



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

PALOMA ROCHA DA SILVA

A ICTIOFAUNA NA INTERFACE DO SUBSTRATO CONSOLIDADO E NÃO CONSOLIDADO NA PRAIA DA PENHA, PARAÍBA, BRASIL

CAMPINA GRANDE

2024

PALOMA ROCHA DA SILVA

A ICTIOFAUNA NA INTERFACE DO SUBSTRATO CONSOLIDADO E NÃO CONSOLIDADO NA PRAIA DA PENHA, PARAÍBA, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Pires Marceniuk.

Coorientador: Me. Gitá Juan Soterorudá Brito.

CAMPINA GRANDE – PB

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão 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.

S586i Silva, Paloma Rocha da.

A ictiofauna na interface do substrato consolidado e não consolidado na praia da Penha, Paraíba, Brasil [manuscrito] / Paloma Rocha da Silva. - 2024.

28 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Alexandre Pires Marceniuk, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação".

"Coorientação: Prof. Me. Gitá Juan Soterorudá Brito, Departamento de Biologia - CCBS".

1. Ecossistemas. 2. Biodiversidade. 3. Pesca. I. Título

21. ed. CDD 570

PALOMA ROCHA DA SILVA

A ICTIOFAUNA NA INTERFACE DO SUBSTRATO CONSOLIDADO E NÃO CONSOLIDADO NA PRAIA DA PENHA, PARAÍBA, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Biologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia

Aprovada em: 14/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ricardo de Souza Rosa** (***.329.798-**), em **06/12/2024 08:34:26** com chave **0c54c014b3c611efa41c1a7cc27eb1f9**.
- **Andre Luiz Machado Pessanha** (***.529.707-**), em **04/12/2024 20:57:51** com chave **925af89eb29b11efad962618257239a1**.
- **Alexandre Pires Marceniuk** (***.009.418-**), em **05/12/2024 11:21:06** com chave **2a490dbcb31411efb2df2618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 06/12/2024

Código de Autenticação: af042e



A minha família, DEDICO.

"Para achar a solução continue a nadar."

Dory, Procurando Nemo (2003).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escores da análise de variância por mês, estação e habitat	13
Tabela 2 – Escores da análise de variância por habitats associados	14
Tabela 3 – Escores da análise de variância para as médias de variáveis ambientais	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 METODOLOGIA.....	9
2.1 Área de estudo.....	9
2.2 Coleta de dados biológicos e classificação dos habitats e hábitos de vida das espécies	10
2.3 Variáveis Ambientais	11
2.4 Análise de dados	11
3 RESULTADOS	11
3.1 Estrutura da ictiofauna	11
3.2 Abundância e riqueza de acordo com os habitats associados.....	13
3.3 Variáveis Ambientais	14
3.4 Influência das variáveis ambientais na ictiofauna.....	15
4 DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS	17
APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES	20
APÊNDICE B – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	26
APÊNDICE C –TABELA DE TESTES MARGINAIS	27

ICHTHYOFAUNA AT THE INTERFACE OF CONSOLIDATED AND UNCONSOLIDATED SUBSTRATE AT PENHA BEACH, PARAÍBA, BRAZIL

Autor (Paloma Rocha) *

Autor (Gitá Soterorudá Brito) **

Autor (Alexandre Pires Marceniuk) **

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma comparação entre os períodos de seca e chuva; testar a influência de variáveis ambientais selecionadas no conjunto de espécies associadas; detalhar os padrões nos habitats preferenciais das espécies e descrever índices da diversidade funcional das comunidades. O estudo foi realizado durante um ciclo anual de setembro de 2023 a agosto de 2024 na praia da Penha (João Pessoa, Paraíba), em parceria com pescadores artesanais, utilizando rede de emalhe colocada paralela aos recifes costeiros, na zona de transição do substrato consolidado e não consolidado. Para se verificar a variação temporal da abundância e riqueza das espécies de acordo com as famílias e habitats associados assim como as variáveis ambientais, foram utilizadas análises de variância (ANOVA). A influência dos fatores ambientais sobre a assembleia de peixes foi testada por modelos baseados em distância (DistLM) e análises de redundância (db-RDA). Foram capturados 728 indivíduos pertencentes a 28 famílias e 69 espécies. As famílias Ariidae e Sciaenidae, associadas a substrato não consolidado, e Haemulidae, associada a substrato consolidado, foram as mais abundantes. Em relação aos habitats associados uma maior abundância e riqueza de espécies foi observada no grupo de espécies associadas a fundo mole, sendo representadas pelas espécies: *Bagre filamentosus* e *Polydactylus oligodon*. Diferenças significativas da precipitação e vento direção horária foram observadas entre as estações. Influências da temperatura do ar, direção horária e rajada máxima do vento foram apontadas pelos testes marginais. A temperatura do ar se correlacionou diretamente com maior número de espécies recifais, ao passo que a rajada máxima dos ventos se mostrou diretamente correlacionada com mais espécies de coluna d'água e fundo mole. As amostras associadas ao período de chuva apresentaram correlações diretas com a precipitação e direção horária do vento. A dominância na abundância da família Ariidae e Sciaenidae são comuns em regiões costeiras de fundos lamacentos, as variáveis ambientais mostraram ter uma influência na comunidade de peixes, podendo está relacionada ao comportamento e a disponibilidade de recursos alimentares. Nossos resultados trazem informações importantes sobre a ecologia de comunidades dos peixes encontrados na interface do substrato consolidado e não consolidado, revelando interações entre diferentes comunidades ecológicas, que caracterizam um ecótono.

Palavras-Chave: Ecossistemas; biodiversidade; pesca.

¹Graduação em Ciências Biológicas – Universidade Estadual da Paraíba. Email: paloma.rocha@aluno.uepb.edu.br.

²Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação – Universidade Estadual da Paraíba. Email: gi-ta.brito@aluno.uepb.edu.br

³Departamento de Ciências Biológicas/ Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação – Universidade Estadual da Paraíba. Email: a_marceniuk@servidor.uepb.edu.br

ABSTRACT

The present work aims to make a comparison between the periods of drought and rainfall; to test the influence of selected environmental variables on the set of associated species; detail the patterns in the preferred habitats of the species and describe indices of the functional diversity of the communities. The study was carried out during an annual cycle from September 2023 to August 2024 on Penha beach (João Pessoa, Paraíba), in partnership with artisanal fishermen, using gillnets placed parallel to coastal reefs, in the transition zone of consolidated and unconsolidated substrate. To verify the temporal variation of the abundance and richness of the species according to the families and associated habitats as well as the environmental variables, analyses of variance (ANOVA) were used. The influence of environmental factors on fish assemblage was tested by distance-based models (DistLM) and redundancy analyses (db-RDA). A total of 728 individuals belonging to 28 families and 69 species were captured. The families Ariidae and Sciaenidae, associated with unconsolidated substrate, and Haemulidae, associated with consolidated substrate, were the most abundant. Regarding the associated habitats, a higher abundance and richness of species was observed in the group of species associated with soft bottom, being represented by the species: *Bagre filamentosus* and *Polydactylus oligodon*. Significant differences in rainfall and hourly wind direction were observed between the seasons. Influences of air temperature, clockwise direction and maximum wind gust were pointed out by the marginal tests. Air temperature was directly correlated with a higher number of reef species, while the maximum gust of winds was directly correlated with more water column and soft bottom species. The samples associated with the rainy season showed direct correlations with precipitation and hourly wind direction. The dominance in abundance of the family Ariidae and Sciaenidae are common in coastal regions with muddy bottoms, the environmental variables have shown to have an influence on the fish community, and may be related to the behavior and availability of food resources. Our results provide important information about the ecology of fish communities found at the interface of the consolidated and unconsolidated substrate, revealing interactions between different ecological communities, which characterize an ecotone.

Keywords: Ecosystems; Biodiversity; Fishing

1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros são fundamentais para biodiversidade e no fornecimento de serviços ecossistêmicos, possuindo um papel importante para o ciclo de vida dos peixes marinhos, que utilizam esses locais como berçário, zonas de alimentação e locais para a reprodução (Guerreiro et al., 2021; Marceniuk, et al, 2023).

Ambientes de substrato não-consolidado, possuem uma baixa complexidade estrutural, menor diversidade e riqueza na sua fauna bentônica, se tratando de um ambiente simples que possui em sua composição de sedimento areia ou cascalho (Romoth et al., 2023). Estes autores trazem que esse fato se deve pelo ambiente não conseguir suportar maiores nichos tróficos. Ambientes com esse tipo de substrato, desempenham um papel ecológico crucial, servindo como zonas de reprodução para várias espécies, assim como zonas de pesca, possuindo uma grande abundância de matéria orgânica e sedimentos finos que facilitam a absorção de nutrientes que são gerados a partir da excreção de animais e bioturbação (Souto-Vieira, et al., 2024).

Inseridos na região costeira os ambientes recifais são caracterizados por serem locais de extrema riqueza, produtividade e diversidade, abrigando espécies de animais e microrganismos associados a esse ecossistema (Raghukumar, 2016). Os recifes disponibilizam uma grande abundância de nichos ecológicos devido aos micro-habitats gerados nesses ecossiste-

mas marinhos (Cardoso, 2019). A maior abundância de peixes é encontrada em recifes mais rasos, visto que os peixes conseguem ficar com uma maior proximidade do substrato e segundo Medeiros (2011) essa perspectiva mostra que a diversidade, abundância e a complexidade ambiental estão correlacionadas e que cada ambiente influencia diferente sobre essas relações.

Os peixes recifais podem ser descritos como aqueles que possuem interações com habitats destes ecossistemas ao longo de alguma parte do seu ciclo de vida, apresentando hábitos, comportamentos, formas e relações marcantes com estes ambientes, utilizando-os como locais de alimentação, abrigo e reprodução (Grande, 2012). Já a ictiofauna associada ao fundo mole possui interações diretas com os invertebrados bentônicos presentes nestes ambientes, contribuindo com a dinâmica da comunidade entre os diferentes organismos, além de apresentar espécies que possuem um alto valor econômico para a pesca local (Boulard et al., 2022; Fotterplace, 2016).

A região costeira da Paraíba possui um litoral com extensão de 138km e apresenta uma faixa litorânea curta e com ambientes recifais bem próximos a costa podendo ou não ter conexões com os rios que dão origem aos estuários, sendo uma das localidades do nordeste com concentração representativa destes ecossistemas (Marceniuk, et al, 2023; Massei et al., (2023). As barreiras de recifes formadas nesta região têm uma característica marcante, destacando-se os recifes de arenito localizados paralelamente à costa e recifes biogênicos do tipo mancha distribuídos na parte interna da plataforma continental (Marceniuk, et al, 2023). Entre os estados costeiros do nordeste do Brasil, a Paraíba apresenta uma das maiores riquezas, estando em quarto lugar com 418 espécies de peixes marinhos documentadas (Rosa et al., 2023).

Tendo em vista que a maioria dos trabalhos realizados com assembleias de peixes em ecossistemas marinhos estão focados na descrição da ecologia da ictiofauna associada a um ecossistema específico (como ambientes de praias, estuários ou ambientes recifais) é de extrema importância que existam estudos que descrevam a dinâmica dessas comunidades em zonas de interface entre recifes e o substrato não consolidado pois se trata de um ambiente menos estudado, sendo importante para o conhecimento da fauna de peixes presentes nessa região de ecótono e suas interações ecológicas com o ambiente.

Assim o presente trabalho tem como objetivo descrever a estrutura da ictiofauna que utiliza como habitat a interface do substrato consolidado e não-consolidado na praia da Penha em João Pessoa/PB, a fim de: realizar uma comparação da estrutura de comunidades em relação a abundância da ictiofauna entre os períodos de seca e chuva; testar a influência de variáveis ambientais selecionadas no conjunto de espécies associadas a esses habitats e detalhar os padrões nos habitats preferenciais das espécies.

2 METODOLOGIA

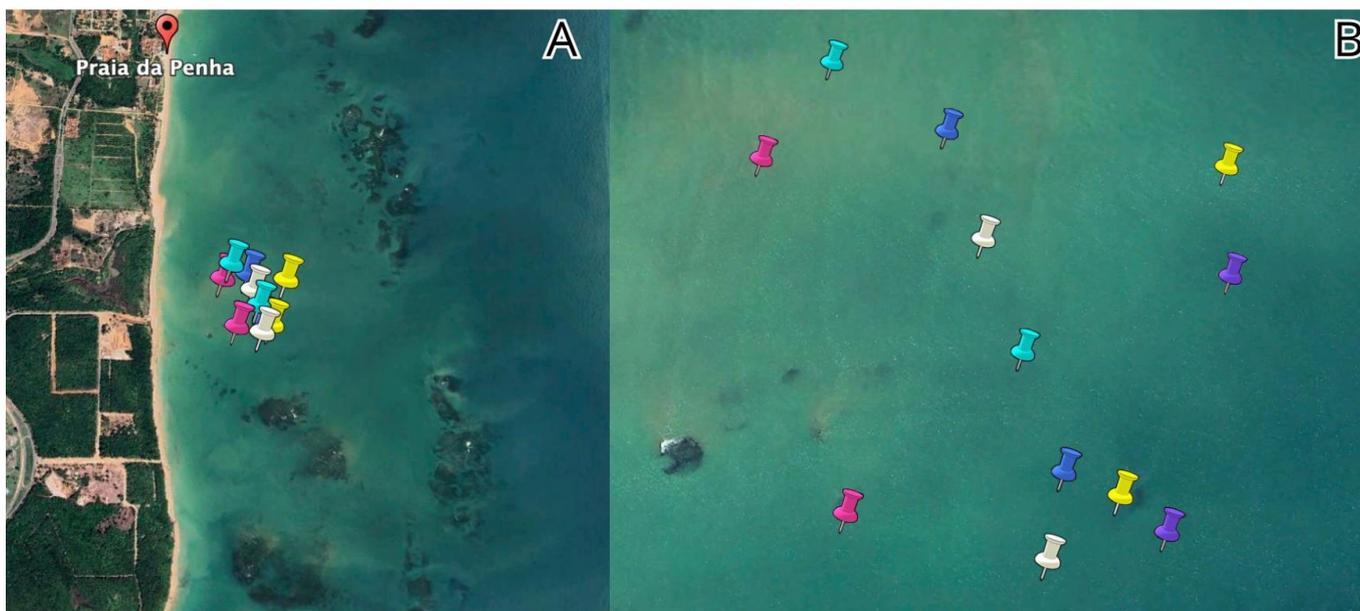
2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na interface costeira que está situado entre os recifes de corais e a praia da Penha - João Pessoa/PB (7°10'47.0"S 34°47'23.0"W), a cidade apresenta uma temperatura média anual de 25,8°C, e uma pluviosidade média anual de 1019 mm (climate-data.org). A região de interface está localizada a cerca de 700 metros da costa, com uma área de aproximadamente 1,18 km². A profundidade ao longo desta formação varia entre 50 cm e 1,50 cm nos pontos mais rasos, onde durante a maré baixa, algumas partes ficam expostas; já nos pontos mais profundos, é observado uma variação de 3 a 6 metros (De Sousa melo; Lins; Eloy, 2014).

O sedimento não recifal é composto principalmente por material biogênico entre as formações recifais, especialmente fragmentos desintegrados de algas calcárias do gênero *Halimeda* (Maida e Ferreira 2004). Esta formação recifal é classificada como recife em franja,

cuja base geológica ainda não foi devidamente registrada ou estudada. No entanto, acredita-se que, assim como outras formações recifais do Nordeste, ela esteja sobre uma estrutura de recife de arenito, o que significa que não se trata de um verdadeiro recife de coral (Maida e ferreira 2004).

Figura 1: Imagem do google Earth. A) Localização da praia da Penha e os alfinetes marcando os pontos de coleta. B) Visão ampliada, dos pontos onde foram realizadas as coletas mensais, as manchas escuras presentes na imagem indicam os recifes biogênicos presentes na região.



Fonte: elaborada pelo autor

2.2 Coleta de dados biológicos e classificação dos habitats e hábitos de vida das espécies

Foram feitas coletas mensais entre setembro de 2023 e agosto de 2024, totalizando 6 meses da estação seca e 6 meses da estação chuvosa. Os peixes foram capturados utilizando uma rede de emalhar com fio nylon 30 (0,30mm), malha 30 (3 cm de nós opostos) e 320 metros extensão. O tempo de permanência da rede no mar foi de 12 horas, cobrindo aos períodos diurno e noturno (exceto o mês de outubro onde a rede permaneceu por 24 horas). Os procedimentos de coleta foram baseados nas atividades de pesca praticadas por pescadores artesanais que vivem na praia da Penha. A identificação das espécies foi baseada em Marceniuk et al., (2021) e Marceniuk et al., (2023).

A avaliação temporal consistiu em 12 meses de coleta compreendendo a estação de seca (setembro, outubro, novembro, dezembro de 2023, janeiro, fevereiro de 2024) e chuva (março, abril, maio, junho, julho e agosto de 2024). A categorização dos meses de acordo com as estações foi realizada tomando como base os dados de precipitação disponíveis em: <https://portal.inmet.gov.br/>.

A classificação das espécies quanto aos seus habitats associados seguiu Marceniuk et al., (2021) considerando as seguintes categorias: fundo mole (espécies associadas ao fundo inconsolidado ou areia), recifal (espécies associadas ao fundo consolidado) e coluna d'água (espécies pelágicas).

2.3 Variáveis Ambientais

Os dados ambientais foram coletados a partir de dados disponíveis em: <https://portal.inmet.gov.br/>, os quais consistiram na média de 10 dias anteriores e 10 dias posteriores ao dia de coleta. As variáveis ambientais selecionadas foram: Precipitação (mm), temperatura do ar (°C), vento direção horária (°(gr)), vento rajada máxima (m/s) e vento velocidade horária (m/s).

2.4 Análise de dados

Para testar a existência de diferenças significativas das variáveis ambientais entre as estações e entre os habitats associados das espécies, foram realizadas análises de variância (ANOVA).

Para verificar a influência das variáveis ambientais na abundância das 6 espécies, foram realizadas análises de redundância (dbRDA) com correlações testadas por modelos lineares baseados em distância (DisLM) e influências significativas das variáveis detectada a partir do valor de p ($<0,05$) de testes marginais (Apêndice C). Para isso, os dados de abundância foram previamente transformados em raiz quadrada para que fosse construída uma matriz de similaridade de Bray-Curtis. Os dados ambientais foram anteriormente transformados em $\log(x+1)$ e posteriormente normalizados. A seleção do modelo considerou o procedimento de seleção "Best" e a seleção do melhor modelo considerou o menor valor de AIC. Esta análise foi realizada no software PRIMER 6 + PERMANOVA (Clarke; Gorley, 2001).

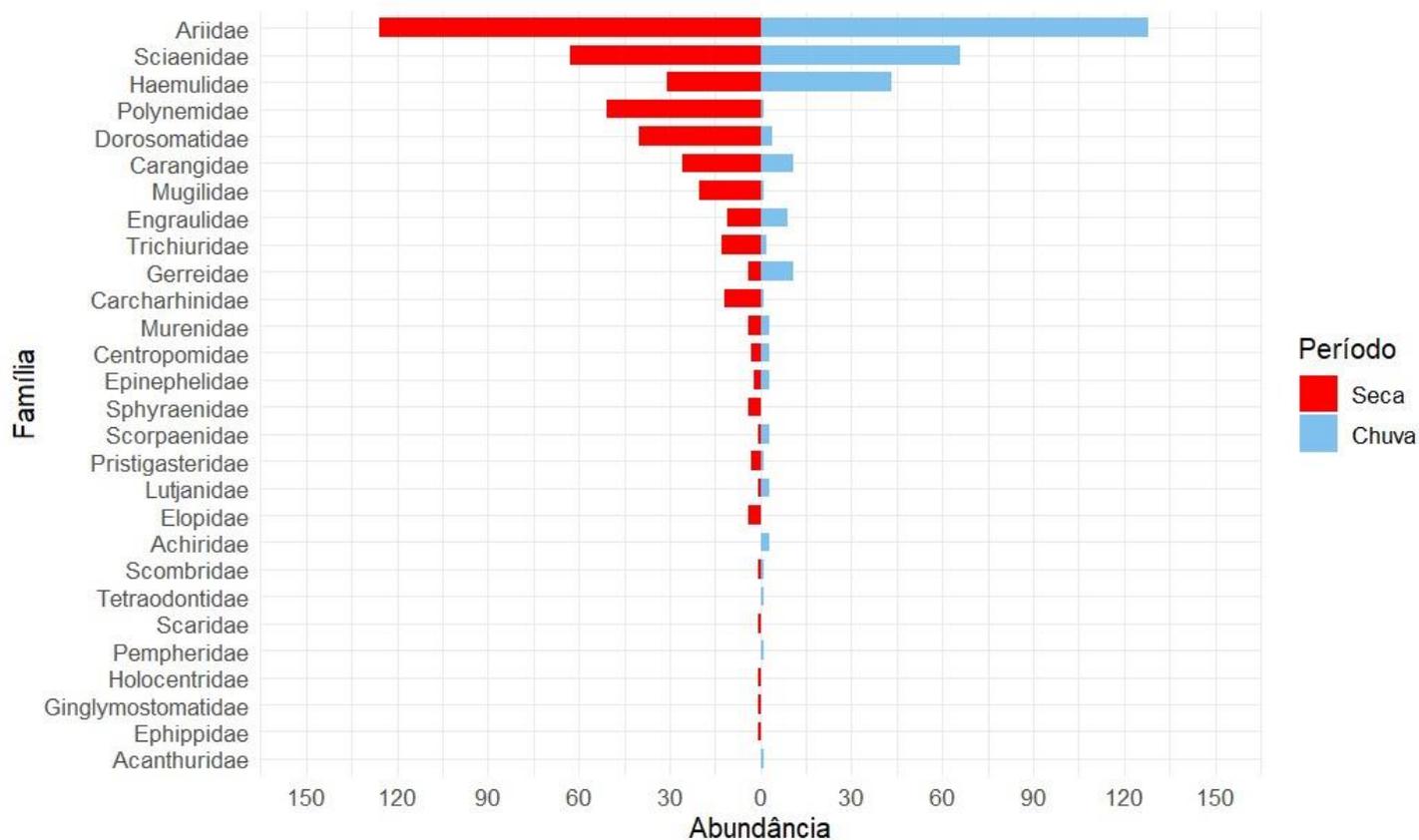
3 RESULTADOS

3.1 Estrutura da ictiofauna

Foram capturados 728 indivíduos, pertencentes a 28 famílias e 69 espécies no total (Apêndice A). Durante o período de seca foram obtidos 428 indivíduos, distribuídos em 24 famílias e 57 espécies (Figura 1). Dentre as famílias as que tiveram maior abundância numérica e riqueza de espécies foram: Ariidae, com 126 indivíduos e 6 espécies, sendo as mais abundantes: *Bagre bagre* e *Bagre filamentosus*; Sciaenidae, 55 indivíduos e 9 espécies, com maior abundância de: *Larimus breviceps*; Haemulidae, 31 indivíduos e 5 espécies sendo: *Paranisotremus moricandi* e *Haemulopsis corvinaeformis* as mais representativas.

Durante o período de chuva foram registrados 300 indivíduos englobados em 22 famílias e 46 espécies (Figura 1). As famílias com maior abundância foram: Ariidae, com 128 indivíduos e 6 espécies representadas por: *Aspistor luniscutis* e *Bagre*; Haemulidae, 43 indivíduos e 7 espécies onde: *Paranisotremus moricandi* e *Haemulon atlanticus* obtiveram maior abundância; e Sciaenidae, 66 indivíduos e 6 espécies: *Larimus breviceps* e *Menticirrhus martinicensis* representando maior abundância. Além disso, foram realizados registros das espécies de elasmobrânquios: *Rhizoprionodon porosus* (12 indivíduos na seca e 1 na chuva) e *Ginglymostoma cirratum* (apenas 1 indivíduo na seca). A abundância numérica total e a riqueza de espécies apresentaram diferenças significativas apenas quando considerados os habitats das espécies ($p < 0,05$) (tabela 1).

Figura 1: Abundância das famílias de acordo com as estações (seca e chuva).



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Tabela 1: Escores da análise de variância (ANOVA) realizada com a abundância total e riqueza de espécies de peixes capturados na interface entre a praia da Penha, considerando estações, meses de coleta e o tipo de habitat associado como fatores fixos. Valores destacados indicam variações significativas ($p < 0,05$).

	Abundância total		Riqueza	
	F	Pr(>F)	F	Pr(>F)
Estações	1.8	0.187	0,1	0,72
Meses de coleta	0.6	0,8	0,57	0,83
Habitats associados	22.91	<0,01	15,55	<0,01

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

3.2 Abundância e riqueza de acordo com os habitats associados

Em relação aos habitats, uma maior abundância e riqueza de espécies foi observada no grupo de espécies associadas a fundo mole, as quais se mantiveram presentes em todos os meses do estudo. A categoria fundo mole foi representada por 36 espécies e 545 indivíduos no total, com maior abundância associada ao período de seca (296 indivíduos), e maior riqueza no mesmo período (30 espécies). Nesse grupo de espécies, *Polydactylus oligodon* e *Bagre filamentosus* foram as mais representativas em abundância. O padrão da riqueza de espécies foi corroborado pela ANOVA, sendo observadas diferenças significativas entre as estações ($p < 0,05$). Já o padrão de abundância não foi corroborado pelas estatísticas de ANOVA.

Na categoria recifais, foram registradas 19 espécies e 94 indivíduos no total, com maior abundância observada na estação chuvosa (54 indivíduos) sendo que o valor de riqueza não variou entre os períodos com 14 espécies em ambas as estações. *Paranisotremus moricandi*, *Anisotremus surinamensis* e *Haemulon atlanticus*, foram as espécies mais abundantes desta categoria. Entretanto o padrão temporal de riqueza e abundância para espécies recifais não foi corroborado estatisticamente ($p > 0,05$).

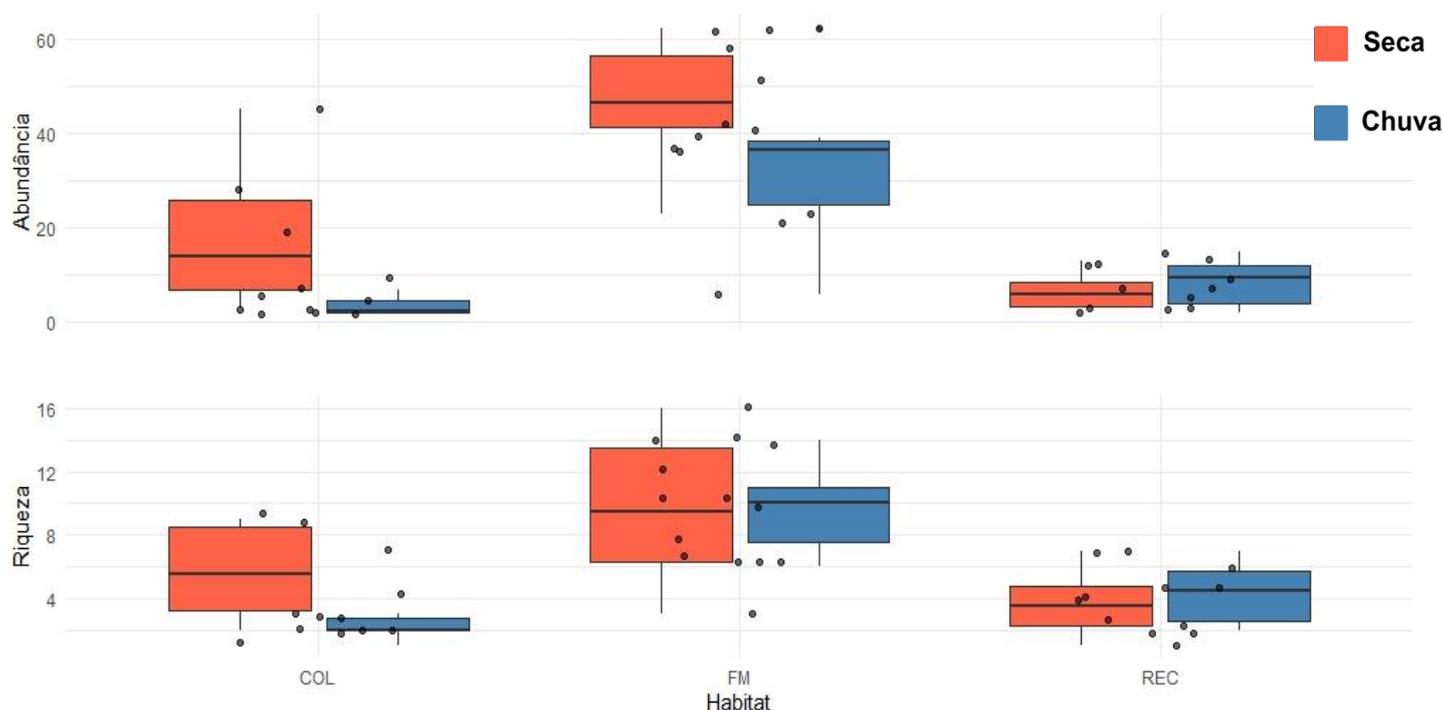
O habitat de coluna d'água apresentou uma riqueza de 15 espécies e abundância de 135 indivíduos no total, com maior valor de riqueza e abundância no período de seca, onde foram registradas 14 espécies e 111 indivíduos respectivamente. Neste grupo a maior abundância foi observada em *Opisthonema oglinum*, *Trichiurus lepturus* e *Rhizoprionodon porosus*. O padrão temporal de riqueza e abundância para espécies do habitat coluna d'água foi corroborado estatisticamente ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da análise de variância (ANOVA) realizada para a abundância e riqueza de espécies de peixes de acordo com seus habitats associados, considerando as estações com um fator. Valores destacados indicam variações significativas.

	Abundância		Riqueza	
	F	Pr(>F)	F	Pr(>F)
Coluna d'água	5	0,04*	6	0,03*
Fundo mole	1,7	0,21	8,46	0,01 *
Recifais	0,4	0,51	2,99	0,11

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Figura 2: Medianas de abundância e riqueza das espécies considerando seus habitats associados ao longo das estações de seca e chuva. COL: Espécies de coluna d'água (pelágicas); FM: Espécies associadas ao fundo mole (demersais); REC: Espécies associadas a recifes (substrato consolidado).



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

3.3 Variáveis Ambientais

A maior média de precipitação foi observada no mês de maio (0,58 mm) e o menor em novembro (0,01). A temperatura do ar obteve seu maior valor em março (28,29°C) e menor em agosto (25°C). Em relação ao vento direção horária, sua direção variou mais ao sul no mês de setembro (140,71°) e ao norte em fevereiro (148°). A rajada de vento mais forte foi registrada em agosto com média de 5 m/s, ao passo que abril resultou em um menor valor. Já quando se trata de velocidade o mês de janeiro obteve maior valor (1,2 m/s) enquanto o menor foi em abril (0,9 m/s) (Apêndice B). A partir do teste de ANOVA, observamos variações significativas quando as estações foram consideradas como um fator. A precipitação e vento rajada máxima obtiveram essas variações entre as estações de seca e chuva ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3: Escores da análise de variância (ANOVA) realizada para as médias de variáveis ambientais calculadas para meses do ano de 2023 e 2024, considerando as estações como um fator fixo. Valores destacados indicam variações significativas ($p < 0,05$).

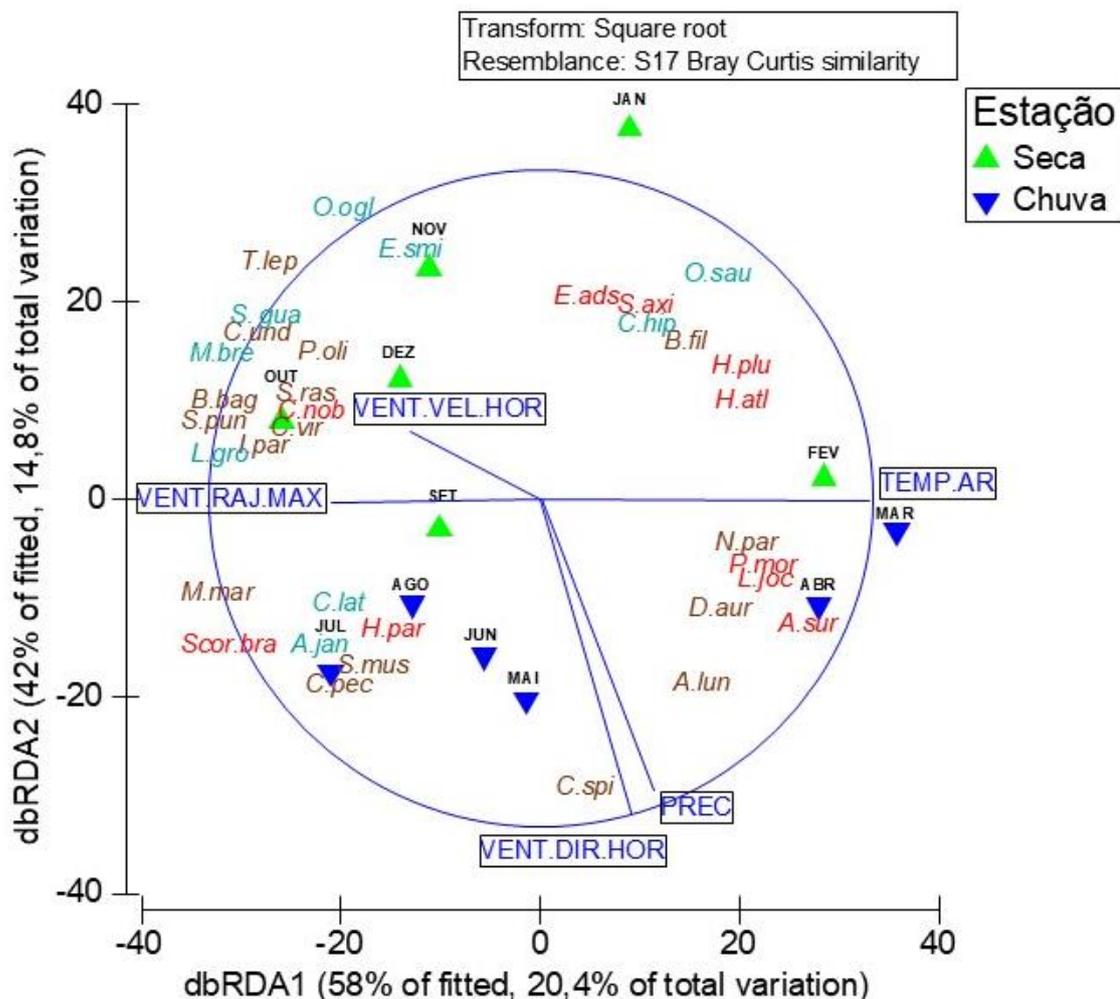
Variável ambiental	F	Pr(>F)
Precipitação	6,46	0,02*
Temperatura do ar	0,23	0,63
Vento direção horária	22,98	<0,01 *
Vento rajada máxima	0,003	0,96
Vento velocidade horária	0,29	0,60

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

3.4 Influência das variáveis ambientais na ictiofauna

Influências significativas da temperatura do ar, direção horária e rajada máxima do vento foram apontadas pelos testes marginais. Ao longo do primeiro eixo gerado pela dbRDA, a temperatura do ar se correlacionou diretamente com maior número de espécies recifais, ao passo que a rajada máxima dos ventos se mostrou diretamente correlacionada com mais espécies de coluna d'água e fundo mole. As amostras associadas ao período de chuva apresentaram correlações diretas com a precipitação e direção horária do vento no segundo eixo. Neste mesmo eixo foi possível observar uma separação das amostras quanto a estação, onde os meses de seca possuíram maior semelhança entre si, como podemos observar na parte superior do gráfico, assim como os meses de chuva que ficaram mais na parte inferior, indicando a divisão. Além disso, é possível observar que os meses de transição entre as estações apresentaram uma similaridade, como é o caso dos meses de agosto e setembro (chuva para seca), fevereiro e março (seca para chuva) (Figura 3).

Figura 3: Representação gráfica do modelo linear baseado em distância (DistLM) com porcentagens de explicação dos eixos da dbRDA para as influências das variáveis ambientais. Seca: meses de setembro de 2023 a fevereiro 2024; Chuva: meses de março a agosto 2024. As espécies destacadas em vermelho representam o habitat recifal que estão associadas, em azul ao habitat de coluna d'água e em marrom ao habitat de fundo mole.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

4 DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam uma maior abundância e riqueza de espécies na estação de seca, associadas ao habitat de fundo mole, sendo o mais rico e diverso durante todo o ano. Nossos resultados demonstram que as espécies associadas ao habitat de fundo mole apresentam uma dominância, sendo que a dominância na riqueza pode estar relacionada com a predominância de substrato não consolidado nos locais de amostragem (Dennis; Bright, 1988), enquanto espécies associadas ao habitat recifal tendem a apresentar uma maior associação ao slope dos recifes (Floeter et al., 2023), a exceção pode ser feita a *Paranisotremus moricandi*.

Diferentes estudos, apontam família Ariidae como um grupo de peixes que apresenta uma forte associação a ambientes estuarinos ao longo de toda região costeira do Brasil (Vieira; Musick, 1994; Denadai et al., 2013), condição associada com sua ampla tolerância a variações nas condições ambientais (Simier, et al., 2021). Da mesma forma, representantes da família Sciaenidae também são predominantes em regiões costeiras de substrato mole, sendo comuns em regiões de fundos lamacentos e arenosos do litoral brasileiro (Santos et al., 2020), corroborando os resultados obtidos no nosso estudo. Contudo nossos resultados trazem informações novas bastante relevantes sobre as relações dos bagres da família Ariidae com os recifes, que pode está correlacionada com a disponibilidade de recursos presentes nesta região,

assim como a fatores ecológicos evolutivos visto que eles apresentam maior plasticidade a mudanças ambientais.

Observamos uma correlação importante entre as variáveis ambientais, assim como a influência significativas da temperatura do ar, direção horária e rajada máxima do vento na diversidade das espécies. variáveis comumente apontadas como determinantes pelos pescadores da praia da penha para os bons resultados da produção pesqueira. Variáveis ambientais tem suas influências na ictiofauna da zona costeira documentada na literatura (Souza 2018). A temperatura do ar pode influenciar na riqueza, podendo aumentar a biomassa e diversidade dos peixes devido as interações metabólicas, destacando a importância da temperatura como um fator chave (Duffy et al., 2016). Ventos fortes também conseguem se correlacionar com ao habitat, tendo maior relações com os peixes associados ao fundo mole e coluna d'água, pois a bioturbação na água causada pelas correntes de ar pode ser um fator que altere a comunidade de peixes desse ambiente, pois elas podem alterar o comportamento e a disponibilidade de recursos alimentares como é visto em algumas literaturas (Schilling et al., 2020; Bergeron & Masse, 2011).

5 CONCLUSÃO

Estudos ecológicos sobre a estrutura e relações de comunidades de peixes em zonas estuarinas e recifais são comuns na literatura, contudo o conhecimento sobre peixes que vivem na intersecção dos recifes com o substrato mole e as interações destas diferentes comunidades são pouco conhecidas. Nossos resultados trazem informações inéditas sobre a ecologia de comunidades dos peixes encontrados na interface do substrato consolidado e não consolidado, revelando interações entre diferentes comunidades ecológicas, que caracterizam um ecótono. É especialmente importante a observação de relações dos bagres marinhos com os recifes biogênicos e de arenito na praia da Penha na Paraíba, sendo estas relações desconhecidas na literatura, uma questão que deve ser melhor investigada em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- BERGERON, Jean-Pierre; MASSÉ, Jacques. Mudança no comportamento de cardume e condição nutricional de anchovas (*Engraulis encrasicolus* L.) durante uma perturbação da coluna de água induzida pelo vento: um teste de evento natural de uma hipótese geral. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, v. 44, n. 2, p. 93-107, 2011.
- CALAÇA, Analice Maria; DE VIVEIROS GRELE, Carlos Eduardo. Diversidade funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. *Oecologia Australis*, v. 4, 2016.
- CARDOSO, Ályssa Thayna Pedrosa. Dominância da ictiofauna em função das estruturas de recifes costeiros brasileiros: disponibilidade de habitats e questões conceituais. 2019. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco.
- CLARKE, KR; GORLEY, RN. PRIMER (Rotinas de Plymouth em pesquisa ecológica multivariada) v5: manual do usuário/tutorial. Plymouth: Primer-E Ltd, p. 1-91, 2001.
- DA SILVA, FR et al. Análises ecológicas no R. In: DA SILVA, FR et al. *Nupéia*. Recife, PE: Canal 6: São Paulo, 2022. Cap. 14, pág. 456-487.
- DE AZEVEDO BEMVENUTI, Marlise; FISCHER, Luciano Gomes. Peixes: morfologia e adaptações. *Cadernos de Ecologia Aquática*, v. 2, pág. 31-54, 2010.
- DE SOUSA MELO, Rodrigo; LINS, Ruceline Paiva Melo; ELOY, Cristina Costa. O impacto do turismo em ambientes recifais: caso praia Seixas-Penha, Paraíba, Brasil. 2014.

- DENADAI, Márcia et al. Dinâmica populacional e dieta do bagre do mar Madamango *Cathorops spixii* (Agassiz, 1829) (Siluriformes: Ariidae) em uma baía tropical no sudeste do Brasil. *PLoS One*, v. 11, pág. e81257, 2013.
- DENNIS, George D.; BRIGHT, Thomas J. Conjuntos de peixes de recife em bancos duros no noroeste do Golfo do México. *Bulletin of Marine Science*, v. 43, n. 2, p. 280-307, 1988.
- DOLBETH, M. et al. Diversidade funcional de comunidades de peixes em dois estuários tropicais sujeitos a perturbações antropogênicas. *Marine Pollution Bulletin*, v. 112, n. 1-2, p. 244-254, 2016.
- DUFFY, J. Emmett et al. Biodiversidade aumenta biomassa de peixes de recife e resistência à mudança climática. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 22, p. 6230-6235, 2016.
- ESCHMEYER, William N. et al. Diversidade de peixes marinhos: história do conhecimento e da descoberta (Peixes). *Zootaxa*, v. 1, pág. 19–50, 2010.
- FLOETER, Sérgio R. et al. Peixes recifais brasileiros. Curitiba: CRV, 2023.
- GARNIER, E.; NAVAS, M.-L.; GRIGULIS, K. Diversidade funcional de plantas: características do organismo, estrutura da comunidade e propriedades do ecossistema. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- GOMES, UL et al. Guia para identificação de tubarões e raias do Rio de Janeiro. *Zoologia (Curitiba)*, 2010.
- GRANDE, Henrique et al. A influência de variáveis ambientais na distribuição espacial local na comunidade de peixes de recife costeiros do nordeste do Brasil. 2012.
- GUERREIRO, Milene Alexandra et al. Função de estuários e áreas costeiras como berçários para estágios iniciais de vida de peixes marinhos. *Marine Environmental Research*, v. 170, p. 105408, 2021.
- MAIDA, M.; FERREIRA, BP. Os recifes de coral brasileiros. In: *Oceanografia: Um Cenário Tropical*. Recife: Ed. Bagaço, pág. 617-640, 2004.
- MARCENIUK, Alexandre et al. Peixes Teleostei do Litoral Norte do Brasil. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*, v. 10, p. e2021006, 2021.
- MARCENIUK, Alexandre; VENDEL, Ana Lúcia; CARVALHO-FILHO, Alfredo; ROSA, Ricardo. Peixes marinhos da Paraíba. 2023.
- MASSEI, Karina et al. Análise da diversidade marinha e pressões antrópicas no ecossistema de recifes de corais do Seixas (nordeste do Brasil). *Science of The Total Environment*, v. 905, p. 166984, 2023.
- MEDEIROS, Paulo Roberto de et al. Distribuição e uso de habitat para peixes recifais e sua relação com a complexidade ambiental no arquipélago Fernando de Noronha, Nordeste do Brasil. 2011.
- OKSANEN, Jari. Vegan: community ecology package. Disponível em: <<http://vegan.r-forge.r-project.org/>>. 2010.
- ROSA, Ricardo S. et al. Peixes teleósteos marinhos da costa nordeste brasileira: 166 anos de dados compilados. *Systematics and Biodiversity*, v. 21, n. 1, p. 2228314, 2023.
- SANTOS, César et al. Ictiofauna na plataforma continental interna próxima ao Complexo Estuarino de Paranaguá, Sul do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 4, 2020.
- SCHAEFER, Kurt M. Uma avaliação da variação geográfica e anual em caracteres morfométricos e contagens de rastros branquiais do atum albacora, *Thunnus albacares*, do Oceano Pacífico. 1992.
- SCHEINER, Samuel M. et al. Decompondo a diversidade funcional. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 8, n. 7, p. 809-820, 2017.
- SCHILLING, Hayden T. et al. Ventos costeiros e abundância de larvas de peixes indicam um mecanismo de recrutamento para pescarias estuarinas do sudeste da Austrália. *Fisheries Oceanography*, v. 31, n. 1, p. 40-55, 2022.

- SIMIER, Monique et al. Biologia e ecologia de bagres marinhos (Ariidae) de ecossistemas estuarinos, lagunares e costeiros na África Ocidental. *Journal of Fish Biology*, v. 99, n. 2, p. 629-643, 2021.
- SOUZA, Cynthia D.; BATISTA, Vandick S.; FABRÉ, Nidia N. Quais são os principais fatores locais que determinam a riqueza e os rendimentos pesqueiros em conjuntos de peixes costeiros tropicais? *Zoologia (Curitiba)*, v. 35, p. e12898.
- SOUTO-VIEIRA, Daniele et al. Dimensões da biodiversidade de comunidades de peixes que habitam fundos lodosos costeiros no Atlântico Sul Tropical. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 301, p. 108750, 2024.
- TEAM, R. Core. R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística. R Foundation for Statistical Computing, 2020.
- V, JP; MUSICK, JA. Composição da fauna de peixes em estuários quentes-temperados e tropicais do Atlântico ocidental. *Atlantica (Brasil)*, v. 16, 1994.

APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES

Lista de espécies de peixes da interface entre a praia da penha e os recifes associados, nos meses do período de seca (setembro de 2023 a fevereiro de 2024) e chuva (março a agosto de 2024) com seus respectivos habitats associados, abundância e peso.

Familia	Habitat	Espécie	Seca						Chuva													
			Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago								
			N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)		
Ginglymostomatidae	FM	<i>Ginglymostoma cirratum</i> (BONNATERRE, 1788)							1	481,2												
Carcharhinidae	COL	<i>Rhizoprionodon porosus</i> (POEY, 1861)			8	2950,15	4	808,65						1	96,37							
Elopidae	COL	<i>Elops smithi</i> (MCBRIDE, ROCHA, RUIZ-CARUS & BOWEN, 2010)			1	665,85	1	94		2	1193,9											
Muraenidae	REC	<i>Enchelycore nigricans</i> (BONNATERRE, 1788)			2	864,71	2	436						2	1062,8					1	804,4	
Prestigasteridae	FM	<i>Odontognathus mucronatus</i> (LACÉPÈDE, 1800)	1	13,48																		
	FM	<i>Pellona harroweri</i> (FOWLER, 1917)			1	28,2	1	88											1	18,4		
Engraulidae	COL	<i>Anchoa januaria</i> (STEINDACHNER, 1879)																		2	33	
	COL	<i>Lycengraulis grossidens</i> (SPIX & AGASSIZ, 1829)			7	302,9	2	879		1	28,3								4	79,6	2	120,4
Dorosomatidae	FM	<i>Harengula clupeiola</i> (CUVIER, 1829)	1	41,3			1	117,9							1	29,2				3	67,6	

Apêndice A - Continuação

Familia	Habitat	Espécie	Seca						Chuva																	
			Set		Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago	
			N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)
Gerreidae	FM	Diapterus auratus (RANZANI, 1840)			2	635,5							1	54,7	3	196,7	1	52,2	1	90						
	FM	Diapterus rhombeus (CUVIER, 1829)		1	208,38										4	238,3										
	FM	Gerres cinereus (WALBAUM, 1792)									1	79,6					1	95,2								
Pempheridae	REC	Pempheris schomburgkii (MÜLLER & TROSCHEL, 1848)																					1	11,3		
Epinephelidae	REC	Alphestes afer (BLOCH, 1793)			1	371,5									1	165,5										
	REC	Epinephelus adscensionis (OSBECK, 1765)					1	373,12	1	199,2			1	213,5									1	234		
Haemulidae	REC	Anisotremus surinamensis (BLOCH, 1791)							1	204,6			2	554	1	88,7	1	178,8	1	498,6						
		Conodon nobilis (LINNAEUS, 1758)		1	86,62																					
	REC	Haemulon atlanticus (CARVALHO ET AL., 2020)					1	159,9	2	311,2			3	447,2	2	251,1										
	REC	Haemulon parra (DESMAREST, 1823)																				1	823,4			
	REC	Haemulon plumieri (LACÉPÈDE, 1801)							3	395,8			1	156,6												
	FM	Haemulopsis corvinaeformis (STEINDACHNER, 1868)		2	211,61	4	412,2					1	92				1	11,4								
	FM	Orthopristis scapularis (FOWLER, 1915)															1	30,1								
	REC	Paranisotremus moricandi (RANZANI, 1840)	7	645,57		4	516	2	193,2	4	284,8	1	69,4	7	642,8	7	661,1	8	704,8	2	91,9			4	306,3	

Apêndice A - Continuação

Familia	Habitat	Espécie	Seca						Chuva																	
			Set		Out		Nov		Dez		Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago	
			N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)	N	Peso (g)
	FM	Menticirrhus martinicensis (CUVIER, 1830)			4	579,1	2	209,6										2	338,2	2	336,8	2	162,8			
	FM	Stellifer musicki (CHAO ET AL., 2021)																				1	109,8			
	FM	Stellifer punctatissimus (MEEK & HILDEBRAND, 1925)			1	98,4																				
	FM	Stellifer rastrifer (JORDAN, 1889)			1	95,4																				
Acanthurus	REC	Acanthurus chirurgus (BLOCH, 1787)																						1	330,8	
Tetraodontidae	FM	Sphoeroides testudineus (LINNAEUS, 1758)																						1	166,8	

APÊNDICE B – VALORES MÉDIOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Valores de média e desvio-padrão calculados para variáveis ambientais selecionadas. Meses de setembro de 2023 a fevereiro de 2024 correspondem a estação de seca; meses de março a agosto (ano de 2024) correspondem a estação de chuva.

Meses	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Vento direção horária (gr)	Vento rajada máxima (m/s)	Vento velocidade horária (m/s)
Setembro	0,23 ± 1,16	25,96 ± 2,55	140,71 ± 40,49	4,35 ± 1,62	0,95 ± 0,41
Outubro	0,04 ± 0,23	25,23 ± 6,48	118,09 ± 45,51	4,44 ± 1,74	1,03 ± 0,49
Novembro	0,01 ± 0,11	26 ± 6,54	102,7 ± 46,36	4,68 ± 1,72	1,15 ± 0,53
Dezembro	0,16 ± 0,87	25,82 ± 7,13	116,27 ± 48,89	4,28 ± 1,71	0,97 ± 0,48
Janeiro	0,02 ± 0,18	27,04 ± 7,18	92,11 ± 57,98	4,45 ± 1,83	1,2 ± 0,64
Fevereiro	0,22 ± 1,21	27,92 ± 4,46	148 ± 75,96	3,85 ± 1,60	1,01 ± 0,49
Março	0,25 ± 1,71	28,29 ± 3,51	160,94 ± 67,81	3,74 ± 1,56	0,93 ± 0,44
Abril	0,46 ± 2,15	27,85 ± 2,48	171,92 ± 52,55	3,71 ± 1,43	0,9 ± 0,39
Maio	0,58 ± 2,89	26,33 ± 2,23	176,75 ± 41,44	4,3 ± 1,45	1,08 ± 0,45
Junho	0,41 ± 1,48	26,13 ± 2,24	165,77 ± 36,66	4,46 ± 1,49	1,01 ± 0,41
Julho	0,25 ± 1,07	25,38 ± 2,2	161,63 ± 33,93	4,88 ± 1,63	1,1 ± 0,46
Agosto	0,04 ± 0,37	25 ± 2,41	147 ± 37,09	5 ± 1,74	1 ± 0,39

APÊNDICE C –TABELA DE TESTES MARGINAIS

Resultado dos testes marginais usados para avaliar a significância estatística de cada variável ambiental.

Variable	SS(trace)	Pseudo-F	P	Prop.
PREC	3403,5	1,745	0,0519	0,14857
TEMP.AR	4674,6	2,5637	0,0026	0,20406
VENT.DIR.HOR	3489,1	1,7967	0,0441	0,15231
VENT.RAJ.MAX	3812	1,9963	0,0204	0,16641
VENT.VEL.HOR	2414,8	1,1783	0,2959	0,10541

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e sabedoria durante toda a jornada acadêmica. Aos meus pais Fabricia e Jailton, dedico minha mais profunda gratidão, por cada gesto de amor e compreensão ao longo da graduação, e este trabalho é, em grande parte, fruto do esforço e dos valores que me ensinam, aos meus irmãos Pâmella e Arthur que foram minha base, incentivando e apoiando em todos os momentos, ao meu namorado Alisson Cesário, que soube me escutar, me aconselhar, sempre me fazendo enxergar o quanto eu era capaz de realizar tudo o que desejava. Gratidão aos meus amigos que ingressaram junto comigo e aos amigos que chegaram depois, compartilhando momentos incríveis nessa caminhada de 3 anos.

Minha gratidão vai para meu orientador Prof. Dr. Alexandre Pires Marceniuk, pela oportunidade de trabalhar nesse projeto, trazendo todo o seu conhecimento valioso e por ter confiado que eu conseguiria realizar um bom trabalho. Ao meu coorientador Gitá Juan Soterorudá Brito, por toda paciência e ensinamentos durante todo o ano trabalhado. Aos meus amigos do Lep (Laboratório de ecologia de Peixes) em especial meu grupinho do Barracuda News e o professor André Pessanha por todas as experiências vivenciadas no laboratório todos os dias, fazendo com que o trabalho se tornasse mais leve. Agradeço ao pescador José Paulino de Lima Filho, pelo apoio na realização das coletas do projeto. A equipe do laboratório de ictiologia da UEPB de João Pessoa e a Prof. Ana Lucia Vendel pelo suporte na triagem do material coletado.

E por fim, quero agradecer a mim mesmo por ter conseguido chegar até aqui, a jornada não foi fácil e em muitos momentos pensava em desistir, mas com apoio das pessoas certas e a toda a minha força de vontade aguentei firme todas as turbulências e hoje eu posso dizer que “EU CONSEGUI”.

OBRIGADA!!!