


PADRÕES SAZONAIS E ESPACIAIS DO ICTIOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO DO RIO BACANGA, BRASIL: CONTROLES AMBIENTAIS E DESAFIOS DE CONSERVAÇÃO

SEASONAL AND SPATIAL PATTERNS OF ICTIOPLANKTON IN THE BACANGA RIVER ESTUARY, BRAZIL: ENVIRONMENTAL CONTROLS AND CONSERVATION CHALLENGES

PATRONES ESTACIONALES Y ESPACIALES DEL ICTIOPLÁCTON EN EL ESTUARIO DEL RÍO BACANGA, BRASIL: CONTROLES AMBIENTALES Y RETOS DE CONSERVACIÓN

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-047>

Data de submissão: 05/05/2025

Data de publicação: 05/06/2025

Elane Paulo da Silva

Graduada em Oceanografia

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal do Maranhão (PRODEMA – UFMA)

São Luís - Maranhão, Brasil

E-mail: elane.ps@discente.ufma.br

James Werllen de Jesus Azevedo

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal do Maranhão (PRODEMA – UFMA)

São Luís - Maranhão, Brasil

E-mail: james.werllen@ufma.br

Paula Cilene Alves da Silveira

Doutora em Oceanografia

Departamento de Oceanografia e Limnologia da
Universidade Federal do Maranhão (DEOLI-UFMA)

São Luís-Maranhão, Brasil

E-mail: pca.silveira@ufma.br

RESUMO

Este estudo analisou a distribuição espaço-temporal do ictiopâncton na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, São Luís, Maranhão, uma área de notável importância ecossistêmica e econômica, pertencente ao bioma amazônico, no centro urbano de São Luís - MA. Quatro campanhas de coleta foram realizadas entre setembro de 2023 e setembro de 2024, abrangendo as estações seca, de transição e chuvosa. Ovos e larvas de peixes foram coletados com rede de plâncton em nove pontos estuarinos, com medições simultâneas de variáveis ambientais como salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos (TDS), potencial de oxirredução (ORP) e Eh. Análises multivariadas (MDS, SIMPER, PCA, CCA e PERMANOVA) foram aplicadas para identificar padrões de distribuição associados a fatores sazonais, espaciais e abióticos. Os resultados revelaram que a abundância e a composição do ictiopâncton foram significativamente influenciadas pela sazonalidade e pela localização dos pontos de amostragem, com maiores abundâncias em regiões a jusante e durante

os períodos de transição. Entre os achados, inclui-se a detecção de ovos pigmentados e larvas com resíduos orgânicos, indicando impactos antrópicos diretos, e a presença de *Oreochromis niloticus*, espécie exótica, em áreas de menor salinidade. Os táxons *Anchoa* sp., *Atherinella brasiliensis*, *Oligoplites saurus* além dos ovos de peixes, foram os mais representativos, demonstrando associações claras com as variáveis físico-químicas. Conclui-se que a bacia do Bacanga é uma área crucial para a reprodução e desenvolvimento inicial de peixes, e os dados obtidos são fundamentais para subsidiar políticas públicas de conservação pesqueira e sustentabilidade socioambiental, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, Água Potável e Saneamento, e 14, Vida na Água.

Palavras-chave: Ecossistema. Impactos Antrópicos. Conservação. Biodiversidade. Comunidade Ictioplanctônica.

ABSTRACT

This study analyzed the spatial-temporal distribution of ichthyoplankton in the Bacanga River Basin, São Luís, Maranhão, an area of notable ecological and economic importance belonging to the Amazon biome, in the urban center of São Luís, MA. Four collection campaigns were carried out between September 2023 and September 2024, covering the dry, transition, and rainy seasons. Fish eggs and larvae were collected with a plankton net at nine estuarine points, with simultaneous measurements of environmental variables such as salinity, temperature, dissolved oxygen, pH, total dissolved solids (TDS), oxidation-reduction potential (ORP), and Eh. Multivariate analyses (MDS, SIMPER, PCA, CCA, and PERMANOVA) were applied to identify distribution patterns associated with seasonal, spatial, and abiotic factors. The results revealed that the abundance and composition of ichthyoplankton were significantly influenced by seasonality and the location of sampling points, with higher abundances in downstream regions and during transition periods. Among the findings were the detection of pigmented eggs and larvae with organic residues, indicating direct anthropogenic impacts, and the presence of *Oreochromis niloticus*, an exotic species, in areas of lower salinity. The taxa *Anchoa* sp., *Atherinella brasiliensis*, *Oligoplites saurus*, in addition to fish eggs, were the most representative, demonstrating clear associations with physical-chemical variables. It is concluded that the Bacanga basin is a crucial area for fish reproduction and early development, and the data obtained are fundamental to support public policies for fisheries conservation and socio-environmental sustainability, in line with Sustainable Development Goals (SDGs) 6, Clean Water and Sanitation, and 14, Life Below Water.

Keywords: Ecosystem. Anthropogenic Impacts. Conservation. Biodiversity. Ichthyoplankton Community.

RESUMEN

Este estudio analizó la distribución espacio-temporal del ictioplancton en la cuenca hidrográfica del río Bacanga, São Luís, Maranhão, una zona de gran importancia ecosistémica y económica, perteneciente al bioma amazónico, en el centro urbano de São Luís (MA). Se realizaron cuatro campañas de recolección entre septiembre de 2023 y septiembre de 2024, abarcando las estaciones seca, de transición y lluviosa. Se recolectaron huevos y larvas de peces con redes de plancton en nueve puntos estuarinos, con mediciones simultáneas de variables ambientales como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos (TDS), potencial de oxirreducción (ORP) y Eh. Se aplicaron análisis multivariantes (MDS, SIMPER, PCA, CCA y PERMANOVA) para identificar patrones de distribución asociados a factores estacionales, espaciales y abióticos. Los resultados revelaron que la abundancia y la composición del ictioplancton se vieron significativamente influenciadas por la estacionalidad y la ubicación de los puntos de muestreo, con mayor abundancia en las regiones aguas abajo y durante los períodos de transición. Entre los hallazgos se incluye la

detección de huevos pigmentados y larvas con residuos orgánicos, lo que indica impactos antropogénicos directos, y la presencia de *Oreochromis niloticus*, una especie exótica, en áreas de menor salinidad. Los taxones *Anchoa* sp., *Atherinella brasiliensis*, *Oligoplites saurus*, además de los huevos de peces, fueron los más representativos, mostrando claras asociaciones con las variables físico-químicas. Se concluye que la cuenca del Bacanga es un área crucial para la reproducción y el desarrollo inicial de los peces, y los datos obtenidos son fundamentales para respaldar las políticas públicas de conservación pesquera y sostenibilidad socioambiental, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6, Agua potable y saneamiento, y 14, Vida acuática.

Palabras clave: Ecosistema. Impactos antropogénicos. Conservación. Biodiversidad. Comunidad ictioplanctónica.

1 INTRODUÇÃO

Os estuários são áreas críticas de alta produtividade biológica e diversidade, servindo como berçários para inúmeros organismos aquáticos (Sheaves et al., 2015; Zhang et al., 2016). Estes ecossistemas apresentam um gradiente de salinidade que proporcionam um ambiente único para o recrutamento de larvas e a sobrevivência de peixes jovens (Zhang et al., 2022). No entanto, a pressão antropogênica, como a urbanização, a perda de vegetação ciliar, a construção de barragens, entre outros, têm impactado significativamente estes ambientes, alterando sua estrutura e dinâmica ecológica (Yang et al., 1992; Pombo et al., 2002; Demirel, 2015).

O ictioplâncton, que compreende ovos e larvas de peixes, desempenha um papel vital no ciclo de vida dos peixes, sendo altamente vulnerável a mudanças ambientais (Shan et al., 2004). A quantidade e a sobrevivência do ictioplâncton fornecem uma indicação da biomassa futura dos estoques pesqueiros e baseiam estratégias de gestão e conservação dos recursos naturais (Butler et al., 2003; Chambers e Trippel, 1997; Zhang et al., 2022).

A Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, localizada na cidade de São Luís, Maranhão, Brasil, é caracterizada por uma complexa rede de rios e igarapés que deságua na Baía de São Marcos. A região abriga importantes ecossistemas de manguezal, que servem como áreas de reprodução e desenvolvimento para diversas espécies de peixes (Soares et al., 2014a).

A construção da Barragem do Bacanga, iniciada em 1968, teve como objetivos principais a ligação rodoviária entre São Luís e o porto de Itaqui, o saneamento de áreas a montante e a promoção da ocupação urbana (Silva et al., 2015; Teixeira et al., 2024). No entanto, essa intervenção alterou significativamente a dinâmica hidrológica e ecológica da bacia, impactando os habitats aquáticos e a biodiversidade local (Soares et al., 2014; Cabral et al., 2020; Teixeira et al., 2024).

Estudos anteriores identificaram a presença contínua de ovos e larvas de peixes na Bacia do Rio Bacanga ao longo de diferentes períodos do ano, com maior abundância nas áreas próximas à foz do rio, indicando a influência marinha e a importância dessas regiões como berçários naturais (Soares et al., 2014a e 2014b). Esses dados ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo para a conservação das espécies e dos habitats aquáticos (Lewis et al., 2016).

A qualidade da água na Bacia do Rio Bacanga tem sido comprometida por fatores como o lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado, resultando em elevados níveis de poluição bacteriológica (Marreira et al., 2017). Além disso, a presença de metais pesados, como cádmio, chumbo, cobre e zinco, tem sido registrada em concentrações preocupantes, representando riscos à saúde pública e à fauna aquática (Cabral et al., 2020).

A ocupação desordenada do solo e a expansão urbana na Bacia do Bacanga têm contribuído para a degradação dos ecossistemas aquáticos, afetando diretamente os processos de desova e recrutamento das espécies de peixes (Soares et al., 2014a; Silva et al., 2015; Teixeira et al., 2024). Essas alterações impactam negativamente a pesca artesanal, atividade econômica vital para as comunidades ribeirinhas locais (Chagas; Almeida; Mata, 2023).

O Parque Estadual do Bacanga, uma das poucas áreas de floresta amazônica preservadas na Ilha de São Luís, desempenha um papel crucial na conservação dos recursos hídricos e na manutenção da biodiversidade (Soares et al., 2014b; Pereira, 2024; Soares et al., 2021). A proteção e gestão eficaz dessa unidade de conservação são essenciais para mitigar os impactos ambientais na bacia hidrográfica (Neves et al., 2019).

Desta forma, compreender a distribuição espaço-temporal do ictioplâncton na Bacia do Rio Bacanga é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação dos recursos pesqueiros e dos ecossistemas aquáticos. Nesta perspectiva o objetivo do presente estudo consiste em avaliar a diversidade e o padrão de distribuição dos ovos e larvas de peixes, analisando como fatores sazonais e abióticos influenciam essas dinâmicas.

Os resultados desta pesquisa podem subsidiar políticas públicas e práticas de manejo e gestão ambiental voltadas à conservação dos recursos pesqueiros e à manutenção dos serviços ecossistêmicos da bacia do Bacanga, algo que se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, Água Potável e Saneamento, e 14, Vida na Água.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

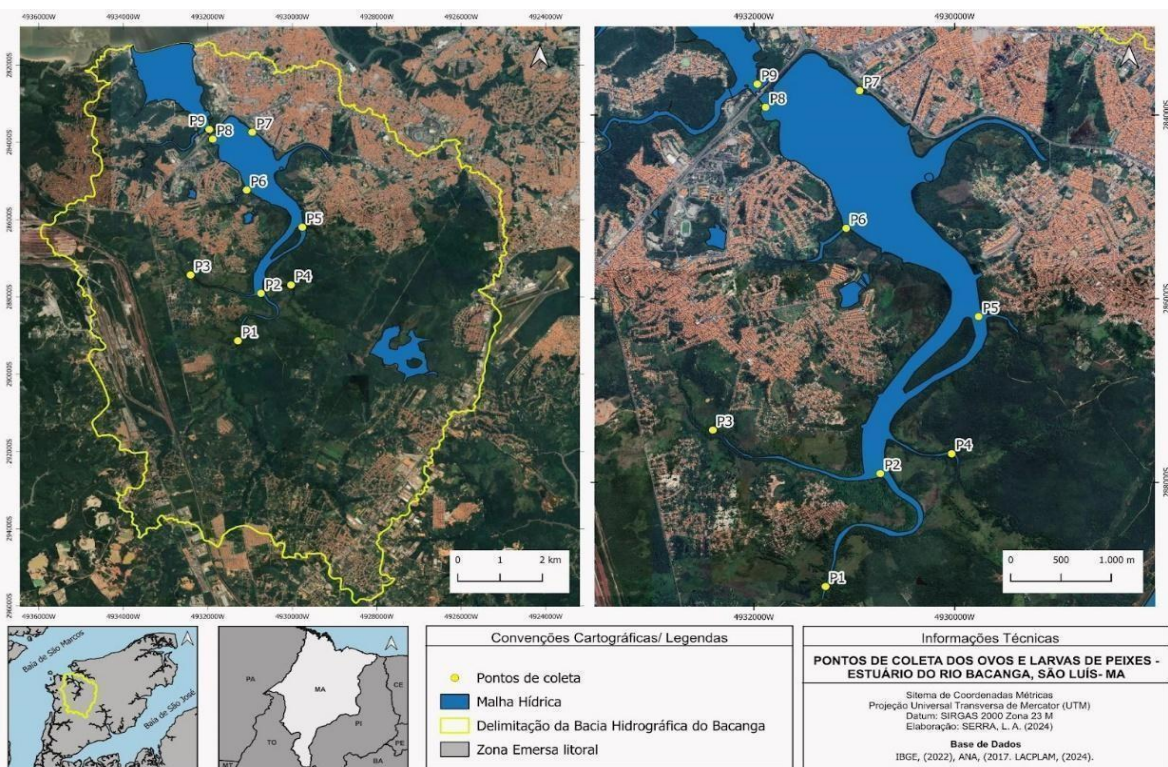
A Ilha do Maranhão, localizada entre as coordenadas 02°24'09" a 02°46'13"S e 44°01'20" a 44°29'47"W, é limitada a oeste pela Baía de São Marcos, a leste pela Baía de São José, ao sul pelo Estreito dos Mosquitos e ao norte pelo Oceano Atlântico. Abrange os municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Coelho & Damazio, 2006). Em São Luís, encontramos a Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, com aproximadamente 11.030 ha, localizada entre 2°32'26" e 2°38'07"S e 44°16'00" e 44°19'16"W (Coelho & Damazio, 2006).

O clima do Maranhão, influenciado pela Amazônia Oriental, é quente e úmido, com elevada precipitação. O ciclo das chuvas é sazonal, com o primeiro semestre sendo chuvoso e o segundo seco (Maranhão, 2002). Dados do INMET (2002-2012) indicam uma precipitação média anual de 2.169,2 mm, com um mínimo de 1.133,2 mm.

A bacia do Bacanga representa 12,33% do território no município de São Luís, com perímetro de 44,2 km e curso d'água principal nascendo na região do Maracanã e percorrendo uma distância de aproximadamente 22 km de suas nascentes, que estão localizadas na chapada do Tirirical, na sua borda voltada para Oeste, a uma altitude de aproximadamente 58 m, até o ponto onde ocorre a comunicação de suas águas com o mar, na baía de São Marcos (Pidu, 1995).

Na área de estudo, os pontos de coleta foram determinados de acordo com os dados gerados por Nascimento (2010), que avaliou as sub-bacias do rio Bacanga. Foram realizadas amostragens de água e coleta de organismos em 9 pontos (Figura 1), distribuídos ao longo do estuário do rio Bacanga. Foram efetuadas quatro campanhas, contemplando a sazonalidade regional, totalizando 36 amostras. Salienta-se que, na organização do delineamento amostral, procurou-se estabelecer um ponto externo à área de influência da barragem do Bacanga (P9), com intuito de avaliar possíveis efeitos ou heterogeneidades, associados à presença da comporta.

Figura 1: Distribuição dos pontos de coleta das larvas e ovos de peixes na Bacia Hidrográfica do rio Bacanga, São Luís - MA.



Fonte: Autoria própria

A primeira amostragem ocorreu no mês de setembro de 2023, no período de estiagem, a segunda ocorreu em dezembro, período de transição da estiagem para o chuvoso. A terceira ocorreu no mês de junho/2024, período chuvoso, a quarta e última amostragem de campo, ocorreu em setembro/2024.

Para a coleta dos ovos e larvas de peixes presentes na coluna de água, foram realizados arrastos horizontais superficiais com duração de cinco minutos. A rede utilizada nos arrastos do tipo cônico-cilíndrica de 300 μm de malha. Após cada arrasto, as amostras foram acomodadas em frascos de polietileno, devidamente etiquetados, e imediatamente fixadas em solução de formaldeído a 4% neutralizado com bórax, para posterior contagem e identificação em laboratório.

Foram registradas, por ponto amostral em superfície, através da sonda multiparâmetro da marca Hanna HI 98494, a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, salinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos, Eh, ORP, oxigênio dissolvido e OD (%). Ao mesmo tempo, foi efetuada uma exploração da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando a média mensal de precipitação no período de 1990 a 2023, visando auxiliar no aspecto sazonal da área de estudo e a possível associação com a distribuições das larvas e ovos de peixes.

2.2 PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO

As amostras foram submetidas à triagem, ou seja, a separação de ovos e larvas de peixes dos demais organismos planctônicos, em placa de Bogorov. Após a triagem, foi realizada a identificação no nível taxonômico mais específico possível. Estas etapas foram feitas com o auxílio do microscópio estereoscópico binocular da marca Zeiss, com aumento de aproximadamente 1.6 vezes, as quais foram fotografadas com ampliações variáveis entre 7 e 80 vezes, considerando estágio de desenvolvimento larval e classificado por escala micrométrica anexada à cada foto.

Para a identificação dos ovos e larvas utilizou-se os seguintes trabalhos: Fahay (1983); Olivar & Fortuño (1991); Moser (1996); Leis & Carson-Ewart (2000) e Richards (2005). Após a quantificação dos ovos e larvas de peixes, foi realizada a análise numérica: Abundância relativa (%), calculada de acordo com a equação 1:

$$AR = (Na \times 100) / NA \quad (1)$$

Onde:

AR= Abundância relativa (%)

Na= total de indivíduos para espécie observada na amostra n

NA= Número total de indivíduos da amostra n.

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Com os valores de AR% obtidos, foi construído um heatmap (mapa de calor) para visualização da distribuição percentual das espécies ao longo dos pontos de coleta (P1 a P9). As células do gráfico foram preenchidas com uma escala de cores contínua proporcional aos valores de AR %, permitindo

uma visualização dos padrões de ocorrência e da dominância relativa das espécies. A construção do gráfico foi realizada no ambiente de programação Python, utilizando as bibliotecas Pandas, Matplotlib e Seaborn. O processamento dos dados e a geração da visualização foram conduzidos de forma automatizada para garantir precisão no cálculo e na apresentação gráfica.

O modelo de escalonamento multidimensional não métrico (MDS) foi utilizado para avaliar a similaridade entre os diferentes locais de amostragens, em função da abundância. A comparação entre os pontos levou em consideração o fator sazonal da área de estudo, de modo a detectar possível influência das precipitações sobre a abundância ao longo das estações de coleta. Para efetuar a análise, os dados foram transformados em Log (X+1) para obter a matriz de coeficiente de similaridade de Bray-Curtis. Os grupos definidos no MDS foram testados por meio de análise de similaridade (ANOSIM one way) tomando, também, por base o coeficiente de Bray Curtis. Esta análise explora as dissimilaridades entre os grupos e calcula a contribuição de cada variável para essa relação, com base em sua ocorrência relativa em cada grupo (Clarke; Warwick, 1994).

Após o agrupamento e o ordenamento, a análise de percentual de similaridade (SIMPER) foi aplicada, a fim de identificar quais espécies contribuíram para a formação dos grupos (Clarke e Gorley, 2001). De forma complementar os dados de abundância sazonal e espacial do ictioplâncton foi avaliada através da PERMANOVA Two-Way (Anderson et al., 2006).

Para avaliar a relação entre os ovos e larvas de peixes com as variáveis físico-químicas da água, foi utilizado a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Já para avaliar a relação entre os ovos e larvas de peixes com os pontos de coletas, foi utilizado a Análise de Componentes Principais (PCA). Para desenvolvimento da análise foi efetuado um processo de padronização das variáveis ambientais, com o intuito de retirar o peso das diferentes unidades de medida que as representam. Para os dados de densidade dos ovos e larvas, foi utilizado a transformação de LOG (X+1) (Valentin, 2012).

As análises estatísticas multivariadas foram efetuadas com auxílio do software livre PAST 4.03. (Hammer et al. 2024), adotando-se um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

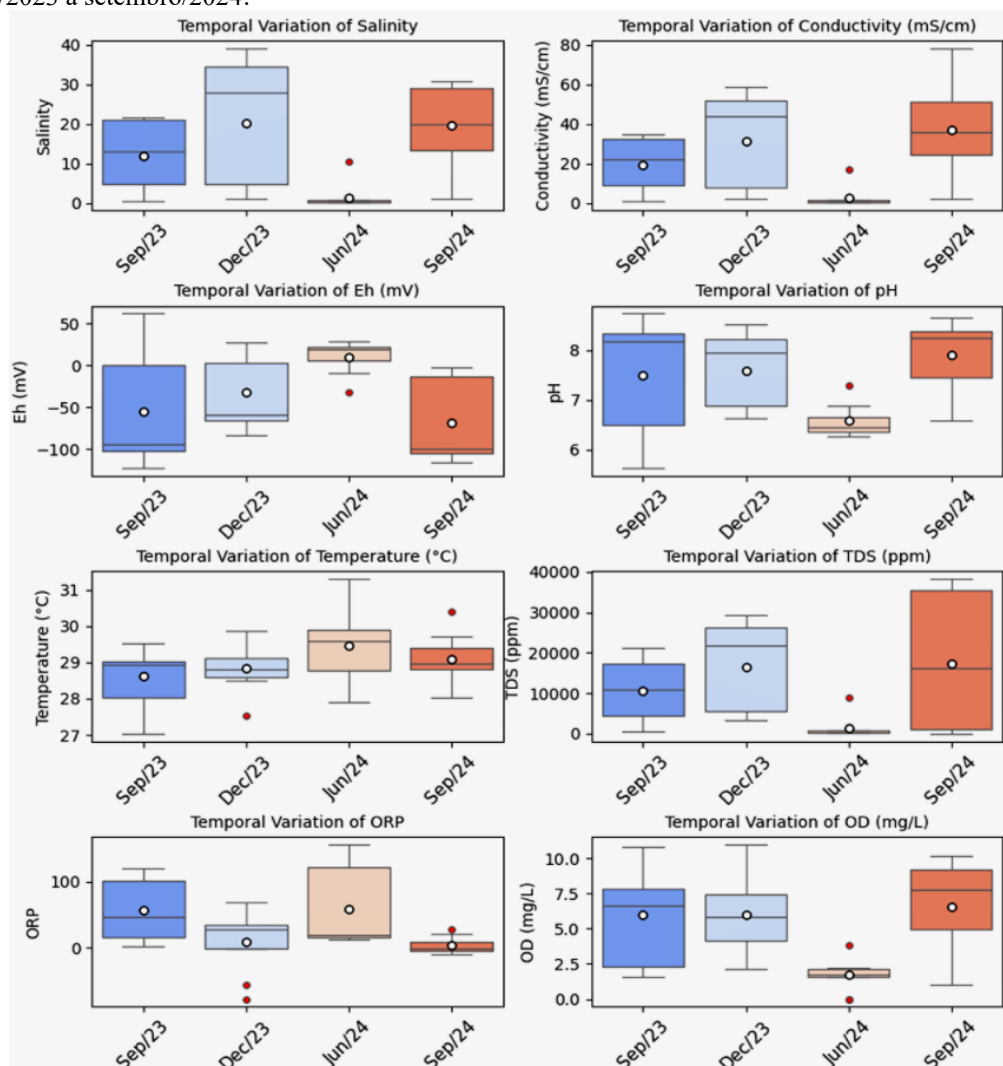
3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A análise espaço-temporais dos parâmetros físico-químicos da água na Bacia do Rio Bacanga destaca variações distintas ao longo do tempo e espaço. Temporalmente, a salinidade e condutividade atingiram seus picos em dezembro de 2023 com média de salinidade em torno de 20,3 PSU, enquanto os valores mais baixos foram registrados em junho de 2024 (1,5 PSU). O Eh apresentou dispersão significativa, com valores negativos em setembro de 2023/2024 e positivos em junho de 2024. O pH

foi mais elevado em setembro de 2024, tornando-se mais ácido em junho de 2024 (Figura 2). A temperatura permaneceu relativamente estável, variando de 27°C a 30°C. TDS teve altos valores em setembro de 2023 e 2024, com mínimos em junho de 2024. O oxigênio dissolvido (OD) variou, alcançando maiores valores em dezembro de 2023 e menores em junho de 2024.

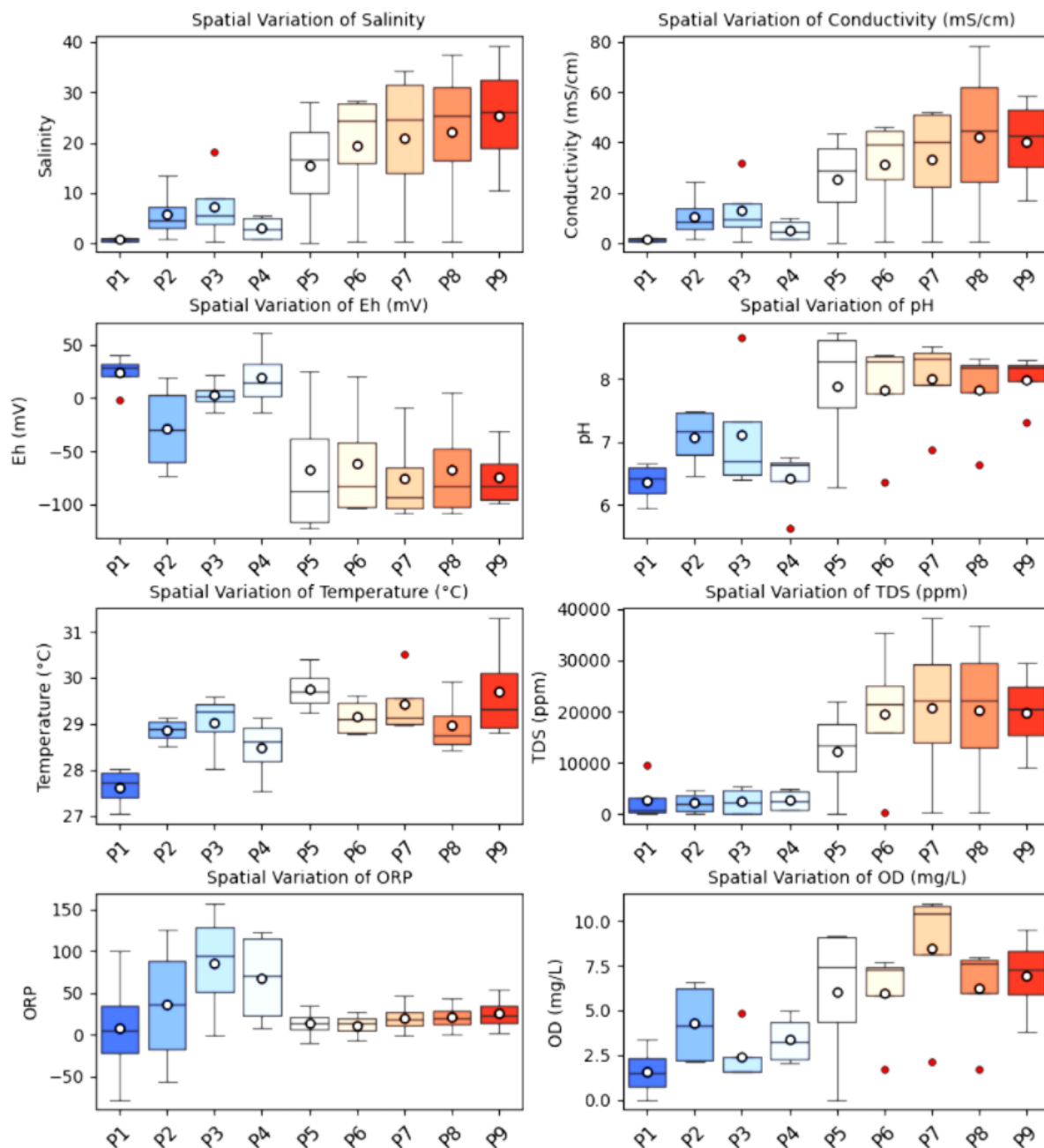
Espacialmente, observa-se que salinidade e condutividade aumentaram a jusante, com máximos nos pontos P7 a P9. O Eh mostrou valores negativos a montante e positivos a jusante, enquanto o pH permaneceu neutro a levemente alcalino nos pontos a jusante e mais ácido a montante. A temperatura aumentou gradualmente de montante a jusante, atingindo os pontos máximos em P8 e P9. TDS seguiu o padrão da salinidade, crescendo consideravelmente a jusante. ORP apresentou valores positivos a jusante, e OD foi maior nos pontos a jusante, com os menores valores observados a montante (Figura 3).

Figura 2: Variação temporal dos parâmetros físico-químicos amostrados na Bacia do Bacanga, trimestralmente, no período de setembro/2023 a setembro/2024.



Fonte: Autoria própria

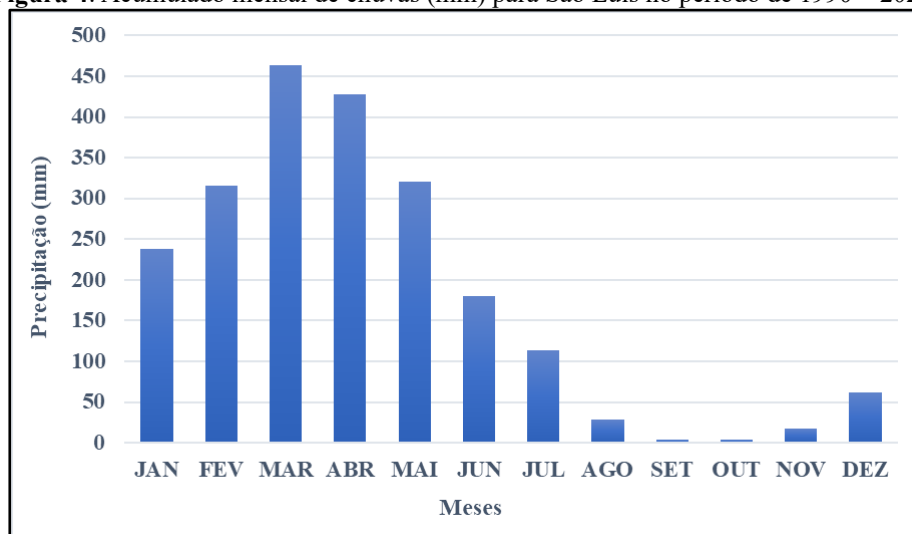
Figura 3: Variação espacial dos parâmetros físico-químicos amostrados na Bacia do Bacanga, trimestralmente, no período de setembro/2023 a setembro/2024.



Fonte: Autoria própria

Durante o período estudado, as chuvas na região seguiram um padrão cíclico, com picos significativos em março e abril, quando o acumulado mensal superou consistentemente os 400mm. Já nos meses de agosto, setembro e outubro, observou-se uma ausência de precipitações (Figura 4). Além disso, foi identificada uma tendência de aumento das precipitações a partir do ano 2005, culminando no pico de 2010.

Figura 4: Acumulado mensal de chuvas (mm) para São Luís no período de 1990 – 2023.



Fonte: Autoria própria

3.2 AMOSTRAS BIOLÓGICAS

As amostragens realizadas na bacia do Bacanga permitiram registrar 23.608 ovos e 904 larvas de peixes distribuídos em 7 ordens, 8 famílias e 13 espécies. Predominaram as larvas da ordem Clupeiformes, destacando-se *Anchoa* sp. que dominou significativamente, com 88,9% de abundância relativa (Ar).

Na primeira amostragem (set/23), registrou-se 7 espécies, com destaque para família Engraulidae, representada por 2 espécies. Em dezembro/23 foi registrado a presença de 5 espécies com destaque para *Atherinella brasiliensis*, da ordem Atheriniformes, sendo a segunda mais abundante com Ar de 17,6%.

As amostragens realizadas em junho/23 (período chuvoso), foram caracterizadas como período de menor riqueza, com registro de apenas 3 espécies. Neste terceiro momento de amostragem observou-se o único registro de *Anchoa mitchilli*, demonstrando capacidade adaptativa frente às condições mais dulcícolas na área de estudo. Neste período, caracterizado como chuvoso, foi o momento em que *Oreochromis niloticus* apresentou-se com maior Ar durante todo o período amostral, com valor de 60,0%.

Em setembro/2024 a riqueza de espécies volta a aumentar, sendo registrado 8 táxons distribuídos em 25 larvas de peixes. Entre as espécies destaca-se *Atherinella brasiliensis* com 7 indivíduos (Ar = 28%), *Engraulidae* sp. com 6 (Ar = 24%) e *Sardinella brasiliensis* com 4 (Ar = 16%). Este levantamento sublinhou a dominante presença dos Clupeiformes ao longo da pesquisa (Tabela 1).

Com relação aos ovos, os resultados indicaram um quantitativo mais elevado nos meses de estiagem e transição (setembro e dezembro), bem associado a maior abundância e riqueza de espécies.

Tabela 1: Lista de espécies do ictioplâncton registrados na bacia do Bacanga acompanhado dos dados de abundância total, relativa (Ar%) e quantidade de ovos para cada mês de amostragem.

Táxons	set/23		dez/23		jun/24		set/24		Total	
	N	Ar(%)	N	Ar(%)	N	Ar(%)	N	Ar(%)	N	Ar(%)
CLUPEIFORMES										
Engraulidae										
<i>Anchoa sp.</i>	636	95,8	166	79,0	1	20,0	1	4,0	804	88,9
<i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0,3							2	0,2
<i>Anchoa mitchelli</i> (Valenciennes, 1848)					1	20,0			1	0,1
<i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829)							3	12,0	3	0,3
<i>Engraulidae sp.</i>							6	24,0	6	0,7
Clupeidae										
<i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879)	3	0,5					4	16,0	7	0,8
<i>Clupeidae sp.</i>							1	4,0	1	0,1
CARANGIFORMES										
Carangidae										
<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	15	2,3					1	4,0	16	1,8
CICHLIFORMES										
Cichlidae										
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,2	5	2,4	3	60,0	2	8,0	11	1,2
PLEURONECTIFORMES										
Achiridae										
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,2							1	0,1
ATHERINIFORMES										
Atherinopsidae										
<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	6	0,9	37	17,6			7	28,0	50	5,5
BELONIFORMES										
Hemiramphidae										
<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)			1	0,5					1	0,1
ELOPIFORMES										
Elopidae										
<i>Elops saurus</i> (Linnaeus, 1766)			1	0,5					1	0,1
Ovos	10.182		9.610		0		3.816		23.608	
Total de larvas	664		210		5		25		904	
Total de espécies	7		5		3		8		13	
Total de famílias	6		5		2		5		8	
Total de ordens	5		5		2		4		7	

Os valores de abundância relativa (AR%) por ponto de coleta também revelaram diferenças marcantes para a composição do ictioplâncton ao longo da bacia do rio Bacanga. A espécie *Anchoa*

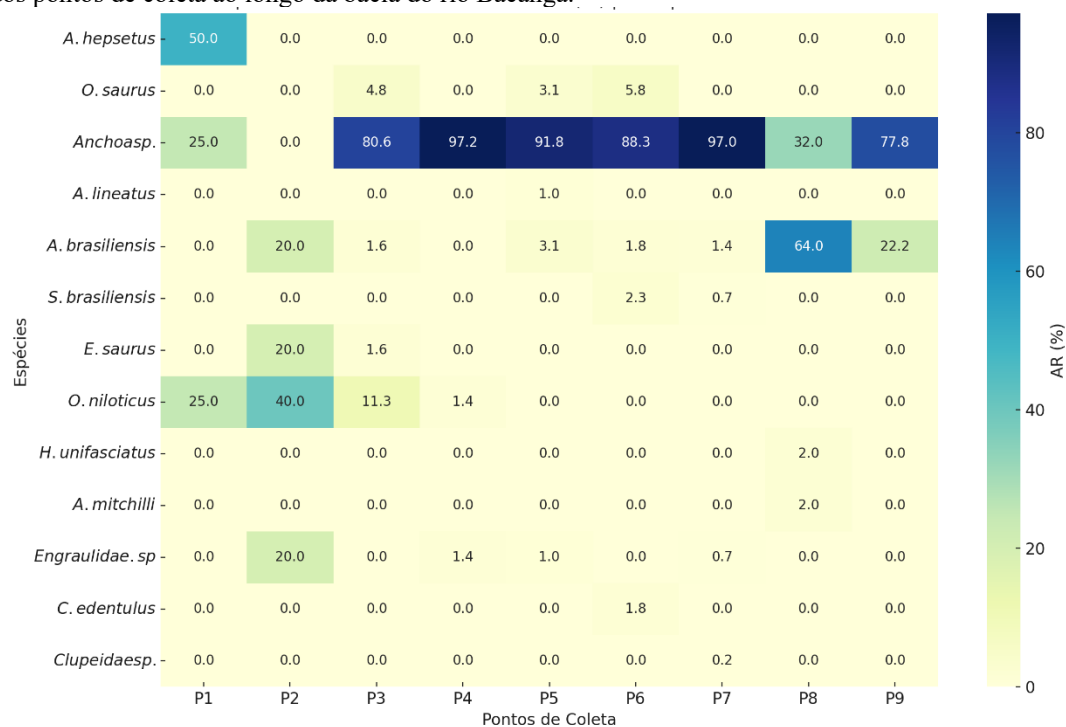
sp. foi a mais abundante em quase todos os pontos, apresentando os maiores valores de AR nos trechos P3 (80,6%), P4 (97,2%), P5 (91,8%), P6 (88,3%) e P7 (97%), evidenciando sua ampla dominância nas regiões centrais e a jusante do sistema (Figura 5).

Outras espécies apresentaram valores expressivos em pontos específicos. *O. saurus* teve destaque em P3 (4,8%), P5 (3,1%) e principalmente em P6 (5,8%). Já *O. niloticus* foi registrada com valores relativamente altos nos pontos P1 (25%), P2 (40%), P3 (11,3%) e P4 (1,4%), indicando presença nas regiões mais a montante da bacia.

Espécies como *A. brasiliensis* e *S. brasiliensis* apresentaram distribuição mais restrita, com destaque para P8, onde *A. brasiliensis* atingiu 64% de AR. Outras espécies como *A. mitchilli*, *H. unifasciatus* e *A. lineatus* mostraram valores baixos e/ou ocorrência pontual, geralmente abaixo de 2% de AR.

No geral observou-se baixa diversidade de espécies nos pontos P1 (4 indivíduos) e P9 (18 indivíduos), contrastando com a alta abundância de *Anchoa* sp. nos pontos centrais e a jusante, sugerindo um padrão espacial bem definido na estrutura do ictioplâncton ao longo da bacia.

Figura 5. Mapa de calor representando a abundância relativa (Ar%) para as espécies ictioplancônicas amostradas em cada um dos pontos de coleta ao longo da bacia do rio Bacanga.



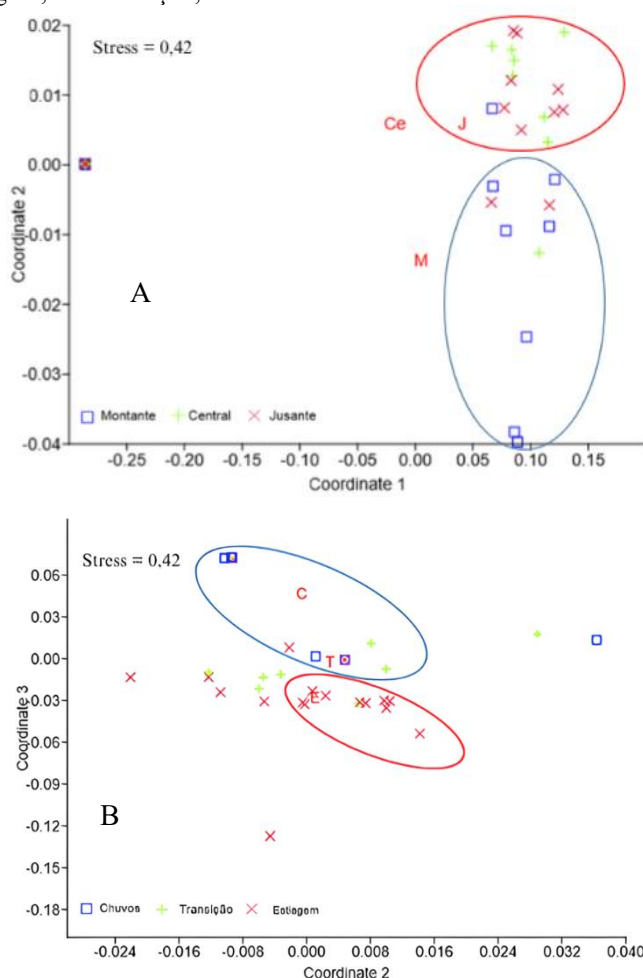
Fonte: Autoria própria

A Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) quando aplicada para verificar a similaridade entre os pontos, evidenciou a formação de dois grupos sendo um constituído pelos trechos

localizados nas áreas mais centrais (P4, P5 e P6) e a jusantes (P7, p8 e P9) da bacia e o segundo grupo com os pontos localizados mais a montante (P1, P2, P3) (Figura 6A). Do ponto de vista sazonal observou-se uma separação do grupo estiagem em relação ao período chuvoso e transição (Figura 6B).

A análise PERMANOVA two-way, indicou diferenças nos grupos formados tanto em relação à sazonalidade ($F_{\text{sazonal}} = 49,15$; $p < 0,000$) como em relação aos pontos de coleta ($F_{\text{local}} = 18,04$; $p = 0,03$). A interação entre os fatores sazonalidade e local de coleta não foi significativa ($F_{\text{interação}} = 0,34$; $p = 0,77$), indicando que a variação do ictioplâncton ocorre de forma independente entre os períodos sazonais e os diferentes setores do estuário.

Figura 6: Análise Multidimensional não Métrica (MDS) aplicados sobre os valores de abundância para das amostras coletadas na bacia hidrográfica do rio Bacanga, destacando a separação espacial (A) e sazonal (B). M = montante; Ce = central; J = jusante; E = estiagem; T = transição; C = chuvoso.



Fonte: Autoria própria

A análise SIMPER revelou que os ovos de peixes foram os principais responsáveis pela dissimilaridade entre os setores da bacia hidrográfica do Rio Bacanga, contribuindo com 30,27% a 39,8% da variação entre os grupos. A espécie *Anchoa sp.* também apresentou alta contribuição para

a diferenciação das áreas, com percentuais variando entre 27,18% e 33,47%. *O. niloticus* e *A. brasiliensis* foram outras espécies que contribuíram na estrutura do ictioplâncton, com médias superiores a 10% nas comparações entre montante, centro e jusante. A espécie *O. saurus* teve uma contribuição menor, porém relevante, principalmente na distinção entre centro e jusante. Esta análise foi feita com três percentuais de dissimilaridade: o primeiro com 83,5%, o segundo com 86,13% e o terceiro com 71,11%.

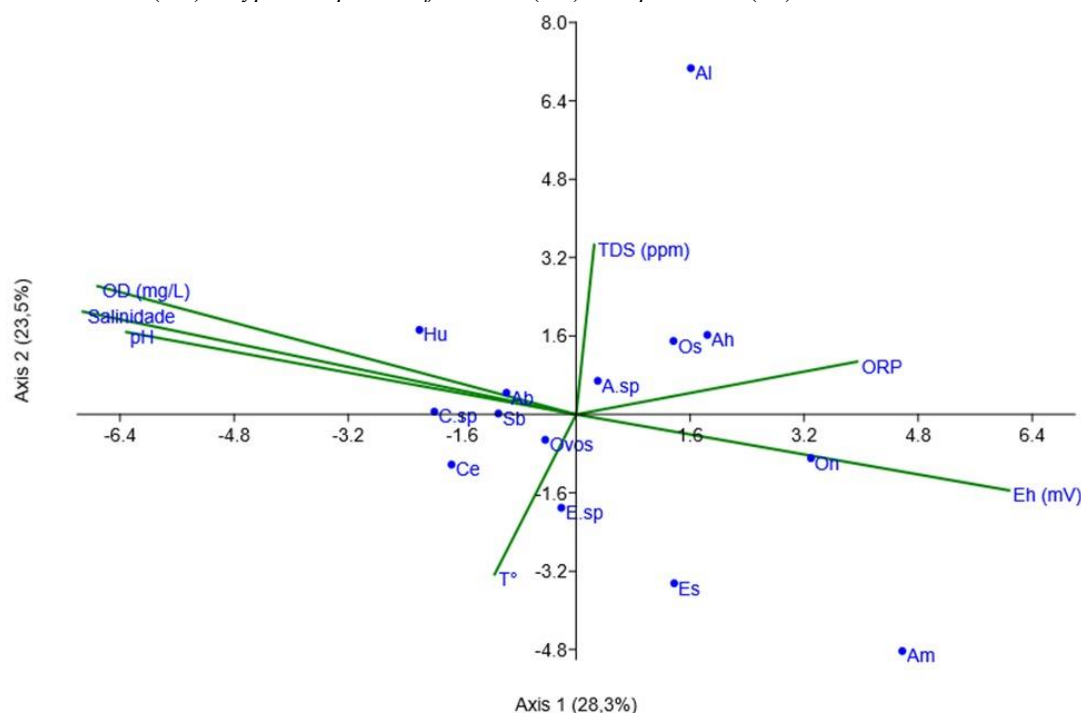
Tabela 2: Análise SIMPER (porcentagem de similaridade) avaliando as espécies que mais contribuíram para diferenciação espacial ao longo da bacia do Bacanga. M = trecho a montante, Ce – trecho central; J – pontos a jusante.

Taxon	Dissim. Média	Contrib. %	% cumulativa	média – M	média - Ce
Ovos	25,27	30,27	30,27	0,65	2,03
<i>Anchoa</i> sp	23,87	28,59	58,85	0,50	1,71
<i>O. niloticus</i>	14,26	17,08	75,93	0,46	0,06
<i>A. brasiliensis</i>	4,95	5,93	81,86	0,12	0,30
Taxon	Dissim. Média	Contrib. %	% cumulativa	média – M	média - J
Ovos	30,34	35,22	35,22	0,65	2,33
<i>Anchoa</i> sp	23,41	27,18	62,41	0,50	1,45
<i>O. niloticus</i>	11,05	12,83	75,24	0,46	0,00
<i>A. brasiliensis</i>	9,13	10,60	85,84	0,12	0,79

A CCA avaliou a influência das variáveis ambientais sobre a distribuição do ictioplâncton. O primeiro eixo explicou 28,3% e o segundo eixo explicou 23,5%, totalizando 51,8% da relação entre os fatores ambientais e os táxons.

A análise revelou que os táxons *H. unifasciatus* (Hu) e *A. brasiliensis* (Ab) apresentaram correlação positiva a gradientes de salinidade, oxigênio dissolvido (OD) e pH, como é explicado no eixo 2 (23,5%). O eixo 1 (28,3%) revelou uma correlação positiva dos ovos de peixe e da *Anchoa* sp. (A.sp.) com a variável TDS, indicando que maiores concentrações de sólidos dissolvidos totais favoreceram a presença desses táxons nessa região do estuário. A correlação do *O. saurus* (Os) e *A. hepsetus* (Ah) também é explicada por esse eixo, sugerindo que essas espécies ocorrem em locais com maior carga de TDS e maior potencial de oxirredução (ORP). O Eh (potencial redox), por sua vez, demonstrou uma correlação mais elevada com o *O. niloticus*, ocorrendo em trechos com condições mais redutoras, associadas à decomposição de matéria orgânica e regeneração de nutrientes. (Figura 7).

Figura 7: Análise de correspondência canônica explicando a correlação das variáveis ambientais sobre a distribuição do ictioplâncton na bacia hidrográfica do rio Bacanga. Parâmetros:- Salinidade - Potencial redox (Eh) – pH - Temperatura (T°) - Sólidos totais dissolvidos (TDS) - Potencial de oxidação-redução (ORP) - Oxigênio dissolvido (OD); Espécies: - *Anchoa hepsetus* (Ah) - *Anchoa mitchilli* (Am) - *Cetengraulis edentulus* (Ce) - *Engraulidae sp.* (E.sp) - *Sardinella brasiliensis* (Sb) - *Clupeidae sp.* (C.sp) - *Oligoplites saurus* (Os) - *Oreochromis niloticus* (On) - *Achirus lineatus* (Al) - *Atherinella brasiliensis* (Ab) - *Hyporhamphus unifasciatus* (Hu) - *Elops saurus* (Es) – Ovos.

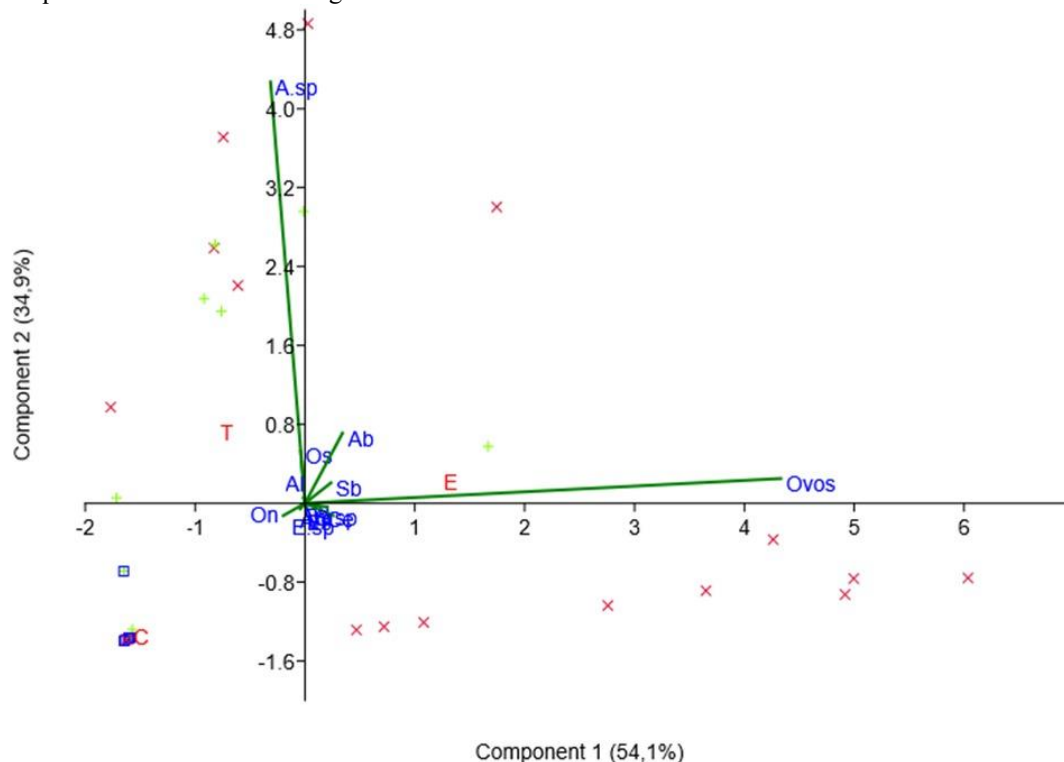


Fonte: Autoria própria

No que concerne a análise PCA, observou-se que o primeiro eixo explicou 54,1% da variância dos dados e o segundo eixo explicou 34,9%, totalizando 89% da variabilidade observada.

A análise revelou que os ovos de peixes e a *A. brasiliensis* (Ab), foram positivamente relacionados com o componente 1, estando mais associados ao período de estiagem. O Componente 2 (34,9%) indicou um padrão de variabilidade, explicando a presença da *Anchoa sp.* (A.sp.), que foi mais associada a este eixo, sugerindo que essa espécie se concentra no estuário especialmente durante o período de estiagem e transição. O taxa *O. niloticus* (On), espécie da água doce, foi a que mais se relacionou com o período chuvoso (Figura 8).

Figura 12: Análise de Componentes Principais (PCA) explicando a relação das espécies do ictioplâncton com a sazonalidade que atua na bacia rio Bacanga.



Fonte: Autoria própria

4 DISCUSSÃO

A distribuição espaço-temporal do ictioplâncton na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga revelou padrões ecológicos altamente estruturados por gradientes ambientais e regimes sazonais. A dominância expressiva de *Anchoa sp.*, aliada à elevada presença de ovos nos períodos de estiagem e transição, reforça o papel dessa bacia como uma importante área de desova e desenvolvimento larval para espécies estuarinas e marinhas. Essa concentração sazonal de ovos e larvas em determinados setores do estuário é consistente com padrões observados em outros sistemas tropicais e subtropicais, onde a estiagem favorece a retenção larval e o uso do estuário como berçário natural (Zhang et al., 2022; Arruda Júnior, 2023; Soares et al., 2014b).

As análises multivariadas evidenciaram uma compartimentalização ecológica clara entre os setores montante, central e jusante, demonstrando que variáveis como salinidade, oxigênio dissolvido, Eh e sólidos dissolvidos totais (TDS) atuam como forças estruturantes da comunidade ictioplanctônica (Batista, 2017; Zacardi & Ponte, 2021). A correlação direta de espécies-chave como *A. brasiliensis*, *O. saurus* e *O. niloticus* com essas variáveis ambientais reforça que, além da sazonalidade, a qualidade da água influencia significativamente a distribuição e abundância das larvas (Bot Neto 2023; Da Silva et al., 2024). Estudos em estuários sob influência de clima semiárido também indicam a salinidade como o principal fator estruturante da assembleia ictioplanctônica (Lima, 2022; Ayala, 2024).

Destacam-se especialmente os pontos centrais e a jusante do estuário (P5 a P8), que concentraram os maiores valores de abundância relativa e total de ovos e larvas, caracterizando-se como possíveis hotspots reprodutivos. A alta incidência de *Anchoa sp.* nessas regiões — inclusive em estágio larval inicial — indica que tais áreas funcionam como habitats críticos para o recrutamento, possivelmente favorecidas por gradientes salinos e elevada disponibilidade de alimento, como observado em outros estuários tropicais (Romero, 2002; Zhang et al., 2016). Resultados semelhantes foram registrados por De Oliveira et al. (2024) e Soares (2015), que também identificaram maior abundância larval em áreas próximas à foz, reforçando a importância da conectividade entre estuário e mar aberto para o sucesso reprodutivo das espécies.

A contribuição de espécies estuarinas e oportunistas, como *A. brasiliensis* e *O. saurus*, também foi evidenciada nas análises multivariadas. Enquanto *A. brasiliensis* apresentou maior afinidade por trechos a jusante, com salinidade elevada e substratos arenosos, *O. saurus* apareceu preferencialmente em pontos centrais do estuário, sob influência mista de água doce e salobra. Esses padrões são compatíveis com os relatos de Romero (2002), que classifica essas espécies como eurialinas com ampla tolerância a variações abióticas, sendo frequentes em estuários tropicais e subtropicais. A presença de larvas de *O. saurus* associada à alta abundância de Engraulidae, como *Anchoa sp.*, reforça seu papel como predador no nível trófico superior da cadeia alimentar estuarina (Arceo-Carranza e Chiappa-Carrara, 2015), evidenciando interações ecológicas complexas e a importância da estrutura trófica na manutenção dos processos de recrutamento.

A forte contribuição dos ovos de peixes e da *Anchoa sp.* para a dissimilaridade espacial observada na análise SIMPER confirma o papel dominante desse táxon na estrutura ictioplancônica da bacia do Bacanga. Essa dominância, especialmente expressiva nos trechos centrais e a jusante, reforça a hipótese de que essas áreas funcionam como habitats críticos para a desova e o desenvolvimento larval. Estudos anteriores em estuários da Amazônia Oriental e da costa nordestina também identificaram espécies do gênero *Anchoa* como o grupo predominante em ambientes com salinidade intermediária e elevados níveis de TDS, associando sua abundância à capacidade de tolerar variações ambientais acentuadas (Zacardi & Ponte, 2021; Lima, 2022). Essa plasticidade ecológica, aliada ao curto ciclo de vida e desova prolongada, contribui para o sucesso desse grupo em estuários tropicais influenciados por marés e atividades antrópicas.

A presença de espécies exóticas, como *O. niloticus*, em áreas com menor salinidade e maior impacto antrópico, levanta preocupações sobre possíveis alterações na estrutura da comunidade ictioplancônica e na competição com espécies nativas. Estudos indicam que a introdução de espécies não nativas pode afetar negativamente a biodiversidade local, alterando as dinâmicas ecológicas e

comprometendo a resiliência dos ecossistemas estuarinos (Vitule et al., 2009; Pelicice et al., 2014). A detecção de *O. niloticus* em estágios larvais no estuário do Rio Bacanga, sugere que essa espécie está se reproduzindo com sucesso no ambiente, o que pode ter implicações significativas para a conservação da ictiofauna nativa e para a gestão dos recursos pesqueiros locais, exigindo investigações mais profundas e constante monitoramento na área.

Ao mesmo tempo, registrou-se a presença de ovos pigmentados e larvas escurecidas por resíduos orgânicos nos pontos centrais da bacia (ANEXO I). Tal observação sugere influência direta de impactos antrópicos, como queimadas e lançamento de efluentes domésticos e industriais. Esse achado é particularmente relevante, pois indica que, mesmo áreas utilizadas como berçários naturais, estão sendo submetidas a cargas poluentes que podem comprometer o sucesso reprodutivo das espécies. A literatura aponta que elevadas concentrações de matéria orgânica e metais pesados podem afetar a flutuabilidade dos ovos, a eclosão e a viabilidade das larvas (Gilliers et al., 2006; Courrat et al., 2009; Le Pape et al., 2007), implicando riscos ecológicos para o recrutamento das populações de peixes na região. Essa evidência reforça a necessidade de programas de saneamento básico e monitoramento contínuo da qualidade da água na bacia do Bacanga.

A análise temporal revelou padrões contrastantes na relação entre ovos e larvas ao longo das campanhas. Em setembro/2023 e dezembro/2023, os períodos de estiagem e transição apresentaram alta abundância de ovos, especialmente de morfologia elipsoide típica da família Engraulidae, o que reforça a hipótese de que esses meses concentram os principais eventos reprodutivos no estuário (Palheta, 2005; Bonecker, 2005). Contudo, em setembro/2024 observou-se um pico de ovos, mas com uma notável redução no número de larvas, o que pode sugerir mortalidade elevada nos estágios iniciais ou dispersão larval acentuada. Esse descompasso, também relatado em outros estuários tropicais, pode estar associado a variações abruptas na qualidade da água ou a eventos climáticos pontuais que comprometem a sobrevivência embrionária (Le Pape et al., 2007; Zhang et al., 2022)

Espécies com baixa frequência, como *A. mitchilli*, *H. unifasciatus* e *A. lineatus*, demonstraram ocorrência pontual, geralmente inferior a 2% de AR, restritas a períodos ou locais específicos da bacia. O registro exclusivo de *A. mitchilli* durante o período chuvoso, por exemplo, pode indicar uma estratégia reprodutiva diferenciada, voltada para ambientes mais dulcícolas, como também uma tolerância fisiológica maior à baixa salinidade (El-Sayed, 2006).

A detecção esporádica dessas espécies pode ainda refletir processos estocásticos de recrutamento ou flutuações populacionais naturais, como discutido por Moser (1996) para larvas em estágio pré-flexão. Apesar de sua baixa frequência, a presença dessas espécies amplia a diversidade registrada para o estuário e pode indicar o uso eventual da bacia como habitat alternativo.

A ausência de interação significativa entre os fatores sazonalidade e local de coleta sugere que esses dois componentes atuam de forma independente na estruturação da comunidade ictioplanctônica. Esse padrão é relevante, pois indica que a distribuição e abundância do ictioplâncton na bacia respondem separadamente às pressões temporais (como variações no ciclo hidrológico) e espaciais (como o gradiente estuarino e os impactos antrópicos locais)

Trabalhos em outros estuários brasileiros também destacam essa independência entre fatores ambientais e espaciais, o que reforça a necessidade de estratégias de conservação que considerem ambos os eixos de variação (Zacardi & Ponte, 2021; Lima, 2022). Além disso, esse resultado confere robustez às inferências ecológicas deste estudo, apontando para a relevância dos setores centrais e a jusante como áreas prioritárias de manejo, independentemente do período do ano.

A influência da barragem do Bacanga sobre a conectividade longitudinal da bacia representa um fator ecológico relevante a ser considerado na dinâmica do ictioplâncton local. Embora os dados indiquem maior abundância de ovos e larvas nos setores centrais e a jusante, o ponto P9 — situado após a barragem — apresentou baixa diversidade e abundância, sugerindo que essa estrutura física pode estar contribuindo para a limitação da dispersão larval e da entrada de espécies marinhas nas áreas mais internas. Embora Batista (2017) e Zacardi & Ponte (2021) destaquem a importância de variáveis ambientais como salinidade e fluxo hidrológico na organização das assembleias ictioplanctônicas, Agostinho et al. (2008) evidenciou que barragens atuam como barreiras ecológicas, fragmentando os ecossistemas aquáticos e comprometendo a conectividade entre habitats reprodutivos, alimentares e de crescimento. Dessa forma, a presença da barragem do Bacanga pode estar interferindo na funcionalidade ecológica do estuário, impactando os processos de recrutamento e a manutenção da diversidade ictioplanctônica, reforçando a necessidade de revisão das estratégias de operação das comportas, de modo a assegurar regimes de vazão que favoreçam a renovação da água, sua autodepuração e a resiliência dos serviços ecossistêmicos.

Diante dos resultados obtidos, fica evidente que a bacia do rio Bacanga abriga uma comunidade ictioplanctônica estruturada espacial e temporalmente por fatores ambientais e antrópicos. A predominância de *Anchoa sp.*, a expressiva ocorrência de ovos em determinados períodos e a compartimentalização ecológica ao longo do gradiente estuarino reforçam a importância do sistema como área de desova, desenvolvimento larval e potencial recrutamento para diversas espécies. Ao mesmo tempo, a influência de pressões como a poluição difusa, a presença de espécies exóticas e a limitação da conectividade provocada pela barragem evidenciam vulnerabilidades que podem comprometer a funcionalidade ecológica do estuário. Esses achados destacam a necessidade urgente de ações integradas de monitoramento, conservação e gestão ambiental para garantir a

sustentabilidade ecológica e pesqueira da bacia, bem como sua resiliência frente às mudanças ambientais em curso.

5 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa demonstram que a estrutura e distribuição do ictioplâncton na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga são fortemente influenciadas por gradientes ambientais, sazonalidade e impactos antrópicos. Salinidade, oxigênio dissolvido e pH se destacaram como variáveis determinantes na composição larval, evidenciando o papel do estuário como importante área de desova e desenvolvimento inicial, especialmente nos setores centrais e a jusante (P5 a P8), identificados como possíveis hotspots reprodutivos.

A presença dominante de *Anchoa* sp. e de ovos de peixes, associada às respostas detectadas pelas análises multivariadas, confirma o ictioplâncton como um sensível bioindicador da qualidade ambiental da bacia. A sazonalidade influenciou diretamente a abundância relativa das espécies, com maior riqueza e abundância relativa registradas durante os períodos de estiagem e transição.

Os dados obtidos reforçam a urgência de estratégias integradas de conservação e gestão ambiental, com foco no ordenamento do uso do solo, saneamento básico e controle de cargas poluentes — especialmente nas áreas montante e central da bacia. Tais ações são fundamentais para garantir a resiliência ecológica do sistema e a sustentabilidade pesqueira local, com impactos positivos diretos nas comunidades ribeirinhas.

Este estudo contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 14 – Vida na Água, ao identificar áreas prioritárias para conservação e reprodução de espécies aquáticas, e o ODS 6 – Água Potável e Saneamento, ao destacar a relação entre qualidade da água e funcionalidade ecológica do estuário. Ao reconhecer o Bacanga como um ecossistema estratégico para a biodiversidade e a segurança alimentar, os resultados fortalecem a base científica para ações de proteção e uso sustentável dos recursos aquáticos da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI/UFMA), ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFMA), ao Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton (LIZIC/UFMA), e ao Laboratório de Ciências e Planejamento Ambiental (LACPLAM/UFMA).

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A., PELICICE, F. M., & GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 1119-1132. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>, 2008.
- AHLSTROM, ELBERT H.; MOSER, H. GEOFFREY. Characters useful in identification of pelagic marine fish eggs. *CalCOFI rep*, v. 21, p. 121-131, 1980. Disponível em: https://calcofi.org/downloads/publications/calcofireports/v21/Vol_21_Ahlstrom___Moser.pdf.
- ALBUQUERQUE, P. D. T. D. F. Avaliação de impactos ambientais em um estuário neotropical do litoral de Pernambuco, Nordeste do Brasil, 2021. Disponível em: http://www.pgpa.ufrpe.br/sites/ww2.pgpa.ufrpe.br/files/documentos/tese_paulo_de_tarso_definitiva.pdf.
- ANDERSON, M.J., ELLINGSEN, K.E. AND MCARDLE, B.H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, 9: 683-693, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00926.x>.
- ARCEO-CARRANZA, DANIEL; CHIAPPA-CARRARA, XAVIER. Ecologia alimentar de peixes marinhos juvenis em uma lagoa costeira rasa do sudeste do México. *Revista Latino-Americana de Pesquisa Aquática*, v. 43, n. 4, p. 621-631, 2015.
- ARRUDA JÚNIOR, J. P. V. Ichthyoplankton community in tropical estuaries of the brazilian semiarid coast during extreme events: drought and heavy rainfall. 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/71606>. Dissertação.
- AYALA, LAURA GUARAGNI. Estrutura do ictioplâncton no estuário do rio Tramandaí e na zona de surfe, Rio Grande do Sul. 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/272615>. Monografia.
- BATISTA, R. A. L. Variação sazonal da distribuição de salinidade, temperatura, turbidez, OD e clorofila no estuário do rio Capibaribe, PE-BR. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/31881>. Dissertação.
- BOT NETO, R. L.; CATTANI, A. P.; SPACH, H. L.; CONTENTE, R. F.; CARDOSO, O. R.; MARION, C.; SCHWARZ JÚNIOR, R. Patterns in composition and occurrence of the fish fauna in shallow areas of the São Francisco River mouth. *Biota Neotropica*, v. 23, n. 2, e20221387, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1387>.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- BUTLER J. L., JACOBSON L. D., BARNES J. T., MOSER H. G. Biology and Population Dynamics of Cowcod (*Sebastes Levis*) in the Southern California Bight. *Fish. Bull.* 101 (2), 260–280, 2003.
- CABRAL, P. F. P., SILVA, M. H. L., SILVA, I. S., & CASTRO, A. C. L. Evaluation of Heavy Metals in Streams of the Bacanga and Cachorros Watersheds in São Luís, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105, 299-306. DOI: 10.1007/s00128-020-02932-8, 2020.

CHAMBERS, R. C., and TRIPPEL, E. A. “Early Life History and Recruitment: Legacy and Challenges,” in *Early Life History and Recruitment in Fish Populations* (London: Chapman and Hall), 515–549. DOI: 10.1007/978-94009-1439-1_19, 1997.

CHAGAS, Q. A. S. L.; ALMEIDA, C.S.; MATA, C. C. I. B. A vulnerabilidade ambiental sobre a prática da pesca nas comunidades ribeirinhas. *Revista FT. Ciências Humanas, Ciências Sociais*, v. 27, n. 128, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.10246128. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10246128>.

CLARKE, K. ROBERT; WARWICK, RICHARD M. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine biology*, v. 118, p. 167-176, 1994.

CLARKE, K.; GORLEY, R. Primer v5: user manual/tutorial (Plymouth, UK: Primer-E). PRIMER v5: User manual/tutorial. *PRIMER-E*, Plymouth, UK, 2001.

COELHO, C. J. C.; DAMÁZIO, E. Aspectos da Disponibilidade e dos Usos da Água na bacia do Bacanga/Ilha do Maranhão (Ilha de São Luís) – MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 19:73-84, 2006.

COURRAT, A.; Lobry, J.; Nicolas, D.; Laffargue, P.; Amara, R.; Lepage, M.; Girardim, O.L. & Le Pape, O. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, 81(2), 179– 190. 2009. DOI:10.1016/j.ecss.2008.10.017.

DA SILVA, P.R.L. Instituto Neotropical de Pesquisas Ambientais. Monitoramento do ictioplâncton da UHE Tibagi Montante, Tibagi Energia Energia. Toledo/PR. Monitoramento Limnológico, Qualidade da Água e Ictiofauna. *Ciência Geográfica*, 2023. Disponível em: link para o artigo. Acesso em: 26 abr, 2024.

DE OLIVEIRA, J.; HERMES-SILVA, S.; SILVA, F. O.; LOPES, C. A.; ZANIBONI-FILHO, Evoy. Distribuição do ictioplâncton em um trecho fragmentado de rio em uma bacia hidrográfica semiárida brasileira. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 50, e868, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.50.e868>. 2024. Acesso em: jan/2025.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, 277 p, 2006.

FAHAY, M. P. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, Capes Hatteras to the Southern Scotian Shelf. *J. Northw. Atl. Fish Sci.*, vol.4, 419p, 1983.

GILLIERS, C.; LE PAPE, O.; DÉ SAUNAY, Y.; MORIN, J.; GUÉRAULT, D. & AMARA, R. Are Growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. Estuarine, *Coastal and Shelf Science* 69, 96–106, 2006.

HAMMER, OYVIND; HARPER, DAVID AT. Paleontological data analysis. John Wiley & Sons, 2024.

HIDROQUÍMICA, In: Hidroquímica da Região de Coronel Murta. Repositório Institucional da UFMG. pág. 38 – 56, 2009.

IBGE. Dados Censitários do Município de São Luís, 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br.

LE PAPE, O., GILLIERS, C., RIOU, P. et al. Convergent signs of degradation in both the capacity and the quality of an essential fish habitat: state of the Seine estuary (France) flatfish nurseries. *Hydrobiologia* 588, 225–229, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0665-y>.

LECHNER, A., KECKEIS, H., & HUMPHRIES, P. Patterns and processes in the drift of early developmental stages of fish in rivers: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 26(3), 471–489, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9437-y>.

LEIS, J. M. & CARSON-EWART, B. M. The Larvae of Indo-Pacific Coastal Fishes: An Identification Guide to Marine Fish Larvae. *Fauna Malesiana Handbooks*. Brill, Leiden. 2000.

LEWIS, L. A., RICHARDSON, D. E., ZAKHAROV, E. V., & HANNER, R. Integrating DNA barcoding of fish eggs into ichthyoplankton monitoring programs. *Fishery Bulletin*, 114(2), 153–165, 2016. <https://doi.org/10.7755/FB.114.2.3>.

LIMA, L.G. Padrões de distribuição de assembleias ictioplanctônicas em dois estuários tropicais do semiárido. 2022. 126 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, *Seropédica*, 2022. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/9236>.

MARANHÃO. Governo do Estado do Maranhão. Atlas Geográfico do Maranhão, 2002.

MARREIRA, R. G., LUVIZOTTO-SANTOS, R., & NASCIMENTO, A. R. Microbiological condition of the catfish *Sciades herzbergii* from Bacanga Lagoon, Northeastern Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 43(4), 502-512. DOI: 10.20950/1678-2305.2017v43n4p502, 2017.

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.

NASCIMENTO, J. D. O. Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA) como ferramenta de contribuição às políticas públicas de desenvolvimento e conservação na bacia do rio Bacanga, São Luís. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 95p., 2010.

NEVES, I.D.; NEVES, A.R.M.; BARBOSA, A.V.F. Análise dos impactos socioambientais da construção, operação e manutenção da barragem do Bacanga na cidade de São Luís - MA. In: SEMANA DE ENGENHARIA DO MARANHÃO, 7., 2019, São Luís. Anais [...]. São Luís: UFMA, 2019. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/viisengema/196474> - Análise dos impactos socioambientais da construção, operação e manutenção da barragem do Bacanga na cidade de São Luís-MA. Acesso em: 09 set. 2023.

OLIVAR, M. P.; FORTUÑO, J. M. Guide to ichthyoplankton of the southeast atlantic (benguela current region). *Scientia Marina*. Vol. 55. Nº 1. Spain. Instituto de Ciências del Mar. 387p., 1991.

PALHETA, G.D.A. "Composição e distribuição espaço temporal de ovos e larvas de peixes, nos estuários dos Rios Curuçá e Muriá (Curuçá-Pará)." (2005).

PELICICE, F.M.; VITULE, J.R.S.; LIMA JUNIOR, D.P.; ORSI, M.L.; AGOSTINHO, A.A. A serious new threat to Brazilian freshwater ecosystems: The naturalization of nonnative fish by decree. *Conservation Letters*, v. 7, n. 1, p. 55-60, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12029>.

PEREIRA, C. R. P. Planejamento urbano e gestão de risco de inundação na bacia hidrográfica do Rio Bacanga – São Luís, MA. *Geoconexões*, [S. l.], v. 1, n. 18, p. 129–150, 2024. DOI: <https://doi.org/10.15628/geoconexes.2024.14985>.

PIDU. Plano Integrado de Desenvolvimento Urbano de São Luís-PIDU. São Luís: Prefeitura Municipal de São Luís, 300p., 1995.

POMBO L., ELLIO M., REBELO E. Changes in the Fish Faunal of the Ria De Aveiro Estuarine Lagoon (Portugal) During the Twentieth Century. *J. Fish Biol.* 61, 167–181, 2002. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2002.tb01769.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01769.x).

RICHARDS, W.J. (Ed.). Early Stages of Atlantic Fishes: An Identification Guide for the Western Central North Atlantic, Two Volume Set (1st ed.). *CRC Press*, 2005. <https://doi.org/10.1201/9780203500217>.

ROMERO, P. An etymological dictionary of taxonomy. Madrid, unpublished, 2002.

SHAN X. J., XIAN W. W., WU Y. F. Progress of Studies on Ichthyoplankton Ecology of Changjiang River Estuary. *J. Oceanol. Limnol.* 0 (4), 87–93, 2004. DOI: [10.13984/j.cnki.cn37-1141.2004.04.015](https://doi.org/10.13984/j.cnki.cn37-1141.2004.04.015).

SHEAVES, M., BAKER, R., NAGELKERKEN, I., & CONNOLLY, R. M. True value of estuarine and coastal nurseries for fish: incorporating complexity and dynamics. *Estuaries and Coasts*, 38(2), 401–414, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12237-014-9846-x>.

SILVA, G. S., CÔRREA, L. B., MARQUES, A. L. B., MARQUES, E. P., NUNES, M. L. F., SOUSA, E. R., & SILVA, G. S. The Role of Metals and their Fractions in the Bacanga River Estuary: an Example of the Anthropogenic Interference in a Tropical Ecosystem. *Revista Virtual de Química*, 7(4), 1145–1162, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150063>.

SOARES, L. SILVA; BANDEIRA, A. M.; SILVA, M. H.L; CASTRO, A. C. L. Análise integrada e problemas socioambientais da bacia hidrográfica do Bacanga, São Luís - MA. REDE - *Revista Eletrônica do PRODEMA*, Fortaleza, v. 1, n. 15, p. 138-150, ago., 2021. DOI: [1022411/rede2021.1501.12](https://doi.org/10.1022411/rede2021.1501.12).

SOARES, R. D. B., CUTRIM, M. V. J., & SILVEIRA, P. C. A. Comunidade ictioplancônica da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga na cidade de São Luís, Maranhão, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 8(1), 75-86, 2014a. Disponível em: <http://www.revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca>.

SOARES, R. D. B., CUTRIM, M. V. J., & SILVEIRA, P. C. A. Diversidade de larvas de peixes da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga (Maranhão – Brasil). *Revista de Ciências Ambientais*, 8(2), 5-19, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.18316/1436>.

SOARES, R.D.B. Diversidade de Larvas de Peixes da Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga (Maranhão–Brasil). *Revista de Ciências Ambientais*, v. 8, n. 2, p. 05-19, 2015.

TEIXEIRA, A. F., ROSA, D. T. V., DIAS, L. N., & CASTRO, A. C. L. Impactos da ocupação humana na sub-bacia do Rio Maracanã, pertencente à bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís - MA. *Revista Territorium Terram*, 7(13), 574–586, 2024. Disponível em: https://seer.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5447.

VALENTIN J. L. Ecologia Numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. *Ed Interciencia*, 154p., 2012.

VITULE, J. R. S.; FREIRE, C. C. A.; Simberloff, D. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, v. 10, n. 1, p. 98-108, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-29792008.00312.x>.

YANG G., WU J., GAO M. Effects of the Three Gorges Project on Sedimentary Structure and Geochemical Characteristics in the Yangtze Estuary. *Study Marina Sin.* 33, 69–108, 1992.

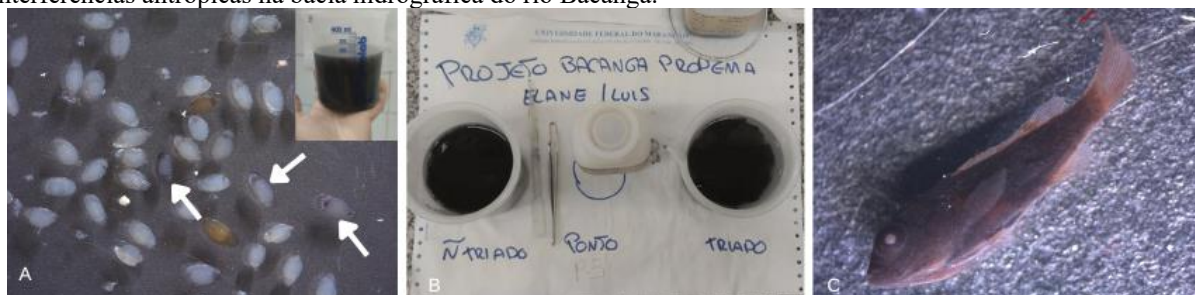
ZACARDI, D. M.; DA PONTE, S. C. S. Seasonality determines patterns of composition and abundance of ichthyoplankton in Maiká lake, Eastern Amazon. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 16, n. 1, p. 37-51, 2021.

ZHANG, H., XIAN, W., & LIU, S. Autumn ichthyoplankton assemblage in the Yangtze Estuary shaped by environmental factors. *PeerJ*, 4, e1922, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.1922>

ZHANG, H., WANG, Y., LIANG, C., LIU, S., & XIAN, W. Estuarine Ichthyoplankton studies—a review. *Frontiers in Marine Science*, 9, 794433, 2022. DOI: 10.3389/fmars.2022.794433.

ANEXOS

Anexo 1: Ovos de peixes (A), amostra em processo de triagem (B) e larvas de peixes (C) com pigmentação escura, oriunda de interferências antrópicas na bacia hidrográfica do rio Bacanga.



Fonte: Arquivo pessoal, (2024).