



**UEPB**

**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**

**RILZERLINE ANDRADE AFONSO**

**INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS SOBRE RECRUTAMENTO DAS LARVAS DE  
PEIXES EM UMA ÁREA DE BERÇÁRIO ESTUARINA**

**CAMPINA GRANDE  
2023**

RILZERLINE ANDRADE AFONSO

**INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS SOBRE RECRUTAMENTO DAS LARVAS DE  
PEIXES EM UMA ÁREA DE BERÇÁRIO ESTUARINA**

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

**Área de concentração:** Ecologia.

**Orientador:** Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha

**Coorientadora:** Dra. Lidiane Gomes de Lima

**CAMPINA GRANDE**

**2023**

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.

A257i Afonso, Rilzerline Andrade.

Influências ambientais sobre recrutamento das larvas de peixes em uma área de berçário estuarina [manuscrito] / Rilzerline Andrade Afonso. - 2023.

35 p.

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. André Luiz Machado Pessanha, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. " "Coorientação: Prof. Dr. Lidiane Gomes de Lima , Coordenação de Curso de Biologia - CCBS. "

1. Dispersão larval. 2. Estágios de desenvolvimento. 3. Larvas de peixe. 4. Reprodução. I. Título

21. ed. CDD 570

RILZERLINE ANDRADE AFONSO

INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS SOBRE O RECRUTAMENTO DAS LARVAS DE PEIXES  
EM UMA ÁREA DE BERÇÁRIO ESTUARINA

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

**Área de concentração:** Ecologia.

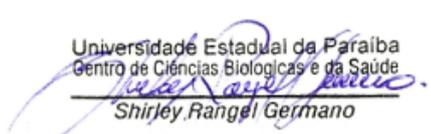
Aprovada em: 12/12/2023.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Universidade Estadual da Paraíba  
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Shirley Rangel Germano

---

Profa. Dra. Shirley Rangel Germano  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Profa. Dra. Natalice dos Santos Sales  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

À minha família por acreditar em mim, me incentivar a ir em busca dos meus sonhos e estar sempre ao meu lado sendo fonte amor e cuidado, DEDICO.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo com indicação dos pontos de coleta nas diferentes zonas amostrados em toda extensão do estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. Z1 – Superior (▲), Z2 – Intermediária (■), Z3 – Inferior (●)..... 11
- Figura 2 – Box-plots com mediana como marca central para as variações dos parâmetros ambientais entre as zonas superior, intermediária e inferior e entre as estações chuvosa e seca ao longo do estuário do rio Mamanguape, nordeste do Brasil..... 14
- Figura 3 – Densidade total dos estágios de desenvolvimento larval das espécies de peixes entre as zonas superior, intermediária e inferior; e estações chuvosa (a) e seca (b) do estuário do rio Mamanguape..... 15
- Figura 4 – Distribuição dos estágios de desenvolvimento larval das espécies de peixes entre as estações chuvosa (a) e seca (b) e entre as zonas superior (Z1), zona intermediária (Z2) e zona inferior (Z3) no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro..... 16
- Figura 5 – Análise de ordenação redundante baseada em distância (dbRDA) demonstrando as variáveis ambientais que influenciam na distribuição dos estágios de desenvolvimento larval em pré-flexão (a), flexão (b) e pós-flexão (c) das espécies de peixes coletados no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro, entre as estações chuvosa (CH) e seca (SC) e as zonas superior (SP), intermediária (IN) e inferior (IF). *Alepidentostole*, *Anchoviella lepidentostole*; *Ahepsetus*, *Anchoa hepsetus*; *Ajanuaria*, *Anchoa januaria*; *Alyolepis*, *Anchoa lyolepis*; *Amarinii*, *Anchoa marinii*; *Aspinifer*, *Anchoa spinifer*; *Aclupeiodes*, *Anchovia clupeiodes*; *Lgrossidens*, *Lycengraulis grossidens*; *Hclupeola*, *Harengula clupeola*; *Rbahiensis*, *Rhinosardinia bahiensis*; *Hunifasciatus*, *Hyphorhamphus unifasciatus*; *Eargenteus*, *Eucinostomus argenteus*..... 20

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Teste marginal do DistLM mostrando as variáveis ambientais que influenciaram na distribuição das espécies em seus respectivos estágios de desenvolvimento larval (pré-flexão, flexão e pós-flexão) no estuário do rio Mamanguape. Prop = Proporção (%). 19
- Tabela 2 – Média ( $\pm$  Erro Padrão) e alcance das variáveis ambiental em escala local aferidas nas zonas superior, intermediária e inferior no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro, entre as estações chuvosa e seca. 30
- Tabela 3 – Valores da PERMANOVA univariada (a) comparando as diferenças entre as diferentes zonas e estações, e teste Pair-wise da PERMANOVA (b) das variáveis ambientais em escala local entre as estações chuvosa (CH) e seca (SE), e as zonas: superior (SP), intermediária (IT) e inferior (IF) do estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro. Em negrito, valores estatisticamente significativos. \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.001$ , \*\*\*  $P < 0.0001$ . ns = não significativo. 31
- Tabela 4 – Densidade das larvas pertencentes a guilda ecológica marinho estuarino dependente (MED) capturadas nas zonas superior (SUP), intermediária (INT) e inferior (INF) durante as estações chuvosa e seca no estuário do rio Mamanguape. 32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Delineamento amostral .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Processamento das amostras.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Tratamento dos dados e análises estatísticas .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Parâmetros ambientais.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Composição e estrutura da assembleia larval.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Influência ambiental sobre os estágios larvais.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
	<b>APÊNDICE A - TABELA 2.....</b>	<b>30</b>
	<b>APÊNDICE B - TABELA 3.....</b>	<b>31</b>
	<b>APÊNDICE C – TABELA 4.....</b>	<b>32</b>
	<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>34</b>

## INFLUÊNCIAS AMBIENTAIS SOBRE RECRUTAMENTO DAS LARVAS DE PEIXES EM UMA ÁREA DE BERÇÁRIO ESTUARINA

### ENVIRONMENTAL INFLUENCES ON FISH LARVAE RECRUITMENT IN A ESTUARINE NURSERY AREA

Rilzerline Andrade Afonso\*  
André Luiz Machado Pessanha\*\*  
Lidiane Gomes de Lima\*\*

#### RESUMO

A dispersão das larvas para as áreas de berçário é fundamental para o ciclo de vida das espécies, apesar dos desafios devido aos diversos fatores ambientais que influenciam esses ecossistemas, como salinidade, temperatura e precipitação que atuam fortemente na distribuição larval e influenciam a ecologia das larvas de peixes nos estuários. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi analisar a variação espacial e temporal dos estágios larvais (pré-flexão, flexão e pós-flexão) das espécies marinho estuarino-dependentes no estuário do rio Mamanguape e suas relações com as variáveis ambientais. Para a realização desse estudo o estuário foi dividido em três zonas com base no gradiente de salinidade (superior, intermediária e inferior), os parâmetros ambientais foram medidos e após isso as larvas foram separadas e identificadas no laboratório. Os dados foram processados e análises estatísticas como PERMANOVA e modelos de regressão foram utilizados para avaliar a relação entre densidade das larvas, os padrões ambientais e as diferentes zonas do estuário e estações do ano. Os resultados mostraram como as variações do ciclo hidrológico atuaram na formação de gradientes ambientais, os quais foram responsáveis pelo recrutamento das espécies, com diferentes densidades de larvas nos estágios de pré-flexão, flexão e pós-flexão em cada zona durante as diferentes estações. Essa distribuição larval foi influenciada principalmente pela salinidade, temperatura da água, transparência, amônia e fósforo total, indicando como esses fatores ambientais desempenham um papel importante na sobrevivência e desenvolvimento das larvas. Considerando a influência dos parâmetros ambientais na distribuição e comportamento das larvas, foi possível perceber como diferentes espécies respondem a esses fatores durante seus estágios de desenvolvimento, ressaltando também a relevância desses dados para compreender a ecologia e dinâmica das populações de peixes em ambientes estuarinos e evidenciando a interconexão entre fatores ambientais e a distribuição larval. Esses resultados confirmam a hipótese inicial, enfatizando o papel das variações sazonais, especialmente da pluviosidade e seu efeito na salinidade, como fatores-chave na distribuição dos estágios larvais. O estuário do rio Mamanguape atua como um berçário essencial para as várias espécies dependentes de ambientes estuarinos. Os diversos habitats, especialmente associados aos manguezais, são fundamentais para o desenvolvimento inicial desses organismos e essas mudanças físicas e químicas são importantes para compreender os processos de dispersão, reprodução e recrutamento das espécies neste ecossistema.

**Palavras-chave:** dispersão larval; estágios de desenvolvimento; larvas de peixe; reprodução.

---

\*Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, rilzerline@gmail.com

\*\*Professor Orientador: Doutor, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, [andrepessanha@servidor.uepb.edu.br](mailto:andrepessanha@servidor.uepb.edu.br)

\*\*Professora Coorientadora: Pós-Doutoranda do Curso de Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB [lidianelimauepb@gmail.com](mailto:lidianelimauepb@gmail.com)

## ABSTRACT

The dispersion of larvae to these nursery areas is crucial for the life cycle of these species, despite the challenges due to various environmental factors influencing these ecosystems, such as salinity, temperature, and precipitation, which strongly impact larval distribution and influence the ecology of fish larvae in estuaries. Thus, the aim of this study was to analyze the spatial and temporal variation of larval stages (pre-flexion, flexion, and post-flexion) of estuarine-dependent marine species in the Mamanguape River estuary and their relationships with environmental variables. For this study, the estuary was divided into three zones based on salinity gradient (upper, intermediate, and lower), environmental parameters were measured, and then the larvae were separated and identified in the laboratory. The data were processed, and statistical analyses such as PERMANOVA and regression models were used to assess the relationship between larval density, environmental patterns, different estuary zones, and seasons. The results showed that variations in the hydrological cycle influenced the formation of environmental gradients, which were responsible for species recruitment, with different larval densities in pre-flexion, flexion, and post-flexion stages in each zone during different seasons. This larval distribution was mainly influenced by salinity, water temperature, transparency, ammonia, and total phosphorus, indicating how these environmental factors play a significant role in larval survival and development. Considering the influence of environmental parameters on larval distribution and behavior, it was possible to observe how different species respond to these factors during their developmental stages, highlighting the relevance of this data in understanding the ecology and dynamics of fish populations in estuarine environments and highlighting the interconnection between environmental factors and larval distribution. These results confirm the initial hypothesis, emphasizing the role of seasonal variations, especially rainfall and its effect on salinity, as key factors in larval stage distribution. The Mamanguape River estuary serves as an essential nursery for various species dependent on estuarine environments. The diverse habitats, especially associated with mangroves, are crucial for the initial development of these organisms, and these physical and chemical changes are important to understand the processes of dispersion, reproduction, and species recruitment in this ecosystem.

**Keywords:** larval dispersion; developmental stages; fish larvae; reproduction.

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso das fases iniciais da vida dos peixes depende da chegada bem-sucedida aos berçários costeiros, os quais fornecem abrigo e alimento em abundância a fim de garantir seu desenvolvimento e sobrevivência (BAILEY et al., 2008; GERREIRO et al., 2021). Ambientes costeiros incluindo os estuários são frequentemente preferidos pelas larvas e juvenis de peixes como berçário, pois esses ecossistemas proporcionam uma ampla variedade de habitats e recursos que são essenciais para o recrutamento das espécies (PRIMO et al., 2013; BAPTISTA et al., 2019; MACÁRIO et al., 2021). Inúmeras espécies de peixes marinhos dependem dos estuários, sendo algumas conhecidas por adentrar nos estuários para reprodução e desova; e suas larvas permanecem no local até a fase juvenil quando retornarão para os estoques adultos no mar aberto (ELLIOTT et al., 2007). Outras são conhecidas por desovar nas áreas marítimas e suas larvas migram entre o meio e o fim da fase larval para os estuários, onde permanecerão até a serem juvenis (COSTA, 2011; POTTER et al., 2015). Dessa forma, o tipo de dispersão larval para as áreas de desova para as áreas de berçário é uma característica fundamental para a história de vida dos peixes e sua dinâmica populacional (GERREIRO et al., 2021).

A dispersão (recrutamento) das larvas através da foz estuarina e o subsequente transporte para dentro dos estuários são críticos para a conclusão do ciclo de vida das espécies, uma vez que o recrutamento para as áreas de berçário é um desafio, devido à interferência de fatores ambientais como o fluxo da pluma estuarina para o oceano e as velocidades das correntes que excedem a capacidade natatória das larvas (PATRICK & STRYDOM, 2014). De maneira geral, o recrutamento das larvas pode acontecer de duas formas: passivo, por meio da deriva através das correntes e do movimento das marés ou ativo, que é quando as larvas se deslocam por meio da natação (HOFFMEYER et al. 2009), assim, a capacidade de mediar o deslocamento para os estuários aumenta com o desenvolvimento das características morfológicas, fisiológicas e comportamentais, exigindo que as larvas e pequenos juvenis devam, portanto, adotar estratégias que os permitam responder a estímulos ambientais e biológicos (pistas visuais e olfativas, geomagnetismo, mudanças de pressão e pluma estuarina) que os auxiliem chegar nesses ecossistemas (ISLAM et al., 2007; TEODÓSIO et al., 2009).

A morfologia dos diferentes estágios de desenvolvimento larval é uma boa preditora para a seleção ativa do habitat (POLTE, 2017). Logo após a eclosão dos ovos, as larvas inicialmente dependem do saco vitelínico como fonte de alimento, o qual é gradativamente consumido via alimentação endógena, sendo de extrema importância para a sobrevivência desses organismos (LIMA; BARLETTA, 2016). Então, conforme os sistemas sensorial, circulatório, muscular e digestivo são progressivamente desenvolvidos, as larvas tornam-se capazes de buscar alimento de forma ativa, além de conseguir alterar sua distribuição (RÉ, 1999; GERKING, 1994; MAKRAKIS et al., 2005; COSER et al., 2007; SILVA et al., 2011). Durante o estágio de flexão a maior parte das espécies desenvolvem rapidamente raios nas nadadeiras, resultando em uma maior capacidade natatória e de captura de presas (HUNTER, 1981; LIMA et al., 2016a). Um estudo realizado por Lima e Barletta (2016) no estuário do rio Goiana (Nordeste do Brasil), os autores observaram que as larvas de *Anchovia clupeioides* e *Cetengraulis edentulus* em estágio de pré-flexão foram mais abundantes no canal principal, ao passo que em estágio de pós-flexão estiveram em maior número nos canais entremarés da floresta de manguezal, uma vez que devido a seu estágio de desenvolvimento apresentam maior capacidade natatória.

Uma vez nos estuários, as larvas enfrentam uma série de outros fatores que influenciam nas taxas de sobrevivência e nos padrões de distribuição das espécies, visto que as constantes flutuações das características físicas e químicas da água atuam na formação de gradientes ambientais que influenciam ativamente na dinâmica larval ocasionando em mudanças na composição e diversidade de espécies conforme sua tolerância às condições ambientais (HOUDE, 2008; CATTANI et al., 2016). É sabido que a salinidade, temperatura e precipitação são as principais preditoras da distribuição e abundância larval (AMORIM et al., 2016; SPIES; STEELE, 2016). A temperatura desempenha um papel fundamental no processo reprodutivo de muitas espécies de peixes (RAMOS et al., 2012). Em regiões temperadas, muitas espécies escolhem locais de desova com base em faixas específicas de temperatura, permitindo uma relação clara entre a época do ano e o período de reprodução (RÉ, 1999; VAZZOLER, 1996). Por outro lado, em regiões tropicais, devido à estabilidade da temperatura, a salinidade e a pluviosidade são consideradas preditoras na composição e distribuição de espécies (LIMA et al., 2022).

A salinidade exerce um papel crítico para as espécies, funcionando como uma barreira fisiológica para as espécies de água doce e impondo estresse ambiental às espécies marinhas, devido às diferentes capacidades osmorregulatórias (SAMPAIO; BIANCHINI, 2002; OLIVEIRA; PESSANHA, 2014). Ademais, estuários caracterizados por uma maior estabilidade nas condições hídricas e níveis mais elevados de salinidade tendem a proporcionar um ambiente mais propício para uma maior diversidade de espécies (THIEL et al., 2003; NICOLAS et al., 2010; BARROS et al., 2011). Estudos mais recentes realizados no estuário do

rio Mamanguape corroboraram com a importância da salinidade como fator determinante na configuração da comunidade de peixes na região, conforme observado por Oliveira e Pessanha (2014) e por Araújo et al. (2016). Dessa forma, é possível afirmar que a temperatura e a salinidade desempenham papéis fundamentais na distribuição larval, afetando a reprodução, o desenvolvimento, a sobrevivência e o comportamento de migração das larvas. Esses fatores são essenciais para entender a ecologia das larvas de peixes em ambientes estuarinos.

A precipitação também desempenha um papel significativo na estrutura e dinâmica do ictioplâncton estuarino (BARLETTA-BERGAN et al., 2002). Alguns autores sugerem a precipitação pode influenciar o fluxo de água doce através da pluma estuarina, fornecendo pistas olfativas que auxiliam na migração das larvas para áreas adequadas de crescimento (MEYNECKE et al., 2006; VINAGRE et al., 2007; 2009; GONÇALVES et al., 2015; AMORIM et al., 2016). Além disso, investigações adicionais destacam que períodos de baixa precipitação contribuem para um processo de "marinização" na zona inferior dos estuários, resultando em um aumento na diversidade de espécies de origem marinha, devido à migração das larvas para essas regiões mais próximas do oceano (VINAGRE et al., 2009; BAPTISTA et al., 2010; STRYDOM, 2015; SILVA et al., 2017). Também vale ressaltar que o alimento desempenha um papel vital na distribuição das larvas de peixes e nos processos reprodutivos das espécies (LIMA; BARLETTA, 2016; MACHADO et al., 2017). Um exemplo disso pode ser observado nos clupeídeos, em que o ritmo de reprodução e a distribuição sazonal da desova estão diretamente relacionados ao ciclo anual de produção desses organismos planctônicos (RÉ, 1999).

De acordo com a forma como os estuários são utilizados ao longo do ciclo de vida, as espécies pertencentes à guilda ecológica migrantes marinhas, são subdivididas nas guildas estuarino dependentes e estuarino oportunistas (POTTER et al., 2015). As estuarino oportunistas utilizam o estuário de modo ocasional em busca de recursos, mas não de modo obrigatório para o cumprimento de alguma etapa ciclo de vida, enquanto as estuarino-dependentes são espécies que desovam no mar, no entanto, utilizam obrigatoriamente o estuário em alguma fase do ciclo de vida (POTTER et al., 2015). Portanto, no sentido de ampliar o conhecimento sobre os padrões de recrutamento das espécies de peixes nos estuários e sobre como o ambiente atua sobre a distribuição diferentes estágios larvais, este estudo teve como objetivo analisar a utilização do canal principal do estuário do rio Mamanguape, nordeste do Brasil e compreender os efeitos das variáveis ambientais sobre a distribuição espacial e temporal dos estágios de desenvolvimento larval das espécies que compõe a guilda marinho estuarino-dependente. Tendo como pergunta norteadora: Quais parâmetros ambientais influenciam na distribuição das fases de desenvolvimento larval das espécies de peixes nos estuários tropicais? Assim, a hipótese a ser testada foi de que a salinidade impulsionada pelas variações dos eventos de chuva e seca atua como principal barreira na distribuição dos estágios de desenvolvimento ao longo do gradiente de salinidade em direção ao oceano.

## **2 METODOLOGIA**

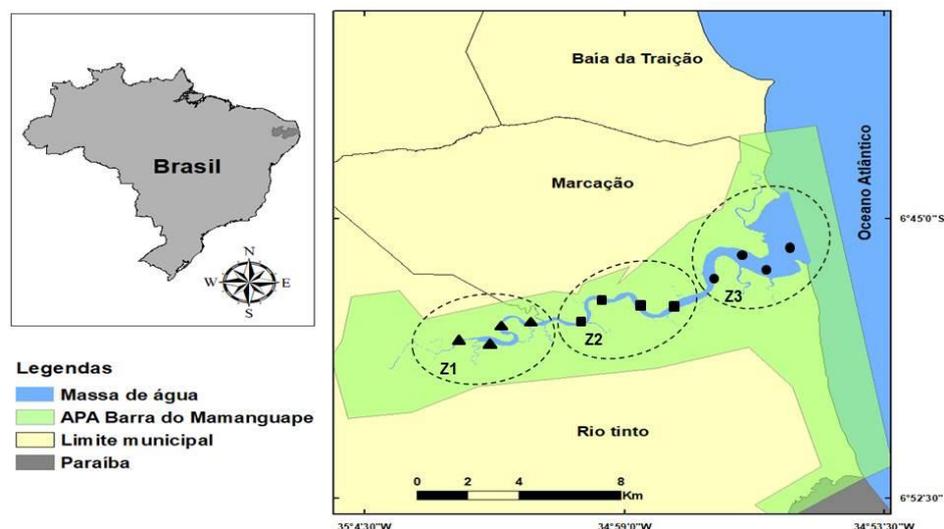
### **2.1 Área De Estudo**

O estuário do Rio Mamanguape está localizado no litoral norte paraibano, entre os limites 6°43'02''S e 35°67'46''O, fazendo parte dos municípios de Rio Tinto, Marcação e Baía da Traição. Abrange uma área de aproximadamente 25 km de extensão no sentido leste-oeste e 5 km de extensão no sentido norte-sul. O clima da região é considerado pela classificação de Köppen-Geiger como quente e úmido e suas estações podem ser divididas em estação chuvosa, ocorrendo entre os meses de março a agosto, e a estação seca, que ocorre entre os meses de setembro a fevereiro. Durante a estação chuvosa os meses em que ocorrem os maiores níveis

de precipitação são abril, maio e junho, chegando a até 2.000 mm, enquanto no período de estiagem a precipitação é de cerca de 30 mm, sendo outubro, novembro e dezembro os meses mais secos. A temperatura média anual varia entre 24°C e 26° C (ALVARES et al., 2014; MOURA et al., 2016) (Fig. 1)

O estuário está inserido na Área de proteção ambiental (APA) de Barra de Mamanguape (CERHPB, 2004), é constituído por uma área de 16.400 hectares de manguezal bem preservado, representado principalmente por principalmente por *Rhizophora* e *Avicennia* sp., e em seu entorno também há remanescentes de Mata Atlântica e mata de restinga, além de uma faixa de recifes costeiros paralelos à costa criando uma área protegida com águas calmas, atuando principalmente como áreas de berçário para diversas espécies marinhas, uma vez que fornece importantes fontes de alimentação e proteção (ALVES et al., 2005; PESSANHA et al., 2015). No entanto, além disso, também existem atividades antrópicas que são realizadas aos arredores de sua margem como: plantações de cana de açúcar e atividades de carcinicultura que contribuem para a eutrofização e contaminação da água, comprometendo a saúde do ecossistema (LACERDA et al., 2011).

**Figura 1** - Localização geográfica da área de estudo com indicação dos pontos de coleta nas diferentes zonas amostrados em toda extensão do estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. Z1 – Superior (▲), Z2 – Intermediária (■), Z3 – Inferior (●).



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

## 2.2 Delineamento amostral

Todas as amostragens realizadas nesse estudo foram autorizadas através do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), pelo instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) (SISBIO: 24557-1; 27/10/2010).

As amostragens foram realizadas através de excursões mensais durante um ciclo anual entre abril de 2018 e abril de 2019. Cada estuário foi dividido em três zonas de acordo com o gradiente de salinidade em: superior (0,5-22), intermediária (24-33) e inferior (35-45) (Fig 1). Em cada zona, foram determinados quatro pontos de arrasto, e sua localização foi marcada com o GPS, totalizando 12 pontos ao longo do canal principal. Foram realizados arrastos horizontais de superfície durante as marés enchentes diurnas (sizígia), utilizando um barco de motor de popa a uma velocidade média de 1,5 nó, com duração de 5 minutos totalizando três arrastos por ponto. Os arrastos foram realizados com uma rede de plâncton cônico-cilíndrica (60 cm de abertura de boca x 1,50 m de comprimento e abertura de malha de 200 µm. Na entrada da rede

foi posicionado um fluxômetro mecânico (General Oceanic) para determinar o volume de água filtrado em cada arrasto. As amostras foram preservadas em solução formaldeído 4% e devidamente etiquetados com data, horário, local e arrasto.

Antes de cada arrasto, foram aferidos os parâmetros ambientais, os quais foram representados pela salinidade, temperatura da água (°C), transparência (cm), clorofila-a ( $\mu\text{g/l}$ ), e os nutrientes representados pela amônia (mg/l), Nox-N (mg/l), ortofosfato (mg/l) e fósforo total (mg/l). Em cada ponto de amostragem, a salinidade foi aferida por meio de um refratômetro óptico, a temperatura da água com termômetro de mercúrio e a transparência com o disco de Secchi. Ainda, amostras de água foram coletadas para posterior análise de clorofila-a e nutrientes inorgânicos (LORENZEN, 1967; APHA, 2005). Os dados mensais de intensidade dos ventos e precipitação foram compilados em 2018 e 2019 disponíveis no site do INMET (2019): Instituto Nacional de Meteorologia ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)).

### **2.3 Processamento das amostras**

As amostras foram triadas com o auxílio de um microscópio estereoscópio onde as larvas foram separadas dos demais organismos planctônicos no laboratório de Ecologia de Peixes da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). As larvas pertencentes à guilda ecológica marinho estuarino-dependentes de acordo com a classificação de Potter et al. (2015) foram quantificadas e identificadas levando-se em consideração as características morfométricas e merísticas (número de estruturas especializadas como espinhos), apêndices e pigmentação. Para identificação foram utilizados os trabalhos de Fahay (1983), Moser (1996) e Richards (2006). A classificação das larvas nos diferentes estágios de flexão da notocorda em pré-flexão, flexão e pós-flexão, foi realizado conforme a metodologia descrita por Kendall et al. (1984) e Nakatani et al. (2001). As abundâncias de cada espécie de acordo com o estágio larval foram padronizadas para a densidade padrão de  $100\text{m}^3$  de acordo com a metodologia proposta por Lima et al. (2015).

### **2.4 Tratamento dos dados e análises estatísticas**

Os dados das variáveis em escala local e as medidas geomorfológicas foram inicialmente transformados em  $\log x+1$ , e em seguida foi realizado o teste de colinearidade através do Draftsman plot, utilizando o nível de corte  $>0,7$  para as variáveis colineares (CLARKE; GORLEY, 2006). A precipitação e o ortofosfato foram removidos das demais análises por se mostrarem colineares. Posteriormente, os dados foram normalizados para serem empregados em uma matriz de similaridade construída através da distância Euclidiana. Para os dados bióticos, a densidade das larvas foi inicialmente transformada em raiz quadrada e posteriormente empregada em uma matriz de similaridade de Bray-Curtis.

Para testar as diferenças da densidade entre as espécies, estágios de desenvolvimento larval e os parâmetros ambientais entre estações e as zonas, foi utilizada a análise permutacional multivariada de variância (PERMANOVA) (com 9999 permutações) aplicada no designer de dois fatores: zonas (três níveis fixos: superior, intermediária e inferior) e estações (dois níveis fixos: estação chuvosa e seca). A posteriori, a fim de identificar quais zonas e as estações que diferiram, foi aplicado o teste pair-wise (ANDERSON et al., 2008).

A fim de determinar quais variáveis ambientais foram preditoras sobre a distribuição das espécies de acordo com seus respectivos estágios de desenvolvimento larval, foi utilizado o modelo de regressão linear baseado em distância (DistLM) (LEGENDRE; ANDERSON, 2001; McARDLE; ANDERSON, 2001). O método de seleção "Best", de acordo com o Critério de Informação Akaike (AIC), foi utilizado para selecionar o modelo final. Em seguida, foi empregada a análise de redundância baseada em distância (dbRDA) (McARDLE;

ANDERSON, 2001). A correlação de Pearson foi utilizada para a seleção das variáveis mais correlacionadas com os eixos da dbRDA estando dispostas como vetores no gráfico. Esses os procedimentos foram realizados no pacote de software PRIMER 6 versão 6.1.13 & PERMANOVA+ versão 1.0.3. (ANDERSON et al., 2008). E a estrutura taxonômica das espécies de acordo com os estágios larvais dentro de cada zona e estação foi explorada através da Análise de Correspondência (CA), utilizando o pacote R “ade4” (The R development core team, 2009; THIOULOUSE et al., 1997).

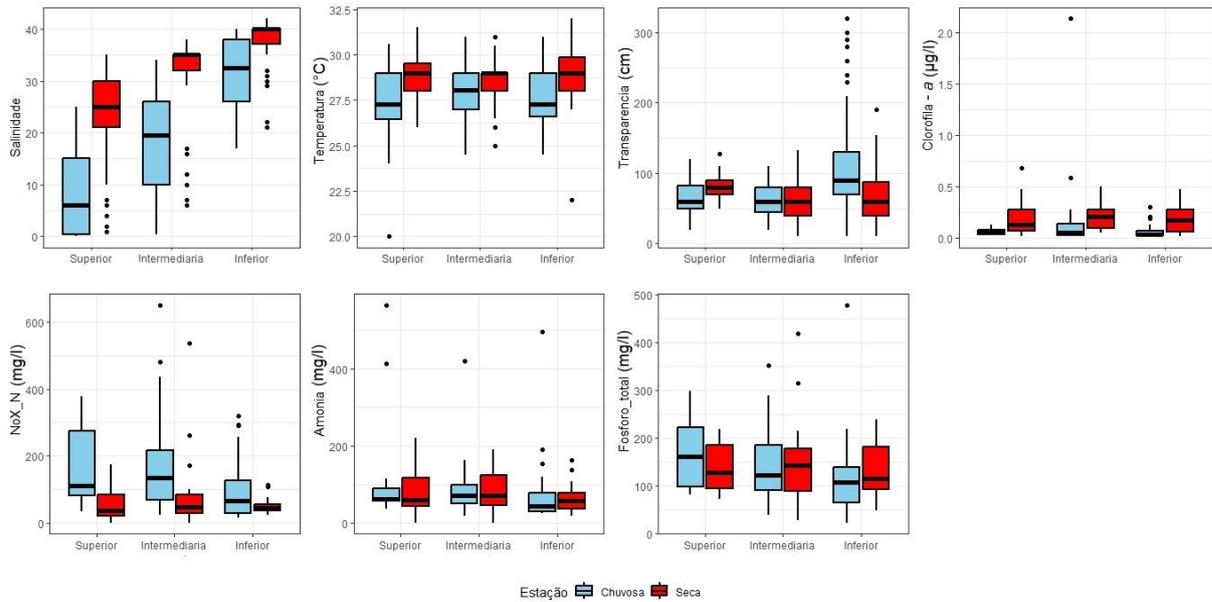
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Parâmetros ambientais

A partir dos resultados obtidos pela PERMANOVA, os parâmetros ambientais apresentaram diferenças significativas entre as zonas (Pseudo-F(1.414) = 39,00; P=0,0001), estações (Pseudo-F(1.414) = 12,36; P=0,0001) e na interação zona vs. estação (Pseudo-F(1.414) = 9,43; P=0,0001) (Apêndice B - Tabela 3). A salinidade, temperatura, clorofila-*a*, e os compostos nitrogenados (Nox-N) diferiram significativamente entre as zonas e estações do ano, enquanto a amônia diferiu apenas entre as estações e o fósforo total diferiu espacialmente (Apêndice B – Tabela 3). Durante a estação chuvosa, quando a precipitação atinge valores mais elevados, a salinidade na zona inferior variou entre 33 e 40 e entre 0,2 e 21 na zona superior (Fig. 2; Apêndice A – Tabela 2). Nesse período, o rio teve maior influência no canal principal. O elevado fluxo de água doce à jusante faz com que a cunha salina permaneça nas zonas mais abaixo do estuário. Durante a estação seca, quando há baixos índices pluviométricos, a salinidade apresentou tendência crescente à montante. A maior influência das águas marinhas teve maior influência no canal principal, provocando um aumento da salinidade na zona superior (15 - 32) e variações mais amplas na zona inferior (39 - 45). (Fig. 2; Apêndice A – Tabela 2).

A temperatura da água durante a estação chuvosa variou entre 24°C e 31°C, e 25°C e 31,5°C durante a estação seca. As zonas intermediária e inferior apresentou os maiores valores médios durante a estação chuvosa ( $23,52 \pm 1,25$  e  $23,25 \pm 1,23$ ), respectivamente. Na estação seca, a zona intermediária apresentou menor valor ( $28,57 \pm 0,16$ ) e a zona inferior apresentou maiores valores ( $28,89 \pm 0,17$ ) (Fig. 2; Apêndice A – Tabela 2). Os compostos nitrogenados (Nox-N) e a clorofila-*a* apresentaram maiores concentrações na zona intermediária, e transparência na zona inferior em ambas as estações (Fig. 2; Apêndice A – Tabela 2). A amônia apresentou uma tendência sazonal nos estuários com maiores valores registrados durante a estação seca, enquanto o fósforo total variou espacialmente com maiores concentrações registradas para a zona superior durante a estação chuvosa e intermediária durante a estação seca (Fig. 2; Apêndice A – Tabela 2).

**Figura 2** - Box-plots com mediana como marca central para as variações dos parâmetros ambientais entre as zonas superior, intermediária e inferior e entre as estações chuvosa e seca ao longo do estuário do rio Mamanguape, nordeste do Brasil.



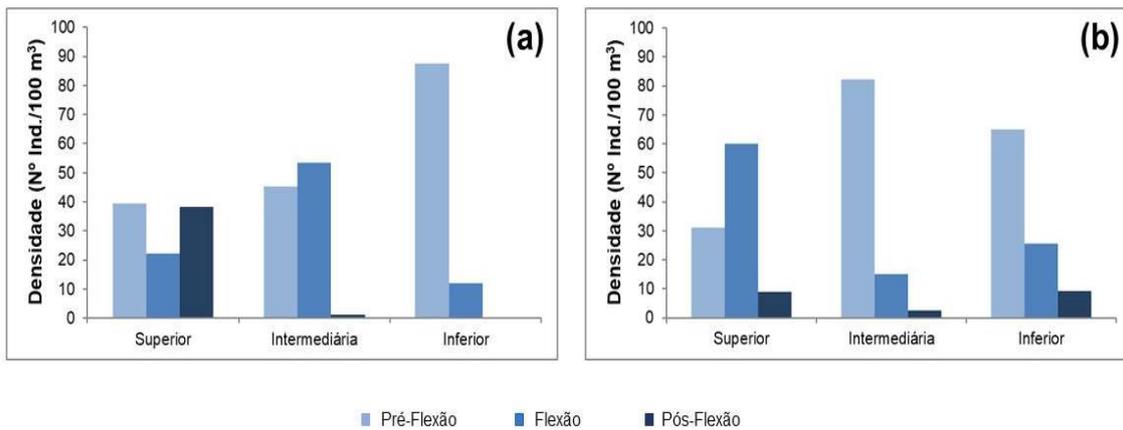
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

### 3. 2 Composição e estrutura da assembleia larval

Foram registrados um total de 1.433 larvas distribuídas em 32 espécies representadas principalmente pelas famílias Engraulidae (9) e Clupeidae (5), com maior representação de *Lycengraulis grossidens* (28,55%), *Rhinosardinia bahiensis* (22,52%), *Anchoa hepsetus* (9,30%), *Anchoviella lepidentostole* (6,85%) e *Anchoa januaria* (6,84%) (Apêndice C – Tabela 4). Os resultados da PERMANOVA mostraram que houveram diferenças significativas entre as zonas (Pseudo-F(1.414) = 1,9567; P = 0,0009), estações (Pseudo-F(1.414) = 2,7272; P = 0,0006) e na interação zona vs. estação (Pseudo-F(1.414) = 2,6317; P = 0,0001).

Para os estágios de desenvolvimento larval, foram registradas 858 larvas em estágio de pré-flexão, 427 larvas em flexão e 148 larvas em pós-flexão. Com relação à distribuição dos estágios larvais, a PERMANOVA apresentou diferenças significativas entre as zonas (Pseudo-F(1.414) = 11,125; P = 0,0001), estações (Pseudo-F(1.414) = 3,6675; P = 0,0228) e na interação zona vs. estação (Pseudo-F(1.414) = 4,0484; P = 0,0016) com maiores densidades observadas para as larvas em estágio de pré-flexão na zona inferior, flexão na zona intermediária e pós-flexão na zona superior durante a estação chuvosa (Fig. 3a). Enquanto na estação seca, as larvas em pré-flexão apresentaram maiores valores de densidade na zona intermediária; as larvas em estágio flexão e pós-flexão zona superior (Fig. 3b).

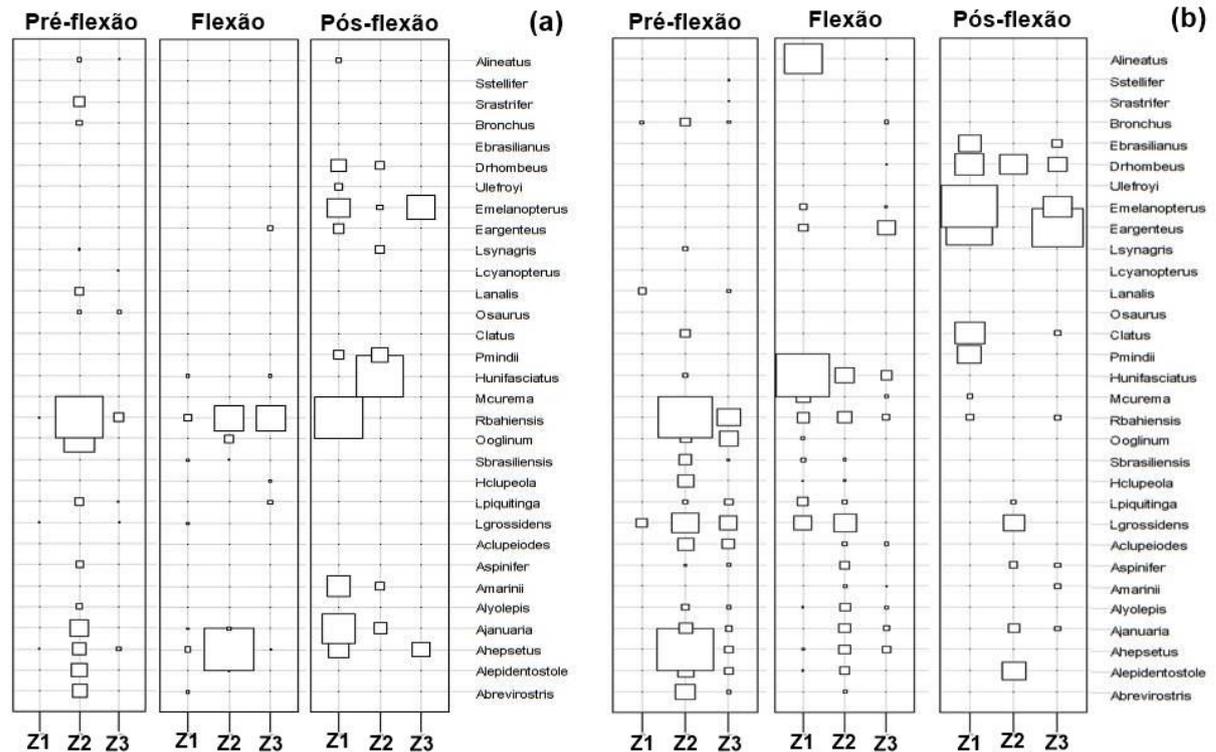
**Figura 3** – Densidade total dos estágios de desenvolvimento larval das espécies de peixes entre as zonas superior, intermediária e inferior; e estações chuvosa (a) e seca (b) do estuário do rio Mamanguape.



**Fonte:** Elaborado pela autora, 2023.

Com relação à distribuição das espécies de acordo com as fases de desenvolvimento larval, durante a estação chuvosa, *Ophistonema oglinum* em estágio de pré-flexão juntamente com *A. hepsetus*, em flexão apresentaram maiores densidades na zona intermediária; *A. januaria* e *Anchoa marinii* em pós-flexão na zona superior e *Hyphorhamphus unifasciatus* em pós-flexão na zona intermediária. O clupeídeo *R. bahiensis* em estágio de pré-flexão e flexão apresentou maiores densidades nas zonas intermediária e inferior e em pós-flexão na zona superior (Fig. 4a). Na estação seca as maiores densidades ocorreram nas zonas intermediária e inferior para o estágio de pré-flexão, com maior representação de *R. bahiensis*, *A. hepsetus* e *L. grossidens*, para o estágio de flexão as maiores densidades ocorreram na zona superior, representada principalmente por *H. unifasciatus* e *Achirus lineatus*. Enquanto para o estágio de pós-flexão as espécies estiveram mais distribuídas entre as zonas, especialmente na superior e inferior, com maior representação de *Eucinostomus melanopterus* e *Eucinostomus argenteus* (Fig. 4b).

**Figura 4** - Distribuição dos estágios de desenvolvimento larval das espécies de peixes entre as estações chuvosa (a) e seca (b) e entre as zonas superior (Z1), zona intermediária (Z2) e zona inferior (Z3) no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A densidade larval diminuiu da estação chuvosa à estação seca, uma vez que as maiores densidades foram registradas na estação chuvosa. Contudo, apesar da menor densidade larval registrada durante a estação seca, as espécies apresentaram um padrão de distribuição semelhante entre as zonas com maiores abundâncias dos estágios em pré-flexão na zona inferior, flexão na zona intermediária e pós-flexão na zona superior. Esse movimento das larvas da jusante à montante reforça a estratégia reprodutiva das espécies que desovam na zona costeira e seus ovos e larvas são transportadas horizontal e passivamente em direção aos estuários, melhorando assim a distribuição larval conforme as larvas se desenvolvem (SANTOS et al., 2017). Por exemplo, as larvas recém-chegadas nos ecossistemas estuarinos durante o estágio de pré-flexão utilizam preferencialmente estratégias passivas, por outro lado, quando as larvas atingem estágio de pós-flexão, os sistemas sensoriais, nadadeiras e musculação corporal se desenvolvem e a ossificação do esqueleto aumenta melhorando as habilidades de natação, e assim adotando estratégias preferencialmente ativas (ATEMA et al., 2015; TEODÓSIO et al., 2016; BAPTISTA et al., 2020), sendo capazes de posicionar para aproveitar as vantagens das correntes e marés na busca de habitats e recursos que lhes forneçam melhores condições de sobrevivência.

As estratégias adotadas pelas espécies para a entrada das larvas são provavelmente otimizadas para maximizar a entrada nos estuários com o gasto mínimo de energia e redução de mortalidade mantendo e conciliando ritmos nictémeros e estratégias de alimentação e evitação de predadores (AVERALO et al., 2023). Sinais ambientais como intensidade e direção do vento, vazão do rio ou ciclo das marés podem desencadear ou influenciar a colonização de larvas em estuários (AMARA et al., 2000). As larvas nos estágios mais iniciais (pré-flexão) normalmente entram no estuário através das águas mais superficiais, enquanto as larvas mais tardias (flexão e pós-flexão) chegam mais profundamente na coluna de água (BOEHLERT; MUNDY, 1988). A melhor percepção de sinais ambientais pelas larvas mais desenvolvidas

permite com que elas se desloquem verticalmente na coluna d'água durante a maré enchente, sendo transportadas por convecção através da cunha salina até as zonas mais superiores do estuário (AVERALO et al., 2023). Esse comportamento de uso ativo das marés para cruzar a foz ou para migrar até outras áreas é conhecida como Teoria do Transporte por Fluxo de Maré (WEST et al., 1991) Um estudo realizado por Lima e cols. (2022) no estuário do rio Mamanguape mostrou o uso desse transporte por fluxo de maré em larvas de origem marinhas, as quais foram encontradas nas zonas à montante deste estuário. Outro estudo realizado Lima e Barletta (2016) no estuário do rio Goiana (Nordeste do Brasil), as larvas em estágio de pré-flexão de *Anchovia clupeioides* e *Cetengraulis edentulus* apresentaram maior abundância no canal principal, enquanto as larvas em estágio de pós-flexão por serem mais desenvolvidas e terem capacidades natatórias, se direcionaram e foram mais abundantes nos canais entremarés da floresta de manguezal.

As larvas dos Clupeiformes (Engraulidae e Clupeidae) representaram 60,62% e 29,92% da assembleia ictiofaunística, respectivamente. Destas, a maioria foi representada por larvas em estágio de pré-flexão (57,90%). Tendências semelhantes são observadas em outros estuários tropicais, onde os primeiros clupeídeos e engraulídeos são altamente abundantes (SARPEDONTI et al., 2013; LIMA et al., 2015, SANTOS et al., 2017). No entanto, isto não acontece em todos os estuários tropicais. Nos estuários do Indo-Pacífico Ocidental e da Península da Malásia, por exemplo, as larvas de Gobiidae são onipresentes com altas densidades (BLABER et al., 1997; OOI; CHONG, 2011). As maiores abundâncias das espécies de anchovas e sardinhas observadas nas zonas mais acima do estuário durante a estação chuvosa podem estar associadas à história de vida das espécies, uma vez que esses peixes tendem a buscar águas menos salinas para desova e/ou criação das larvas, portanto, as condições de menor salinidade são uma boa preditora do desenvolvimento das larvas dessas espécies (AREVALO et al., 2023). Esse resultado apoia a ideia de que a maior entrada de água doce nos estuários apresenta um papel importante na abundância e na sobrevivência das espécies marinho estuarino-dependentes. Por exemplo, as maiores abundâncias observadas para as larvas de *A. hepsetus*, *A. januarina*, *R. bahiensis* e *O. oglinum* durante essa estação corroboram com os resultados encontrados por Santos et al. (2017), em que a abundância de larvas de Engraulidae e Clupeidae poderia ser atribuída ao seu período de desova durante esta estação.

Durante a estação seca com menor influência do fluxo do rio, as águas costeiras influenciam o canal principal e a cunha salina atinge parcialmente a parte superior do estuário. Então, as larvas de espécies estenohalinas migram por transporte de fluxo para as zonas acima do estuário (por exemplo, *H. clupeola*, *Bairdiella ronchus* e *Lycengraulis grossidens*). Os peixes transportados por este mecanismo podem tolerar altas amplitudes de salinidade, permitindo-lhes habitar áreas que foram originalmente influenciadas pela água doce (CAMARGO; ISAAC, 2001; BONECKER et al., 2007). Além disso, a redução do volume de água devido a uma seca na costa este ano resultou numa redução da área de habitat estuarino disponível, com grandes consequências para o recrutamento de espécies transitórias e residentes nos estuários (CAVALCANTE et al., 2018). Tendências semelhantes foram observadas por Barletta-bergan et al. (2002), no estuário de Caeté, quando nos meses secos a influência das águas costeiras permite que larvas espécies que suportem faixas de salinidade específicas a parte superior do estuário (por exemplo, *Lycengraulis grossidens* e *Stellifer rastrifer*) durante a estação seca.

### 3.3 Influência ambiental sobre os estágios larvais

Com relação à influência das variáveis ambientais a análise do modelo linear baseado na distância (DistLM) indicou cinco variáveis preditoras significativas para os estágios de desenvolvimento larval: salinidade, temperatura, transparência, amônia e fósforo total. Para todos os estágios de desenvolvimento, o eixo dbrDA 1 foi o de maior explicação: pré-flexão

4,4% da variação total e 59,4% da variação explicada; flexão com 8,4% da variação total e 57,7% da variação explicada; e pós-flexão com 6,1% da variação total e 48,7% da variação explicada (Tabela 1). O primeiro eixo da dbRDA representou uma separação espacial das amostras com o quadrante esquerdo caracterizado pelas amostras das zonas superior e intermediária de ambas as estações, enquanto as amostras da zona inferior plotadas no quadrante direito. Em contrapartida, o segundo eixo (dbRDA 2) separou as amostras de acordo com as estações chuvosa e seca com as amostras da estação chuvosa plotadas do quadrante superior e as amostras correspondentes a estação seca no quadrante inferior (Fig. 5).

Em relação a influência das variáveis ambientais sobre os estágios de desenvolvimento larval das espécies, a correlação de Pearson ( $r > 0,2$ ) mostrou que para o estágio de pré-flexão, *H. unifasciatus*, *L. grossidens*, *A. lepidentostole*, *Achovia clupeioides* e *Anchoa lyoleps* apresentaram uma correlação positiva com a temperatura nas zonas superior e intermediária, enquanto que o fósforo total apresentou uma correlação positiva com *R. bahiensis* e *Harengula clupeiola* na zona superior durante a estação chuvosa. Por outro lado, a salinidade apresentou uma relação negativa com essas espécies, especialmente nas zonas intermediária e inferior durante a estação seca (Fig. 5a).

Para as larvas em estágio de flexão, a salinidade e a transparência correlacionaram-se positivamente com *E. argenteus* e *H. unifasciatus*, principalmente na zona inferior durante as estações seca e chuvosa, enquanto o fósforo total influenciou negativamente *A. hepsetus*, *Anchoa spinifer*, *R. bahiensis*, *A. marinii*, *A. januararia* e *Sardinella brasiliensis* nas zonas superior e intermediária durante a estação chuvosa; ao passo que a amônia teve uma correlação negativa com essas espécies nas zonas superior e intermediária durante a estação seca (Fig. 5b). Já as larvas em estágio de pós-flexão, foi possível observar que a salinidade apresentou correlação positiva com *E. argenteus* e *H. unifasciatus* na zona inferior durante as duas estações e na zona intermediária na estação seca. A temperatura e o fósforo total correlacionaram-se negativamente com *A. spinifer*, *A. hepsetus*, *A. marinii*, *A. januararia*, *R. bahiensis* nas zonas superior e intermediária da estação chuvosa. E a amônia teve uma relação negativa com essas espécies, especialmente nas zonas superior e intermediária durante a estação seca (Fig. 5c).

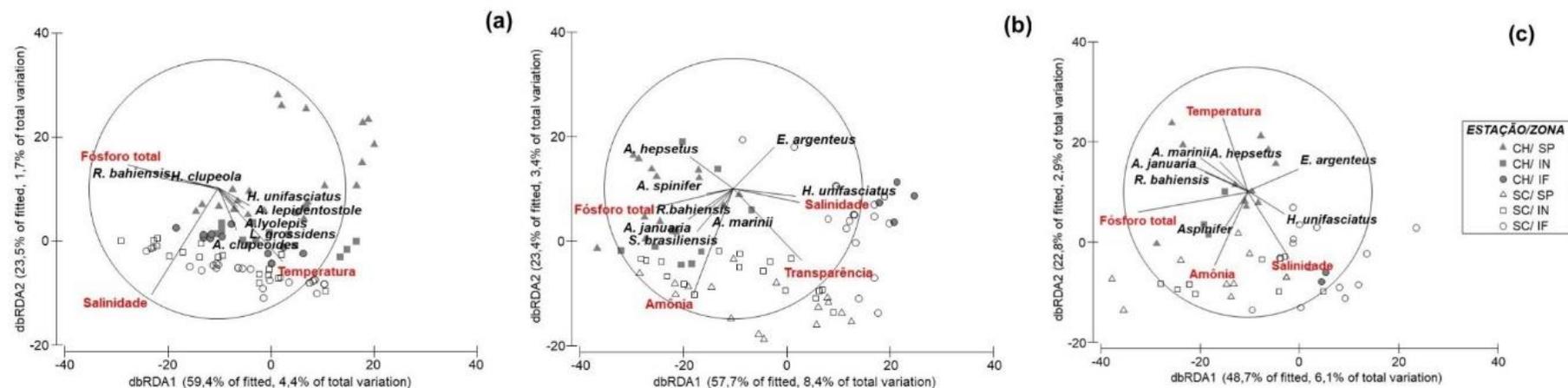
**Tabela 1.** Teste marginal do DistLM mostrando as variáveis ambientais que influenciaram na distribuição das espécies em seus respectivos estágios de desenvolvimento larval (pré-flexão, flexão e pós-flexão) no estuário do rio Mamanguape.

Teste marginal do DistLM												
Variáveis	Pré-Flexão				Flexão				Pós-Flexão			
	SS(trace)	Pseudo-F	P	Prop.	SS(trace)	Pseudo-F	P	Prop.	SS(trace)	Pseudo-F	P	Prop.
1 Salinidade	8898,8	2,0567	0,018	1,922	19221	4,6233	0,001	4,422	6122	1,3756	0,001	2,532
2 Temperatura	8123,4	1,8743	0,025	1,752	5839,2	1,3608	0,163	1,342	4210,2	0,93839	0,023	1,742
3 Transparência	5228	1,1986	0,227	1,132	20885	5,0439	0,001	4,802	4541,3	1,0136	0,429	1,882
4 Clorofila- <i>a</i>	7043,5	1,6213	0,062	1,522	5016,8	1,1669	0,273	1,152	2434,3	0,53856	0,949	1,012
5 Amônia	10551	2,4475	0,009	2,282	20832	5,0304	0,001	4,792	7629	1,7252	0,027	3,152
6 NOx-N	7737,6	1,7838	0,055	1,672	19599	4,7187	0,001	4,512	5727,5	1,2848	0,192	2,372
7 Fósforo Total	10487	2,4322	0,005	2,262	24315	5,9214	0,001	5,592	13804	3,2061	0,001	5,702
Melhor resolução geral												
AIC	R <sup>2</sup>	RSS	Selections	AIC	R <sup>2</sup>	RSS	Selections	AIC	R <sup>2</sup>	RSS	Selections	
895,69	7,40	4,28	1,2,7	846,49	0,14	3,71	1,3,5,7	464,04	0,12	2,11	1,2,5,7	

**Fonte:** Elaborada pela autora, 2023.

Notas: Prop = Proporção (%).

**Figura 5** - Análise de ordenação redundante baseada em distância (dbRDA) demonstrando as variáveis ambientais que influenciam na distribuição dos estágios de desenvolvimento larval em pré-flexão (a), flexão (b) e pós-flexão (c) das espécies de peixes coletados no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro, entre as estações chuvosa (CH) e seca (SC) e as zonas superior (SP), intermediária (IN) e inferior (IF).



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Notas: *Alepidentostole*, *Anchoiella lepidentostole*; *Ahepsetus*, *Anchoa hepsetus*; *Ajanuaria*, *Anchoa januaria*; *Alyolepis*, *Anchoa lyolepis*; *Amarinii*, *Anchoa marinii*; *Aspinifer*, *Anchoa spinifer*; *Aclupeoides*, *Anchovia clupeoides*; *Lgrossidens*, *Lycengraulis grossidens*; *Hclupeola*, *Harengula clupeola*; *Rbahiensis*, *Rhinosardinia bahiensis*; *Hunifasciatus*, *Hyphorhamphus unifasciatus*; *Eargenteus*, *Eucinostomus argenteus*.

A distribuição das espécies de acordo com seus respectivos estágios larvais apresentou fortes tendências espaciais influenciadas pelas flutuações das variáveis ambientais impulsionadas pelos eventos de chuva e seca que influenciaram no movimento das larvas de acordo seu desenvolvimento ao longo das zonas estuarinas. Os resultados obtidos pelo DistLM mostraram que a conectividade entre as águas continentais e oceânicas permitiu a formação de gradientes ambientais (salinidade, temperatura, transparência, amônia e fósforo total), os quais atuaram como filtros alterando o comportamento, metabolismo e a distribuição das larvas ao longo do canal principal. O gradiente de salinidade variou no tempo e no espaço em resposta ao fluxo do rio, o que parece ser uma das principais forças responsáveis pelo recrutamento das espécies no estuário do Mamanguape.

O maior fluxo de água doce ampliou a área estuarina permitindo o estabelecimento das larvas de Engraulidae e Clupeidae (por exemplo, *A. clupeioides*, *A. januaria*, *A. hepsetus*, *A. lepidentostole*, *R. bahiensis* e *H. clupeola*) na porção superior do estuário. Consequentemente, a salinidade apresentou correlações positivas na porção inferior do estuário com as larvas de *H. unifasciatus* e *E. argenteus*, devido à maior estabilidade da salinidade perto da entrada do estuário. Assim, a salinidade atuou como uma barreira afetando o metabolismo dos peixes, influenciando na manutenção do equilíbrio osmótico, impedindo que as espécies menos tolerantes às variações de salinidade alcançassem as áreas menos salinas na parte alta do estuário, uma vez que algumas espécies não conseguem persistir em condições de baixa salinidade (BARLETTA et al., 2005; KRAFT et al., 2015; HENRIQUES et al., 2017).

A salinidade tem sido citada como fator importante na sobrevivência larval, exercendo pressão seletiva em todos os estágios de desenvolvimento, incluindo juvenis de peixes (LIMA et al., 2019; STRYDOM, 2015; WHITFIELD, 2015). A entrada de larvas de algumas espécies nos estuários parece estar sincronizada com a melhoria da sua capacidade osmorreguladora, uma vez que a capacidade de osmorregulação em amplas variações de salinidade tende a aumentar com o desenvolvimento larval (VARSAMOS et al., 2005). Isso acontece pelo fato de que a manutenção do equilíbrio osmótico pode ter um custo energético significativo, reduzindo drasticamente a energia disponível para o crescimento (O'NEILL et al., 2011). Além disso, outros fatores como a capacidade de natação, consumo de alimentos, digestão e a absorção das presas podem ser alterados sob diferentes regimes de salinidade, assim afetando a sobrevivência e as taxas de recrutamento (IMSLAND et al., 2002).

Assim como a salinidade, a temperatura da água também é considerada um fator determinante para a condição larval atuando desde a eclosão dos ovos até a duração da fase larval pelágica, distância de dispersão e taxas de crescimento (GREEN; FISHER, 2004; SPIES; STEELE, 2016; YANAGITSURU et al., 2021). Os resultados desse estudo mostraram as larvas em pré-flexão correlacionaram-se positivamente com a temperatura, sendo um indicativo da importância desse fator ambiental como preditora para os processos de desova e desenvolvimento larval. No geral, temperaturas mais quentes proporcionam vantagens metabólicas às espécies que se instalam nos estuários atuando em taxas de crescimento mais elevadas, fazendo com que os peixes saiam das fases mais vulneráveis à predação (STUNZ et al., 2002). Larvas mais desenvolvidas têm maior capacidade natatória o que permite buscar presas mais energéticas, detectar e escapar de predadores ou condições ambientais adversas, maximizando suas taxas de sobrevivência (ABLE et al., 2006; ARULA et al., 2015). Nas regiões temperadas, as variações sazonais da temperatura são cruciais para os padrões de desova e crescimento das larvas. Um exemplo foi observado do estuário do Lima (Noroeste de Portugal) em que o pico de abundância larval ocorreu na primavera-verão (RAMOS et al., 2006). Por outro lado, quando comparado às regiões tropicais, a maior estabilidade da temperatura a desova tende a ocorrer com maior frequência, devido ao limiar de temperatura mínima para as espécies ser atingido mais cedo (MARTINHO et al., 2013; VAZ et al., 2019). Segundo Barletta e cols. (2002), as variações sazonais na precipitação e na salinidade parecem

desempenhar um papel maior na reprodução e no recrutamento do que as variações de temperatura nos estuários tropicais.

As altas concentrações de fósforo total e de compostos nitrogenados que ocorre durante o período das chuvas, influencia a dinâmica larval devido ao aumento da disponibilidade de recursos pela maior produtividade primária (HSIEH et al., 2010). Conseqüentemente, houve uma maior concentração de clorofila-*a* que nesse caso, foi registrada na zona intermediária do estuário, a qual coincide com a área do Máxima de Turbidez Estuarina (ETM), a qual é caracterizada por apresentar águas pouco transparentes e por suportarem elevada produção primária e secundária e, conseqüentemente, as maiores densidades de peixes em fase inicial (ISLAM et al., 2006; SUZUKI et al., 2014). Muitas larvas e juvenis se beneficiam dessa área devido as altas concentrações de presas, além das águas turvas que fornecem refúgio contra predadores, o que justifica as maiores densidades de larvas nesta zona (MACHADO et al., 2017). No geral, a turbidez está correlacionada positivamente com o recrutamento larval e para este estudo, os resultados mostram que as larvas em flexão e pós-flexão das espécies de Engraulidae e Clupeidae atingiram o pico de abundância nas zonas intermediária e superior durante a estação chuvosa, podendo estar associadas à estas condições de ETM. As mesmas tendências ocorrem em um estuário tropical localizado na Península Ocidental da Malásia, onde a distribuição larval foi altamente influenciada pela variabilidade da salinidade, em que as larvas dessas famílias migraram para águas menos salinas, mais rasas e turvas, com alta disponibilidade de zooplâncton (OOI; CHONG, 2011). Portanto, essas condições parecem ser atrativas e favoráveis à concentração larval proporcionando uma vantagem ao crescimento larval (ALLEN; BARKER, 1990; BOEUF; PAYAN, 2001).

As larvas de *R. bahiensis* foram bem representativas espacial e temporalmente durante todo período de estudo com picos de abundância das larvas em pré-flexão durante a estação seca na zona intermediária. Durante esta estação as águas costeiras adentram até as zonas mais acima do estuário, fazendo com que as larvas utilizem todo o canal principal devido à baixa estratificação de salinidade.

#### 4 CONCLUSÃO

A grande abundância de estágios iniciais de desenvolvimento registrada no estuário do rio Mamanguape é um indicativo de que este estuário pode ser considerado uma importante área de berçário para inúmeras espécies marinho estuarino-dependentes. Os resultados obtidos sugerem que as variações sazonais da pluviosidade sobre a salinidade e o efeito nas outras variáveis ambientais foram importantes para regular a distribuição dos estágios larvais no estuário tropical estudado. Assim, nossa hipótese foi corroborada, destacando a importância das mudanças sazonais na descarga de água doce nas larvas de peixes, com a salinidade agindo como o principal fator no recrutamento larval.

As larvas em estágio de pré-flexão foram altamente abundantes ao longo das zonas e estações sugerindo que a desova ocorreu durante todo período de estudo. Esta estratégia de desova parcelada maximiza as chances de os descendentes encontrarem condições favoráveis para garantir a sobrevivência, desempenhando um importante papel na manutenção das populações. Conforme as larvas foram atingindo estágios mais avançados, foi possível perceber um movimento das larvas em direção à montante. O rápido desenvolvimento das nadadeiras, juntamente com o melhor desenvolvimento das capacidades fisiológicas permitiu com que as larvas em flexão e pós-flexão pudessem explorar ativamente o ambiente estuarino na busca de alimento e proteção contra predação nas zonas superior e intermediária.

As larvas em pós-flexão das espécies das famílias Engraulidae e Clupeidae foram mais abundantes nas zonas superior e intermediária, as quais são caracterizadas pela baixa salinidade, menor profundidade e menor transparência. Essas zonas coincidem com a área do Máximo de

Turbidez Estuarina, a qual é caracterizada por apresentar maior produtividade primária e secundária. Além disso, a presença de canais de mangue nessas zonas garante às larvas maior proteção contra predadores. Portanto, este estudo destaca a importância desses habitats como áreas propícias ao desenvolvimento inicial das inúmeras espécies de peixes nos estuários tropicais. Além disso, as mudanças das características físicas e químicas são de grande importância para o conhecimento sobre os processos e mecanismos de dispersão, reprodução e recrutamento das espécies de peixes que utilizam esse importante ecossistema costeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABLE, Kenneth W. et al. Fish settlement in the ocean vs. estuary: comparison of pelagic larval and settled juvenile composition and abundance from southern New Jersey, USA. **Estuarine, coastal and shelf science**, v. 66, n. 1-2, p. 280-290, 2006.
- ALLEN, Dennis M.; BARKER, D. Lynn. Interannual variations in larval fish recruitment to estuarine epibenthic habitats. **Marine ecology progress series. Oldendorf**, v. 63, n. 2, p. 113-125, 1990.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- AMARA, Rachid et al. Metamorphosis and estuarine colonisation in the common sole, *Solea solea* (L.): implications for recruitment regulation. **Oceanologica acta**, v. 23, n. 4, p. 469-484, 2000.
- AMORIM, Eva et al. Immigration and early life stages recruitment of the European flounder (*Platichthys flesus*) to an estuarine nursery: The influence of environmental factors. **Journal of Sea Research**, v. 107, p. 56-66, 2016.
- ANDERSON, M.; GORLEY, R.; CLARKE, K. PERMANOVA. for PRIMER: Guide to software and statistical methods Plymouth. **UK: PRIMER-E Ltd**, 2008.
- APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.(2017). **Water Environment Federation**, v. 23, 2005.
- ARAÚJO, Antônio Limeira Felinto de; DANTAS, Renato Pereira; PESSANHA, André Luiz Machado. Feeding ecology of three juvenile mojarras (Gerreidae) in a tropical estuary of northeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, 2016.
- AREVALO, Elorri et al. Fish larvae dynamics in temperate estuaries: A review on processes, patterns and factors that determine recruitment. **Fish and Fisheries**, v. 24, n. 3, p. 466-487, 2023.
- ARULA, Timo et al. Dual impact of temperature on growth and mortality of marine fish larvae in a shallow estuarine habitat. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 167, p. 326-335, 2015.
- ATEMA, Jelle; GERLACH, Gabriele; PARIS, Claire B. Sensory biology and navigation behavior of reef fish larvae. **Ecology of fishes on coral reefs**, p. 3-15, 2015.

BAILEY, Kevin M.; ABOOKIRE, Alisa A.; DUFFY-ANDERSON, Janet T. Ocean transport paths for the early life history stages of offshore-spawning flatfishes: a case study in the Gulf of Alaska. **Fish and Fisheries**, v. 9, n. 1, p. 44-66, 2008.

BAPTISTA, Joana et al. Effects of freshwater flow on the fish assemblage of the Mondego estuary (Portugal): comparison between drought and non-drought years. **Marine and Freshwater Research**, v. 61, n. 4, p. 490-501, 2010.

BAPTISTA, Vânia et al. Swimming abilities of temperate pelagic fish larvae prove that they may control their dispersion in coastal areas. **Diversity**, v. 11, n. 10, p. 185, 2019.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Community structure and temporal variability of ichthyoplankton in North Brazilian mangrove creeks. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p. 33-51, 2002.

BARLETTA, M. et al. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of fish biology**, v. 66, n. 1, p. 45-72, 2005.

BARROS, Daniela de França; TORRES, Marcelo Ferreira; FRÉDOU, Flávia Lucena. Ichthyofauna of the estuary of São Caetano de Odivelas and Vigia (Pará, Amazon Estuary). **Biota Neotropica**, v. 11, p. 367-373, 2011.

BLABER, S. J. M. et al. The ichthyoplankton of selected estuaries in Sarawak and Sabah: composition, distribution and habitat affinities. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 45, n. 2, p. 197-208, 1997.

BOEHLERT, George W.; MUNDY, Bruce C. Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. In: **American Fisheries Society Symposium**. 1988. p. 1-67.

BŒUF, Gilles; PAYAN, Patrick. How should salinity influence fish growth?. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 130, n. 4, p. 411-423, 2001.

CAMARGO, Maurício; ISAAC, Victoria J. Os peixes estuarinos da região norte do Brasil: lista de espécies e considerações sobre sua distribuição geográfica. 2001.

CATTANI, André Pereira et al. Fish assemblages in a coastal bay adjacent to a network of marine protected areas in southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, p. 295-308, 2016.

CAVALCANTE, Herika; ARAÚJO, Fabiana; BECKER, Vanessa. Dinâmica do fósforo na água de reservatórios tropicais semiáridos em um período de seca prolongada. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 2018.

CERHPB – Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba. **Proposta de instituição do comitê de bacias hidrográficas do litoral norte**. João Pessoa. Mimeo, 2014.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **PRIMER v6: User Manual/Tutorial**. PRIMER-E, Plymouth, 192 pp. **the text**, 2006.

COSER, Lúgia M.; PEREIRA, Bruno B.; JOYEUX, Jean-Christophe. Descrição da comunidade ictioplanctônica e sua distribuição espacial no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz, ES, Brasil. **Interciencia**, v. 32, n. 4, p. 233-241, 2007.

COSTA, M. F. et al. Plastics buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. **Journal of Coastal Research**, p. 339-343, 2011.

DE LIMA, Lidiane Gomes; BRITO, Gitá Juan Soterorudá; PESSANHA, André Luiz Machado. Effects of environmental factors on ichthyoplankton in a permanently open estuary under the influence of a semi-arid climate, north-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 102, n. 3-4, p. 266-275, 2022.

DE MORAES VAZZOLER, Anna Emília Amato. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Eduem, 1996.

DE MOURA, Gustavo Correia et al. Seasonal and spatial shifts in copepod diets within tropical estuaries measured by fatty acid profiles. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 284-294, 2016.

ELLIOTT, Michael et al. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. **Fish and Fisheries**, v. 8, n. 3, p. 241-268, 2007.

FAHAY, Michael P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the southern Scotian Shelf. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 4, 1983.

GERKING, S.D. **Feeding ecology of fish**. London: Academic Press. p. 520, 1994.

GONÇALVES, Renata et al. Environmental factors affecting larval fish community in the salt marsh area of Guadiana estuary (Algarve, Portugal). **Scientia Marina**, v. 79, n. 1, p. 25-34, 2015.

GREEN, Bridget S.; FISHER, Rebecca. Temperature influences swimming speed, growth and larval duration in coral reef fish larvae. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 299, n. 1, p. 115-132, 2004.

GUERREIRO, Milene Alexandra et al. Function of estuaries and coastal areas as nursery grounds for marine fish early life stages. **Marine Environmental Research**, v. 170, p. 105408, 2021.

HENRIQUES, Sofia et al. Processes underpinning fish species composition patterns in estuarine ecosystems worldwide. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 3, p. 627-639, 2017.

HOFFMEYER, Mónica Susana et al. Ichthyoplankton spatial pattern in the inner shelf off Bahía Blanca Estuary, SW Atlantic Ocean. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 84, n. 3, p. 383-392, 2009.

HOUDE, Edward D. Emerging from Hjort's shadow. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 41, 2008.

- HSIEH, H. Y. et al. Influence of hydrographic features on larval fish distribution during the south-westerly monsoon in the waters of Taiwan, western North Pacific Ocean. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 10, p. 2521-2539, 2010.
- HUNTER, John R. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. **R. Lasker** ed, v. 1, p. 34-77, 1981.
- IMSLAND, A. K. et al. Comparison of growth and RNA: DNA ratios in three populations of juvenile turbot reared at two salinities. **Journal of Fish Biology**, v. 60, n. 2, p. 288-300, 2002.
- INMET – Instituto Nacional de Metrologia (2019). Velocidade dos ventos (km/h) – ano 2019. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso 03 junho 2019.
- ISLAM, Md Shahidul; HIBINO, Manabu; TANAKA, Masaru. Distribution and diets of larval and juvenile fishes: influence of salinity gradient and turbidity maximum in a temperate estuary in upper Ariake Bay, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, n. 1-2, p. 62-74, 2006.
- ISLAM, Md Shahidul; HIBINO, Manabu; TANAKA, Masaru. Tidal and diurnal variations in larval fish abundance in an estuarine inlet in Ariake Bay, Japan: implication for selective tidal stream transport. **Ecological Research**, v. 22, p. 165-171, 2007.
- KRAFT, Nathan JB et al. Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. **Functional ecology**, v. 29, n. 5, p. 592-599, 2015.
- KENDALL JR, A. W. Early life history stage of fishes and their characters. **Ontogeny and systematics of fishes**, p. 11-22, 1984.
- LEGENDRE, P.; ANDERSON, M. J. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. **Ecological Monographs**, v. 69, p. 1-24, 1999.
- LIMA, A. R. A.; BARLETTA, M. Lunar influence on prey availability, diet shifts and niche overlap between Engraulidae larvae in tropical mangrove creeks. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 4, p. 2133-2152, 2016.
- LIMA, André RA; FERREIRA, Guilherme VB; BARLETTA, Mário. Estuarine ecocline function and essential habitats for fish larvae in tropical South Western Atlantic estuaries. **Marine environmental research**, v. 151, p. 104786, 2019.
- LIMA, André Ricardo Araújo; BARLETTA, Mário; COSTA, Mônica Ferreira. Seasonal distribution and interactions between plankton and microplastics in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 165, p. 213-225, 2015.
- LIMA, A. R. A. et al. Changes in the composition of ichthyoplankton assemblage and plastic debris in mangrove creeks relative to moon phases. **Journal of Fish biology**, v. 89, n. 1, p. 619-640, 2016.
- LORENZEN, Carl J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations 1. **Limnology and oceanography**, v. 12, n. 2, p. 343-346, 1967.

MACÁRIO, Breno Silva et al. The effect of habitat structure and the interactions between four juvenile fishes and zooplankton-prey in a tropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 261, p. 107528, 2021.

MACHADO, Irene et al. Coupling suitable prey field to in situ fish larval condition and abundance in a subtropical estuary. **Estuarine, coastal and shelf science**, v. 187, p. 31-42, 2017.

MAKRAKIS, Maristela Cavicchioli et al. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 72, p. 99-107, 2005.

MARTINHO, Filipe et al. Juvenile nursery colonization patterns for the European flounder (*Platichthys flesus*): a latitudinal approach. **Journal of sea research**, v. 84, p. 61-69, 2013.

McARDLE, B. H.; ANDERSON, M. J. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. **Ecology**. v. 82, n. 1, p. 290-297, 2001.

MEYNECKE, Jan-Olaf et al. Effect of rainfall as a component of climate change on estuarine fish production in Queensland, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 69, n. 3-4, p. 491-504, 2006.

MOSER, H. Geoffrey (Ed.). **The early stages of fishes in the California Current region**. US Department of the Interior, Minerals Management Service, Pacific OCS Region, 1996.

NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM, p. 378, 2001.

NAMIKI, AKEMI PEREIRA; BONECKER, FABIANA TEIXEIRA; BERNARDO, FERNANDA. Larval fish composition of a tropical estuary in northern Brazil (2°18'-2°47'S/044°20'-044°25'W) during the dry season. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 3, p. 235-241, 2007.

NICOLAS, D. et al. Functional diversity in European estuaries: Relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 88, n. 3, p. 329-338, 2010.

OLIVEIRA, Ronnie EMCC; PESSANHA, André LM. Fish assemblages along a morphodynamic continuum on three tropical beaches. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, p. 165-175, 2014.

O'NEILL, Bernadette et al. An experimental investigation of salinity effects on growth, development and condition in the European flounder (*Platichthys flesus*. L.). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 410, p. 39-44, 2011.

OOI, A. L.; CHONG, V. C. Larval fish assemblages in a tropical mangrove estuary and adjacent coastal waters: Offshore–inshore flux of marine and estuarine species. **Continental Shelf Research**, v. 31, n. 15, p. 1599-1610, 2011.

- POLTE, Patrick et al. Ontogenetic loops in habitat use highlight the importance of littoral habitats for early life-stages of oceanic fishes in temperate waters. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 42709, 2017.
- POTTER, Ian C. et al. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. **Fish and Fisheries**, v. 16, n. 2, p. 230-239, 2015.
- PRIMO, Ana Lúcia et al. Colonization and nursery habitat use patterns of larval and juvenile flatfish species in a small temperate estuary. **Journal of Sea Research**, v. 76, p. 126-134, 2013.
- RAMOS, Sandra et al. Temporal and spatial distributions of larval fish assemblages in the Lima estuary (Portugal). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 66, n. 1-2, p. 303-314, 2006.
- RAMOS, Sandra et al. Early life stages of fishes as indicators of estuarine ecosystem health. **Ecological indicators**, v. 19, p. 172-183, 2012.
- RÉ, Pedro Miguel Alfaia Barcia. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica: guia de identificação dos ovos e estados larvares planctônicos**. Cascais: Camara municipal de Cascais, 1999.
- RICHARDS, William J. (Ed.). **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the western central north Atlantic, Two Volume Set**. CRC Press, 2005.
- SAMPAIO, Luis André; BIANCHINI, Adalberto. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 269, n. 2, p. 187-196, 2002.
- SANTOS, Régis Vinícius Souza; RAMOS, Sandra; BONECKER, Ana Cristina Teixeira. Environmental control on larval stages of fish subject to specific salinity range in tropical estuaries. **Regional Studies in Marine Science**, v. 13, p. 42-53, 2017.
- SARPEDONTI, Valérie; ANUNCIACÃO, Érica Moema Silva da; BORDALO, Adriana Oliveira. Spatio-temporal distribution of fish larvae in relation to ontogeny and water quality in the oligohaline zone of a North Brazilian estuary. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 55-63, 2013.
- SILVA, A. C.; MANGAS, A. P.; PALHETA, G. D. A.; MELO, N. F. A. C. Caracterização do Ictioplâncton de Quatro Estuários da Microrregião do Salgado do Estado do Pará-Brasil. **Boletim Técnico-Científico do Cepnor**. v. 11, n. 1, p. 33-44, 2011.
- SPIES, Brenton T.; STEELE, Mark A. Effects of temperature and latitude on larval traits of two estuarine fishes in differing estuary types. **Marine Ecology Progress Series**, v. 544, p. 243-255, 2016.
- STRYDOM, Nadine A. Patterns in larval fish diversity, abundance, and distribution in temperate South African estuaries. **Estuaries and Coasts**, v. 38, p. 268-284, 2015.
- STUNZ, Gregory W.; MINELLO, Thomas J.; LEVIN, Phillip S. Growth of newly settled red drum *Sciaenops ocellatus* in different estuarine habitat types. **Marine Ecology Progress Series**, v. 238, p. 227-236, 2002.

SUZUKI, Keita W. et al. Microdistribution and feeding dynamics of *Coilia nasus* (Engraulidae) larvae and juveniles in relation to the estuarine turbidity maximum of the macrotidal Chikugo River estuary, Ariake Sea, Japan. **Fisheries Oceanography**, v. 23, n. 2, p. 157-171, 2014.

TEODOSIO, Maria et al. Alien species in the Guadiana Estuary (SE-Portugal/SW-Spain): *Blackfordia virginica* (Cnidaria, Hydrozoa) and *Palaemon macrodactylus* (Crustacea, Decapoda): potential impacts and mitigation measures. **Aquatic Invasions**, v. 4, n. 3, p. 501-506, 2009.

TEODOSIO, Maria Alexandra et al. Biophysical processes leading to the ingress of temperate fish larvae into estuarine nursery areas: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 183, p. 187-202, 2016.

The R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em : <<http://www.R-project.org>>, 2009.

THIEL, R.; CABRAL, H.; COSTA, M. J. Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries—a comparison between the Tagus (Portugal) and the Elbe (Germany). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 19, n. 5, p. 330-342, 2003.

THIOULOUSE, J.; CHESSEL, D.; DOLEÂ DEC, S.; OLIVIER, J. ADE-4: A multivariate analysis and graphical display software. **Statistics and Computing**, v. 7, p. 75-83, 1997.

VARSAMOS, Stamatis; NEBEL, Catherine; CHARMANTIER, Guy. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 141, n. 4, p. 401-429, 2005.

VAZ, Ana Catarina et al. Water temperature gradients drive early life-history patterns of the common sole (*Solea solea* L.) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. **Aquatic Ecology**, v. 53, p. 281-294, 2019.

VINAGRE, Catarina; COSTA, Maria J.; CABRAL, Henrique N. Impact of climate and hydrodynamics on sole larval immigration towards the Tagus estuary, Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, n. 4, p. 516-524, 2007.

VINAGRE, Catarina et al. Impact of climate and hydrology on juvenile fish recruitment towards estuarine nursery grounds in the context of climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 85, n. 3, p. 479-486, 2009.

WEST, J. R.; ODUYEMI, K. O. K.; SHIONO, K. Some observations on the effect of vertical density gradients on estuarine turbulent transport processes. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 32, n. 4, p. 365-383, 1991.

WHITFIELD, A. K. Why are there so few freshwater fish species in most estuaries?. **Journal of Fish Biology**, v. 86, n. 4, p. 1227-1250, 2015.

YANAGITSURU, Yuzo R. et al. Effects of temperature on hatching and growth performance of embryos and yolk-sac larvae of a threatened estuarine fish: longfin smelt (*Spirinchus thaleichthys*). **Aquaculture**, v. 537, p. 736502, 2021.

## APÊNDICE A – TABELA 2

**Tabela 2.** Média ( $\pm$  Erro Padrão) e alcance das variáveis ambiental em escala local aferidas nas zonas superior, intermediária e inferior no estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro, entre as estações chuvosa e seca.

	Estação Chuvosa						Estação seca					
	Superior		Intermediária		Inferior		Superior		Intermediária		Inferior	
	Média	Amplitude	Média	Amplitude	Média	Amplitude	Média	Amplitude	Média	Amplitude	Média	Amplitude
Salinidade	7,83 $\pm$ 0,90	0,2 - 21	17,82 $\pm$ 1,22	22 - 31	31,47 $\pm$ 0,79	33 - 40	23,8 $\pm$ 0,90	15 - 32	31,5 $\pm$ 0,96	34 - 38	37,47 $\pm$ 0,54	39 - 45
Temperatura (°C)	22,91 $\pm$ 1,22	24 - 30,6	23,52 $\pm$ 1,25	24,5 - 31	23,25 $\pm$ 1,23	24,5 - 31	28,86 $\pm$ 0,12	27 - 31,5	28,57 $\pm$ 0,16	25 - 31	28,89 $\pm$ 0,17	27 - 31,5
Transparência (mm)	65,98 $\pm$ 0,24	19 - 120	63,81 $\pm$ 2,74	20 - 110	113,25 $\pm$ 8,31	10 - 320	78,3 $\pm$ 2,10	50 - 127	62,34 $\pm$ 3,62	20 - 133	66,9 $\pm$ 4,44	10 - 191
Clorofila-a ( $\mu$ g/l)	0,05 $\pm$ 0,004	0,02 - 0,13	0,26 $\pm$ 0,06	0,02 - 2,13	0,06 $\pm$ 0,008	0,01 - 0,29	0,18 $\pm$ 0,01	0,02 - 0,67	0,20 $\pm$ 0,01	0,04 - 0,49	0,16 $\pm$ 0,01	0,01 - 0,47
NoX-N (mg/l)	90,31 $\pm$ 16,3	3,63 - 232	72,02 $\pm$ 17,9	7,26 - 484,4	118,6 $\pm$ 17,01	2,42 - 454	44,08 $\pm$ 7,12	14,5 - 145,3	31,73 $\pm$ 3,7	10,9 - 77,5	38,5 $\pm$ 7,85	15,7 - 151
Amônia (mg/l)	121,9 $\pm$ 21	31,02 - 565	88,2 $\pm$ 13,13	28,2 - 213,6	90,10 $\pm$ 19,8	28,9 - 496	88,2 $\pm$ 7,29	28,2 - 135,3	67,1 $\pm$ 7,88	33,1 - 165	33,2 $\pm$ 4,42	18,3 - 59,9
Ortofosfato (mg/l)	156,1 $\pm$ 32,9	22,3 - 479	145,1 $\pm$ 13,9	29 - 222,3	455,4 $\pm$ 141,8	22,3 - 2662	1915 $\pm$ 1087	55,3 - 3799	53,72 $\pm$ 6,98	19 - 112,3	39,23 $\pm$ 6,29	1 - 95,6
Fósforo total (mg/l)	197,5 $\pm$ 13,3	72,3 - 245	137,5 $\pm$ 18,9	22,3 - 315,6	136,2 $\pm$ 15,25	39 - 215,6	150,5 $\pm$ 13,7	29 - 209	96,0 $\pm$ 6,20	35,6 - 152,3	130,5 $\pm$ 5,34	85,6 - 142
Pluviosidade (mm)	2,5 $\pm$ 0,37	0 - 8,0	4,35 $\pm$ 0,97	0 - 30,2	6,23 $\pm$ 1,28	0 - 30,2	3,40 $\pm$ 0,86	0 - 19	2,8 $\pm$ 0,88	0 - 25,2	3,43 $\pm$ 1,04	0 - 25,2

**Fonte:** Elaborada pela autora, 2023.

### APÊNDICE B – TABELA 3

**Tabela 3.** Valores da PERMANOVA univariada (a) comparando as diferenças entre as diferentes zonas e estações, e teste Pair-wise da PERMANOVA (b) das variáveis ambientais em escala local entre as estações chuvosa (CH) e seca (SE), e as zonas: superior (SP), intermediária (IT) e inferior (IF) do estuário do rio Mamanguape, semiárido brasileiro.

(a)	Zonas		Estações		Zonas x Estações	
	Pseudo-F	P	Pseudo-F	P	Pseudo-F	P
Salinidade	96,091	<b>0,0001</b>	146,45	<b>0,0001</b>	29,387	<b>0,0001</b>
Temperatura (°C)	12,365	<b>0,0001</b>	39,005	<b>0,0001</b>	9,4327	<b>0,0001</b>
Transparência (cm)	12,365	<b>0,0001</b>	39,005	<b>0,0001</b>	9,4327	<b>0,0001</b>
Clorofila-a (µg/l)	9,8316	<b>0,0002</b>	19	<b>0,0001</b>	4,433	<b>0,0121</b>
Nox-N (mg/l)	3,6079	<b>0,0224</b>	48,127	<b>0,0001</b>	9,8416	<b>0,0003</b>
Amônia (mg/l)	0,9907	0,3827	11,831	<b>0,0006</b>	2,8419	0,0594
Fosforo Total (mg/l)	12,14	<b>0,0001</b>	0,03362	0,858	6,3787	<b>0,0016</b>

(b)	Grupo	Salinidade	Temperatura (°C)	Transparência (cm)	Clorofila-a (µg/l)	Nox-N (mg/l)	Amônia (mg/l)	Fosforo Total (mg/l)	
Estações	Chuvosa	SP,IT	5,229 ***	3,0693 ***	3,0693 ***	3,2389 **	0,55187 ns	3,41 **	2,0682 *
		SP,IF	13,143 ***	5,6008 ***	5,6008 ***	0,98216 ns	4,11 ***	6,19 ns	5,4269 ***
		IT,IF	6,8168 ***	3,5185 ***	3,5185 ***	2,9759 *	3,4872 **	3,50 **	3,4051 **
Estações	Seca	SP,IT	3,9445 ***	2,3903 **	2,3903 **	0,97907 ns	2,5784 **	1,71 ns	1,0742 ns
		SP,IF	7,6231 ***	2,4059 **	2,4059 **	0,56687 ns	2,5593 *	0,52 ns	1,5735 ns
		IT,IF	4,2563 ***	0,91535 ns	0,91535 ns	1,7169 ns	0,55322 ns	0,41 ns	0,031125 ns
Zonas	CH,SE	SP	9,82 ***	4,15 ***	3,71 ***	7,34 ***	3,64 ***	2,92 **	2,94 *
	CH,SE	IT	6,65 ***	0,78 ns	3,55 ***	0,18 ns	2,56 *	1,49 ns	1,98 ns
	CH,SE	IF	6,23 ***	3,72 ***	3,57 ***	5,99 ***	0,25 ns	1,11 ns	1,22 ns

**Fonte:** Elaborada pela autora, 2023

Notas: Em negrito, valores estatisticamente significativos.

Sinais convencionais utilizados:

\* P<0.05, \*\* P<0.001, \*\*\* P<0.0001. ns = não significativo.

## APÊNDICE C – TABELA 4

**Tabela 4.** Densidade das larvas pertencentes a guilda ecológica marinho estuarino dependente (MED) capturadas nas zonas superior (SUP), intermediária (INT) e inferior (INF) durante as estações chuvosa e seca no estuário do rio Mamanguape.

Família/Espécie	Densidade			Estação Chuvosa			Estação Seca		
	Número	Nº100m <sup>-3</sup>	%	SUP	INT	INF	SUP	INT	INF
<b>Engraulidae</b>									
<i>Anchoiella brevirostris</i>	45	0,0176	2,01	6,67	1,43			2,88	0,48
<i>Anchoiella lepdentostole</i>	76	0,0603	6,85	0,30	12,14		0,006	3,80	1,59
<i>Anchoa hepsetus</i>	517	0,0818	9,30	19,25	4,55	31,26	0,20	22,46	31,77
<i>Anchoa januaria</i>	212	0,0601	6,84	17,85	8,17			1,74	1,70
<i>Anchoa lyoleps</i>	31	0,0019	0,22	0,08	0,11		0,06	0,46	2,93
<i>Anchoa marinii</i>	83	0,0351	3,99	0,13	3,37		11,63	0,94	3,81
<i>Anchoa spinifer</i>	30	0,0045	0,51		0,70			1,10	0,39
<i>Anchovia clupeioides</i>	32	0,0127	1,45					10,24	3,68
<i>Lycengraulis grossidens</i>	305	0,2509	28,53	6,87	51,02	1,63	1,40	6,43	6,46
<b>Clupeidae</b>									
<i>Lile piquitinga</i>	72	0,0070	0,80		0,23	1,70	2,72	1,09	1,35
<i>Harengula clupeola</i>	17	0,0027	0,31			0,27	0,006	2,33	
<i>Sardinella brasiliensis</i>	77	0,0066	0,75	1,78	0,002		0,44	3,26	0,47
<i>Opisthonema oglinum</i>	286	0,0312	3,55	0,61	4,92		1,60	2,94	
<i>Rhinosardinia bahiensis</i>	672	0,1981	22,52	44,63	1,45	55,19	66,09	22,30	19,78
<b>Mugilidae</b>									
<i>Mugil curema</i>	17	0,0129	1,47		2,64		0,61		0,22
<b>Hemiramphidae</b>									
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i>	59	0,274	3,11	0,01	0,23	0,51	8,41	11,06	2,43
<b>Syngnathidae</b>									
<i>Pseudophallus mindii</i>	5	0,0002	0,03	0,02	0,007		0,14		
<b>Dactylopteridae</b>									
<i>Dactylopterus volitans</i>	5	0,0001	0,01			0,75			
<b>Carangidae</b>									

<i>Caranx latus</i>	10	0,0056	0,64				3,15	0,72	
<i>Oligoplites saurus</i>	6	0,0009	0,10	0,003	0,10	2,66			
<b>Lutjanidae</b>									
<i>Lutjanus analis</i>	14	0,0033	0,37		0,64	0,12	0,20		0,36
<i>Lutjanus cyanopterus</i>	1	0,0001	0,01			0,75			
<i>Lutjanus synagris</i>	5	0,0015	0,18		0,32			0,07	
<b>Gerreidae</b>									
<i>Eucinostomus argenteus</i>	52	0,0043	0,49	0,02		1,04	0,78	0,59	9,82
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	37	0,0118	1,34	0,90	0,71	1,28	0,96	4,74	1,39
<i>Ulaema lefroyi</i>	1	1,8538	0,002	0,01					
<i>Diapterus rhombeus</i>	31	0,0055	0,62	0,05	1,06		0,11	0,25	0,67
<i>Eugerres brasilianus</i>	16	0,0114	1,29		2,40		0,31		0,16
<b>Sciaenidae</b>									
<i>Bairdiella ronchus</i>	14	0,0010	0,11		0,05	0,12	0,03	0,51	0,49
<i>Stellifer rastrifers</i>	20	0,0141	1,61		3,12				0,06
<i>Stellifer stellifer</i>	1	1,9447	0,002						0,08
<b>Achiridae</b>									
<i>Achirus lineatus</i>	27	0,0051	0,59	0,72	0,50	2,66	1,06		0,51
<b>Sub-total densidade</b>		4,92		99,90	99,86	99,94	99,91	99,91	90,6

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

## AGRADECIMENTOS

Este é o fim de mais um ciclo, o fim da minha graduação, que foi e ainda está sendo a jornada mais intensa e cheia de desafios da minha vida. Por isso, sou imensamente grata a mim por não ter desistido desse sonho e ter conseguido chegar até aqui. A felicidade é indescritível!

Agradeço primeiramente à minha família que desde sempre acreditou na minha capacidade, muitas vezes mais do que eu mesma e sem vocês eu não sei o que seria de mim, vocês são a base da minha vida e o meu suporte. Agradeço à mamãe por desde sempre estar ao meu lado durante toda essa caminhada, por me incentivar e por as vezes mesmo sem entender, apoiar todas as minhas decisões, essa conquista é nossa. Agradeço também por todos os ensinamentos e por sempre estar interessada em aprender comigo, ela que se tornou um pouco peixóloga e até aprendeu a tirar os otólitos dos peixes kkk. Agradeço à papai, que foi a primeira pessoa que eu vi tendo o cuidado em não matar os animais e por ser um especialista sem diploma com quem aprendi a escutar sobre várias teorias, mesmo que muitas vezes sem sentido kkk por sempre acreditar que eu conseguiria e por ter esperanças de que eu vou ficar rica logo kkk. Agradeço aos meus irmãos, Riveline e Rivelino, por serem minhas inspirações e por me motivarem todos os dias a me tornar uma excelente profissional. Sou muito feliz por ter vocês em minha vida e vocês não têm noção do quanto eu sou grata por tudo e por todo amor de vocês, tanto que me faltam palavras para descrever esse sentimento, mas espero algum dia conseguir retribuir tudo isso. Agradeço aos meus sobrinhos, que muitas vezes mesmo sem perceber me ajudaram a chegar aqui e por acreditarem em mim, à Rikelmy por sempre me fazer questionamentos e me fazer buscar mais conhecimento sobre os mais diversos assuntos para não parecer burra pra você kkk. À Maria Evilláinny por sempre ser a pessoa mais amorosa do mundo e me ajudar a ser um pouco assim também, além de sempre escutar sobre os assuntos que eu estava estudando, mesmo quando eu não conseguia explicar direito kkk. Amo todos vocês infinitamente! Além disso, existem pessoas extremamente especiais à quem gostaria de agradecer e dedicar essa conquista, pessoas que apesar de não estarem mais presentes foram cruciais na minha formação pessoal e tiveram enorme contribuição para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje. Agradeço aos meus avós (*in memoriam*), especialmente a vovô Geovane que sempre foi a minha pessoa preferida no mundo, obrigada por todo amor que recebi. Amo vocês para sempre! Agradeço as minhas tias Neide, Josira e Jacinta, a madrinha Sony e Ana Carla que sempre me apoiaram, acreditaram em mim e incentivaram. Amo vocês!

Agradeço aos amigos que ganhei durante o curso, principalmente à vocês que fazem parte do grupinho do “lixão” kkk (Anna, Derick, Eulália, Karol, Madu, Renaly, Ruan, Stefany, Wendell e Whitney) junto com vocês foi muito mais divertido chegar até aqui, vocês foram essenciais durante todo esse processo e sou muito feliz por ter vocês em minha vida. Agradeço especialmente à Ruan, que desde o segundo dia de aula conversamos e se tornou um dos meus melhores amigos da vida e mais uma das minhas inspirações, obrigada por todas as risadas, rolês e afins, te amo, você é muito importante para mim. Às minhas “peixinhas do terror”, Anna Karen e Renaly, que estão comigo durante toda essa jornada e que desde o início se tornaram indispensáveis na minha vida. Agradeço muito por estarem sempre junto a mim durante todo o curso, inclusive por sofrerem e sorrirem comigo e que apesar de todo estresse que me causaram, me aguentaram também kkk. Eu acredito demais em vocês, porque vocês são incríveis e sou feliz por ter tido a oportunidade de compartilhar com vocês todas essas experiências, vocês fazem parte da minha vida, sou muito grata por isso e espero que nossa amizade prevaleça a distância que as mudanças da vida causam e que possamos presenciar o sucesso de cada uma. Obrigada por tudo, amo vocês demais!

Agradeço aos melhores amigos da minha vida, o meu “sexteto fantástico” (Daniele, Elissandra, Letícia, Marivaldo e Renalysson), que desde os tempos da escola estão comigo e apesar de não nos vermos mais todos os dias como no início e da maioria dos nossos rolês não

saírem do papel, mas com vocês vivi alguns dos momentos mais felizes da minha vida. Sou muito grata pela amizade de vocês, algumas que já completaram década inclusive e que espero levar até o fim da vida, é muito bom saber que apesar dos rumos diferentes na vida de cada um de nós após sair da escola ainda podemos contar uns com os outros e sou muito feliz por ter vocês na minha vida. Um agradecimento especial às meninas por todas as conversas e risadas. Conhecer vocês tornou a minha vida muito mais alegre e mesmo não sendo a amizade mais comum do mundo e vocês me julgarem até hoje por faltar no meu aniversário surpresa kkk, mas cada um de vocês têm um lugar muito especial no meu coração e torço muito pelo sucesso de vocês em todos os aspectos da vida. Obrigada por tudo, amo muito vocês!

Agradeço à todos que conheci na UEPB e na vida, por todas as experiências compartilhadas e momentos, aos colegas e amigos, Admilson, Vitória, Bruna, Ítalo, João Pedro, Natália, Suellen, Anderson e Lucas, dentre tantos outros. Agradeço também especialmente ao meu amigo Vitor, por durante todos esses anos mesmo que virtualmente sempre me ouvir, me apoiar e me fazer dar muita risada. Vocês também foram muito importantes durante toda essa trajetória e agradeço demais por ter vocês em minha vida, amo vocês!

Agradeço à todos do Laboratório de Ecologia de Peixes (LEP), por toda ajuda, ensinamentos, além de muitas conversas e risadas na hora do café. Agradeço por toda experiência adquirida, principalmente nas coletas e na triagem do material, o lep se tornou o meu lugar preferido da universidade. Agradeço especialmente ao professor André, por ser esse excelente profissional e inspirar todos a querer ser assim também, agradeço principalmente por toda atenção dedicada ao pessoal do laboratório, por ser sempre atencioso e se preocupar se estamos bem. Meu muito obrigada à Lili por me acolher desde o início quando cheguei ao lep e principalmente por estar me ajudando a concluir esta etapa final, ensinando tudo com a maior paciência do mundo. Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram e me deram oportunidade de ajudá-los e aprender junto, principalmente José Carlos e Diele que foram os responsáveis dos principais projetos aos quais participei, Gitá por ser sempre solícito, fazer o possível pra ajudar e explicar, além de toda motivação e Malu por especialmente nos dois últimos períodos sempre falar que ia dar tudo certo quando via minha cara de desespero kkk Breno por sempre tirar as dúvidas, ensinar e incentivar, Henrique que compartilha a paixão pelo roxo, peixes e sempre me ajudou, Íris, Alexandre, Juan, Éden, Vitória, Livian, Paloma, Zaíne, Cassiano, Rayssa, Carol, Fernando, Manu, Bia, Alice e todos os outros, muito obrigada!

Agradeço à todos os professores que conheci e aos quais tive a oportunidade de cursar alguma disciplina, por todo o conhecimento e ensinamentos repassados, tudo isso foi crucial para a minha formação acadêmica e levarei para a vida profissional.

E apesar de a principal responsável por essa conquista ser eu, ela não seria possível sem a contribuição das pessoas que de alguma forma fazem parte da minha vida. Dessa forma, gostaria de agradecer a todos que de alguma maneira contribuíram para que esse momento acontecesse. Muito obrigada!