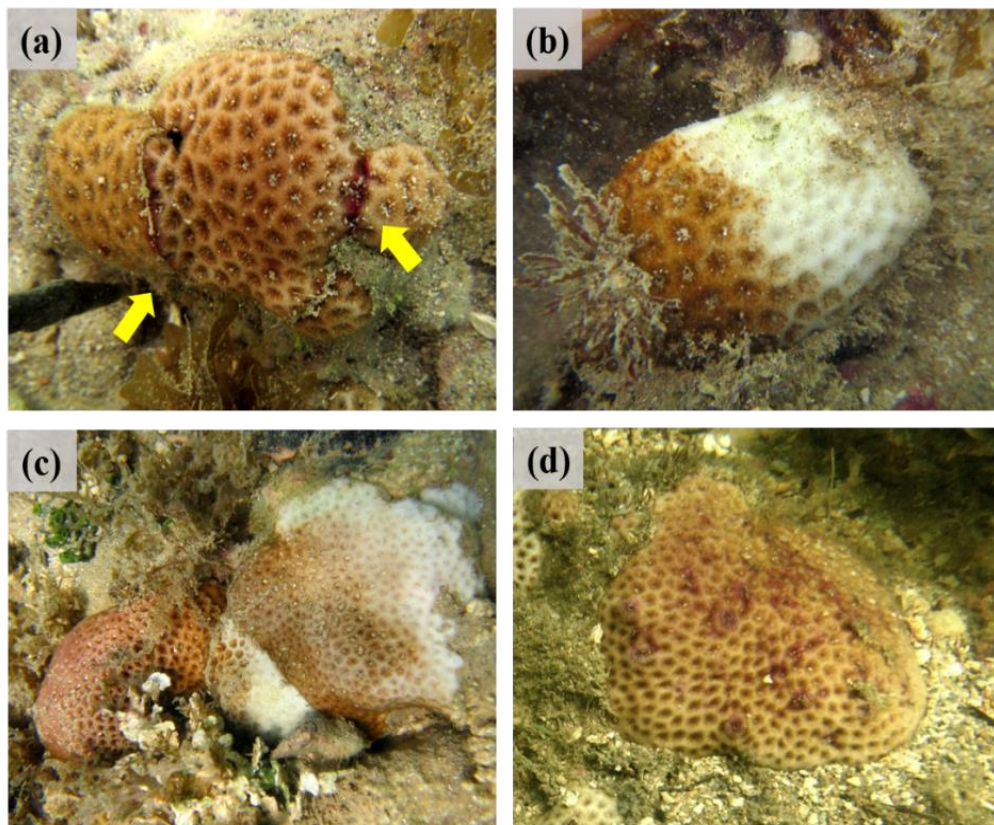
Fotos: Camile Dias.

Por fim, como último aspecto observado para a avaliação do estado de conservação coralínea em Areia Vermelha, foram apenas avistadas colônias em 2 níveis de branqueamento: o nível II (moderados - pálidos a 50% branqueados), e o nível III (graves - 50 a 100% branqueados). O nível II representou 6% das colônias de corais e o nível III, 2,4% dos corais estudados.

Dos 124 corais encontrados na segunda área de estudo, a Praia do Seixas, apenas um se tratava de uma colônia de *P. astreoides*, os demais se tratavam da espécie *S. stellata*. Do total de colônias coralíneas, 28 corais estavam saudáveis (22,6%) e 2 estavam mortos. Entretanto, em relação as colônias avistadas com algum tipo de doença, foram observados 14 corais doentes (Figura 6): 2 corais possuíam a banda branca e 2 os pontos negros, 1 coral a banda vermelha e, por fim, 9 colônias possuíam a síndrome branca.

Quanto a presença de danos nas colônias, o dano mais representativo foi o crescimento algal (32,7%), seguido pela sedimentação (13,7%) e pela alteração de pigmentação (10,5%). Nessa área de estudo, nenhum coral com evidência de predação foi encontrado.

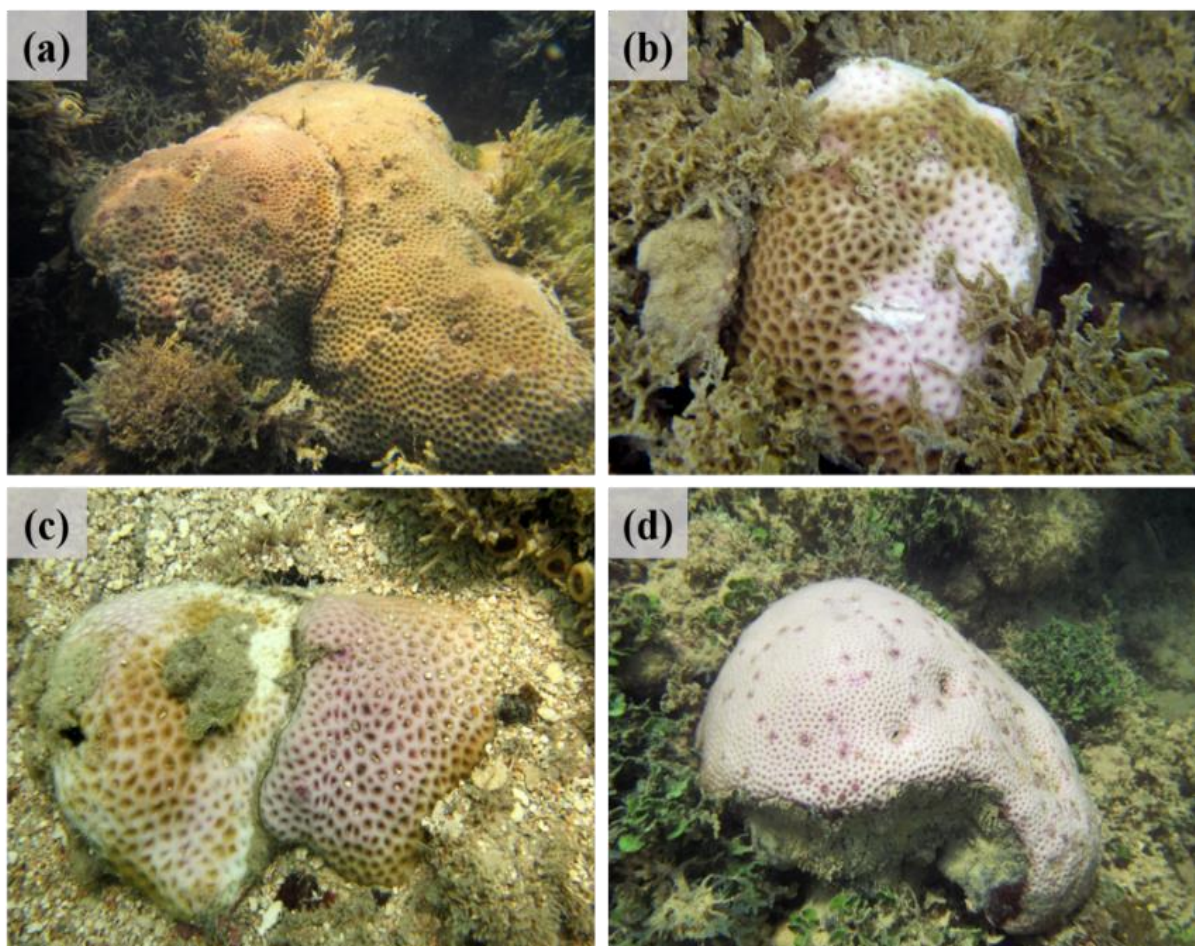
Figura 6: Algumas doenças vistas em colônias de corais em nos recifes da Praia do Seixas. (a) *S. stellata* com banda vermelha, (b) *S. stellata* com praga branca, (c) *S. stellata* com síndrome branca e (d) *S. stellata* com pontos negros.



Fotos: Camile Dias.

Diferentemente do que foi observado em Areia Vermelha, os recifes da Praia do Seixas possuíam colônias de corais que se enquadravam nos 4 níveis de branqueamento (Figura 7). O branqueamento nível II foi o mais representativo, com 24 colônias. Já os branqueamentos nível I e IV, possuíram apenas uma colônia de coral afetada e o branqueamento nível III com 2 corais.

Figura 7: Situação de branqueamento das colônias de corais nos recifes do Seixas. (a) branqueamento nível I (não branqueados, porém pálidos), (b) branqueamento nível II (moderado, pálidos a 50% branqueados), (c) branqueamento nível III (graves, 50 a 100% branqueados) e (d) branqueamento nível IV (mortos, sem pólipos aparentes, mas não sedimentado).



Fotos: Camile Dias.

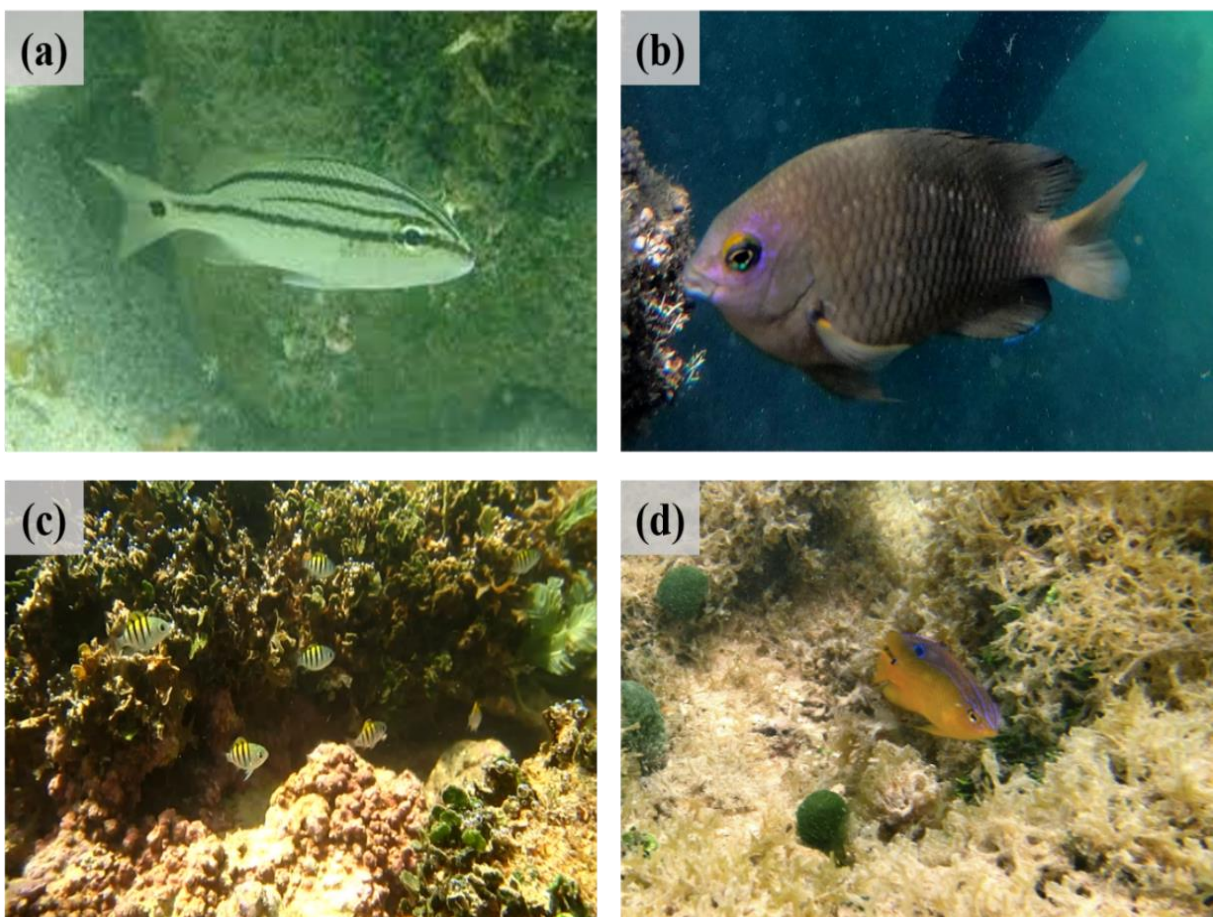
Abundância relativa e tamanho médio das assembleias de peixes

Nos ambientes recifais de Areia Vermelha, foi possível identificar 9 espécies de peixes associadas aos corais recifais. As espécies de peixes *Haemulon parra* (Desmarest, 1823), *Stegastes fuscus* (Cuvier, 1830), *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758) e *Stegastes variabilis*

(Castelnau, 1855) foram as mais abundantes (20, 12, 11 e 10 indivíduos, respectivamente) (Figura 8).

Em relação a estrutura de tamanho, o maior indivíduo avistado foi a moreia verde *Gymnothorax funebris* (Ranzani, 1839), com 1 m de comprimento, seguido por *Myripristis jacobus* (Cuvier 1829) (12 cm), *H. parra* ($6,94 \pm 0,87$ cm), *S. fuscus* ($5,12 \pm 2,74$ cm), e *A. saxatilis* ($3,88 \pm 0,87$ cm).

Figura 8: Espécies mais abundantes registradas nos locais de amostragem em Areia Vermelha. Os peixes (a) *H. parra*, (b) *S. fuscus*, (c) *A. saxatilis*, (d) *S. variabilis*.



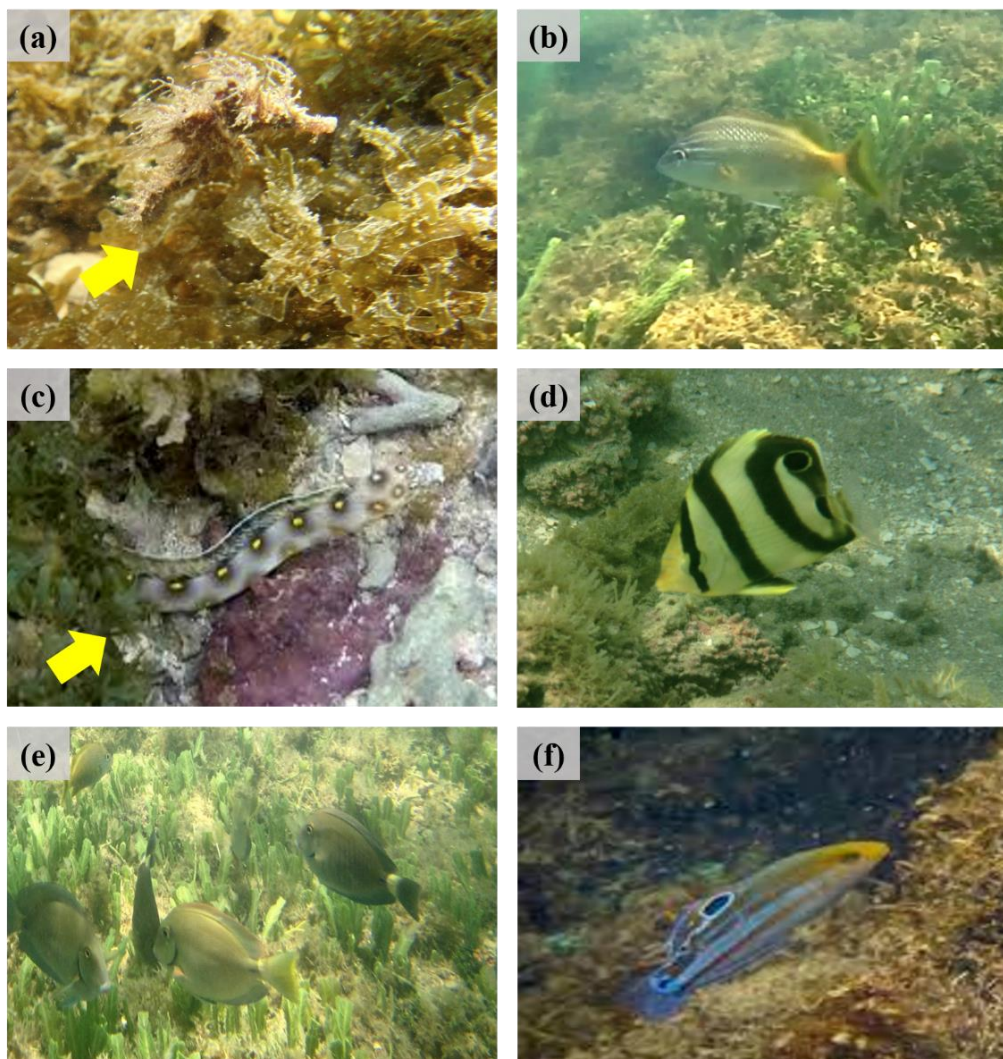
Fotos: Camile Dias.

Nos recifes do Seixas foram encontradas 11 espécies de peixes recifais. Ambas as áreas de estudo detinham uma composição de espécies muito semelhantes, contudo as espécies *Hippocampus reidi* (Ginsburg, 1933), *Haemulon plumierii* (Lacepède, 1801), *Myrichthys ocellatus* (Lesueur, 1825), *Chaetodon striatus* (Linnaeus, 1758), *Acanthurus chirurgus* (Bloch, 1787) e *Halichoeres brasiliensis* (Bloch, 1791) foram avistadas somente no Seixas (Figura 9).

Para a mesma área de estudo, as espécies mais abundantes foram *S. variabilis*, 15 indivíduos, *S. fuscus*, com a ocorrência de 14 indivíduos e *Sparisoma axillare* (Steindachner, 1878), 11 indivíduos.

No que diz respeito a estrutura de tamanho os indivíduos, a maior espécie de peixe encontrada foi *M. ocellatus*, medindo 15 cm e a menor foi o cavalo marinho *H. reidi*, medindo 1,4 cm. A Tabela 2 a seguir apresenta os dados referentes a abundância relativa e média de tamanho dos peixes encontrados na segunda área de estudo.

Figura 9: Espécies de peixes avistadas somente nos recifes do Seixas. Os peixes (a) *H. reidi*, (b) *H. plumierii*, (c) *M. ocellatus*, (d) *C. striatus*, (e) *A. chirurgus*, e (f) *H. brasiliensis*.



Fotos: Camile Dias.

Tabela 2: Abundância relativa e média de tamanho (com seus respectivos desvios padrão) os peixes avistados nas áreas recifais da Praia do Seixas – PB.

ESPÉCIE	Abundância relativa (ind.)	Tamanho médio (cm)
<i>Stegastes fuscus</i>	14	5,93 ($\pm 3,10$)
<i>Stegastes variabilis</i>	15	3,2 ($\pm 1,08$)
<i>Coryphopterus glaucofraenum</i>	3	2,3 ($\pm 0,96$)
<i>Sparisoma axillare</i>	11	2,7 ($\pm 1,15$)
<i>Chaetodon striatus</i>	3	4,9 ($\pm 0,09$)
<i>Halichoeres brasiliensis</i>	3	5,3 ($\pm 1,24$)
<i>Acanthurus chirurgus</i>	1	6,3
<i>Myripristis jacobus</i>	1	5,0
<i>Hippocampus reidi</i>	1	1,4
<i>Haemulon plumieri</i>	1	13,0
<i>Myrichthys ocellatus</i>	1	15,0

Análise dos traços funcionais e a diversidade funcional das áreas de estudo

O único traço contínuo analisado, o tamanho médio das espécies foi descrito na seção anterior. Para Areia Vermelha, os grupos tróficos mais representativos foram os herbívoros e carnívoros, sendo representados por 3 espécies. Todas as espécies apresentam a fecundidade alta, 5 espécies foram classificadas na categoria de comportamento social solitário e 9 espécies na categoria de postura de ovos bentônica.

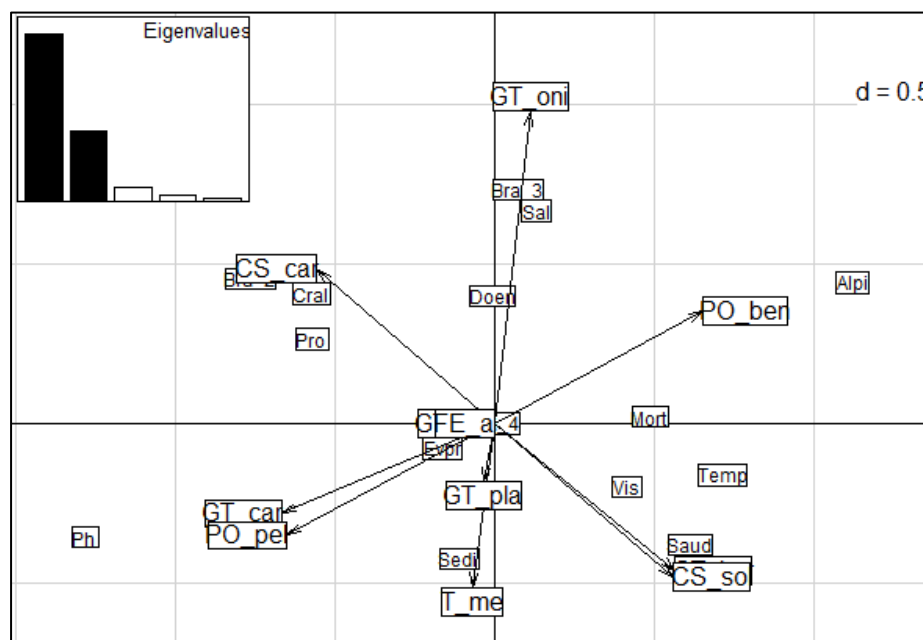
Para o Seixas, a categoria mais representativa no que diz respeito ao traço de grupo trófico foi a carnívora, com 5 espécies. Apenas uma espécie foi enquadrada na categoria de fecundidade baixa (*H. reidi*), e 7 espécies apresentam o comportamento social em cardume e depositam seus ovos na água (postura de ovos pelágica).

Para os ambientes recifais de Areia Vermelha, o teste de ordenação global da RLQ não mostrou significância para nenhuma das suas hipóteses nulas, uma vez que o Modelo 2 e o Modelo 4 obtiveram valores de $p > 0,05$ ($p = 0,81$; $p = 0,59$, respectivamente). Assim, conclui-se que a matriz ambiental não influencia as espécies (Modelo 2) e a composição das espécies não é influenciada pelo conjunto de traços escolhidos (Modelo 4). Entretanto, o teste indicou que os dois eixos explicaram mais de 91% dos dados, onde o eixo 1 possuía 64,74% de percentual de inercia e o eixo 2 com 27,04% do mesmo percentual.

A figura 10 aponta as correlações obtidas com a RLQ, sendo as principais: a correlação positiva entre o grupo trófico carnívoro e o pH ($r = 0,77$); a correlação negativa entre o grupo trófico carnívoro e a alteração de pigmentação ($r = -0,57$); a correlação negativa entre os herbívoros e o pH ($r = -0,44$) e a correlação negativa entre a postura de ovos pelágica e a alteração de pigmentação dos corais ($r = -0,58$).

Quando realizada a correlação entre uma variável ambiental e um traço funcional por vez (análise de Quarto Canto), obtendo-se assim um valor de p para cada correlação, apenas cinco delas foram significativas: a correlação entre o pH e o grupo trófico carnívoro ($r= 0,77$ e $p=0,01$); entre o branqueamento nível II e o comportamento social solitário ($r= - 0,44$ e $p= 0,04$); entre o branqueamento nível II e o comportamento social em cardume ($r= 0,44$ e $p = 0,04$); entre a salinidade e o tamanho médio dos peixes ($r= - 0,35$ e $p= 0,02$) e, por fim, entre os corais saudáveis e o tamanho médio dos peixes ($r= 0,28$ e $p= 0,03$).

Figura 10: Gráfico de ordenação entre as correlações dos traços funcionais das espécies de peixes encontradas e os dados referentes ao estado de conservação coralínea em Areia Vermelha - PB.



Legenda: Categorias funcionais – GT_oni: grupo trófico onívoro; GT_pla: grupo trófico planctívoro; GT_car: grupo trófico carnívoro; PO_ben: postura de ovos bentônica; PO_pel: postura de ovos pelágica; CS_sol: comportamento social solitário; CS_car: comportamento social em cardume; FE_a: fecundidade alta; T_me: tamanho médio. Dados ambientais: Bra_3: branqueamento nível 3; Sal: salinidade; Doen: doente; Pro: profundidade; Cral: crescimento algal; Alpi: alteração de pigmentação; Mort: mortos; Vis: visibilidade; Temp: temperatura; Sedi: sedimentação; saud: saudável; Evpr: evidência de predação.

Ainda para Areia Vermelha, os índices de diversidade funcional utilizados apontaram uma média de uniformidade e riqueza funcional baixa (respectivamente, FEve= 0,42 - Min.: 0,02 e Máx.: 0,83; FRic= 0,3 - Min.: 0,02 e Máx.: 0,59).

Assim como para a primeira área de estudo, para os ambientes recifais de Ponta de Seixas, a RLQ não foi significativa para os dois modelos (Modelo 2: $p= 0,39$ e Modelo 4:

$p=0,6$). Além disso, o eixo 1 possuía 59,26% do percentual de inercia e o eixo 2, 23,05% do mesmo percentual, dessa forma, os dois eixos explicaram 82,31% dos dados.

Mesmo sem valores de p significativos, a análise apontou cinco correlações principais, sendo elas: a correlação entre o grupo trófico herbívoro e o crescimento algal ($r= 0,32$); entre o grupo trófico onívoro e a presença de corais mortos ($r= 0,38$); entre a postura de ovos bentônica e o pH ($r= 0,57$); a postura de ovos pelágica e a visibilidade da água ($r= -0,42$) e entre a fecundidade alta e o branqueamento nível IV ($r= -0,56$).

Quando feitas as correlações entre uma variável ambiental e um traço funcional por vez, apenas três correlações foram significativas (Figura 11). Houve uma correlação negativa entre o branqueamento nível IV e a fecundidade alta ($r= -0,56$ e $p= 0,034$), uma correlação positiva entre o pH e a postura de ovos bentônica ($r= 0,57$ e $p= 0,016$) e uma correlação negativa entre o pH e a postura de ovos pelágica ($r= -0,57$ e $p= 0,014$).

Figura 11: Resultado gráfico da análise de Quarto Canto para os ambientes recifais do Seixas. As áreas cinzas correspondem as relações não significativas ($p>0,05$), as pintadas de azul indicam as correlações significativas negativas e as vermelhas, as positivas ($p<0,05$).

	Temp	pH	Vis	Sal	Pro	Saud	Doen	Sedi	Cral	Alpi	Evpr	Bra_1	Bra_2	Bra_3	Bra_4	Mort
T_me																
GT_her																
GT_car																
GT_oni																
GT_cor																
GT_det																
GT_pla																
FE_b																
FE_a																
CS_sol																
CS_car																
PO_ben																
PO_pel																

Legenda: Categorias funcionais - T_me: tamanho médio; GT_her: grupo trófico herbívoro; GT_car: grupo trófico carnívoro; GT_oni: grupo trófico onívoro; GT_cor: grupo trófico coralívoro; GT_det: grupo trófico detritívoro; GT_pla: grupo trófico planctívoro; FE_b: fecundidade baixa; FE_a: fecundidade alta; CS_sol: comportamento social solitário; CS_car: comportamento social em cardume; PO_ben: postura de ovos bentônica; PO_pel: postura de ovos pelágica. Dados ambientais (situação dos corais) – Temp: temperatura; Vis: visibilidade da água; Sal: salinidade; Pro: profundidade; Saud: saudável; Doen: doente; Sedi: sedimentação; Alpi: alteração de pigmentação; Evpr: evidência de predação; Bra_1: branqueamento nível I; Bra_2: branqueamento nível II; Bra_3: branqueamento nível III; Bra_4: branqueamento nível IV; Mort: mortos.

Por fim, em relação aos índices de diversidade funcional, para tal região estudada, os 2 índices foram considerados baixos: o índice de uniformidade funcional foi de FEve= 0,55 (Min.: 0,09 e Máx.: 0,90) e o de riqueza funcional foi de FRic= 1,87 (Min.: 0,55 e Máx.: 3,13).

DISCUSSÃO

Apesar do teste global da RLQ não apontar significância para nenhum dos modelos apresentados, quando se calculou a diversidade funcional, através dos dois índices escolhidos, ela se mostrou baixa, corroborando com a hipótese de que ambientes recifais com comunidades coralíneas em estado de conservação preocupante teriam baixa diversidade funcional.

Com isso, para as duas áreas de estudo, como os dois índices analisados foram considerados baixos, a uniformidade funcional mais baixa indica que algumas partes do espaço de nicho, embora ocupadas, estão subutilizadas e a baixa riqueza funcional indica que alguns dos recursos potencialmente disponíveis para a comunidade não são utilizados.

Tais resultados corroboram com os encontrados por outros autores em outras regiões, como por exemplo, Holbrook et al. (2008), Richardson et al. (2017) e Cáceres et al. (2020). Nesses trabalhos, de forma geral, a baixa cobertura de corais vivos e a complexidade reduzida de habitat, acaba causando uma diminuição na diversidade taxonômica e funcional de peixes recifais.

Vale destacar o trabalho desenvolvido por Tribot et al. (2018) no oeste do Oceano Índico que demonstrou um declínio na riqueza funcional de peixes recifais (mais atraentes), devido a pesca e sobre-exploração dessas espécies. Os dois ambientes estudados no presente trabalho sofrem com tais problemas, o que podem ser indícios de outros fatores que impactam a diversidade taxonômica e funcional nesses locais.

Apesar de possuírem uma abordagem semelhante, estudos como os de Idjadi e Edmunds (2006) e de Nelson et al. (2016), com invertebrados, apontaram que a complexidade proporcionada pelo esqueleto dos corais (vivos ou mortos), eram muito mais relevantes para a diversidade funcional de táxons invertebrados do que a cobertura viva do coral. Em certos casos, a diversidade funcional de invertebrados, em ambientes controlados, não diferiu em locais com presença de coral vivo ou apenas o seu esqueleto presente, só houve mudança na diversidade funcional quando se comparou áreas com esqueletos de corais (vivos ou mortos) a áreas com apenas areia.

Os trabalhos supracitados acabam por concluir que a complexidade estrutural fornecida por corais, vivos ou mortos, é fundamental para o estabelecimento da diversidade funcional, sendo até mais relevante do que o estado de conservação coralínea em si, isso para invertebrados.

Nas duas áreas de estudo, a contribuição marcante de corais zooxantelados como *P. astreoides*, *F. gravida* e, principalmente *S. stellata*, explica-se devido a necessidade de luz que essas associações simbióticas demandam. Sabe-se, que essa associação entre o coral hospedeiro e a alga unicelular, promove uma troca mútua de recursos energéticos e é indispensável para formação do esqueleto coralíneo. Assim, a presença de zooxantelas junto a necessidade da calcificação do esqueleto, acabam por restringir as colônias de corais a baixas profundidades (ZILBERBERG et al., 2016).

No Brasil, os recifes de corais são caracterizados por ocorrerem em águas com alto grau de turbidez, quando comparados aos recifes de outras regiões. Entretanto, as características do ambiente acabam por propiciar uma diversidade considerável de táxons associados em alguns ambientes, além de possuir uma taxa de corais endêmicos elevada, tanto de corais escleractíneos como de hidroides calcários (LEÃO et al., 2010; DIAS & GONDIM, 2016).

Nas duas áreas de estudo, assim como em outros trabalhos como o de Dias e Gondim (2016) e Gondim et al. (2011), foi possível observar uma baixa diversidade de corais. Contudo, as espécies presentes eram esperadas para as regiões e, além disso, a espécie dominante do ambiente, o coral escleractíneo *S. stellata* trata-se de uma espécie endêmica brasileira (ZILBERBERG et al., 2016).

A menor quantidade de corais avistados nos recifes do Seixas provavelmente está relacionada a grande turbidez da água na maior parte do ano, principalmente nos meses de inverno, além da forte ação das ondas, o que diminui a visibilidade. Como foi relatado por Dias & Gondim (2016), tais recifes estão entre as áreas atingidas pelo evento de branqueamento em massa em 2010, o que ocasionou a morte de muitos corais, incluindo as espécies construtoras de recifes, como *S. stellata*.

Somado a isso, o impacto do turismo ao longo dos anos acaba por ser um fator relevante no que diz respeito a perda de biodiversidade tanto de corais, como da macrofauna associada. Apesar dos ambientes recifais do Seixas possuírem um fluxo turístico e recreativo menor se comparado a outros ambientes recifais da Paraíba, o que pode explicar os maiores valores de diversidade funcional se comparado à Areia Vermelha, essa sobrecarga no fluxo turístico, junto a deterioração ambiental dos recifes mais visitados, acabam por direcionar o fluxo turístico para os recifes menos impactados, uma vez que é a qualidade estética que atrai turistas, acabando

por deteriorar também esses novos ambientes, formando-se praticamente um ciclo de destruição (MELO et al., 2006).

Uma vez que as colônias de corais são extremamente vulneráveis ao desequilíbrio do meio onde estão imersas, por se tratar de um ambiente único, fluido e sem barreiras, as respostas desses organismos acabam sendo diversas (ZILBERBERG et al., 2016). Tais desequilíbrios podem ser causados por fatores naturais intrínsecos ao meio, como um maremoto, ou por fontes externas, como a poluição e o aumento da temperatura das águas superficiais, como resultado do aquecimento global (RAYMUNDO et al., 2008; HUGHES et al., 2018).

Desse modo, a resposta morfológica e fisiológica desses cnidários a tais estresses podem ser diferentes, variando de espécie para espécie e podem ser múltiplas. Para as duas áreas de estudo, houveram corais que se enquadravam em mais de uma categoria que descreve o estado de conservação, uma vez que, a anomalia térmica de 2010 que gerou o evento de branqueamento em massa, que ocasionou o branqueamento das colônias e o aparecimento de respostas tardias, como mudanças na pigmentação normal dos corais e octocorais, bem como o surgimento de estágios iniciais de doenças, como foi observado nos recifes do Seixas (MIRANDA et al., 2013; DIAS & GONDIM, 2016).

Segundo Putnam et al. (2017), o coral pode ser debilitado por vários fatores como o branqueamento, mudanças repentinas no meio ou choques mecânicos, deixando-os mais suscetível a doenças. Junto a isso, o fato desses indivíduos não adquirirem imunidade adaptativa, acaba por ser uma situação preocupante (WOODLEY et al., 2016; POLLOCK et al., 2019).

Com isso, levando-se em consideração a debilidade de algumas colônias de corais nas áreas de estudo, devido principalmente às anomalias térmicas, não foi surpresa encontrar colônias em estados iniciais e avançados de doenças. As doenças tidas como “doenças brancas”, foram bastante recorrentes, uma vez que são as mais bem estudadas e relatadas pela literatura e possuem um grau elevado de progressão, principalmente em ambientes rasos (RAYMUNDO et al., 2008; WOODLEY et al., 2016; RANDALL & VAN WOESIK, 2015; 2017).

Contudo, o percentual de cnidários saudáveis foi superior, se comparado à organismos com algum tipo de doença. Certamente está relacionado ao fato de que, mesmo que de maneira demorada, espécies de corais branqueadas podem se recuperar com o passar do tempo, mediante a recolonização das zooxantelas (ZILBERBERG et al., 2016). A maior recorrência de corais em estágios moderados de branqueamento (nível II) nos ambientes estudados pode ser reflexo dessa recolonização, uma vez que, apesar de ter sido relatado outro evento de branqueamento

em massa em 2017, este último não foi observado na costa brasileira (LOUGH & VAN OPPEN, 2018).

A grande porcentagem de colônias de corais com crescimento algal como o principal dano avistado tanto nos recifes de Areia Vermelha, quanto nos recifes do Seixas, é um reflexo de toda situação de desequilíbrio e debilidade já relatada para as duas regiões. Situações de branqueamento e doenças, além de outros danos, podem abrir espaço para a colonização por algas, um dos maiores competidores dos corais por espaço (POLLOCK et al., 2014; PRECHT et al., 2016).

Apesar dos ambientes recifais ocuparem um lugar de destaque entre os ecossistemas de maior riqueza e abundância de espécies marinhas (NELSON et al., 2016), observou-se uma baixa diversidade encontrada nas duas áreas de estudo de peixes registrados. De modo geral, a turbidez da água, que afeta a visibilidade, a grande ação das ondas e o impacto gerado pelo turismo e pesca nas regiões, acabam por limitar a riqueza e abundância desses animais nos ambientes estudados, principalmente se a diversidade desses locais for comparada com outras regiões do planeta, como por exemplo o Caribe (DIAS & GONDIM, 2016).

Vale ressaltar que, sua baixa diversidade está relacionada a fatores supracitados, acrescido da sobrepesca que assolou tais assembleias por muitos anos. Na costa brasileira, os peixes recifais correspondem a cerca de um quarto do total de espécies de peixes marinhos identificados até o momento. Visto isso, tais indivíduos são elementos-chave para o equilíbrio desses ecossistemas, exercendo diversas funções ecológicas (ZILBERBERG et al., 2016).

Estudos recentes apontam que recifes sujeitos a grande ação antrópica acabam por gerar um efeito negativo sobre peixes predadores. Um estudo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Internacional da Flórida constatou que, moreias prosperam em ambientes recifais próximos a grandes cidades, fator relacionado principalmente a sobrepesca de predadores de topo, causando um grande desequilíbrio nas comunidades ali presentes (CLEMENTI et al., 2021).

Com isso, apesar de moreias atingirem grandes tamanhos, o fato do maior peixe avistado em Areia Vermelha ser uma moreia (*Gymnothorax funebris*), dever ser alvo de estudos que visem averiguar se existe associação do aparecimento dessa espécie ligado a proximidade do ambiente recifal a costa. Assim, estudos diagnósticos sobre a estrutura da comunidade e das relações entre competidores de topo e a comunidade, são indispensáveis nos ambientes estudados. Fora isso, associado aos impactos da sobrepesca, era de se esperar que o tamanho médio dos indivíduos nos dois ambientes recifais fosse baixo, uma vez que, além da baixa profundidade do recife, as coletas eram realizadas durante maré baixa.

Em relação as análises dos traços, o fato do teste não mostrar significância para nenhum dos dois modelos é um indício de que outro conjunto de traços funcionais ditam os padrões nesses ambientes para essas espécies de peixes. Fatores como os já abordados anteriormente como a pesca e a sob exploração, além da complexidade do substrato (proporcionada pelos esqueletos dos corais ou o próprio relevo do recife arenítico), são fatores que devem ser levados em consideração em estudos futuros.

Somado a isso, poucas correlações se mostraram significativas. Era de se esperar que fatores como o branqueamento e mudanças no pH da água afetassem principalmente no que diz respeito a fecundidade e postura de ovos, observando peixes com fecundidade mais baixa, em regiões com corais branqueados, como de fato ocorreu. Contudo, esperava-se correlações significativas no que diz respeito ao crescimento algal e a presença de corais doentes, com danos ou branqueadas, uma vez que as algas são competidoras dos corais por recursos. Entretanto, essa falta de correlação pode ser indício de que as colônias de corais estão em fase de recuperação, tornando o ambiente mais equilibrado.

Por fim, os resultados da associação entre a uniformidade e riqueza funcional e a debilidade coralínea, acaba por ser relevante, uma vez que, além de faltarem estudos dessa natureza para a costa brasileira, tais resultados trazem de que forma essa debilidade dos ambientes recifais afeta a fauna associada, daí a importância e relevância do estudo. De forma semelhante, Fabricius et al. (2014) abordam como a debilidade coralínea devido a acidificação oceânica causada pelo aumento nos níveis de CO₂ afeta macroinvertebrados.

Entretanto, uma das lacunas existentes no trabalho é de como tal estado de conservação coralínea afeta outros táxons, como os de macroinvertebrados, já que esses filos têm uma contribuição importante para a biodiversidade. No presente estudo, limitações na amostragem como a falta de coletas noturnas, já que muitos dos invertebrados associados à recifes são noturnos e a aleatoriedade das amostras acabaram por prejudicar a coleta de dados referentes a esses indivíduos.

Assim, estudos que explorem esse aspecto, somado a outras análises como da cobertura bentônica, de espécies competidoras e de fatores relacionados como a rugosidade de substrato, são abordagens que podem ser melhor conduzidas em estudos futuros.

CONCLUSÕES

As informações trazidas no estudo dão indícios de que as duas regiões estudadas ainda sofrem as consequências das últimas anomalias térmicas que atingiram a costa brasileira em 2010 e 2016. Tais dados revelam o estado de conservação dos corais abalado pelo último evento de branqueamento em massa e pelas ações antrópicas nas regiões.

Nas duas regiões estudadas, menos da metade das colônias estão saudáveis, evidenciando que, muitas daquelas que conseguiram se recuperar, ou que ainda estão se recuperando do branqueamento, acabaram por ficar mais frágeis ao aparecimento de doenças e principalmente ao aparecimento de danos, como, por exemplo, o crescimento macroalgal, sendo o principal dano encontrado. Dessa forma, o estudo acabou trazendo uma “foto instantânea” do estado de conservação dos corais nesses ambientes e da composição das assembleias associadas, sendo também um estudo diagnóstico dessas regiões.

Com isso, as assembleias de peixes que tanto sofrem com a sobrepesca e sobre-exploração, podem estar sofrendo agora os impactos de um ambiente recifal, no que diz respeito ao estado de conservação coralínea, degradado e em recuperação. Além disso, é possível inferir a correspondência entre o estado de conservação coralínea e a baixa diversidade funcional de espécies de peixes associadas se comparados a ambientes com características semelhantes aos estudados. Contudo, outros fatores precisam ser levados em consideração nos estudos futuros, como a complexidade do substrato e a sobrepesca, uma melhor e mais ampla seleção de traços funcionais, além de averiguar se para macroinvertebrados o mesmo padrão é seguido.

Por esses aspectos, é de fundamental importância estudos e ações que visem recuperar essas áreas, além de proteger a fauna presente nesses ambientes, com o intuito de minimizar os problemas ecológicos já existentes e restaurar o bom funcionamento desses ecossistemas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

Com base nas informações trazidas, é cabível afirmar que:

- O estudo contém informações diagnósticas relevantes no que diz respeito ao estado de conservação coralínea e da estrutura populacional e de tamanho de peixes associados a corais, uma vez que, revela o atual estado de conservação de tais assembleias nos ambientes recifais estudados;
- As duas áreas de estudo possuem estados de conservação dos corais com características próprias, mas, similares no que diz respeito a proporções de colônias saudáveis, doentes, com danos e mortas;
- Peixes de pequeno porte revelam marcas decorrentes da profundidade dos recifes, assim como, revelam assembleias jovens;
- Outros fatores como a complexidade (rugosidade) do substrato/colônia de coral e os impactos causados pela pesca e turismo nas regiões devem ser também analisados, com o objetivo de gerar uma planilha de traços funcionais mais completa;
- Para peixes, o estado de conservação coralíneo influenciará de forma direta na diversidade taxonômica e funcional em ambientes recifais com características próximas aos estudados;
- Estudos que visem avaliar os impactos na diversidade taxonômica e funcional de grupos de macroinvertebrados devem ser conduzidos nas regiões, uma vez que, tais táxons podem responder de forma distinta ao estado de conservação coralíneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. N.; MARTINS, A. S. 2007. Age, growth and mortality of white grunt (*Haemulon plumieri*) from the central coast of Brazil. **Scientia Marina**, v. 71, n. 4, p. 793-800.
- ARAÚJO, R.B. 2009. Desova e fecundidade em peixes de água doce e marinhos. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 9, n. 2, p. 24-31.
- BELL, J. D., CRAIK, G. J. S., POLLARD, D. A., & RUSSELL, B. C. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. **Coral Reefs**, v. 4, n. 1, p. 41-44.
- CÁCERES, I., IBARRA-GARCÍA, E. C., ORTIZ, M., AYÓN-PARENTE, M., & RODRÍGUEZ-ZARAGOZA, F. A. 2020. Effect of fisheries and benthic habitat on the ecological and functional diversity of fish at the Cayos Cochinos coral reefs (Honduras). **Marine Biodiversity**, v. 50, n. 1, p. 1-14.
- CADOTTE, M. W., ARNILLAS, C. A., LIVINGSTONE, S. W., & YASUI, S. L. E. 2015. Predicting communities from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 9, p. 510-511.
- CASTRO, P.; HUBER, M. E. 2012. **Biologia marinha**. AMGH Editora.
- CLEMENTI, G. M., BAKKER, J., FLOWERS, K. I., POSTAIRE, B. D., BABCOCK, E. A., BOND, M. E., ... & CHAPMAN, D. D. 2021. Moray eels are more common on coral reefs subject to higher human pressure in the greater Caribbean. **Isience**, v. 24, n. 3, p. 102097.
- DIAS, T. L. P. & GONDIM, A. I. 2016. Bleaching in scleractinians, hydrocorals, and octocorals during thermal stress in a northeastern Brazilian reef. **Marine Biodiversity**, v. 46, n. 1, p. 303-307.
- DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D.; TER BRAAK, C. J. & CHAMPELY, S. 1996. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. **Environmental and Ecological Statistics**, v. 3, n.2, p. 143-166.
- DRAY, S.; CHOLER, P.; DOLÉDEC, S.; PERES-NETO, P. R.; THUILLER, W.; PAVOINE, S. & TER BRAAK, C. J. 2014. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. **Ecology**, v. 95, n. 1, p. 14-21.
- DUARTE, R. C. S; BARROS, G., MILESI, S. V. & DIAS, T. L. P. 2020. Influence of macroalgal morphology on the functional structure of molluscan community from hypersaline estuary. **Hydrobiologia**, v. 847, n.4, p. 1107-1119.
- FABRICIUS, K. E.; DE'ATH, G.; NOONAN, S.; & UTHICKE, S. 2014. Ecological effects of ocean acidification and habitat complexity on reef-associated macroinvertebrate communities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1775, p. 20132479.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. 2017. Climatologia do estado da Paraíba. **Campina Grande: EDUFPG**, p. 79.

GAGIC, V., BARTOMEUS, I., JONSSON, T., TAYLOR, A., WINQVIST, C., FISCHER, C., & BOMMARCO, R. 2015. Functional identity and diversity of animals predict ecosystem functioning better than species-based indices. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1801, p. 20142620.

GARRETT, P.; DUCKLOW, H. 1975. Coral diseases in Bermuda. **Nature**, v. 253, n. 5490, p.349-350.

GIBRAN, F.Z., SANTOS, F.B., SANTOS, H.F.D., & SABINO, J. 2004. Courtship behavior and spawning of the hairy blenny *Labrisomus nuchipinnis* (Labrisomidae) in southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 2, n.3, p. 163-166.

GIBSON, R.; ATKINSON, R.; GORDON, J.; SMITH, I.; & HUGHES, D. 2011. Coral-associated invertebrates: diversity, ecological importance and vulnerability to disturbance. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 49, p. 43-104.

GONDIM, A. I., DIAS, T. L. P., CAMPOS, F. F., ALONSO, C., & CHRISTOFFERSEN, M. L. 2011. Macrofauna benthica do Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha, Cabedelo, Paraíba, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 75-86.

GOSWAMI, M., BHATTACHARYYA, P., MUKHERJEE, I., & TRIBEDI, P. 2017. Functional diversity: an important measure of ecosystem functioning. **Advances in Microbiology**, v. 7, p. 82-93.

GÖTZENBERGER, L., DE BELLO, F., BRÅTHEN, K. A., DAVISON, J., DUBUIS, A., GUIBAN, A., & ZOBEL, M. 2012. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. **Biological reviews**, v. 87, n. 1, p. 111-127.

HOLBROOK, S. J.; SCHMITT, R. J.; BROOKS, A. J. 2008. Resistance and resilience of a coral reef fish community to changes in coral cover. **Marine Ecology Progress Series**, v. 371, p. 263-271.

HUGHES, T. P., KERRY, J. T., BAIRD, A. H., CONNOLLY, S. R., DIETZEL, A., EAKIN, C. M., ... & TORDA, G. 2018. Global warming transforms coral reef assemblages. **Nature**, v. 556, n. 7702, p. 492-496.

ICMBIO. 2018. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/destaques-e-eventos/598-criada-apa-naufragio-queimado.html>.

IDJADI, J. A.; EDMUNDS, P. J. 2006. Scleractinian corals as facilitators for other invertebrates on a Caribbean reef. **Marine Ecology Progress Series**, v. 319, p. 117-127.

LALIBERTÉ, E., P. LEGENDRE & B. SHIPLEY. 2014. FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology. R package version 1.0-12. <https://cran.r-project.org/web/packages/FD/>

- LEÃO, Z. M. A. N., KIKUCHI, R. K. P., OLIVEIRA, M. D., & VASCONCELLOS, V. 2010. Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 224-235.
- LEGENDRE, P.; GALZIN, R. & HARMELIN-VIVIEN, M. L. 1997. Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. **Ecology**, v. 78, n. 2, p. 547-562.
- LOUGH, J. M.; VAN OPPEN, M. J. H. 2018. Introduction: Coral Bleaching—Patterns, Processes, Causes and Consequences. In: **Coral Bleaching**. Springer, Cham, p. 1-8.
- LOURENÇO, L. J. S., CRISPIM, M. C. & ELOY, C. C. 2015. Caracterização do parque estadual marinho de Areia Vermelha, Cabedelo, PB, baseado na diversidade e abundância dos cnidários da classe Anthozoa, como subsídio para o zoneamento ecológico econômico. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 1, p. 134-140.
- MARANDINO, M.; LAURINI, C. 2018. A compreensão da biodiversidade por meio dioramas de museus de zoologia: um estudo com público adulto no Brasil e na Dinamarca. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 20.
- MASON, N. W.; MOUILLOT, D.; LEE, W. G. & WILSON, J. B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. **Oikos**, v. 111, n. 1, p. 112-118.
- MCCLANAHAN, T. R., BAIRD, A. H., MARSHALL, P. A., & TOSCANO, M. A. 2004. Comparing bleaching and mortality responses of hard corals between southern Kenya and the Great Barrier Reef, Australia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 3-4, p. 327-335.
- MELO, R. S., CRISPIM, M. C., DE LIMA, E. R. V., & NISHIDA, A. K. 2006. Estimativa da capacidade de carga recreativa dos ambientes recifais da Praia do Seixas (Paraíba-Brasil). **Turismo-Visão e Ação**, v. 8, n. 3, p. 411-422.
- MIRANDA, R. J., CRUZ, I. C. S. & LEÃO, Z. M. A. N. 2013. Coral bleaching in the Caramuanas reef (Todos os Santos Bay, Brazil) during the 2010 El Niño event. **Latin-American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 2, p. 351-360.
- NELSON, H. R.; KUEMPEL, C. D.; ALTIERI, A. H. 2016. The resilience of reef invertebrate biodiversity to coral mortality. **Ecosphere**, v. 7, n. 7, p. e01399.
- PETCHEY, O. L. & GASTON, K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology letters**, v. 9, n. 6, p. 741-758.
- POLLOCK, F. J., LAMB, J. B., FIELD, S. N., HERON, S. F., SCHAFFELKE, B., SHEDRAWI, G., ... & WILLIS, B. L. 2014. Sediment and turbidity associated with offshore dredging increase coral disease prevalence on nearby reefs. **PLOS one**, v. 9, n. 7, p. e102498.
- POLLOCK, F. J., LAMB, J. B., VAN DE WATER, J. A., SMITH, H. A., SCHAFFELKE, B., WILLIS, B. L., & BOURNE, D. G. 2019. Reduced diversity and stability of coral-associated bacterial communities and suppressed immune function precedes disease onset in corals. **Royal Society open science**, v. 6, n. 6, p. 190355.

PRECHT, W. F., GINTERT, B. E., ROBBART, M. L., FURA, R., & VAN WOESIK, R. 2016. Unprecedented disease-related coral mortality in Southeastern Florida. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-11.

PUTNAM, H. M., BAROTT, K. L., AINSWORTH, T. D., & GATES, R. D. 2017. The vulnerability and resilience of reef-building corals. **Current Biology**, v. 27, n. 11, p. R528-R540.

RAMÍREZ-ORTIZ, G.; CALDERON-AGUILERA, L. E.; REYES-BONILLA, H.; AYALA-BOCOS, A.; HERNÁNDEZ, L.; FERNÁNDEZ RIVERA-MELO, F., & DOMINICI-AROSAMENA, A. 2017. Functional diversity of fish and invertebrates in coral and rocky reefs of the Eastern Tropical Pacific. **Marine Ecology**, v. 38, n. 4, p. e12447.

RANDALL, C. J.; VAN WOESIK, R. 2015. Contemporary white-band disease in Caribbean corals driven by climate change. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 4, p.375-379.

RANDALL, C. J.; VAN WOESIK, R. 2017. Some coral diseases track climate oscillations in the Caribbean. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p.1-8.

RAYMUNDO, L. J., COUCH, C. S. & HARVELL, C. D. (eds). 2008. **Coral disease handbook: Guidelines for assessment, monitoring and management**. Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for Management Program. University of Queensland, Centre for Marine Studies, St Lucia QLD, Australia. www.gefcoral.org. p. 121.

RICHARDSON, L. E., GRAHAM, N. A., PRATCHETT, M. S., & HOEY, A. S. 2017. Structural complexity mediates functional structure of reef fish assemblages among coral habitats. **Environmental Biology of Fishes**, v. 100, n.3, p. 193-207.

SCHWAMBORN, S.H.L; FERREIRA, B.P. 2002. Age structure and growth of the dusky damselfish, *Stegastes fuscus*, from Tamandare reefs, Pernambuco, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 63, n. 1, p. 79-88.

SMITH, L. C. 1997. National audubon society field guide to tropical marine fishes Caribbean, Gulf of Mexico, Florida, Bahamas, Bermuda (No. 597.092 S6).

SOUZA, L.L.G; CHELLAPPA, S.; GURGEL, H.C.B. 2007. Biologia reprodutiva do peixe-donzela, *Stegastes fuscus*, em arrecifes rochosos no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 2, p. 419-425.

TEIXEIRA, C. D., LEITÃO, R. L., RIBEIRO, F. V., MORAES, F. C., NEVES, L. M., BASTOS, A. C., PEREIRA-FILHO, G. H., KAMPEL, M., SALOMON, P. S., SÁ, J. A. & FALSARELLA, L. N. 2019. Sustained mass coral bleaching (2016–2017) in Brazilian turbid-zone reefs: taxonomic, cross-shelf and habitat-related trends. **Coral Reefs**, v. 38, n. 4, p. 801-813.

TILMAN, D.; LEHMAN, C. L.; THOMSON, K. T. 1997. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94, n. 5, p. 1857–61.

- TÖRNROOS, A.; BONSDORFF, E. 2012. Developing the multitrait concept for functional diversity: lessons from a system rich in functions but poor in species. **Ecological Applications**, v. 22, n. 8, p. 2221-2236.
- TRIBOT, A. S., CARABEUX, Q., DETER, J., CLAVERIE, T., VILLÉGER, S., & MOUQUET, N. 2018. Confronting species aesthetics with ecological functions in coral reef fish. **Scientific reports**, v. 8, n.1, p. 1-7.
- TUNNELL, J. W.; ANDREWS, N. C. J.; BARRERA & MORETZSOHN, F. 2010. Encyclopedia of Texas Seashells: Identification, Ecology, Distribution, and History. Texas A&M University Press, Corpus Christi, p. 512.
- VÉRAS, D.P. 2008. Biologia reprodutiva dos budiões-batata, *Sparisoma axillare* e *Sparisoma frondosum* (Actinopterygii: Scaridae), capturados na costa central do estado de Pernambuco. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brazil).
- VILLÉGER, S.; MASON, N. W. & MOUILLOT, D. 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, n. 8, p. 2290-2301.
- WONG, J. S., CHAN, Y. S., NG, C. L., TUN, K. P., DARLING, E. S., & HUANG, D. 2018. Comparing patterns of taxonomic, functional and phylogenetic diversity in reef coral communities. **Coral Reefs**, v. 37, n. 3, p. 737-750.
- WOODLEY, C. M., DOWNS, C. A., BRUCKNER, A. W., PORTER, J. W. & GALLOWAY, S. B. 2016. **Disease of Coral**. New Jersey: Wiley Blackwell, 582 pp.
- YEAGER, L. A., DEITH, M. C., MCPHERSON, J. M., WILLIAMS, I. D., & BAUM, J. K. 2017. Scale dependence of environmental controls on the functional diversity of coral reef fish communities. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, n. 10, p. 1177-1189.
- ZILBERBERG, C; ABRANTES, D. P.; MARQUES, J. A.; MACHADO, L.F.; MARANGONI, L.F.B. 2016. Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 360 p.

APÊNDICE A – MATRIZES RLQ: AREIA VERMELHA

Tabela 1: Matriz ambiental R – Areia Vermelha – Dados ambientais, por transecto, referente a situação dos corais

	Temp	Ph	Vis	Sal	Pro	Saud	Doen	Sedi	Cral	Alpi	Evpr	Bra_1	Bra_2	Bra_3	Bra_4	Mort
AV_1	31.0	8.9	2.1	35	0.60	0.33	0.11	0.55	0.22	0	0	0	0	0	0	0
AV_2	31.0	8.9	5.1	35	0.33	0.50	0	0.31	0.09	0.13	0	0	0	0	0	0.04
AV_3	29.0	8.7	3,6	25	0.68	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV_4	29.0	8.7	3.7	31	0.63	0.78	0.03	0.03	0	0	0	0	0.09	0.06	0	0
AV_5	29.0	8.9	3.7	25	0.40	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV_6	31.0	8.7	6.4	37	0.41	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AV_7	31.5	8.7	6.7	35	0.42	0.71	0	0.28	0	0.28	0	0	0	0	0	0
AV_8	31.5	8.7	6.6	38	0.58	0.71	0	0	0	0.28	0	0	0	0	0	0
AV_9	30.0	8.9	4.2	38	0.65	0.53	0.13	0.13	0.20	0	0	0	0	0	0	0
AV_10	29.0	8.7	4.0	35	0.83	0.19	0.19	0.09	0.23	0.19	0	0	0.09	0	0	0
AV_11	29.5	8.7	4.0	40	0.67	0.15	0.15	0	0.52	0.21	0	0	0.10	0.10	0	0
AV_12	29.0	8.7	3.6	31	0.64	0.24	0.18	0.15	0.33	0.09	0.03	0	0.09	0	0	0
AV_13	29.5	8.7	4.1	28	0.67	0.20	0.12	0.25	0.41	0.04	0	0	0.04	0	0	0
AV_14	29.5	8.9	4.2	35	0.64	0.22	0.08	0.16	0.50	0.05	0	0	0.11	0.05	0	0
AV_15	29.5	8.9	4.2	35	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: AV_1 à AV_15: amostras (transectos de 1 ao 15). Temp: temperatura; Vis: visibilidade da água; Sal: salinidade; Pro: profundidade, Saud: coral saudável; Doen: coral doente; Sedi: coral com sedimentação; Cral: coral com crescimento algal; Alpi: coral com alteração de pigmentação; Evpr: coral com evidência de predação; Bra_1 à Bra_4: coral com branqueamento do nível I ao IV; Mort: coral morto.

Tabela 2: Matriz biológica L – Areia Vermelha – Abundância dos indivíduos em cada transecto (por espécie)

	S_fus	S_var	C_gla	G_fun	S_axi	H_par	A_sax	M_jac	L_nuc
AV_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AV_2	1	2	1	0	0	0	0	0	0
AV_3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AV_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0
AV_5	1	0	0	1	0	0	0	0	0
AV_6	0	1	0	0	1	0	0	0	0
AV_7	1	2	0	0	0	0	0	0	0
AV_8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AV_9	0	0	0	0	0	2	0	0	0
AV_10	0	1	0	0	2	0	0	0	0
AV_11	8	0	0	0	0	0	10	0	1
AV_12	0	0	0	0	2	0	0	0	0
AV_13	0	2	0	0	0	0	0	1	0
AV_14	0	0	0	0	0	16	0	0	0
AV_15	0	0	0	0	0	2	0	0	0

Legenda: AV_1 à AV_15: amostras (transectos de 1 ao 15). S_fus: *Stegastes fuscus*; S_var: *Stegastes variabilis*; C_gla: *Coryphopterus glaucofraenum*; G_fun: *Gymnothorax funebris*; S_axi: *Sparisoma axillare*; H_par: *Haemulon parra*; A_sax: *Abudefduf saxatilis*; M_jac: *Myripristis jacobus*; L_nuc: *Labrisomus nuchipinnis*.

Tabela 3: Matriz de traços Q – Aveia Vermelha – Enquadramento nas categorias, por espécie

	T_me	GT_her	GT_car	GT_oni	GT_cor	GT_det	GT_pla	FE_b	FE_a	CS_sol	CS_car	PO_ben	PO_pel	Referências
S_fus	5.13	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Schwamborn & Ferreira; 2002; Souza et al.; 2007; Araújo, 2009.
S_var	3.66	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
C_gla	3.00	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
G_fun	100.00	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
S_axi	3.10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Vêras, 2008; Araújo, 2009.
H_par	6.94	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2007; Araújo, 2009.
A_sax	4.15	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
M_jac	12.00	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
L_nuc	10.00	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Gibran et al., 2004; Araújo, 2009.

Legenda: S_fus: *Stegastes fuscus*; S_var: *Stegastes variabilis*; C_gla: *Coryphopterus glaucofraenum*; G_fun: *Gymnothorax funebris*; S_axi: *Sparisoma axillare*; H_par: *Haemulon parra*; A_sax: *Abudefduf saxatilis*; M_jac: *Myripristis jacobus*; L_nuc: *Labrisomus nuchipinni*; T_me: tamanho médio; GT_her: grupo trófico herbívoro; GT_car: grupo trófico carnívoro; GT_oni: grupo trófico onívoro; GT_cor: grupo trófico coralívoro; GT_det: grupo trófico detritívoro; GT_pla: grupo trófico planctívoro; FE_b: fecundidade baixa; FE_a: fecundidade alta; CS_sol: comportamento social solitário; CS_car: comportamento social em cardume; PO_ben: postura de ovos bentônica; PO_pel: postura de ovos pelágica.

APÊNDICE B – MATRIZES RLQ: PONTA DE SEIXAS

Tabela 1: Matriz ambiental R – Ponta de Seixas – Dados ambientais, por transecto, referente a situação dos corais

	Temp	pH	Vis	Sal	Pro	Saud	Doen	Sedi	Cral	Alpi	Evpr	Bra_1	Bra_2	Bra_3	Bra_4	Mort
PS_1	28.0	8.9	2.7	39	0.90	0.45	0	0	0.18	0	0	0	0.27	0	0.09	0
PS_2	28.0	8.9	2.7	39	0.90	0.22	0.11	0.03	0.14	0	0	0	0.44	0.03	0	0.07
PS_3	29.0	8.7	4.3	40	0.49	0.33	0	0	0.33	0.33	0	0	0	0	0	0
PS_4	30.0	8.7	5.1	35	0.50	0	0	0.50	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0
PS_5	30.0	8.7	5.2	35	0.15	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_6	30.0	8.7	4.2	32	0.72	0.71	0	0.28	0	0.28	0	0	0	0	0	0
PS_7	30.5	8.5	4.1	32	0.78	0.50	0	0	0.50	0.50	0	0	0	0	0	0
PS_8	30.2	8.7	5.9	24	0.67	0	0	0	0.20	0.80	0	0	0.20	0	0	0
PS_9	28.0	8.5	1.2	40	0.82	0	0	0.50	0.50	0	0	0.25	0.25	0	0	0
PS_10	29.0	8.5	0.90	31	1.49	0	0.25	0.31	0.37	0.06	0	0	0.12	0	0	0
PS_11	28.0	8.7	0.80	25	1.54	0.14	0	0.14	0.71	0	0	0	0.14	0	0	0
PS_12	29.5	8.3	2.0	32	0.96	0.40	0	0.20	0.20	0.20	0	0	0.20	0	0	0
PS_13	29.0	8.7	2.4	37	0.98	0.50	0.16	0	0.33	0	0	0	0.16	0	0	0
PS_14	29.0	8.7	3.4	35	0.92	0	0	0.07	0.78	0	0	0	0.14	0	0	0
PS_15	29.5	8.7	3.0	34	0.67	0.40	0	0	0.40	0	0	0	0	0.20	0	0

Legenda: PS_1 à PS_15: amostras (transectos de 1 ao 15). Temp: temperatura; Vis: visibilidade da água; Sal: salinidade; Pro: profundidade, Saud: coral saudável; Doen: coral doente; Sedi: coral com sedimentação; Cral: coral com crescimento algal; Alpi: coral com alteração de pigmentação; Evpr: coral com evidência de predação; Bra_1 à Bra_4: coral com branqueamento do nível I ao IV; Mort: coral morto.

Tabela 2: Matriz biológica L – Ponta de Seixas – Abundância dos indivíduos em cada transecto (por espécie)

	S_fus	S_var	C_gla	S_axi	M_jac	H_rei	H_plu	M_oce	C_str	H_bra	A_chi
PS_1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PS_2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_6	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_7	5	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
PS_8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_9	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0
PS_10	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
PS_11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PS_12	1	1	0	1	0	0	0	0	3	3	0
PS_13	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0
PS_14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PS_15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: PS_1 à PS_15: amostras (transectos de 1 ao 15). S_fus: *Stegastes fuscus*; S_var: *Stegastes variabilis*; C_gla: *Coryphopterus glaucofraenum*; S_axi: *Sparisoma axillare*; M_jac: *Myripristis jacobus*; H_rei: *Hippocampus reidi*; H_plu: *Haemulon plumieri*; M_oce: *Myrichthys ocellatus*; C_str: *Chaetodon striatus*; H_bra: *Halichoeres brasiliensis*; A_chi: *Acanthurus chirurgus*.

Tabela 3: Matriz de traços Q – Ponta de Seixas – Enquadramento nas categorias, por espécie

	T_me	GT_her	GT_car	GT_oni	GT_cor	GT_det	GT_pla	FE_b	FE_a	Sol	D/Car	Sub	Agu	Referências
S_fus	6.00	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Schwaborn & Ferreira; 2002; Souza et al.; 2007; Araújo, 2009.
S_var	3.24	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
C_gla	2.36	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
S_axi	2.71	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Vêras, 2008; Araújo, 2009.
M_jac	5.00	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
H_rei	1.40	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
H_plu	13.00	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2007; Araújo, 2009.
M_oce	15.00	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
C_str	4.93	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
H_bra	5.33	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.
A_chi	6.30	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	FishBase; Instituto Smithsonian; Araújo, 2009.

Legenda: S_fus: *Stegastes fuscus*; S_var: *Stegastes variabilis*; C_gla: *Coryphopterus glaucofraenum*; S_axi: *Sparisoma axillare*; M_jac: *Myripristis jacobus*; H_rei: *Hippocampus reidi*; H_plu: *Haemulon plumieri*; M_oce: *Myrichthys ocellatus*; C_str: *Chaetodon striatus*; H_bra: *Halichoeres brasiliensis*; A_chi: *Acanthurus chirurgus*; T_me: tamanho médio; GT_her: grupo trófico herbívoro; GT_car: grupo trófico carnívoro; GT_oni: grupo trófico onívoro; GT_cor: grupo trófico coralívoro; GT_det: grupo trófico detritívoro; GT_pla: grupo trófico planctívoro; FE_b: fecundidade baixa; FE_a: fecundidade alta; CS_sol: comportamento social solitário; CS_car: comportamento social em cardume; PO_ben: postura de ovos bentônica; PO_pel: postura de ovos pelágica.