



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

ELANE PAULO DA SILVA

**DISTRIBUIÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON NA BACIA DO RIO BACANGA E SUA
RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO DA PESCA NA AMAZÔNIA COSTEIRA**

São Luís - MA

2025

ELANE PAULO DA SILVA

**DISTRIBUIÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON NA BACIA DO RIO BACANGA E SUA
RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO DA PESCA NA AMAZÔNIA COSTEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo.

Coorientador(a): Prof^ª. Dr.^a Paula Cilene Alves da Silveira.

São Luís - MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Paulo da Silva, Elane.

DISTRIBUIÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON NA BACIA DO RIO BACANGA E SUA RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA PESCA NA AMAZÔNIA COSTEIRA / Elane Paulo da Silva. - 2025.

91 p.

Coorientador(a) 1: Paula Cilene Alves da Silveira.

Orientador(a): James Werllen de Jesus Azevedo.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

1. Larvas de Peixes. 2. Impactos Antrópicos. 3. Conservação. 4. Biodiversidade. 5. Uso e Ocupação. I. Alves da Silveira, Paula Cilene. II. de Jesus Azevedo, James Werllen. III. Título.

ELANE PAULO DA SILVA

**DISTRIBUIÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON NA BACIA DO RIO BACANGA E SUA
RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA A
CONSERVAÇÃO DA PESCA NA AMAZÔNIA COSTEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. James Werllen de Jesus Azevedo – Orientador
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a. Dr.^a Flávia Rebelo Mochel - Membro Interno
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Caio Lourenço - Membro Externo
Instituto Federal do Maranhão

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu Deus, que em Cristo Jesus, me fortaleceu, nunca me deixou só, e não me deixou desistir! O que seria de mim sem esse grande amor! Dedico à minha mãe. Seu amor excepcional foi fundamental nessa jornada! Aos meus irmãos, que fazem parte da minha base familiar. A todos vocês, minha gratidão e amor!

AGRADECIMENTOS

A primícia da minha gratidão é ao meu Deus, autor da minha fé. Sem Ele, “*nada do que foi feito, se fez*”. Todo e qualquer desafio superado em minha vida, se deve a Ele, que em Cristo Jesus, sustentou-me em seus braços. Cada porta aberta, e também as fechadas, agradeço a Deus, que em sua presciência, sabe o que precisamos, antes mesmo de pedirmos. Ao “dono de toda ciência, sabedoria e poder”, seja meu louvor de gratidão, para sempre!

À minha mãe, Francisca Giudete Paulo da Silva, que incansavelmente, luta, torce e age (em oração e amor) por mim. Ela é meu suporte, e sempre acreditou em mim, mesmo nas vezes em que eu vacilei e desanimei, mas por ela, levantei e segui em frente. É imensurável a minha gratidão por essa mulher maravilhosa, que Deus me deu como mãe. Te amo para sempre, dona Giudete! Aos meus irmãos Evandro Paulo, Cecília Paulo, Celianne Paulo e Gilvana Darlene (tia/irmã), que sempre oraram, acreditaram e torceram por mim, e se alegraram com cada uma das minhas conquistas. Amo todos vocês! Aos meus sobrinhos Aline Emanuely, Arthur França, André Phillipe e Esther Emilly, que a exemplos dos seus pais, torceram sempre pela titia deles, que tanto os ama. À minha avó (*In memoriam*), que também orava por mim, porém não pôde me ver mestra, mas sei que hoje, ela ficaria muito feliz por essa conquista. A todos os meus familiares, que sabem das minhas lutas, e da importância dessa vitória.

Aos meus orientadores, professor James Werllen de Jesus Azevedo e professora Paula Cilene Alves da Silveira, duas pessoas que Deus colocou em meu caminho na academia, e que foram verdadeiras bússolas de sabedoria na minha orientação! Foram essenciais para que eu alcançasse essa conquista. A paciência e a humildade de vocês são inspiradoras, e eu fui agraciada por tê-los com orientadores! À minha conselheira acadêmica (ex-coorientadora) Delzenira Silva do Nascimento da Costa, seus conselhos são sempre muito sábios! Sempre aprendo muito com você, e isso não é só sobre ciência, mas sobre a vida, e sobre o temor a Deus! Minha gratidão pela sua generosidade, paciência e boas risadas, sempre!

Ao Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton (LIZIC), que me deu todo suporte necessário para o desenvolvimento desta pesquisa, e aos meus colegas: Leandro, Luís Henrique, Manu, Rafaela, Ana Thanielly, Gabi, Natan e Wendew, que tornaram a triagem dos organismos da minha pesquisa e os dias corridos na universidade, mais leves. A companhia de vocês na triagem das amostras, no dia a dia e nos almoços no “RU” foi essencial, não irei esquecer! E aqui, destaco o meu parceiro de pesquisa, Luís Henrique. A paciência e suavidade em pessoa! Ana Thanielly pela ajuda nas fotos dos organismos e Natan, que caiu em campo comigo no questionário com os pescadores. Vocês são demais! Ainda sobre a aplicação de questionários, quero destacar minha gratidão ao Iarly Patrick Vera Cruz, do Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros (LABIRPesq), uma pessoa sensacional, de uma educação e sensibilidade admiráveis! Deus é bom demais em ter movido seu coração para me ajudar! Seria bem difícil se você não tivesse me socorrido (risos)! A minha gratidão também se estende ao Laboratório de Biogeociclos dos Constituintes Químicos da Água (LABCICLOS), que nos emprestou um de seus equipamentos, e dois estagiários da oceanografia (Rebeca e Moisés) para operá-lo, nos auxiliando nas coletas. Foi fundamental o apoio, dedicação e profissionalismo de vocês!

Agradeço ao Júnior, nosso piloto da lancha, colaborador e grande parceiro! Navegar o rio Bacanga sem você, seria complicado! Sua experiência, habilidade e rapidez, foram bênçãos na minha vida, não só em campo, como também no departamento, sempre cuidadoso, não esquecerei!

Às amigas de turma que o mestrado PRODEMA me deu: Suellen Ribeiro, Dione Milena, a vida de vocês é inspiradora! Vocês são verdadeiros presentes de Deus para mim! Obrigada pelas muitas vezes que me abraçaram e me pegaram pela mão, em momentos que foram difíceis e desafiadores nessa jornada. Nossa amizade foi selada nesse percurso, e não acabará com o fim desse mestrado! Vou levar para a vida! Aos meus colegas de turma: Igor Thomas, Natália Braga, Yara Castro, Henrique Chaves, Gutemberg Van Basten, Larissa Pinheiro, Marina Carvalho, Deoclides Dias, Rafael Amorim, Juliana Neves, Valéria Galdino e Milena Pereira, vencemos vários desafios como turma. Foi uma turma sintonizada e muito especial!

Aos professores do PRODEMA/UFMA, pelo conhecimento, profissionalismo e dedicação. Aprender com Antônio Carlos Leal de Castro, Arkley Marques Bandeira, Cláudia Klose Parise, Edson Vicente da Silva, Flávia Rebelo Mochel, James Werllen de Jesus Azevedo, José Aquino Júnior, Katiene Régia Silva Sousa, Larissa Nascimento Barreto, Leonardo Gonçalves de Lima, Leonardo Soares, Marcelo Henrique Lopes Silva, Samara Aranha Eschrique e Victor Elias Mouchrek Filho, foi recompensador! Ressalto o carinho especial e a atenção da professora Flávia Rebelo Mochel. Fui abençoada, todas as vezes que a senhora me abraçou e se importou comigo. Minha sincera gratidão!

Minha gratidão se estende também à coordenação inicial do PRODEMA, na época com a Profª Samara Aranha, e à coordenação atual, profº James Werllen, bem como a secretária Yasmin Bastos, sempre muito solícita, prestativa e excelente profissional!

Agradeço também a dona Rita Holanda, colaboradora do DEOLI, uma mulher guerreira, batalhadora e muito prestativa, e por causa dela, agradeço também às pessoas que tornaram a minha volta para casa mais confortável, Rodrigo, Carlinhos, e ela, dona Rita, que possibilitou esse elo. Como foi bom e abençoado voltar tranquila para casa, na carona de vocês!

Expresso também a minha gratidão à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e ao Departamento de Oceanografia e Limnologia (DEOLI), fui forjada pelos dias de lutas nessa academia, sempre com muito conhecimento e aprendizado. *“Sobre os ombros de gigantes”*, a *“vida é combate, que os fracos abate, que os fortes, os bravos, só pode exaltar”* (Gonçalves Dias). Saio dessa jornada, muito melhor do que quando entrei!

Por fim, agradeço a todos que me apoiaram e me ajudaram, direta ou indiretamente, que passaram pela minha vida, e os que ainda estão, e ajudaram a tornar esse dia viável. *“Nenhum dever é mais importante do que agradecer”* (Cícero). *“Em tudo daí graças, porque esta é a vontade de Deus para vocês em Cristo Jesus”* (1 Tessalonicenses 5:18).

EPÍGRAFE

O RIO E O OCEANO

Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no oceano, ele treme de medo.

*Olha para trás, para toda a jornada, os cumes das montanhas,
o longo caminho sinuoso através das florestas, através dos
povoados, e vê à sua frente um oceano tão vasto que entrar
nele nada mais é do que desaparecer para sempre.*

Mas não há outra maneira.

O rio não pode voltar.

Ninguém pode voltar.

*Voltar é impossível na existência. Você
pode apenas ir em frente.*

O rio precisa se arriscar e entrar no oceano.

*E somente quando ele entra no oceano é que o medo
desaparece.*

*Porque apenas então o rio saberá que não se trata de
desaparecer no oceano, mas tornar-se oceano.*

*Por um lado, é desaparecimento e por outro lado é
renascimento*

(Osho).

RESUMO

A Amazônia maranhense sofre com a fragmentação da vegetação em suas bacias hidrográficas. A costa amazônica brasileira, rica em manguezais, abriga uma vasta e complexa rede de rios e estuários. A região amazônica no Maranhão perdeu mais de 75% da cobertura florestal original devido ao desmatamento ilegal e à urbanização desordenada, gerando ocupação de áreas sensíveis, impactos socioambientais, saneamento precário e comprometimento dos corpos d'água e da saúde pública. Este estudo investigou a relação entre as alterações da paisagem na bacia do rio Bacanga e a abundância/distribuição de ovos e larvas de peixes, considerando o uso e ocupação do solo. O objetivo foi analisar a interferência na sustentabilidade da pesca local, utilizando uma abordagem qualitativa-quantitativa, com foco na interação com pescadores da região. A bacia do Bacanga, estratégica para São Luís, é socioambientalmente importante por sua cultura, unidade de conservação, sítios arqueológicos, rede hídrica, biodiversidade e pesca. Contudo, pressões antrópicas ameaçam a pesca artesanal, essencial para a subsistência de famílias na região Itaqui-Bacanga. Este estudo, devido à sua importância interdisciplinar, apresenta dois capítulos. O primeiro, "Padrões sazonais e espaciais do ictioplâncton no estuário do rio Bacanga, Brasil: controles ambientais e desafios de conservação", investiga a distribuição de ovos e larvas de peixes na bacia. Os resultados indicam que a abundância e composição do ictioplâncton são influenciadas pela sazonalidade e espacialidade, com maior concentração a jusante e em períodos de transição. Observou-se impactos antrópicos como ovos e larvas pigmentadas, devido influências antrópicas, e presença de espécies exóticas. As espécies *Anchoa sp.* e *Atherinella brasiliensis* foram dominantes na bacia do Bacanga. O segundo capítulo, "Interferências antrópicas e conservação de locais de desova na bacia hidrográfica do rio Bacanga: um estudo sobre a sustentabilidade da pesca local", realizou a coleta de ictioplâncton em quatro campanhas sazonais (2023-2024). Complementarmente, foram aplicados questionários aos pescadores, afim de investigar suas percepções sobre a pesca, e os impactos ambientais na bacia. A análise de uso e ocupação do solo em três décadas, demonstrou expansão urbana e redução da vegetação natural, especialmente dos manguezais. A CCA revelou influência dessas alterações na distribuição espacial de ovos e larvas de peixes, com espécies específicas associadas a ambientes menos antropizados. As entrevistas com pescadores indicaram declínio de espécies tradicionais e o surgimento de outras incomuns, sugerindo mudanças na composição ictiológica. Ficou evidente a percepção dos pescadores sobre os impactos da poluição local na pesca e a importância da integração entre o conhecimento científico e o saber tradicional, para subsidiar estratégias de conservação em locais de desova, promovendo a sustentabilidade da pesca regional por meio de abordagens socioambientais.

Palavras-chave: Larvas de peixes, Impactos Antrópicos, Conservação, Biodiversidade, Uso e Ocupação.

ABSTRACT

The Amazon region of Maranhão is suffering from fragmentation of vegetation in its river basins. The Brazilian Amazon coast, rich in mangroves, is home to a vast and complex network of rivers and estuaries. The Amazon region in Maranhão has lost more than 75% of its original forest cover due to illegal deforestation and disorderly urbanization, leading to the occupation of sensitive areas, socio-environmental impacts, poor sanitation, and the compromise of water bodies and public health. This study investigated the relationship between landscape changes in the Bacanga River basin and the abundance/distribution of fish eggs and larvae, considering land use and occupation. The objective was to analyze the interference in the sustainability of local fishing, using a qualitative-quantitative approach, focusing on the interaction with fishermen in the region. The Bacanga basin, strategic for São Luís, is socio-environmentally important for its culture, conservation unit, archaeological sites, water network, biodiversity and fishing. However, anthropogenic pressures threaten artisanal fishing, which is essential for the subsistence of families in the Itaqui-Bacanga region. This study, due to its interdisciplinary importance, presents two chapters. The first, "Seasonal and spatial patterns of ichthyoplankton in the Bacanga River estuary, Brazil: environmental controls and conservation challenges", investigates the distribution of fish eggs and larvae in the basin. The results indicate that the abundance and composition of ichthyoplankton are influenced by seasonality and spatiality, with higher concentration downstream and in transition periods. Anthropogenic impacts were observed, such as pigmented eggs and larvae, due to anthropic influences, and the presence of exotic species. The species *Anchoa* sp. and *Atherinella brasiliensis* were dominant in the Bacanga basin. The second chapter, "Anthropogenic interference and conservation of spawning grounds in the Bacanga River basin: a study on the sustainability of local fishing", carried out the collection of ichthyoplankton in four seasonal campaigns (2023-2024). Additionally, questionnaires were administered to fishermen to investigate their perceptions about fishing and the environmental impacts on the basin. The analysis of land use and occupation over three decades demonstrated urban expansion and reduction of natural vegetation, especially mangroves. The CCA revealed the influence of these changes on the spatial distribution of fish eggs and larvae, with specific species associated with less anthropized environments. Interviews with fishermen indicated a decline in traditional species and the emergence of uncommon ones, suggesting changes in the ichthyological composition. The fishermen's perception of the impacts of local pollution on fishing and the importance of integrating scientific knowledge and traditional knowledge to support conservation strategies in spawning grounds, promoting the sustainability of regional fishing through socio-environmental approaches, became evident.

Keywords: Fish larvae, Anthropogenic Impacts, Conservation, Biodiversity, Use and Occupation.

SUMÁRIO

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	13
II. OBJETIVOS.....	15
Geral.....	15
Específicos	15
III. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
Área de Estudo	15
Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga.....	16
Uso e Ocupação do Solo.....	18
Ecologia do Ictioplâncton e Impactos do Uso e Ocupação.....	21
IV. REFERÊNCIAS.....	24
V. CAPÍTULO 1.....	33
Resumo	33
Abstrac	34
Resumen	34
Introdução.....	36
Metodologia.....	37
Área de Estudo.....	37
Procedimento de Laboratório.....	39
Análises de Dados.....	39
Resultados.....	40
Variáveis Ambientais.....	40
Amostras Biológicas.....	43
Discussão.....	49
Conclusão.....	53
Agradecimentos.....	53
Referências.....	54

Anexo.....	59
VI. CAPÍTULO 2.....	60
Resumo	60
Abstract	61
Introdução.....	61
Metodologia.....	64
Área de Estudo.....	64
Processamento e Classificação de Imagens de Satélites.....	65
Definição das Classes de Uso e Cobertura da Terra.....	66
Amostragem Cartográfica (Buffers).....	66
Mapeamento Amostral com Dados das Amostras Biológicas.....	66
Procedimento de Laboratório.....	68
Diagnóstico da Pesca na bacia do Bacanga.....	68
Evolução do uso e ocupação do solo.....	69
Densidade ictioplanctônica e sua relação com a evolução de uso e ocupação do solo	70
Diagnóstico e cenários de comprometimento da pesca.....	71
Resultados e Discussão.....	71
Análise de Correspondência Canônica – CCA.....	75
Percepções dos pescadores.....	77
Considerações Finais.....	82
Referências.....	83
VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
APÊNDICES.....	90
ANEXOS.....	91

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente documento de dissertação de mestrado busca investigar a complexa interação entre as alterações da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Bacanga com a abundância e distribuição de ovos e larvas de peixes, associada ao uso e ocupação do solo, no âmbito da interferência na sustentabilidade da pesca local. Esta pesquisa adota uma abordagem qualitativa-quantitativa, na esfera da interação com os atores sociais, mediante entrevistas com pescadores da região próxima ao Rio Bacanga. O estudo se caracteriza por seu aspecto exploratório, visando investigar e divulgar as questões da problemática em análise, tornando-a conhecida, possibilitando assim, diversos entendimentos (Gil, 2008).

A costa amazônica do Brasil abriga a maior extensão contínua de manguezais (Souza-Filho et al., 2005), sustentando uma complexa rede hidrográfica, com a presença de grandes estuários e o aporte de inúmeros rios, os quais depositam uma enorme quantidade de nutrientes e matéria orgânica nesse ambiente. As bacias hidrográficas inseridas na Amazônia Maranhense vêm sendo afetadas devido aos impactos que causam a fragmentação da vegetação. No Maranhão, a da região amazônica perdeu mais de 75% de cobertura florestal original, devido ao desmatamento ilegal (Celentano et al., 2017), sendo a região pré-amazônica de grande importância social e ecológica para o estado. As bacias do Bacanga e do Anil exemplificam esse cenário, com ocupações desordenadas e poluição hídrica intensa (Bezerra, Guerra e Fullen, 2019; MTT, 2007).

A Amazônia Legal Maranhense (ALM) compreende uma área de 113.345 km², englobando ecossistemas que mesclam características da região Norte e do Nordeste. A zona costeira maranhense, em particular, abriga extensas áreas de manguezal de elevada relevância ecológica e socioeconômica (Souza-Filho, 2005), oferecendo serviços que ajudam a manter o equilíbrio ecológico e a saúde dos ecossistemas (Mochel et al., 2024).

As especificidades meteorológicas e oceanográficas da costa amazônica brasileira contribuem para uma biodiversidade elevada. Essas características determinam a fauna e flora locais, e favorecem o desenvolvimento de organismos adaptados a essas condições (Barros, 2017; Pinheiro et al., 2008).

Além dos impactos urbanos, a Bacia do Bacanga está inserida em uma zona de manguezal, ecossistema estratégico para a conservação da biodiversidade aquática e terrestre, e para o sustento das populações ribeirinhas. Contudo, os manguezais vêm sofrendo com

desmatamento, poluição por esgotos e resíduos sólidos (Fries et al., 2019; Ottoni et al., 2021; Ferreira & Lacerda, 2016a). A urbanização não planejada promove a ocupação de áreas ambientalmente sensíveis, gerando impactos socioambientais e a precariedade do saneamento, o que compromete os corpos d'água e a saúde pública (Piroli, 2024; Oliveira, 2010).

A bacia do Bacanga, de grande importância socioambiental, é um local de rica cultura, presença de uma unidade de conservação estadual, sítios arqueológicos, substancial malha hídrica estratégica para a capital do Maranhão, com grande biodiversidade e notória exploração pesqueira. No entanto, as pressões antrópicas podem estar afetando a pesca artesanal, principal meio de subsistência de diversas famílias da região Itaqui-Bacanga. Por isso, o entendimento da dinâmica do ictioplâncton na bacia, é fundamental para avaliar a sustentabilidade da pesca e propor estratégias de conservação e manejo. A construção da Barragem do Bacanga, na década de 1960, modificou profundamente o fluxo hídrico da bacia, criando um sistema lagunar que influencia diretamente a qualidade ambiental e os serviços ecossistêmicos da região (Pereira, 2018), e pode estar determinando as espécies que precisam desse ecossistema para sobreviver.

Considerando a importância ecológica, social e econômica da bacia hidrográfica do rio Bacanga, esta dissertação buscou responder às seguintes questões centrais:

- Como a evolução do uso e ocupação do solo na Bacia do Bacanga tem influenciado na ocorrência e distribuição das larvas e ovos de peixes?
- Qual a perspectiva futura para pesca local mediante as intervenções, observadas nos últimos 20 anos, na área e em função dos padrões de distribuição do ictioplâncton?
- Atualmente, quais os principais fatores que têm influenciado a distribuição do ictioplâncton na bacia, considerando uma escala espaço-temporal?
- Quais os trechos com maior presença dos ovos e larvas de peixes e qual a vulnerabilidade dessas áreas mediante o avanço das ocupações humanas?
- Qual o tipo de pesca mais praticada, o tipo de peixe que mais ocorre, época do ano e local onde mais ocorre peixes na pesca da região?

As respostas a essas perguntas irão contribuir no entendimento da relação entre as alterações ambientais e a disponibilidade de recursos pesqueiros, visando subsidiar estratégias de manejo e conservação.

Nessa perspectiva, a dissertação foi estruturada da seguinte forma: I. Considerações Iniciais, II. Objetivos, III. Revisão de Literatura, IV. Capítulo 1 intitulado “*Padrões sazonais e espaciais do ictioplâncton no estuário do rio Bacanga, Brasil: controles ambientais e desafios de conservação*”, V. Capítulo 2 intitulado “*Interferências antrópicas e conservação de locais de desova na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga: um estudo sobre a sustentabilidade da pesca local*”, VI. Considerações Finais.

II. OBJETIVOS

Geral

Investigar a relação entre as alterações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Bacanga e as variações na abundância e distribuição de ovos e larvas de peixes na região.

Específicos

- Identificar as larvas de peixes ao nível taxonômico mais específico possível;
- Quantificar os ovos e larvas de peixes determinando a abundância relativa em diferentes trechos do curso principal da bacia;
- Analisar, por meio da abundância, a distribuição espacial e sazonal dos ovos e larvas de peixes;
- Mensurar as mudanças no uso e ocupação do solo nos últimos vinte 20 anos;
- Diagnosticar as condições da pesca em função das alterações da paisagem que vem ocorrendo nos últimos 20 anos na bacia.

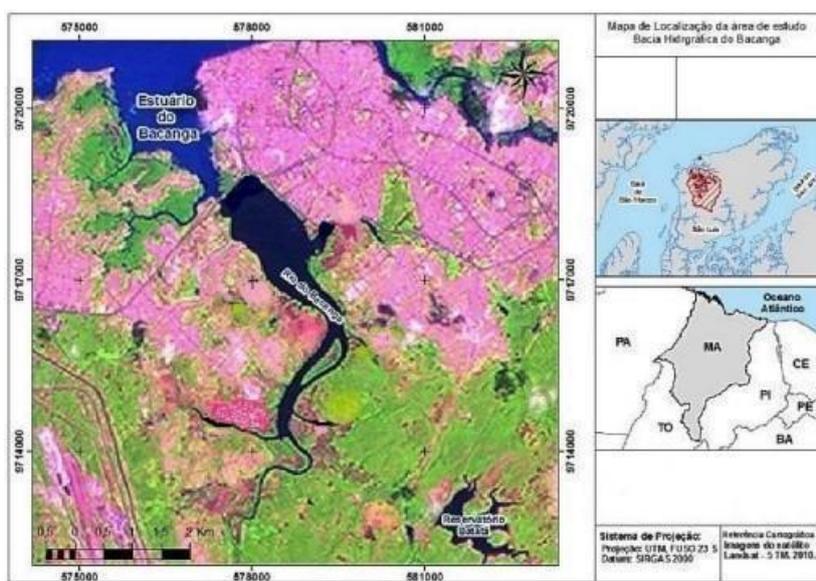
III. REVISÃO DE LITERATURA

Área de estudo

A Ilha do Maranhão está localizada entre as coordenadas 02°24'09" e 02°46'13"S e 44°01'20" e 44°29'47"W, tendo como limites a Oeste a Baía de São Marcos, a Leste a Baía de São José, ao Sul o Estreito dos Mosquitos e ao Norte o Oceano Atlântico. A Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga está situada no município de São Luís, com

superfície de 11.030,00 ha e coordenadas entre 2°32'26" e 2°38'07"S e 44°16'00" e 44°19'16"W (Coelho; Damázio, 2006). A região possui clima quente, úmido e tropical de zona equatorial, com média anual de precipitação entre 2.200 mm e 2.500 mm (Alvares et al., 2013). Os principais afluentes do Rio Bacanga são os rios Maracanã, Bicas, Coelho, Mamão, Gapara e Sacavém.

Figura 1. Localização da região da Bacia Hidrográfica do rio Bacanga (MA - Brasil).



Fonte: Soares (2014).

Grande parte da população reside em bairros situados próximos aos cursos d'água, como Sá Viana, Vila Embratel, Gapara, Areinha, Parque dos Nobres, Pindorama, Sacavém, Polo Coroadinho e Vila dos Frades (Soares et al., 2021). O Rio Bacanga é um curso d'água de pequeno porte, influenciado pelas marés, havendo formação de água salgada na barragem durante as preamares devido à elevada amplitude de maré característica da região (Soares et al., 2021)

Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga

As matas ciliares da região são essenciais para a qualidade da água e fauna ictiológica, porém têm sido erradicadas no Maranhão e em várias partes do Brasil (Oliveira-Filho, 1994 e Pereira et al., 2018). No parque, são encontradas espécies como surucucu-de-fogo, macaco prego, gato maracajá e tamanduá (Soares, 2021). Soares, Cutrim e Silveira (2014) descobriram uma alta densidade larval no córrego do Coêlho, na bacia hidrográfica do rio Bacanga, que funciona como berçário para várias espécies de peixes, especialmente a família Engraulidae. Os fatores ambientais sincronizados com a distribuição de ovos e larvas são essenciais para o desenvolvimento e sobrevivência inicial dos peixes.

De acordo com Nascimento (2010), a ocupação desordenada e o derramamento de esgoto in natura, são impactos severos na bacia hidrográfica do rio Bacanga, especialmente nos bairros mais antigos como Centro, Madre Deus, Desterro e Bairro de Fátima. Os novos bairros também contribuem para a pressão antrópica e substituição das vegetações de mangues, gerando uma enorme problemática, pois os estuários e manguezais propiciam uma grande quantidade de serviços ecossistêmicos como peixes e frutos do mar, controle de enchentes e de sedimentos, biodiversidade, elevada produtividade primária, além de uma multiplicidade de comunidades tradicionais que vivem em seu entorno (Mochel, 2017). Uma vez que esses serviços são afetados, há consequências diretamente ligadas à manutenção de diversos tipos de vidas.

A área urbanizada da bacia do Bacanga contribui com 14 lançamentos de esgotos industriais, correspondendo a uma vazão de 28,3 mil m³/mês de despejos, com mais um agravante, que é a ausência de sistemas de esgotamento sanitário, favorecendo também o lançamento de esgotos domésticos no leito do rio. (Costa, 2010).

A ausência de sistemas de esgotamento sanitário favorece o lançamento de esgotos domésticos no leito do rio. O rio Bacanga recebe despejos de descargas diretas e por meio dos seus tributários, sendo considerado poluído também pela disposição de lixo, desmatamento do manguezal e pela intensa atividade de pesca da região (Macedo, 2011). A navegabilidade no local é restrita, e ocorre o lançamento de esgotos pela margem esquerda, principalmente nas proximidades da barragem do Bacanga (MMT, 2007).

Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo refere-se a forma como as diversas áreas de terras são utilizadas e alteradas pelas atividades humanas, e isso inclui aspectos como desenvolvimento urbano, agrícola, industrial e de conservação ambiental. Na zona costeira, esse conceito ganha uma importância peculiar devido à vulnerabilidade ambiental e aos conflitos de interesse entre os mais variados tipos de uso, como a pesca, o turismo, conservação e preservação de ecossistemas costeiros e marinhos, e a urbanização em si. Ferreira (2006, p.4), afirmou que, o estudo do uso e ocupação das terras, constitui um importante passo para o entendimento da relação entre homem e o meio físico, possibilitando assim, após estudos prévios, estimar consequências futuras, considerando a progressão de acontecimentos iniciados no passado.

Silva (2022) ressalta que os ambientes costeiros como um todo, são ecossistemas frágeis, que vêm sofrendo com a pressão antrópica, principalmente pela forma irregular e sem planejamento do uso e ocupação do solo estabelecidos ao longo dos anos. Toda ocupação é voltada para a exploração máxima dos valores paisagísticos ligados à praia e ao mar, pois esses são os focos de atração desse tipo de ocupação (Brasil, 2015). Macedo, (1998) explica que, devido a esses atrativos naturais, têm-se desenvolvido ao longo da costa, vias que dão suporte ao estabelecimento de loteamentos, desempenhando hoje um papel significativo no mercado imobiliário. As áreas planas próximas às praias oferecem acesso facilitado ao mar e são as preferidas para a criação desses loteamentos. Geralmente, após o preenchimento desses espaços é que se ocupam as áreas mais afastadas (Macedo, 1998).

A Ilha do Maranhão ao longo do tempo, passou por inúmeros processos. Desde 1615, período em que se verificam as primeiras malhas urbanas no município de São Luís, até a instalação dos dois grandes projetos industriais, a ALUMAR e a VALE, onde verifica-se um aumento considerável da população (De Moraes, 2022).

Durante os anos 60, o crescimento industrial acelerado, a crescente e incessante procura por avanços econômicos, deram origem a uma série de indagações que abrangem desde o impacto das atividades humanas no meio ambiente e a possibilidade de um desastre ecológico, até a distribuição desigual dos danos às populações menos favorecidas. Estas últimas são frequentemente as mais afetadas pelas estratégias de desenvolvimento local (Carvalho; Souza, 2014).

Ao longo das últimas décadas, a crescente demanda por recursos naturais, impulsionada pelas necessidades socioeconômicas, provocou alterações significativas nas paisagens, culminando na fragmentação dos ecossistemas e perda de biodiversidade (Criscuolo, 2000). Lopes et al. (2021) evidenciaram como São Gonçalo do Amarante enfrenta mudanças na dinâmica costeira, enquanto De Amorim Silva, Lämmle e Perez Filho (2021) destacaram alterações induzidas pelo homem na dinâmica fluvial do rio Jequitinhonha, principalmente devido à construção de barragens e retificações de canal.

O processo de urbanização do Brasil tem sido marcado por conflitos espaciais onde a gestão territorial esbarra em uma série de problemáticas que fazem com que o planejamento urbano não seja de fato efetivado. Assim, os instrumentos legais de planejamento e gestão territorial, demonstram grande importância e são ferramentas indispensáveis nos aspectos que envolvem o desenvolvimento sustentável das cidades (Silva e Farias Filho, 2015).

De Moraes (2022) afirma, em seu estudo, que as bacias hidrográficas são ecossistemas apropriados para avaliação dos impactos causados pela ação antrópica, e seu uso inadequado acarreta riscos à estabilidade quantitativa e qualitativa. A bacia hidrográfica do rio Bacanga vem sofrendo intervenções no processo de uso e ocupação do solo, de uma forma que compromete a região, deixando-a mais susceptível a inundações e alagamentos (Soares et al., 2021). Os mesmos autores também observaram, na bacia, significativo avanço da mancha urbana entre os anos de 2013 e 2020, algo que vem acontecendo nos mais diversos setores do Parque Estadual do Bacanga, com seus danos ambientais oriundos da pressão urbana. Em outro estudo sobre as alterações na dinâmica territorial do Distrito Industrial de São Luís – MA e os impactos no modo de vida das comunidades tradicionais. Ferreira et al. (2024) mostrou que, devido ao tipo de ocupação e exploração, inúmeros problemas foram contabilizados ao longo da região sudoeste da cidade de São Luís, tais como: desaparecimento de Áreas de Preservação Permanente, assédio sobre as unidades de conservação, comprometimento dos cursos d'água, alteração na topografia, debilidade na rede de esgoto e saneamento básico, disposição irregular dos resíduos sólidos e efluentes, segregação espacial, dificuldade no monitoramento dos vários tipos de poluição, entre outros. Destaca-se que a bacia do Bacanga também está contida no setor Sudoeste da cidade de São Luís e, deste modo, também tem sofrido com várias dessas problemáticas ambientais.

Um estudo de Soares et al. (2021) destaca que a bacia do Bacanga corresponde a 12,33% do território no município de São Luís, com perímetro de 44,2 km e curso d'água

principal com 19 km de extensão. É composta por 10 (dez) sub bacias hidrográficas, onde se encontram aproximadamente 64.000 domicílios, o que corresponde a uma estimativa populacional de aproximadamente 256.000 habitantes, distribuídos por cerca de 60 bairros, entre conjuntos habitacionais e aglomerados urbanos. Alguns ecossistemas ainda resistem às perturbações antrópicas, porém, a cada ano, a capacidade de resiliência desses ecossistemas tem sido comprometida, ante o sufocamento resultante do crescimento populacional desordenado, e à carência de políticas públicas efetivas.

O manguezal é um ecossistema que tem resistido às ações antrópicas advindas da grande pressão do adensamento populacional que vem acontecendo, principalmente em áreas urbanas, pois o mangue tem um grande potencial de resiliência, e segundo Silva et al (2018), os estuários são exemplos importantes de elevada riqueza de espécies, biomassa abundante, diversidade biológica (desova, reprodução, recrutamento, berçário) e ecológica (migrações/movimentos de espécies de água doce, estuarinas e marinhas, regulação de nutrientes, fertilização de águas costeiras, conectividade terra-mar e seus processos). Carvalho Neta e Castro (2008) citam a importância na manutenção das populações e berçários de habitats.

Segundo Assis (2020), as florestas de manguezais interligam ecossistemas adjacentes (ambientes marinhos, recifes de corais, estuários, etc.) por meio de interações físicas, bioquímicas e biológicas; e enquanto eles podem persistir isoladamente, a sua associação com esses ambientes fornece importantes serviços, como a pesca e a manutenção da biodiversidade (Primavera et al., 2019). Para Mumby et al. (2003), o aumento na biomassa de peixes ocorre quando o seu hábitat está conectado aos manguezais.

A diversidade, distribuição e abundância do ictioplâncton são fundamentais para a conservação da biodiversidade e sustentabilidade dos recursos pesqueiros e dos bens e serviços dos ecossistemas marinhos (Schuhmann e Mahon, 2015). O ictioplâncton contribui também para uma melhor compreensão do mecanismo de recrutamento de peixes marinhos essenciais (Patrick e Strydom, 2008).

A composição e abundância de comunidades de peixes larvais são influenciadas por diversos fatores, incluindo forçantes oceanográficas, estratégias de desova das populações adultas e características topográficas, hidrográficas, químicas e biológicas (Somarakis et al., 2004; Giannoulaki et al., 2013; Boehlert & Mundy, 1993; McGurk, 1986).

Para Pereira (2018), que estudou a influência da estrutura oceanográfica na dispersão do ictioplâncton na Baía de Todos os Santos e a porção estuarina do rio Paraguaçu na Bahia, documentar a variabilidade espaço-temporal do ictioplâncton, sob condições meteorológicas e oceanográficas, constitui um passo essencial em direção à compreensão do processo de deriva de ovos e larvas de peixes.

Ecologia do Ictioplâncton e Impactos do Uso do Solo

O estudo do ictioplâncton está voltado a entender a biologia e sistemática das espécies (Dos Santos Dourado et al., 2017), cultivo de determinadas espécies para a aquicultura (Andrade et al., 2004), detecção de novos estoques e avaliação daqueles já explorados (Stratoudakis et al., 2006; Houde, 2008), identificação de áreas de desova (RÉ, 1999), e por fim entender a ecologia das comunidades que habitam os diferentes nichos e zonas no ambiente aquático.

A ecologia do ictioplâncton é o ramo da ciência que estuda a relação entre as diversas espécies e como o ambiente interfere nessa relação, assim como o termo comunidade ictioplânctônica refere-se há como a comunidade de espécies co-ocorrem (Sobral e Cianciaruso (2012), uma vez que o ambiente aquático, ao qual estão inseridas, possui papel principal na distribuição e abundância das espécies (Silva, 2021).

Segundo Lima e Corrêa (2020), as pesquisas sobre o ictioplâncton no Brasil têm ganhado relevância crescente nos últimos tempos. A exemplo do programa REVIZEE, dedicado à avaliação do potencial sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, desempenhou um papel fundamental nesse contexto. Entre os anos de 1999 a 2003, esse programa, incentivado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, conduziu investigações significativas. O estudo foi estrategicamente dividido em quatro áreas costeiras: (costa norte, costa nordeste, costa central e costa sul) de modo que cada área apresentou conclusivos estudos sobre o ictioplâncton e o potencial estoque pesqueiro, (Lima e Corrêa, 2020).

Até o século XIX, as relações vinculadas ao processo capitalista, consideravam o homem e natureza como polos excludentes, e a natureza como fonte ilimitada de recursos disponíveis para exploração (Bernardes e Ferreira, 2008). Segundo Camargo (2012), a partir da revolução industrial, técnicas de produção e consumo vêm comprometendo os sistemas naturais, o que levou à mudança das concepções de relação do homem com a natureza. Nesse

sentido, Mendonça (2004) salienta os avanços tecnológicos, que tiveram sérias implicações ambientais.

Nas últimas décadas do século XX, as questões ambientais se intensificaram (Mendonça, 2001; Leff, 2007, 2008), e desse modo, surgiram novas concepções, paradigmas, metodologias e conceitos, fundamentados principalmente, na inter, trans e multidisciplinaridade. Desse modo, Soares (2021) ressalta que a economia ecológica, na busca de incorporar o ônus ecológico no capital econômico, tornou-se uma ampla ciência, abordada nos cursos de graduação e pós-graduação. Larrère (2009) ressalta que a atenção à natureza é inseparável das transformações ambientais, e caracteriza as éticas ambientais nas sociedades contemporâneas.

As altas pressões ocorridas na zona costeira ao longo dos anos, motivadas pelo crescimento populacional, e conseqüentemente pela demanda por alimento, emprego e moradia, definem o perfil de ocupação humana quanto ao uso do solo, em diversos tipos de ecossistemas do Brasil. Da Silva (2023) expressa que, as alterações nos ambientes aquáticos decorrentes das atividades humanas vêm ocasionando várias perdas na ictiofauna, o que impede termos conhecimentos biológicos sobre essas populações. O autor afirma que os habitats dos peixes estão sendo destruídos em decorrência de vários fatores como: desmatamento, erosão, agricultura, pesticidas, poluentes químicos, barragens e introdução de espécies.

Santos (2017) ressalta que a inclusão do ambiente natural nas condições gerais da produção capitalista cria a necessidade de uma definição de limites para o uso dos recursos finitos, a qual deve ser debatida e inserida no processo de escolha pública, com base em aspectos morais e éticos. O desenvolvimento sustentável é essencial para a manutenção das diferentes formas de vida da humanidade, e irá garantir a oferta de recursos ambientais para as próximas gerações. Isso perpassa por mudanças nos hábitos de consumo, nas políticas ambientais e na melhoria da qualidade de vida da população.

A pesca é uma atividade praticada pelo homem desde a pré-história (Rios 2011) e exerce um papel fundamental na vida e na economia da população brasileira (Vidigal, Costa e Nunes, 2022), principalmente para as comunidades que residem próximas a mares e rios, facilitando assim, em fonte essencial de alimento e renda. Em diversas regiões, essa atividade não apenas sustenta economicamente as famílias ribeirinhas e comunidades costeiras, mas

também é parte integrante da cultura e do modo de vida dessas comunidades, visto que, segundo Dias (2004) e Nascimento (2010), as dimensões socioculturais, econômicas e os valores éticos, orientam o homem na compreensão e uso sustentável dos recursos naturais para satisfazer suas necessidades.

A relevância da pesca se estende por todo o território nacional, influenciando desde pequenas vilas de pescadores até centros urbanos, onde o pescado é vital para a segurança alimentar e nutricional da população. Segundo Vidigal, Costa e Nunes (2022), o estado do Maranhão é um dos principais produtores de pesca do Norte e Nordeste do Brasil. Essa atividade é praticada por milhares de pessoas, pela utilização da grande variedade de instrumentos rudimentares de captura (Almeida et al. 2006). Assim, a pesca artesanal é uma tradição que conecta o Brasil à sua rica biodiversidade aquática, desempenhando um papel crucial no equilíbrio e na segurança alimentar.

Para Mendonça (2023), a atividade pesqueira no Brasil, reflete as influências históricas de cada período socioeconômico, o que não difere da cidade de São Luís. Rios (2012) descreve a pesca como um "personagem secundário" com narrativas distintas em todo o território nacional. A autora destaca que, especialmente no Nordeste, os utensílios de pesca possuem uma influência marcante das culturas negra e indígena. Essa herança cultural é evidente nos métodos e ferramentas que são utilizados pelos pescadores, perpetuando tradições que remontam às origens da sociedade brasileira.

Na Bacia Hidrográfica do rio Bacanga, localizada em São Luís, a pesca artesanal de subsistência continua sendo praticada nas comunidades locais. Este tipo de pesca está profundamente enraizado na cultura e na economia da região. Os pescadores, utilizando técnicas passadas de geração em geração, enfrentam desafios crescentes devido às pressões ambientais causadas pela indústria e pela urbanização, pois a renda que os alcançava por meio da agricultura de subsistência e a pesca artesanal, não provê mais as necessidades básicas, uma vez que estas estão sendo prejudicadas devido às atividades industriais (Ferreira et al., 2024). Contudo, essa prática persiste como um elo essencial entre o passado e o presente, refletindo a resiliência e a adaptação das comunidades frente às transformações sociais e ambientais dos tempos modernos.

Um estudo de Ribeiro Júnior, Cruz e Antipon (2021) sobre a fome e modernização do Maranhão, cita projetos de desenvolvimento na área Itaqui-Bacanga, e mostra que o

Maranhão se caracteriza historicamente por sucessivas modernizações (Santos, 1979), resultados dos diferentes períodos da história econômica que atravessam o país, da expropriação dos sujeitos que usam o território como meio de subsistência, e das consequências ao longo da história, refletindo cotidianamente em parte de seus habitantes, sobretudo os periféricos e os das zonas rurais de São Luís, a capital do estado com o maior índice de fome e risco de fome do país (IBGE, 2020b).

Ainda segundo Ribeiro Júnior, Cruz e Antipon (2021), na década de 1970, a área Itaqui- Bacanga enfrentou mudanças significativas, com a instalação de indústrias minero-metalúrgicas, como a empresa VALE (antiga Companhia Vale do Rio Doce) e o Consórcio de Alumínio do Maranhão S.A. (ALUMAR), bem como o desenvolvimento do Porto de Itaqui na região de Itaqui-Bacanga, sudoeste de São Luís, o que resultou em pressões e expulsões de comunidades que habitavam essas áreas. Esses projetos também contribuíram para o crescimento das periferias da cidade, como os bairros Anjo da Guarda, Sá Viana, Vila Embratel, Fumacê, Vila Nova e Vila Maranhão, à beira do rio Bacanga e nas proximidades do Porto de Itaqui (Ferreira, 2014; Almeida; Mourão, 2017; Lacroix, 2020). Esse período foi marcado por um empobrecimento significativo dessas comunidades nas periferias da cidade (Sant'ana Júnior, 2016).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Zafira S.; Ferreira, Dayane Suele e Nahum; Victoria Judith I. **Classificação e evolução das embarcações maranhenses**. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia 19:31-40. 2006

<<http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/view/2102/2>>

Acesso em: 28 abr 2024.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v.22. n. 6. 2013. 18p.

ANDRADE, L. D., HAYASHI, C., SOUZA, S. D., & SOARES, C. M. **Canibalismo entre larvas de pintado, Pseudoplatystoma corruscans, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem**. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 26(3), 299-302, 2004.

ASSIS, Davison Márcio Silva de. **O efeito das mudanças climáticas e das atividades econômicas na perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos dos manguezais**.

Reflexões em Biologia da Conservação. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, p. 155-165, 2020.

BARROS, D.F.; TORRES, M. F.; FRÉDOU, F. L. **Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico)**. Biota Neotropica, 11(2), 367-373. 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200035>.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza In: CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T. (Org). **A questão ambiental – diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda, 2003.

BEZERRA, José Fernando Rodrigues; GUERRA, Antônio José Teixeira; FULLEN, Mike A. **Granulometria por difração a laser dos sedimentos superficiais nas áreas degradadas por voçorocamentos na Bacia do Rio Bacanga**. In: CASTRO, Cláudio Eduardo de; MASSULO, Yata Anderson G. (org.). **Gestão Ambiental: uma diversificada ferramenta na consolidação de paradigma ecológico inovador**. São Luís: EDUEMA, 2016. p. 13-34. Disponível em: <http://www.ppgeo.uema.br/wpcontent/uploads/2016/11/Gest%C3%A3o-Ambiental-uma-diversificada-ferramentana-consolida%C3%A7%C3%A3o-de-paradigma-ecol%C3%B3gico-inovador..pdf>. Acesso em: 13 fev. 2024.

BOEHLERT GW, MUNDY BC. **Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands**. Bull Mar Sci 53: 336-361, 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável; Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro: 25 anos do gerenciamento costeiro no Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2015. 129 p. Organizado por Flávia Cabral Pereira e Márcia Regina Lima de Oliveira.

CAMARGO, Ana Luiza de Brasil. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2012.

CARVALHO NETA, R.N.F. e CASTRO, A.C.L. de. **Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão**. Arquivos das Ciências do Mar. Vol. 41. Fortaleza, 2008. 48 a 57 pg. Disponível em: http://xa.yimg.com/kq/groups/19967785/1370098620/name/07_Artigo_da_Raimunda_Nonata.pdf. Acesso em mai. 2024.

CARVALHO, F. C. de; SOUZA, A. V. de. **Desenvolvimento regional-territorial e governança: uma análise sobre o Estado do Maranhão (BRASIL)**. VII Congresso

Brasileiro de Geógrafos, 2014 Anais do VII CBG. Disponível em:<
http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1404142677_ARQUIVO_TrabalhocompletoCBG_FernandaeAngelica.pdf>. Acesso em mai. 2024.

CELENTANO, D., ROUSSEAU, G. X., MUNIZ, F. H., van DEURSEN Varga, I., MARTINEZ, C., CARNEIRO, M. S., ... & MARTINS, M. B. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land use policy*, 68, 692-698. (2017). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.041>.

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.

COSTA, Nytia Nanda Silva. **Parque Estadual do Bacanga: aspectos relevantes para a sustentabilidade ambiental da área no contexto urbano do município de São Luís–MA**. 2010. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO.

CRISCUOLO, C. et al. **Uso e ocupação da terra em 1965 e 1998**. In: Espíndola, E.L.G. et al. *A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. São Carlos: RiMa Editora, 2000. 104 – 113p.

DA SILVA, Pedro Rogério Leandro. 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 AMORIM SILVA, Vinicius; LÄMMLE, Luca; PEREZ FILHO, Archimedes. **Alterações no baixo curso do rio Jequitinhonha e seus impactos geomorfológicos no delta: o caso da Usina Hidrelétrica de Itapebi, Bahia, Brasil**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 5, p. 2840-2850, 2021.

DE MORAIS, Marly Silva et al. **Análise do uso e cobertura da terra e dos sistemas antrópicos da bacia hidrográfica do rio Bacanga–São Luís/MA**. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 15, n. 2, p. 137-148, 2022.

DIAS, G.F. **Atividades Interdisciplinares de Educação Ambiental: Manual do Professor**. São Paulo: Global/Gaia, 2004. Disponível em: <<http://www.ciesin.columbia.edu>> Acesso em: 28 abr 2024.

DOS SANTOS DOURADO, E. C.; DE CASTRO, A. C. L.; DE SOUSA, O. V. **Composição taxonômica e abundância do ictioplâncton do Baixo Itapecuru (Maranhão, Brasil)**. Revista Espacios. Vol. 38 (Nº 41), Pág. 17, 2017.

FERREIRA, A. J. A. **A produção do espaço urbano em São Luís do Maranhão: passado e presente; há futuro?** São Luís: EDUFMA, 2014.

FERREIRA, AC & LACERDA, LD 2016a. **Degradação e conservação dos manguezais brasileiros, situação e perspectivas**. Costa Oceânica. Gerenciar. 125: 38-4.

FERREIRA, Cristhian Spindola. **Avaliação Temporal do uso e ocupação das terras na bacia do rio São Bartolomeu**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

FERREIRA, É. P., de CASTRO, A. C. L., SOARES, L. S., SOUZA, A. J. S., da SILVA, T. S., de MATOS, M. E. S., ... & LYRA, I. N. O. **Alterações na dinâmica territorial do distrito industrial de São Luís-MA e os impactos no modo de vida das comunidades tradicionais**. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, 22(3), e3848-e3848, 2024.

FRIESS, D. A., ROGERS, K., LOVELOCK, C. E., KRAUSS, K. W., HAMILTON, S. E., LEE, S. Y., ... & SHI, S. **The state of the world's mangrove forests: past, present, and future**. Annual Review of Environment and Resources, 44(1), 89-115., 2019. DOI: 10.1146/annurevenviron-101718-033302.

GIANNOULAKI, M., IGLESIAS, M., TUGORES, M. P., BONANNO, A., PATTI, B., De FELICE, A., ... & VALAVANIS, V. **Characterizing the potential habitat of European anchovy *Engraulis encrasicolus* in the Mediterranean Sea, at different life stages**. Fisheries Oceanography, 22(2), 69-89, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008;

HOUDE, E. D. **Emerging from Hjort's shadow**. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, v. 41, p. 53-70, 2008.

IBGE, Cidades e Estados – Rancking Nacional do IDH. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/48/48980?tipo=ranking&indicador=48986&ano=2020>. Acesso em: 19/12/2024.

- LACROIX, M. L. L. **São Luís do Maranhão: corpo e alma**. 2. ed. ampl. São Luís: Editora da Autora, 2020. v. 2.
- LARRÈRE, C. **As éticas ambientais**. *Natures Sciences Sociétés* 2010/4 (Vol. 18), p. 405-413. 2009.
- LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2008.
- LIMA, Marina Cardoso; CORRÊA, Marco Fábio Maia. **Caracterização qualitativa e quantitativa da população do ictioplâncton em macro e micro escalas temporal na zona de arrebenção da praia de Pontal Do Sul-Paraná**. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 4, p. 17839-17883, 2020.
- LOPES, D. N., DUARTE, C. R., SILVA, M. T., GRIGIO, A. M., FREIRES, E. V., & SANTOS, L. S. A. **Evolução da linha de costa no município de São Gonçalo do Amarante-CE no período de 1984 a 2020**. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(05), 3067-3077, 2021.
- MACEDO, L. A. A. **A urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2011. 148p. Coleção São Luís 400 anos.
- MACEDO, S.S. **Paisagem, Modelos Urbanísticos e as Áreas Habitacionais de Primeira e Segunda Residência**. *Paisagem Ambiente Ensaios*. São Paulo, 11, dezembro 1998, pp. [131-202].
- MCGURK MD. **Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness**. *Mar Ecol Prog Ser* 34:227-242, 1986.
- MENDONÇA, Francisco. *Geografia Socioambiental*. Terra Livre, São Paulo, v. 1, n.16, p. 113-132, 2001.
- MENDONÇA, Francisco. **Sistema Ambiental Urbano: uma Abordagem dos Problemas Socioambientais da Cidade**. In: MENDONÇA, Francisco. (Org.) *Impactos Socioambientais Urbanos*. Curitiba: UFPR, p. 185-207, 2004.
- MENDONÇA, Marcela Prado. **As invisibilidades das mulheres pescadoras e marisqueiras em Aracaju**. 2023.

MMT Planejamento e Consultoria. Avaliação Ambiental Regional – **Projeto de Aperfeiçoamento da Governança Municipal e da Qualidade de Vida de São Luís** (Bacanga Basin Project). Município de São Luís – MA, julho de 2007.

MOCHEL, F. R. O Manguezal de Todos os Povos – **A Oceanografia Social e a Educação Ambiental no Empoderamento das Comunidades Tradicionais Costeiras**. In SEABRA, Giovanni (Org.) Educação Ambiental: Natureza, Biodiversidade e Sociedade. Ituiutaba: Editora Barlavento, v.1. 703p, 2017

MOCHEL, F. R., RIBEIRO, S. P., LIMA, A. M. S., TORRES, C. T. M., & MENDES, J. C. **Serviços ecossistêmicos de provisão de manguezais em um estuário modificado por barragem**. Caderno Pedagógico, 21(12), e10576-e10576, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-118>.

MORAIS, Marly Silva de. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís-MA**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, 2018. Disponível em: <http://www.leffa.pro.br/textos/abnt/tese.html>. Acesso em: 05 jan. 2024.

MORAIS, Marly Silva de. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís-MA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão. Disponível em: <http://www.leffa.pro.br/textos/abnt/tese.html>. Acesso em: 05 jan. 2024.

MUMBY, P. J.; EDWARDS, A. J.; ARIAS-GONZA, J. E.; LINDEMAN, K. C.; BLACKWELL, P. G.; Gall, A.; GORCZYNSKA, M. I.; HARBORNE, A. R.; PESCOD, C. L.; RENKEN, H.; WABNITZ, C. C. C.; LLEWELLYN, G. **Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean**. Nature, v. 427, p. 533-536, 2003.

NASCIMENTO, J. D. O. 2010. **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.

OLIVEIRA, S. **Meio ambiente, saneamento e saúde - Alguns indicadores**. In A. Zhouri & K. Laschefski (Eds.), **Desenvolvimento e conflitos ambientais** (DGO-Digital original, pp. 329–350). SciELO - Editora UFMG, 2010. <http://www.jstor.org/stable/10.7476/9788542303063.15>.

OLIVEIRA-FILHO, AT de. **Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica.** *Cerne*, v. 1, n. 1, p. 64-72, 1994.

OTTONI, F. P., HUGHES, R. M., KATZ, A. M., RANGEL-PEREIRA, F. D. S., BRAGANÇA, P. H. N. D., FERNANDES, R., ... & RODRIGUES-FILHO, J. L. 2021. **Brazilian mangroves at risk.** *Biota Neotropica*, 21, e20201172.

PATTRICK, P., STRYDOM, N.A. **Composition, abundance, distribution and seasonality of larval fishes in the shallow nearshore of the proposed greater addo marine reserve, Algoa bay, South Africa.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79: 251-262, 2008.

PEREIRA, S. V., da Silva Bezerra, D., MELO, K. C., & GONZAGA, L. F. **Análise espacial das formas de ocupação da bacia hidrográfica do rio Bacanga.** *Revista Ceuma Perspectivas*, 31(1), 173-182, 2018.

PEREIRA, Xenna Santos. **A influência da estrutura oceanográfica na dispersão do ictioplâncton na Baía de Todos os Santos, Bahia.** 2018.

PINHEIRO, J.M. "Análise do Sistema Costeiro da Ilha do Maranhão." *Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia.* São Luís – MA, 2002.

PIROLI, Edson Luís. **Bacias Hidrográficas e Segurança Hídrica: Planejamento, Gestão e Manejo Integrado.** 1. ed. São Paulo: ANAP, 2024. p. 8.

PRIMAVERA, J. H.; Friess, D. A.; Lavieren, H. V.; Lee, S. Y. The Mangrove Ecosystem. In: SHEPPARD, C. (Ed.). **World Seas: an environmental evaluation.** 2. ed. Academic Press, 2019. p 1-34.

PRIMAVERA, J. H.; FRIESS, D. A.; LAVIEREN, H. V.; LEE, S. Y. The Mangrove Ecosystem. In: SHEPPARD, C. (Ed.). **World Seas: an environmental evaluation.** 2. ed. Academic Press, p 1-34, 2019.

RÉ, P. **Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica Guia de identificação de ovos e estados larvares planctônicos.** Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 114 p. 1999.

RIBEIRO JUNIOR, José Raimundo Sousa; CRUZ, Antônio José Araújo; ANTIPON, Livia Cangiano. **Fome e modernização no Maranhão: os projetos de desenvolvimento em Itaqui– Bacanga e o comprometimento das práticas alimentares na comunidade de**

Camboa dos Frades (São Luís) (1970-2021). *Ciência Geográfica - Bauru*, v. XXV, n. 4, p. 1218, jan./dez. 2021. Disponível em: *Ciência Geográfica - Bauru*. Acesso em: 26 abr, 2024.

RIOS, Antoniel de Oliveira, REGO, Rita de Cássia Franco e Pena, PAULO Gilvane Lopes. **Doenças em trabalhadores da pesca.** *Revista Baiana de Saúde Pública* 35 (1):175-188, 2011.

RIOS, Kássia Aguiar Norberto. **Da produção do espaço à construção dos territórios pesqueiros: pescadores artesanais e carcinicultores no distrito de Acupe – Santo Amaro (BA).** 263f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador (Ba). (2012). Disponível em: <http://www.posgeo.ufba.br/disserta%C3%A7oes/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final_Kassia%20Rios.pdf> Acesso em abr. 2024.

SANT'ANA JÚNIOR, H. A. **Complexo Portuário, Reserva Extrativista e desenvolvimento no Maranhão.** *Cadernos CRH*, Salvador, v. 29, p. 281-294, 2016.

SANTOS, E. de J. **Capitalismo e a questão ambiental: Reflexões teóricas sobre a Economia do Meio Ambiente.** VIII Jornada Internacional de Políticas Públicas. São Luís-MA, 2017.

SANTOS, M. **O espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos.** São Paulo: Unesp, (1979).

SCHUHMANN, P.W., MAHON, R. **The valuation of marine ecosystem goods and services in the caribbean: a literature review and framework for future valuation efforts.** *Ecosyst. Serv.* 11, 56–66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.013>, (2015).

SILVA, E. R. A. C., de ASSIS, D. R. S., SILVA, J. F., DA SILVA MELO, J. G., & GALVÍNCIO, J. D. **Análise espaço-temporal das características do mangue urbano no estuário do Pina (Pernambuco).** *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 1. (2018).

SILVA, J. S; FARIAS FILHO, M. S. **Instrumentos legais de prevenção de impactos ambientais na Zona Costeira: estratégias integradas de gestão territorial.** *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado de Educação Ambiental*, v. 32, n. 2, p. 7-25. (2015).

SILVA, José Gustavo Santos da. **Cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, Santa Catarina.** (2022).

SILVA, P. B., ARANTES, C. C., FREITAS, C. E. C., PETRERE, M., and RIBEIRO, F. R. V. (2021). **Seasonal hydrology and fish assemblage structure in the floodplain of the lower Amazon River**. *Ecol. Freshw. Fish.* 30, 162–173. doi:10.1111/eff.12572.

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.

SOARES, R. D. B., CUTRIM, M. V. J., & SILVEIRA, P. C. A. **Comunidade ictioplanctônica 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>.

SOMARAKIS S., PALOMERA I., GARCIA A., QUANTANILLA L., KOUTSIKOPOULOS C., MOTOS L. **Daily egg production of anchovy in European waters**. *Ices journal of marine science*, 61, 944–958. (2004).

SOUZA-FILHO, P.W.M. **Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação a partir de dados de sensores remotos**. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23: 427-435. 2005.

STRATOUDAKIS, Y.; BERNAL, M.; KONSTANTINOS, G.; URIATE, A. **The daily egg production method: recent advances, current applications and future challenges**. *Fish and Fisheries*, v. 7, p. 35–57, 2006.

VIDIGAL, Ingedy Eyllanne Monroe; COSTA, Nivea Fernanda Maria Ferreira; NUNES, Jorge Luiz Silva. **A pesca artesanal em São José de Ribamar (MA)**. *Amazônica-Revista de Antropologia*, v. 14, n. 2, p. 453-462, 2022.

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 ictioplancton 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 ictioplancton 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

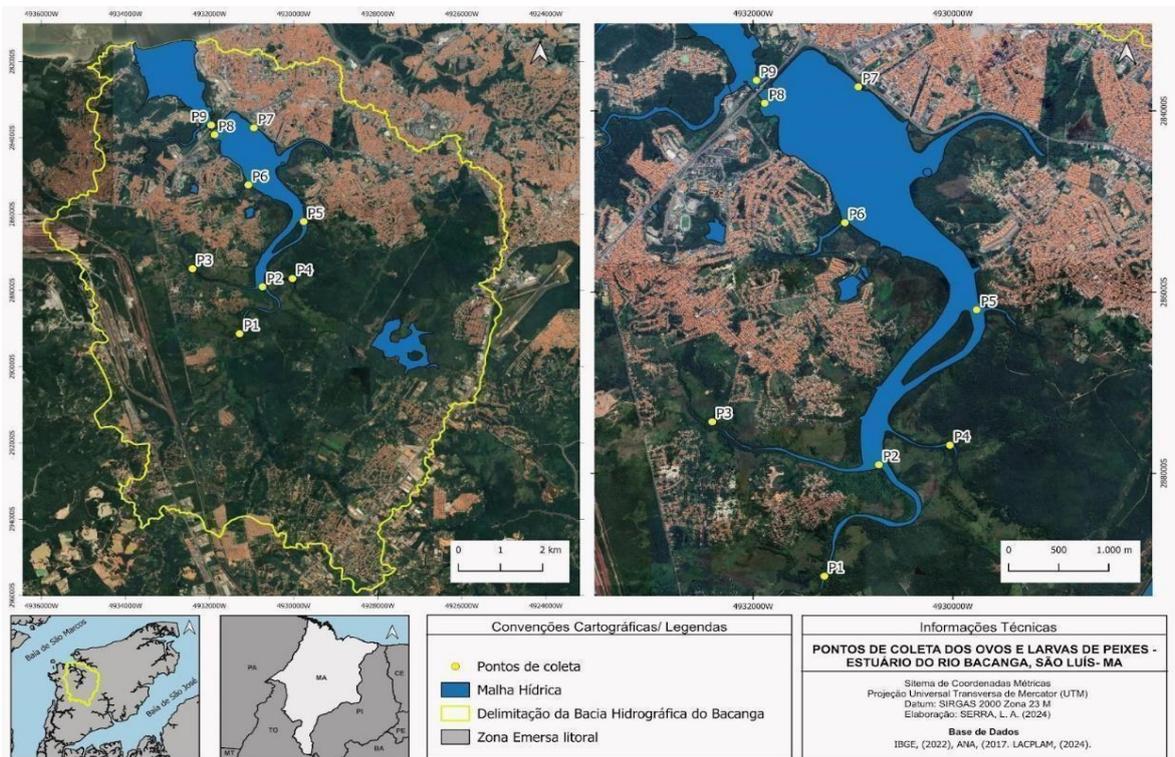
A Ilha do Maranhão, localizada entre as coordenadas 02°24'09" a 02°46'13"S e 44°01'20" a 44°29'47"W, é limitada a oeste pela Baía de São Marcos, a leste pela Baía de São José, ao sul pelo Estreito dos Mosquitos e ao norte pelo Oceano Atlântico. Abrange os municípios de São Luís, São José de Ribamar, 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

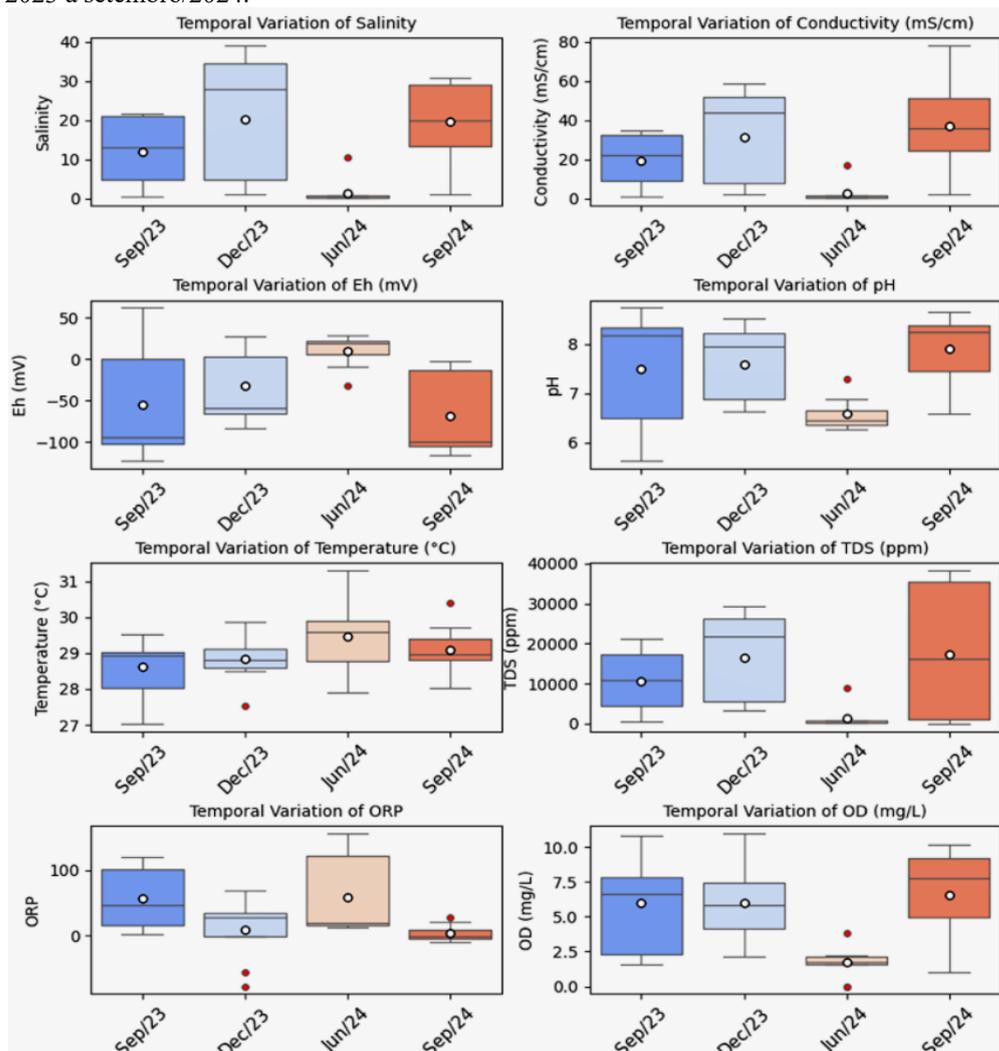
3.1 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

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.

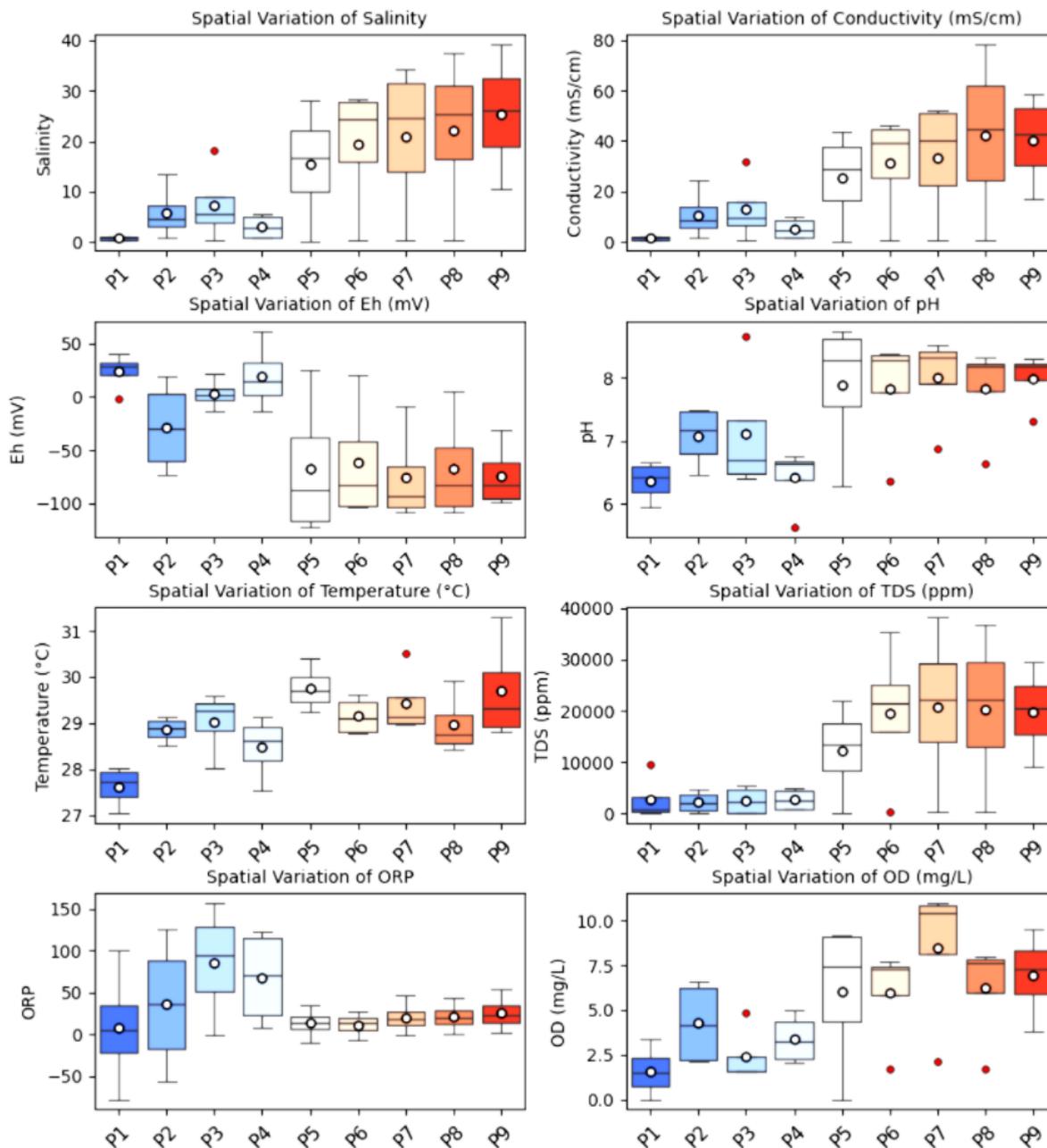
Espacialmente, observa-se que salinidade e condutividade aumentaram a jusante, com máximos nos pontos P7 a P9. O Eh mostrou valores negativos a montante e positivos a jusante, enquanto o pH permaneceu neutro a levemente alcalino nos pontos a jusante e mais ácido a montante. A temperatura aumentou gradualmente 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

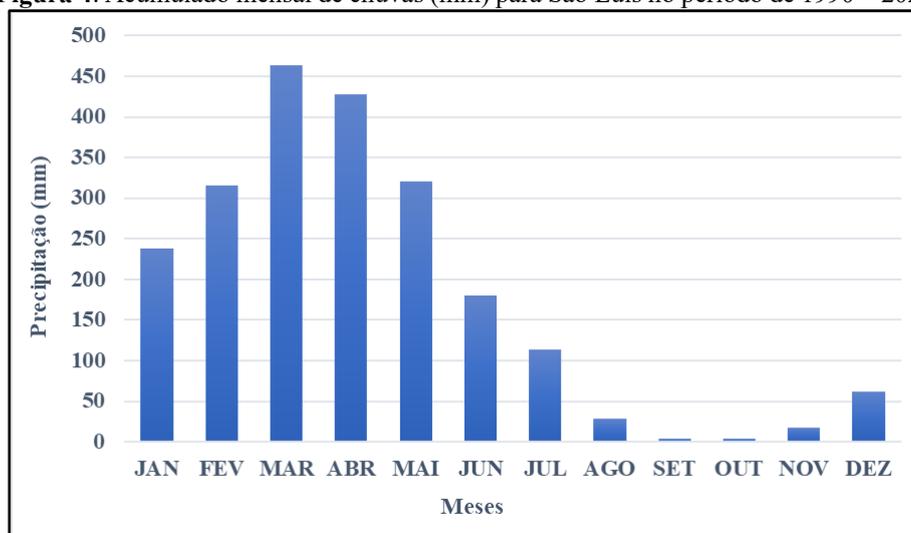
Figura 3: Variação espacial dos parâmetros físico-químicos amostrados na Bacia do Bacanga, trimestralmente, no período de setembro/2023 a setembro/2024.



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(%)								
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
ELOPIIFORMES										
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*

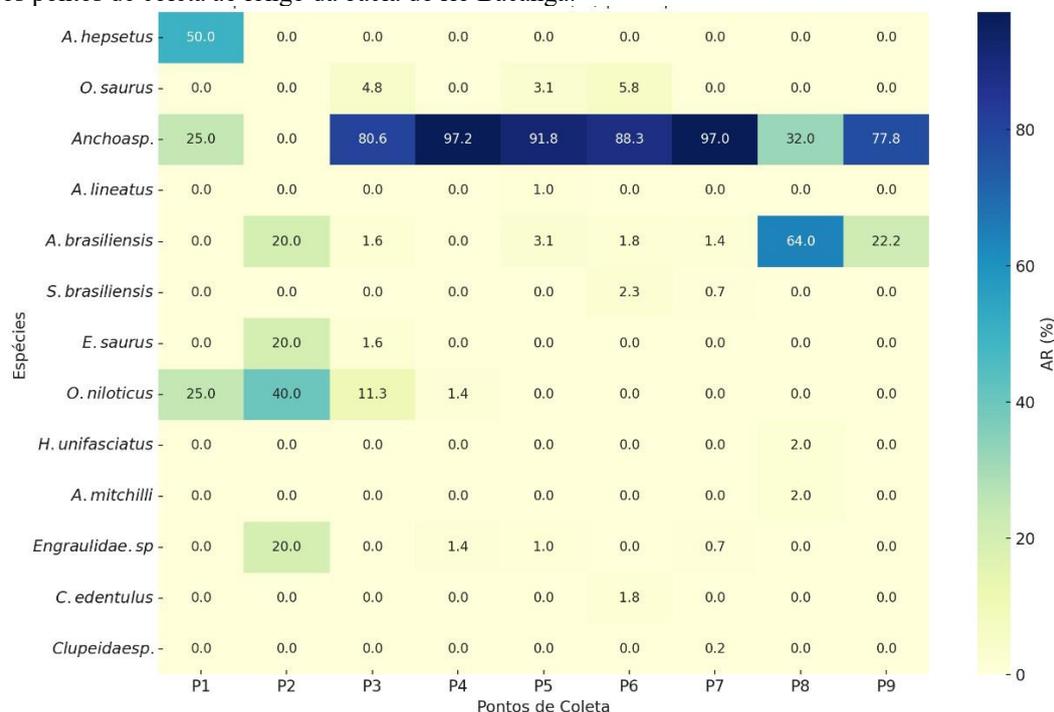
sp. foi a mais abundante em quase todos os pontos, apresentando os maiores valores de AR nos trechos P3 (80,6%), P4 (97,2%), P5 (91,8%), P6 (88,3%) e P7 (97%), evidenciando sua ampla dominância nas regiões centrais e a jusante do sistema (Figura 5).

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 ictioplânctônicas amostradas em cada um dos pontos de coleta ao longo da bacia do rio Bacanga.



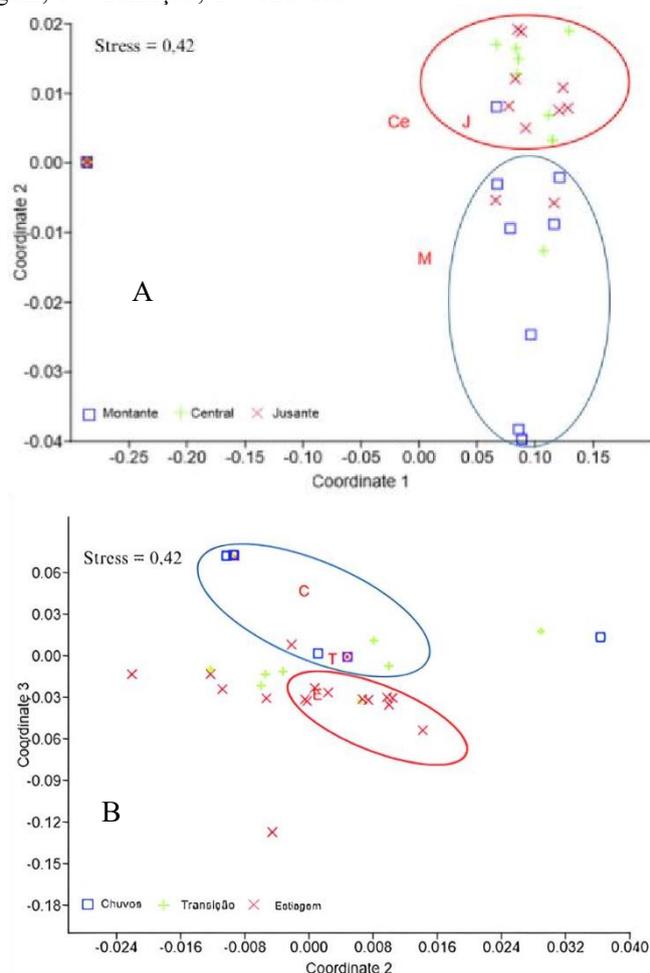
Fonte: Autoria própria

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 *Anchova 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%.

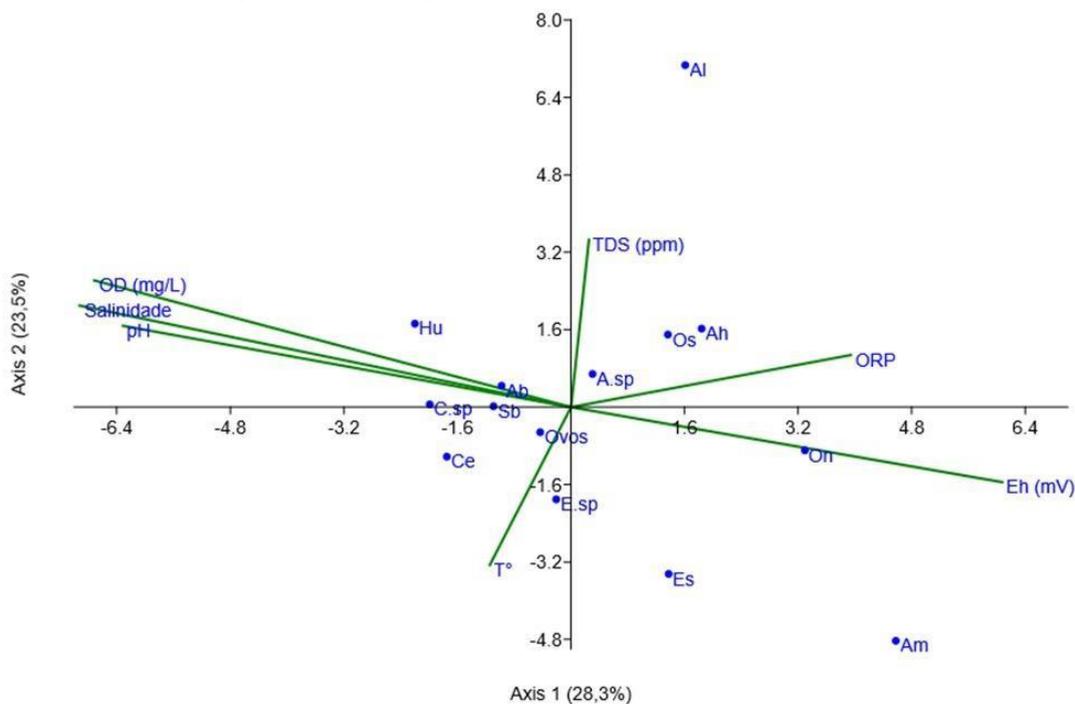
Tabela 2: Análise SIMPER (porcentagem de similaridade) avaliando as espécies que mais contribuíram para diferenciação espacial ao longo da bacia do Bacanga. M = trecho a montante, Ce – trecho central; J – pontos a jusante.

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.

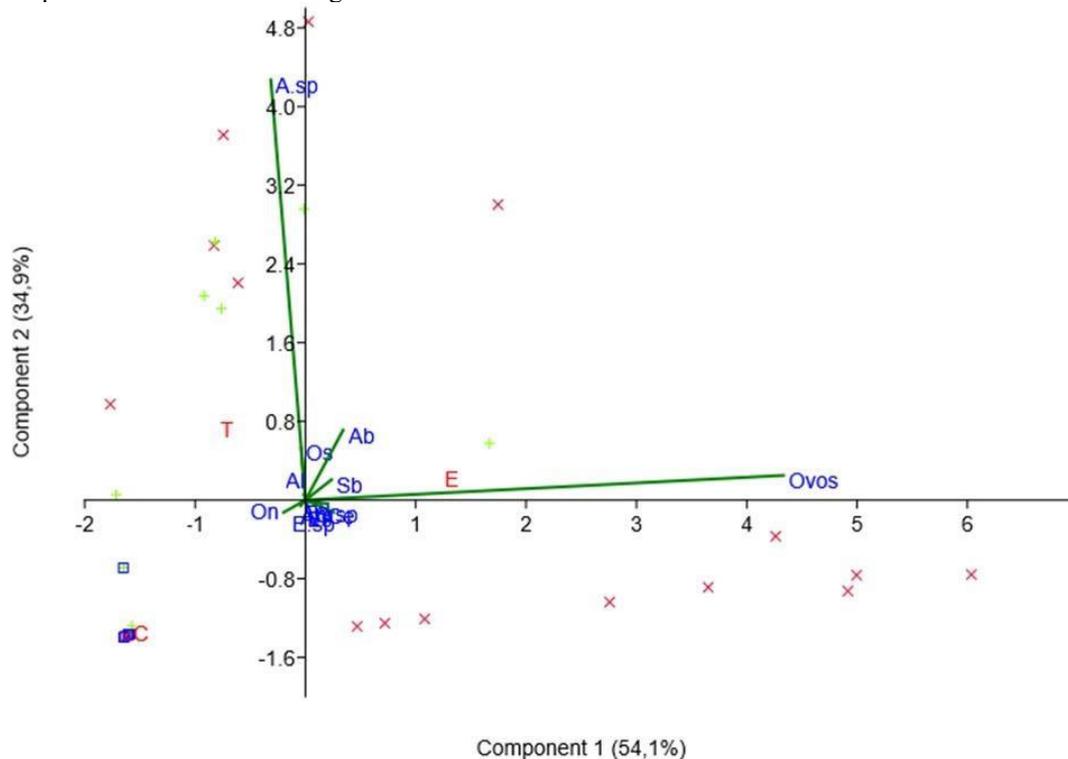


Fonte: Autoria própria

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 ictioplanctônica 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 ictioplanctônica 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_defintiva.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. DOI: <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: [10.22411/rede2021.1501.12](https://doi.org/10.22411/rede2021.1501.12).
- SOARES, R. D. B., CUTRIM, M. V. J., & SILVEIRA, P. C. A. Comunidade ictioplanctônica 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–Brazil). *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_terr/am/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).

V. CAPÍTULO 2

INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS E CONSERVAÇÃO DE LOCAIS DE DESOVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BACANGA: UM ESTUDO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PESCA LOCAL

Elane Paulo da Silva¹

James Werllen de Jesus Azevedo²

Paula Cilene Alves da Silveira²

¹ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Maranhão
PRODEMA/UFMA, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga, 65080805, São Luís – MA – Brasil.

² Departamento de Oceanografia e Limnologia – DEOLI/UFMA, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga,
São Luís - MA.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, situada em São Luís (MA), destaca-se como um sistema estuarino de elevada relevância ecológica e socioeconômica, especialmente para as comunidades ribeirinhas que dela dependem para a pesca artesanal. Este estudo teve como objetivo mensurar as mudanças no uso e ocupação do solo nos últimos vinte 20 anos, avaliando as interferências antrópicas sobre os locais de desova, obtendo assim, o diagnóstico das condições da pesca em função das alterações da paisagem, que vem ocorrendo nos últimos 20 anos na bacia. Foram realizadas coletas de ictioplâncton em 4 campanhas sazonais entre 2023 e 2024, além da aplicação de questionários com pescadores da região, visando compreender a percepção comunitária sobre a pesca em detrimento dos impactos ambientais na bacia. A análise de uso e ocupação do solo ao longo de três décadas revelou um avanço expressivo da urbanização e uma redução significativa da vegetação natural, sobretudo os manguezais. A CCA evidenciou a influência dessas mudanças na distribuição espacial de ovos e larvas de peixes, com destaque para a associação de determinadas espécies a ambientes menos antropizados. O resultado das entrevistas reforçou o diagnóstico de declínio em espécies tradicionais, e surgimento de espécies antes incomuns, indicando possível alteração na composição ictiológica. Evidenciou também a percepção dos pescadores sobre os impactos

da poluição local na pesca. Ressalta-se a importância de integrar conhecimento científico e saber tradicional, no tocante ao subsídio das estratégias de conservação dos locais de reprodução, lançando mão do socioambiental, e garantindo a sustentabilidade da pesca na região.

Palavras-chave: Ictioplâncton; uso do solo; pesca artesanal; manguezal.

ABSTRACT

The Bacanga River Basin, located in São Luís (Maranhão, Brazil), stands out as an estuarine system of high ecological and socioeconomic importance, especially for the riverside communities that rely on it for artisanal fishing. This study aimed to assess changes in land use and land cover over the past 20 years, evaluating anthropogenic interferences on spawning sites and thereby diagnosing the fishing conditions in relation to landscape changes observed in the basin. Ichthyoplankton sampling was conducted during four seasonal campaigns between 2023 and 2024, in addition to administering questionnaires to local fishers to understand community perceptions of fishing amid environmental impacts in the basin. The land use and land cover analysis over three decades revealed a significant expansion of urbanization and a considerable reduction in natural vegetation, especially mangroves. The Canonical Correspondence Analysis (CCA) highlighted the influence of these changes on the spatial distribution of fish eggs and larvae, with certain species associated with less anthropized environments. The interviews reinforced the diagnosis of a decline in traditional species and the emergence of previously uncommon species, suggesting a possible shift in ichthyological composition. Fishers' perceptions also pointed to pollution as a major factor affecting fishing. The study underscores the importance of integrating scientific knowledge and traditional wisdom to support conservation strategies for spawning areas, emphasizing socio-environmental approaches and ensuring the sustainability of local fisheries.

Keywords: Ichthyoplankton; land use; artisanal fishing; mangrove.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o homem vem interferindo na natureza alterando a paisagem, especialmente o solo e a cobertura vegetal. Com o surgimento da agricultura, a pressão antrópica sobre os ecossistemas aumentou consideravelmente (FAO, 2025). Esse processo

tem resultado em mudanças na estrutura e funcionalidade dos ecossistemas, demandando abordagens científicas para compreender suas consequências, e propor estratégias sustentáveis de manejo.

A perda de cobertura vegetal, a impermeabilização do solo e o descarte inadequado de resíduos também são consequências diretas desse processo. Além disso, as ocupações irregulares frequentemente aumentam os riscos de desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra, devido à ocupação de encostas e margens de rios (Siqueira; Sabino; Moreira, 2024).

De acordo com De Campos e Branco (2021), as cidades no Brasil se desenvolveram mais rapidamente do que o ato de planejar o meio urbano, o que resultou em impactos negativos no meio ambiental e social.

O crescente avanço da urbanização, aliado a problemas e lacunas de gestão governamental, tem provocado consequências de grande relevância, desencadeando diversos problemas ambientais, como perda da biodiversidade, escassez de água, aumento da pobreza e desigualdade social, colocando em risco a qualidade de vida das populações, ao ponto de órgãos mundiais, como forma de apelo, lançarem um plano de ação global para alcançar um futuro mais justo, igualitário e sustentável para todos, denominado Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

Segundo Cabral e Cândido (2019), os desafios relacionados à resolução de problemas urbanos, paisagísticos, habitacionais, relativos ao meio urbano construído, têm suas raízes na aceleração das transformações decorrentes do processo de industrialização, o qual impactou os modos de vida e o capital social.

No Maranhão, mais precisamente na capital São Luís, o processo de urbanização não foi diferente. A cidade cresceu sem planejamento, ocasionando o declínio da qualidade ambiental, sendo a Bacia Hidrográfica do Bacanga um nítido exemplo de ocupação desordenada e sem planejamento (Martins, 2008).

A região da Amazônia Oriental do Maranhão, onde se insere a Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, apresenta características singulares. Essa região contribui intensamente para a umidade atmosférica e para a formação de nuvens, resultando em índices elevados de precipitação que atuam de forma cíclica e sazonal no regime hidrológico (MARANHÃO,

2002). A Bacia do Bacanga ocupa 12,33% do território do município de São Luís, com um perímetro de 44,2 km, e o rio principal percorre aproximadamente 22 km desde suas nascentes na chapada do Tirirical até desaguar na Baía de São Marcos (PIDU, 1995).

Os principais afluentes do rio Bacanga — Maracanã, Bicas, Coelho, Mamão, Gapara e Sacavém — e a proximidade de importantes centros urbanos e industriais, como a Universidade Federal do Maranhão (UFMA), o Instituto Federal do Maranhão (IFMA) e grandes empreendimentos como a VALE e ALUMAR, evidenciam a pressão antrópica crescente sobre a bacia (Soares et al., 2021). Além disso, o rio Bacanga tem sua dinâmica acentuadamente influenciada pelo regime de marés, com amplitudes de até 7 metros, o que favorece a intrusão de água salgada em períodos de preamar (Melo, 1998; Castro, 2008). Pereira (2024) afirma que, além da influência da maré, a hidrodinâmica é influenciada pelas comportas da barragem do Bacanga.

Apesar da presença de importantes unidades de conservação e da reconhecida relevância ecológica, a Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga vem sendo utilizada como receptor de esgotos e resíduos sólidos oriundos do centro urbano de São Luís e dos bairros periféricos (Almeida, 2013). A ocupação desordenada e a falta de infraestrutura adequada para saneamento básico potencializam a degradação dos corpos d'água e impactam diretamente os ecossistemas aquáticos e a qualidade de vida da população local (Soares et al., 2021; Nascimento, 2008).

A dinâmica de uso e ocupação do solo é um fator determinante para a conservação ou degradação dos recursos hídricos. Estudos recentes demonstram que, em bacias hidrográficas urbanizadas, a substituição de áreas naturais por áreas urbanas ou agrícolas modifica o ciclo hidrológico, altera os padrões de drenagem e intensifica processos como erosão, assoreamento e contaminação das águas (Pereira, 2024). Na bacia do Bacanga, essas transformações têm comprometido as áreas de manguezal, essenciais para a manutenção da biodiversidade e para o equilíbrio dos ecossistemas costeiros, visto que essa vegetação exerce um papel de proteção para outros ecossistemas.

A presença de usos múltiplos do solo, incluindo áreas industriais, residenciais e comerciais, sem um adequado ordenamento territorial, contribui para a fragmentação de habitats e a diminuição da capacidade de resiliência ambiental (Farias et al., 2023). Essa situação é agravada pela ausência de planos de manejo efetivos e pela fragilidade das políticas públicas voltadas à gestão integrada dos recursos hídricos, as quais devem funcionar,

conforme preconizado pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), Lei Federal nº 7.661/1988 e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal nº 9.433/1997 (Brasil, 1990; Brasil, 1988).

Marques (2025) afirma que 73,40% do total da bacia são de áreas urbanas, segundo um mapeamento da cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Bacanga, realizado pelo Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Bacanga, feito em 2018.

No contexto específico da pesca artesanal na Bacia do Bacanga, a deterioração ambiental repercute diretamente na sustentabilidade da atividade, uma vez que a disponibilidade e a diversidade de espécies ictioplanctônicas dependem da qualidade dos habitats de desova e desenvolvimento larval (Soares, 2021). A diminuição dos estoques pesqueiros e a perda de áreas adequadas para reprodução e recrutamento de peixes ameaçam não apenas a biodiversidade local, mas também a segurança alimentar e a cultura tradicional das comunidades ribeirinhas.

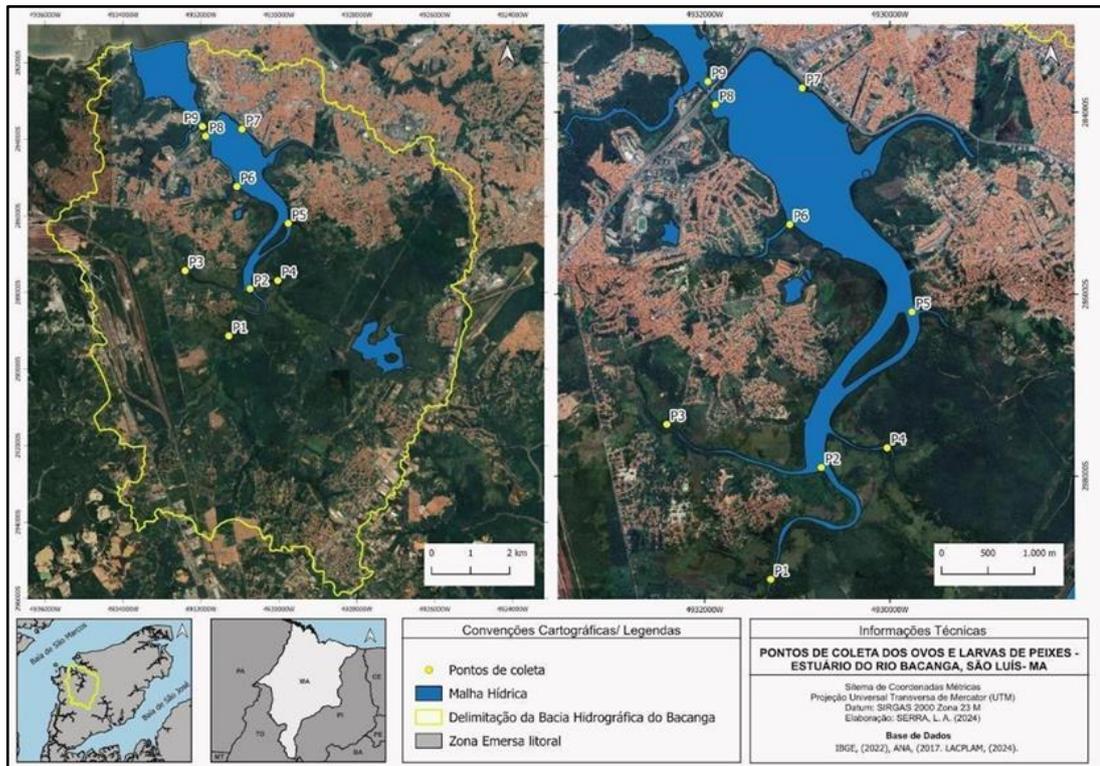
Dessa forma, compreender as interferências antrópicas na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga e sua relação com a conservação de locais de desova é fundamental para subsidiar estratégias de manejo sustentável e de recuperação ambiental. Este capítulo busca analisar essas relações, considerando as pressões existentes, as alterações no uso e ocupação do solo e os impactos sobre a ictiofauna, propondo medidas que contribuam para a sustentabilidade da pesca local e a preservação dos ecossistemas associados.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A Ilha do Maranhão está sob as coordenadas de 02°24'09" e 02°46'13"S e 44°01'20" e 44°29'47" W, tendo como limites a oeste a baía de São Marcos, a Leste a baía de São José, ao Sul o Estreito dos Mosquitos e ao Norte o Oceano Atlântico, sendo constituída por quatro municípios: São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (Coelho e Damazio, 2006). No município de São Luís, encontra-se a Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga (Figura 1), com superfície da ordem de 11.030,00 ha, e ocupa a porção Noroeste, com localização definida pelas coordenadas 2°32'26" e 2°38'07" S e 44°16'00" e 44°19'16"W (Coelho e Damazio, 2006).

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



Fonte: Própria, (2024).

O Estado do Maranhão sofre uma enorme influência da Amazônia Oriental, contribuindo para a umidade da atmosfera bem como para o processo de formação de nuvens, propiciando elevados índices de precipitação que causam influência de forma cíclica e sazonal (Maranhão, 2002). Esta região é dominada pela pronunciada periodicidade do ciclo das chuvas, onde o primeiro semestre do ano é caracterizado por um período chuvoso, e o segundo, seco. 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).

Este estudo empregou técnicas de geoprocessamento para a classificação de uso e cobertura da terra, utilizando o software QGIS (versão 3.22.12 LTR) e imagens de satélite. A projeção cartográfica adotada foi SIRGAS 2000.

Processamento e Classificação de Imagens de Satélite

As imagens de satélite foram processadas no software QGIS (versão 3.22.12 LTR). A classificação das imagens para determinação das classes de uso e cobertura da terra foi realizada através de uma abordagem supervisionada. Esta classificação baseou-se em:

Interpretação visual das imagens; observações de campo prévias (quando aplicável); conhecimento prévio da área de estudo; aplicação dos critérios propostos por Florenzano (2002) e Jensen (2009).

Definição das Classes de Uso e Cobertura da Terra

As classes de uso e cobertura da terra adotadas seguiram a tipologia estabelecida pelo MapBiomias. Foram consideradas as características específicas da cobertura do solo em cada ponto analisado. Para a padronização das legendas, utilizou-se a codificação das classes e a paleta de cores da Coleção 9 do MapBiomias.

Amostragem Cartográfica (Buffers)

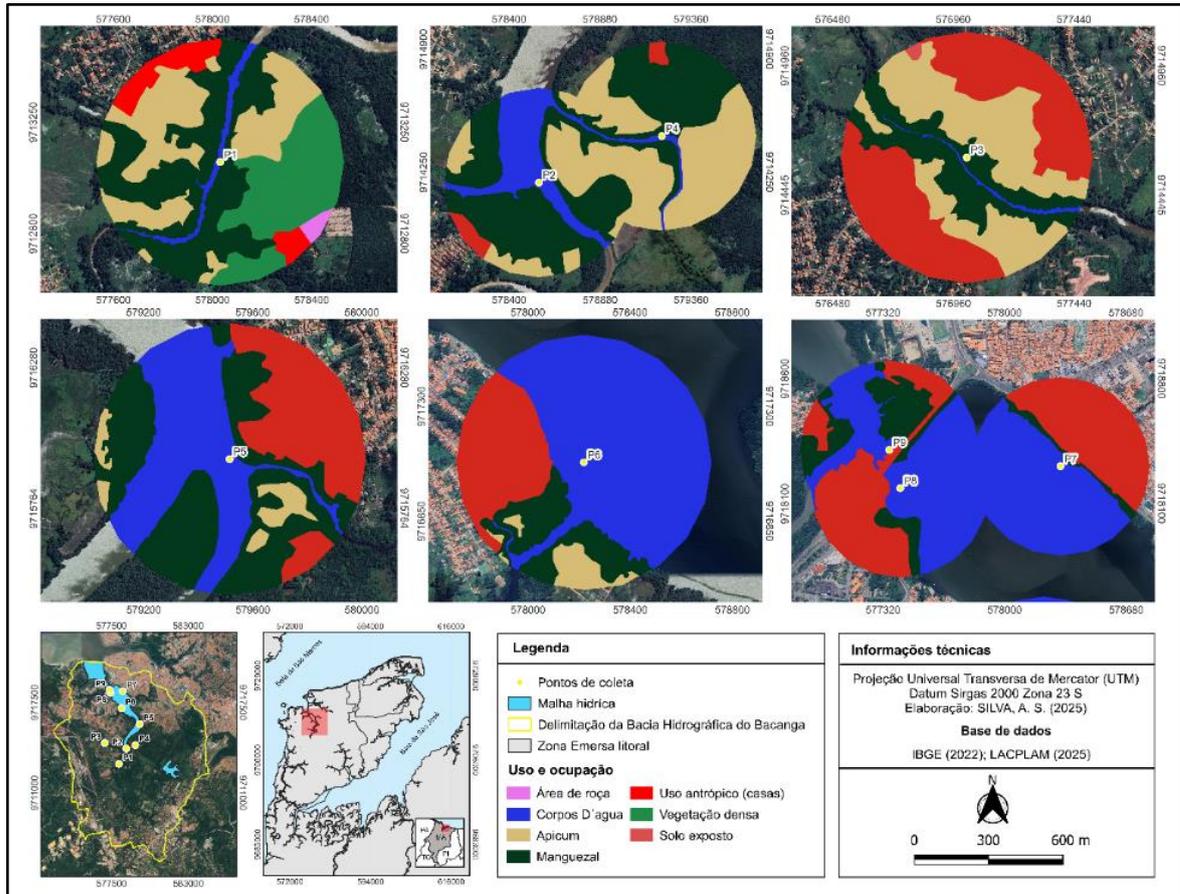
Para a amostragem cartográfica, foi definida uma área poligonal de buffer de 500 metros. Este buffer foi aplicado ao redor das feições de interesse (pontos de coleta), para aplicação das classes de uso e cobertura em cada uma das estruturas de interesse.

Mapeamento amostral com dados das amostras biológicas

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, 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.

A partir dos buffers, foram extraídas informações referentes ao uso e ocupação do solo, com base nos 9 pontos amostrais analisados. Esses dados foram posteriormente correlacionados com a distribuição de larvas e ovos de peixes, possibilitando assim, uma compreensão mais detalhada, em virtude da relação entre as características ambientais e a ocorrência do ictioplâncton na bacia (Figura 15).

Figura 3: Distribuição dos pontos de coleta das larvas e ovos de peixes relacionados às classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga, São Luís - MA.



Fonte: LACPLAM, (2025).

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 durante o dia, com duração de cinco minutos, a bordo de uma lancha a motor, em velocidade lenta, com uma rede de plâncton, do tipo cônico-cilíndrica de 300 μm de malha, e abertura de boca medindo 48 cm de diâmetro, com 1,5 m de comprimento, equipada com fluxômetro, que auxilia no cálculo de densidades de ovos e larvas de peixes por cem metros cúbicos ($n^{\circ}.100. \text{m}^{-3}$). Após cada arrasto, as amostras foram acomodadas em frascos de polietileno, etiquetados, e imediatamente fixadas em solução de formaldeído a 4% neutralizado com bórax, para posterior contagem e identificação em laboratório.

Procedimento de Laboratório

No Laboratório Integrado de Zooplâncton e Ictioplâncton (LIZIC) do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão, procedeu-se a triagem das amostras, das quais separou-se todas as larvas e ovos de peixes dos demais organismos planctônicos. Esta triagem foi realizada com o auxílio do estereomicroscópio da marca Zeiss. A identificação foi realizada no nível taxonômico mais específico possível, 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 (AR%), 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.

Diagnóstico da Pesca na bacia do Bacanga

Para obter uma avaliação dos aspectos socioeconômicos e ambientais, bem como das condições da pesca e sua vulnerabilidade na bacia hidrográfica do rio Bacanga, foram aplicados questionários semiestruturados, conforme descrito por Lakatos; Markoni (2003), Prodanov; Freitas (2013). Os questionários foram direcionados à população de pescadores da região e utilizados como um dos métodos de coleta de dados. Cada pescador foi abordado individualmente, com a apresentação e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Foi pré-requisito que o entrevistado fosse maior de 18 anos. O objetivo principal do questionário foi avaliar o uso do pescado na região.

O tamanho da amostra foi calculado conforme a equação 2:

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2}$$

Onde:

$Z_{\alpha/2}$ = é o valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

E = margem de erro ou erro máximo de estimativa;

p = proporção da população de indivíduos que pertence a categoria de interesse do estudo;

q = proporção populacional de indivíduos que não pertencem à categoria de interesse do estudo.

N = tamanho estimado da população finita.

Considerando que a população total do Itaqui Bacanga é estimada em 264.000 habitantes (IBGE, 2010), estipulando um erro máximo tolerável de 20%, e, substituindo a proporção da população por 0,5, uma vez que não se conhece a proporção de pescadores que atuam na região, conforme sugerido por Levine; Berenson; Stephan, (2000), o tamanho da amostra foi de 21 pescadores.

Foram entrevistados 21 pescadores da região utilizando perguntas abertas sobre a pesca e o pescado na região. Para garantir a integridade dos entrevistados e a validade ética da pesquisa, a mesma foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em atendimento à Resolução 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012). A submissão junto ao CEP ocorreu através da Plataforma Brasil, cujo comprovante segue em apêndice no final deste documento, sendo aprovada sob o número de parecer: 6.956.000.

Evolução do uso e ocupação do solo

Para avaliar o uso e ocupação do solo e sua relação com os ovos e larvas de peixes, foram baixados os dados de classificação do MapBiomas para os anos 1990, 2000, 2010 e 2022 (Neves et al., 2020). O processo utiliza aprendizado de máquina e imagens de satélite de alta resolução, seguindo o Sistema de Projeção UTM e o Datum horizontal SIRGAS 2000, conforme a Resolução IBGE nº 1/2005. Trata-se de procedimentos compostos de várias etapas distintas sendo executados através da plataforma Google Earth Engine, que oferece extensas capacidades de processamento baseadas na nuvem.

A metodologia incluiu a construção de uma biblioteca espectral para a Análise de Mistura Espectral (SMA) e o cálculo da Fração Diferencial Normalizada da Imagem (NDFI) (Neves et al., 2020). As imagens usadas foram obtidas dos sensores Landsat TM, ETM+ e OLI-TIRS a bordo dos satélites Landsat 5, 7 e 8, respectivamente, com resolução de pixel de 30 metros (Neves et al., 2020).

O conjunto de dados de imagens usado no projeto MapBiomias, nas coleções 1 a 7, foi obtido pelos sensores Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e o Operational Land Imager e o Sensor Termal Infravermelho (OLI-TIRS), a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente. O Landsat coleções de imagens com resolução de pixel de 30 metros é produzido pela NASA e USGS e foi acessado via Google Earth Engine.

Para classificar as áreas, foram usadas amostras de interpretação visual com dados espectrais e índices de vegetação, divididas em amostras de treinamento e teste para uma pré-classificação com o algoritmo de floresta aleatória. As amostras estáveis foram usadas como base para a classificação final, seguida de pós-processamento com filtros espaciais, temporais e de frequência para obter mapas anuais e estatísticas sobre a cobertura da terra (Baeza et al., 2022).

A coleta de amostras estáveis (ou seja, amostras obtidas de locais com a mesma classe ao longo do período de estudo) foi estabelecida e usada como base para a classificação final através do algoritmo referente ao tipo mapeado novamente. O pós-processamento da classificação foi constituído por um conjunto de filtros espaciais, temporais e de frequência, que resultaram em mapas anuais da área de estudo em conjunto com estatísticas sobre áreas e transições anuais de cobertura da terra (Baeza et al., 2022).

Densidade ictioplanctônica e sua relação com a evolução de uso e ocupação do solo

Para avaliar a relação entre os ovos e larvas de peixes com a evolução dos diferentes usos do solo, foi utilizado a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Para desenvolvimento da análise foi efetuado uma normalização dos dados de porcentagens dos diferentes usos. Para os dados de densidade dos ovos e larvas, foi utilizada a transformação de LOG (X+1) (Valentin, 2012). Todas as análises estatísticas de natureza uni e multivariada foram efetuadas utilizando-se o software livre PAST 4.03. (Hammer et al. 2008), adotando-se um nível de significância de 5%.

Diagnóstico e cenários de comprometimento da pesca

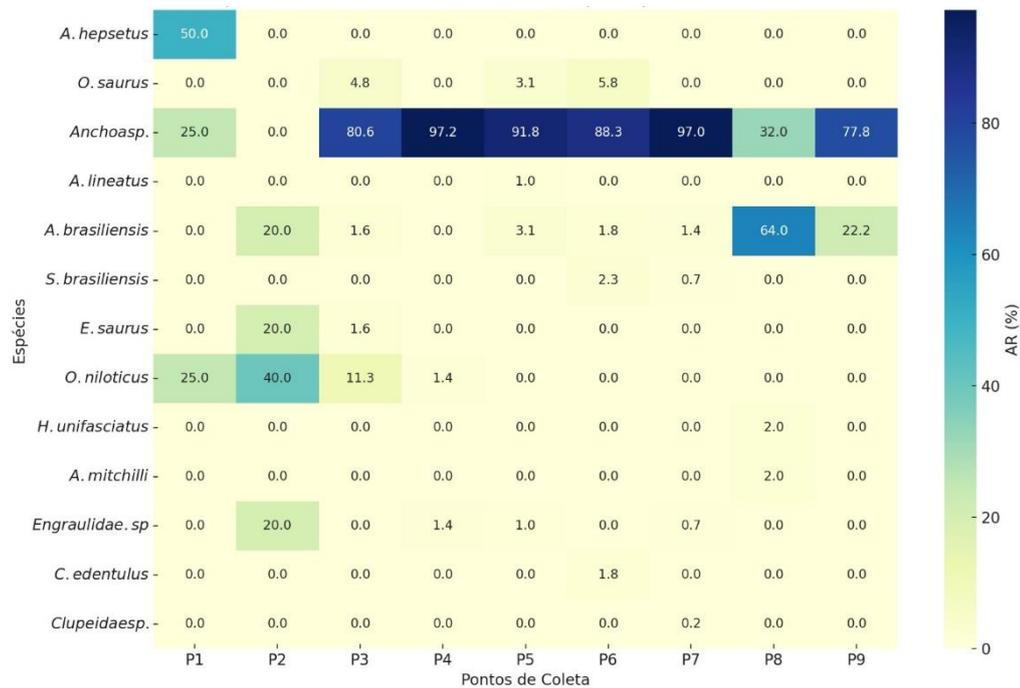
As condições da pesca e sua vulnerabilidade foram avaliadas através da aplicação de questionários abertos e semiestruturados aos pescadores que atuam na área de estudo. Nesta avaliação foram levantadas informações associadas às principais espécies comercializadas, espécies de maior valor comercial, espécies que antes eram pescadas em grande quantidade e agora não mais, espécies que são pescadas em uma época do ano e outra não, etc. As informações geradas foram confrontadas com os dados de distribuição e vulnerabilidade dos ovos de peixes da região, mediante os impactos das alterações no uso e ocupação do solo, de modo a estabelecer a tendência sobre a pesca em médio-longo prazo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise espacial revelou a abundância relativa (AR%) por ponto de coleta, com diferenças marcantes na 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.

A espécie *Oligoplites saurus* demonstrou maior AR% em P3 (4,8), P5 (3,1) e P6 (5,8), enquanto *Oreochromis niloticus* predominou nas regiões de montante P1 (25), P2 (40), P3 (11,3) e P4 (1,4). Espécies como *Atherinella brasiliensis* e *Sardinella brasiliensis* apresentaram distribuição restrita (64 de AR% em P8), contrastando com baixa e/ou pontual ocorrência da *Anchoa mitchilli*, *Hyporhamphus unifasciatus* e *Achirus lineatus* (<2 de AR%). A baixa diversidade em P1 (4 indivíduos) e P9 (18 indivíduos), e a alta abundância de *Anchoa sp.* nos pontos centrais e a jusante, sugerem um padrão espacial definido na estrutura do ictioplâncton. (Figura 4).

Figura 4. Mapa de calor representando a abundância relativa (Ar%) para as espécies ictioplanctônicas amostradas em cada um dos pontos de coleta, ao longo da bacia do rio Bacanga.



Fonte: Autoria Própria, (2025).

A análise temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Bacanga, revela mudanças significativas ao longo dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2022. Soares et al. (2021), ao estudar a mesma área, notaram modificações expressivas no uso e cobertura da terra na bacia do rio Bacanga durante os últimos anos, por não haver um sistema de planejamento adequado que conserve e proteja as áreas naturais.

Em 1990, as formações Florestais e Savânicas eram predominantes na bacia do Bacanga, representando cerca de 35% e 30% da área total, respectivamente. As pastagens cobriam aproximadamente 15% da área, enquanto as áreas urbanizadas ocupavam cerca de 10%. Os corpos d'água eram bem definidos e cobriam cerca de 10% da bacia (Figura 18).

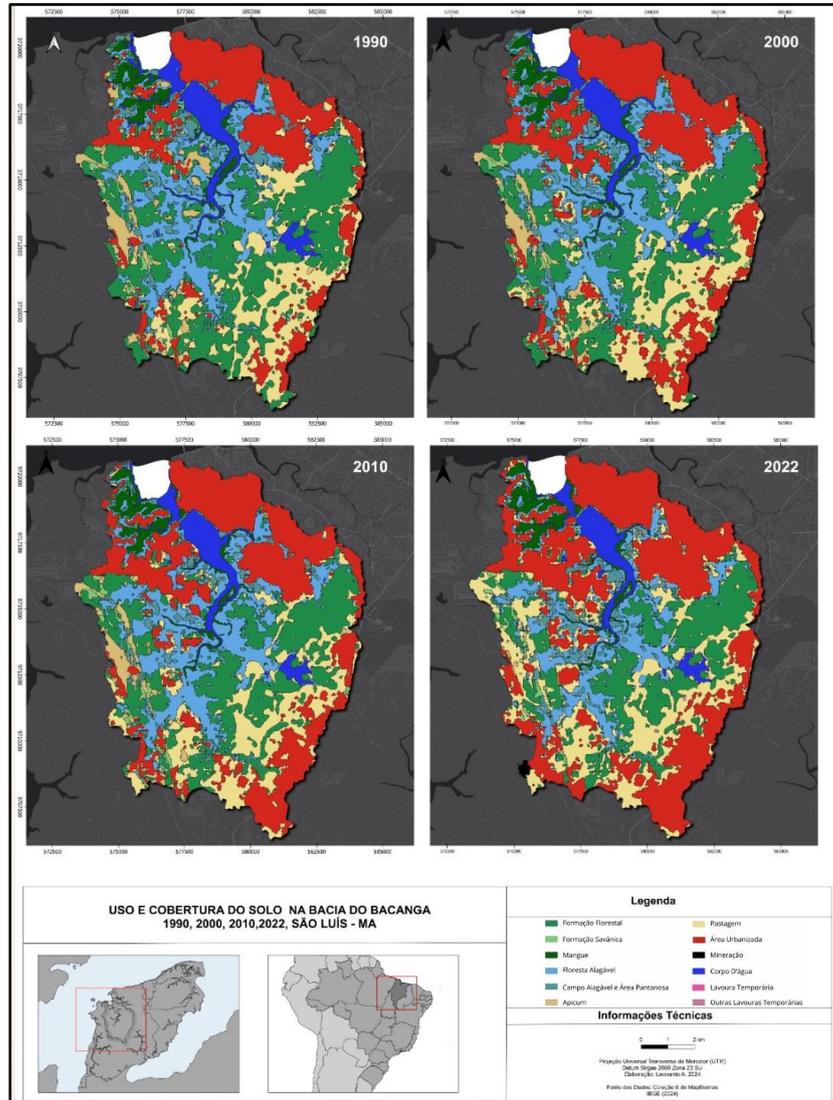
Já em 2000, houve um aumento significativo das áreas urbanizadas, que passaram a ocupar aproximadamente 25% da área total, um incremento de 15% em relação a 1990. As formações Florestais e Savânicas diminuíram para 30% e 20%, respectivamente, representando uma redução de 5% e 10%. As pastagens aumentaram para 20%, e os corpos d'água se mantiveram em torno de 10%.

Em 2010, a tendência de urbanização continuou, com áreas urbanizadas ocupando cerca de 35% da bacia, um aumento de 10% em relação a 2000. As formações Florestais

sofreram redução de 25%, uma diminuição de 5% desde 2000, enquanto as formações Savânicas diminuíram para 15%, uma redução também de 5% em relação a análise anterior. As pastagens aumentaram ligeiramente para 25%, enquanto os corpos d'água passaram a ocupar cerca de 13% da área total, podendo ser um reflexo da intensificação da urbanização, e, conseqüente, impermeabilização do solo.

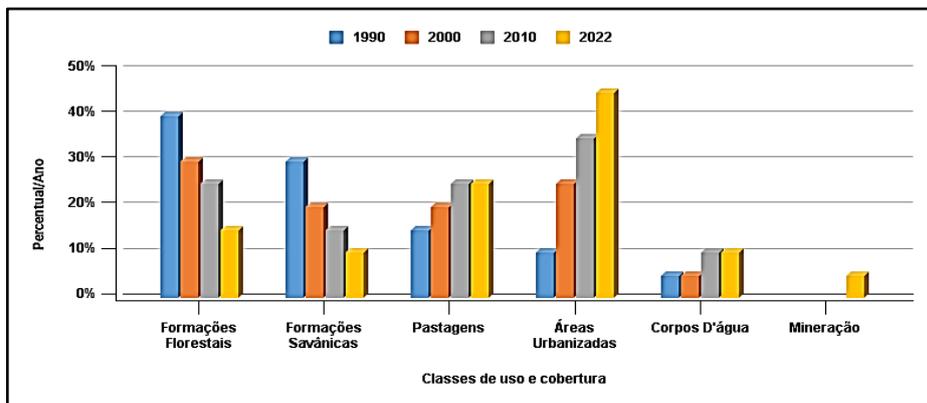
Em 2022, a urbanização atingiu seu ápice, cobrindo cerca de 55% da bacia, um crescimento de 20% em relação a 2010. As formações Florestais e Savânicas reduziram-se ainda mais, para 15% e 10%, respectivamente, representando uma queda de 10% para as florestas e 5% para as savanas desde 2010. As pastagens mantiveram-se estáveis em 25%, e os corpos d'água continuaram a ocupar cerca de 13% da área. Áreas de mineração começaram a aparecer, ocupando aproximadamente 5% da bacia, indicando a presença de um novo tipo de exploração antrópica na área (Figura 18). Castro et al. (2024) em seu estudo recente, observou que houve um grande processo de degradação a partir da construção da barragem, que propiciou o estabelecimento espacial da população, registrando uma redução de aproximadamente 35% da vegetação natural na região.

Figura 5: Série histórica que mostra o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Bacanga, São Luís - MA, Brasil, nos anos: 1990, 2000, 2010 e 2022.



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 5: Percentual temporal das classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Bacanga, revela mudanças significativas ao longo dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2022.



Fonte: Autoria Própria, (2025).

Análise de Correspondência Canônica - CCA

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) revelou a existência de gradientes ambientais que estruturam a distribuição das espécies de ovos e larvas de peixes nos pontos de coleta ao longo do rio Bacanga. Os dois primeiros eixos canônicos explicaram conjuntamente 61,91% da variância total dos dados biológicos em relação às variáveis ambientais, sendo 40,71% explicados pelo eixo 1 e 21,20% pelo eixo 2.

A análise multidimensional indicou que o ponto P1 se destaca na porção direita do eixo 1, associado principalmente às variáveis "vegetação densa" e "área de roça". Espécies como *Anchoa hepsetus* (Ah) apresentaram escore positivo neste eixo, refletindo a associação com tais variáveis. Por outro lado, os pontos P5, P6, P7 e P9 localizaram-se mais à esquerda e próximos ao centroide, estando relacionados a "corpos d'água", "uso antrópico (casas)", "manguezal" e "formação Marisma/Apicum". Espécies como *Sardinella brasiliensis* (Sb), *Cetengraulis edentulus* (Ce), *Oreochromis niloticus* (On) e *Elops saurus* (Es) distribuíram-se ao redor dessas variáveis, indicando associação.

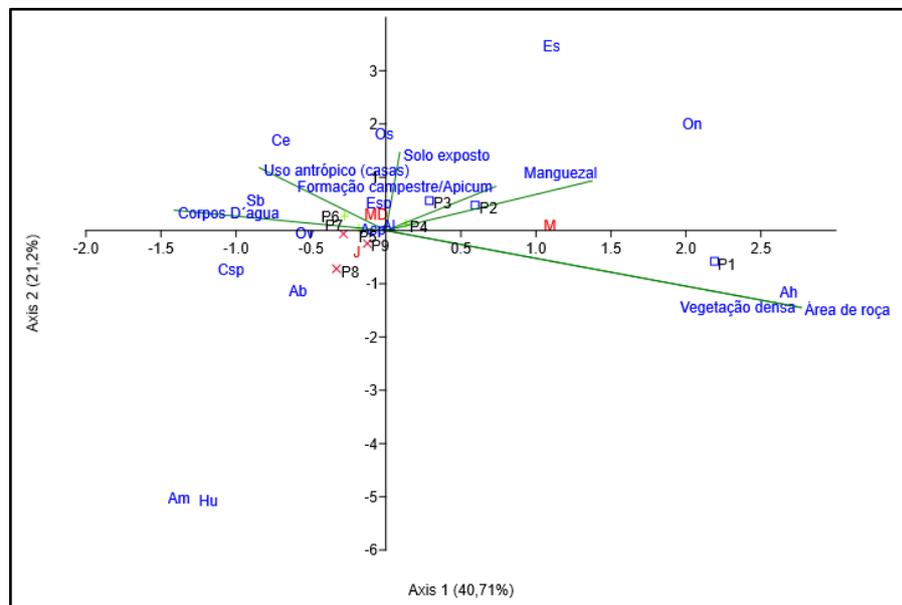
A vegetação densa e áreas de roça, concentradas principalmente na porção mais a montante (P1), mostraram forte associação positiva com *O. niloticus* e *A. hepsetus*. Essa relação sugere que ambientes com menor grau de urbanização e maior cobertura vegetal favorecem a ocorrência desses táxons, provavelmente pela presença de microhabitats com melhor qualidade da água, maior estabilidade térmica e menor perturbação antrópica — condições essenciais para a reprodução e o desenvolvimento inicial dos peixes (Costalago et al., 2018).

Por outro lado, espécies como *A. mitchilli*, *H. unifasciatus* e *Clupeidae sp.* apresentaram correlação negativa com essa variável, indicando possível preferência por ambientes com maior influência salina ou uso humano. Estudos demonstram que a urbanização pode levar à homogeneização das assembleias de peixes, favorecendo espécies tolerantes a distúrbios e reduzindo a diversidade beta, por exemplo (Ortega et al., 2021; Williams-Subiza, Brand, & Miserendino, 2022; Aleixo et al., 2023).

As espécies *Atherinella brasiliensis* (Ab), *Clupeidae sp.* (Csp), *Anchoa mitchilli* (Am) e *Hyporhamphus unifasciatus* (Hu) também apresentaram escores negativos nos dois primeiros eixos, posicionando-se no quadrante inferior esquerdo, afastadas dos vetores ambientais considerados, sugerindo uma fraca associação direta com as variáveis analisadas.

A variável "solo exposto" apresentou vetor de magnitude reduzida, com influência mais discreta sobre a ordenação. O grupo de ovos (Ov) mostrou-se mais associado aos pontos centrais da distribuição, especialmente P5 e P6, sugerindo uma distribuição mais ampla em relação aos gradientes ambientais avaliados. É essencial a identificação de áreas de desova, pois possibilita propor ações de manejo e restauração dos recursos pesqueiros com base na eficiência do uso da água (Pompeu & Godinho 2003, Zacardi et al. 2020b).

Figura 6: Análise de Correspondência Canônica evidenciando a distribuição das espécies de ovos e larvas de peixes nos pontos de coleta ao longo do rio Bacanga, com as variáveis: vegetação densa, área de roça, corpos d'água, uso antrópico, manguezal, formação Marisma/Apicum, Ovos (Ov), *Anchoa hepsetus* (Ah), *Sardinella brasiliensis* (Sb) *Cetengraulis edentulus* (Ce), *Oreochromis niloticus* (On) e *Elops saurus* (Es).



Fonte: Autoria Própria, (2025).

A análise de correspondência canônica (CCA) evidenciou relações estruturadas entre a composição do ictioplâncton e as variáveis de uso e ocupação do solo nos diferentes trechos do rio Bacanga. Dentre as variáveis ambientais analisadas, vegetação densa e áreas de roça, uso antrópico (casas), manguezal e corpos d'água, foram os fatores que mais influenciaram a distribuição dos ovos e larvas de peixes ao longo do gradiente fluvial.

A variável uso antrópico (casas) destacou-se como importante vetor de influência, estando positivamente associada às espécies de sardinhas *C. edentulus*, *Engraulidae sp.*, e *S. Brasiliensis* além de *E. saurus*. Essa associação sugere que tais espécies podem estar adaptadas a condições mais impactadas, como as observadas nos trechos centrais do rio, onde há maior adensamento urbano. Espécies eurialinas e oportunistas, especialmente pequenos

peixes pelágicos com rápido ciclo de vida, tendem a explorar com mais sucesso esses ambientes alterados (Islam; Irené, 2023).

Os ovos de peixes e algumas larvas (como *S. brasiliensis* e *O. saurus*) mostraram associação com áreas influenciadas por corpos d'água e manguezais, indicando que esses habitats funcionam como importantes áreas de reprodução e desenvolvimento larval. A presença de ovos próximos a áreas com maior cobertura de corpos hídricos corrobora a relevância desses ambientes como berçários naturais, oferecendo abrigo e alimentação durante as fases iniciais do ciclo de vida. Além disso, os manguezais, com sua complexa estrutura e elevada produtividade, são amplamente reconhecidos como habitats para diversas espécies costeiras e estuarinas (Abu El-Regal; Ibrahim, 2014). A percepção, com base nos resultados do estudo, é que o manguezal atua como importante zona de reprodução, mesmo nas localidades urbanizadas, desde que haja integração com o sistema aquático. Sendo assim, para a área de estudo, é possível destacar que pontos com vegetação densa, formação marisma ou ausência de manguezal/corpo d'água, apresentam reduções na abundância de ictioplâncton, sugerindo menor adequabilidade ambiental para o desenvolvimento das fases iniciais dos peixes.

Espécies como *A. mitchilli*, *H. unifasciatus*, *Clupeidae sp.* e *A. brasiliensis* mostraram relação negativa com condições de uso como, vegetação densa, corpos d'água, etc. e localização nos trechos mais a jusante (P6 a P9), evidenciando possível influência estuarina ou maior tolerância a ambientes antropizados. A presença de espécies resistentes em áreas urbanizadas pode indicar uma adaptação a condições ambientais degradadas, como baixa qualidade da água e habitat simplificado (Islam; Irené, 2023; Trovillion et al., 2023).

A análise reflete diferentes padrões de uso e cobertura do solo ao longo do rio Bacanga, os quais tem afetado a composição e distribuição espacial do ictioplâncton. As respostas variam conforme as exigências ecológicas das espécies, com algumas se beneficiando da maior integridade ambiental e outras se adaptando (ou mesmo prosperando) em áreas mais degradadas. A preservação de habitats naturais, como manguezais e áreas com vegetação densa, é essencial para a manutenção da biodiversidade aquática e dos serviços ecossistêmicos associados (FAO, 2025; Xiang et al., 2023).

Percepções dos pescadores locais

A aplicação dos 21 questionários inicialmente, indicou que a maioria dos pescadores passa dos 50 anos de idade. Dividimos as faixas etárias dos entrevistados em: de 28 – 36 anos,

41 – 57anos e 63 – 78 anos, todos do sexo masculino, sendo que a maioria estavam na faixa etária de 41 – 57 anos. A segunda maior faixa etária é a de idosos, de 63 – 78 anos (Figura 20).

Segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura do Governo Federal, no Painel Unificado do Registro Geral da Atividade Pesqueira, o Maranhão tem o maior número de pescadores registrado no Brasil, com um total de 590.056 pescadores (BRASIL, 2025). Um estudo realizado em oito municípios do Maranhão revelou que, a maioria dos pescadores artesanais possui uma idade média de aproximadamente 43,6 anos. O estudo mostra também que, majoritariamente, os entrevistados eram do sexo masculino, representando 94,55% da amostra (Borges et al., 2024).

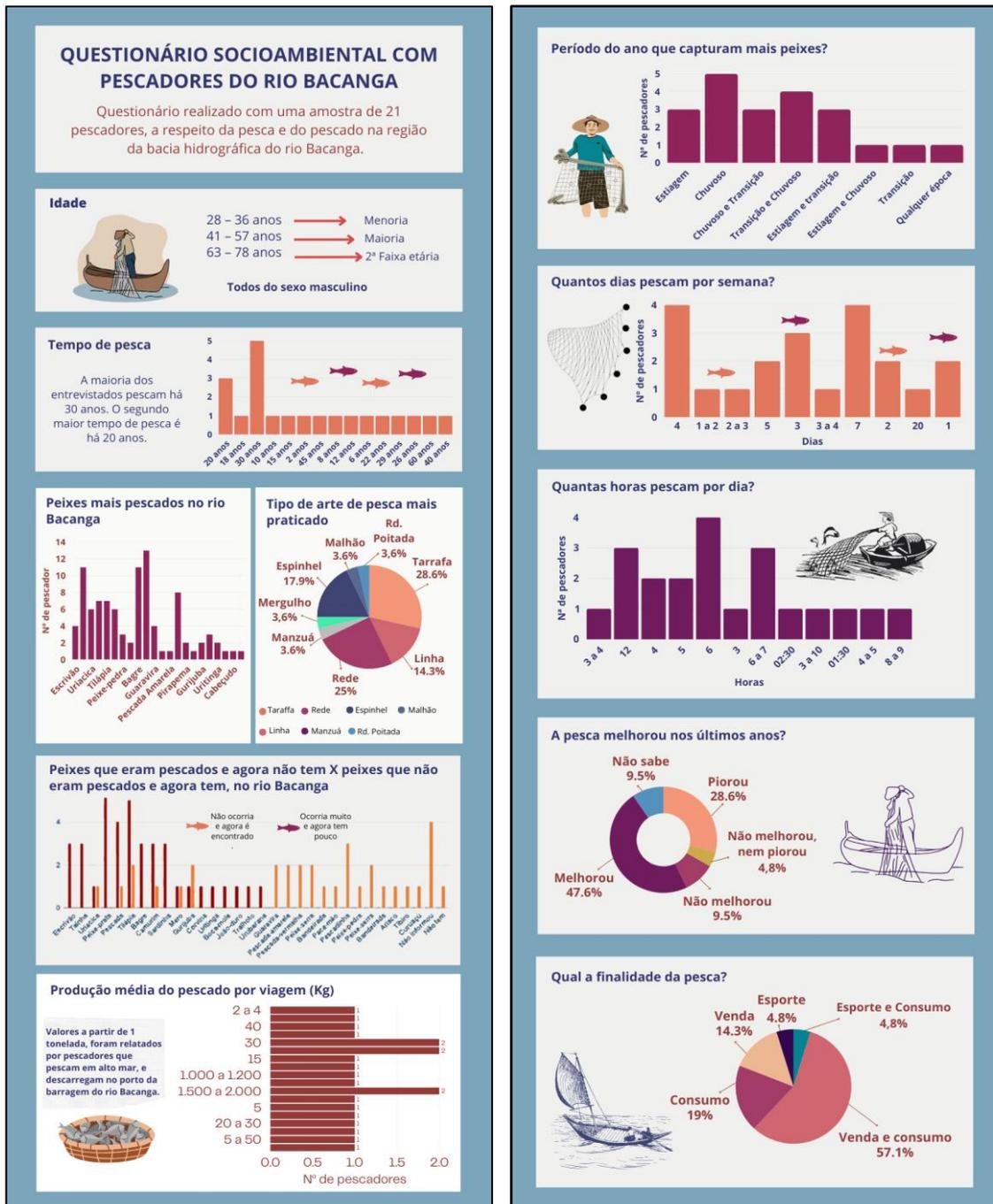
Os entrevistados, com mais de 20 anos de experiência média na pesca, demonstraram uma forte tradição familiar intergeracional. Essa atividade tem grande representatividade econômica e social no Nordeste para comunidades ligadas aos recursos pesqueiros (Bandeira, Leite e Soares, 2024). Quanto às espécies mais capturadas no rio Bacanga, estão o camurim, tainha, tilápia, bagre, sardinha, uriacica, pescada e peixe-prata. O camurim e a tainha também foram citados como peixes de maior valor comercial. Ferreira (2024) ressalta a importância das espécies camurim, tainha, bagre, sardinha e pescada na pesca de subsistência e comercial na ilha de São Luís.

A pesquisa revelou que os apetrechos de pesca mais utilizados são tarrafa (28,6%), rede (25%) e espinhel (17,9%), com a tarrafa sendo a mais frequente, especialmente em estuários, devido à baixa profundidade e vegetação marginal. A pesca no estuário geralmente utiliza apetrechos de baixa seletividade (Ferreira, 2024). A pesca artesanal é essencial para a subsistência das comunidades ribeirinhas do Rio Bacanga. Os dados indicaram a utilização de diversos apetrechos tradicionais maranhenses, como tarrafa, linha, espinhel, manzuá e rede, os quais são culturalmente utilizados no Maranhão (Caldas et al., 2025; Bandeira, Leite e Soares, 2024).

Os dados apontam para um declínio de algumas espécies de peixes, com pescadores relatando a diminuição de tainha, tilápia, peixe-prata e bagre. Em contrapartida, peixe-pedra e guaravira, antes incomuns, surgem como novas ocorrências, sugerindo alterações na composição ictiológica, possivelmente devido a mudanças ambientais ou sobrepesca. A crise da pesca artesanal no Maranhão é evidenciada pela queda no volume de capturas desde meados da década de 1990, acompanhando a destruição de ambientes naturais e a perda de

espécies (Guimarães et al, 2021). Quando questionados sobre a produtividade média por viagem, as repostas variaram entre os entrevistados, indo de 2 kg até 3 toneladas, provavelmente dependendo do esforço de pesca, da época do ano e das condições ambientais (Figura 20).

Figura 7: Infográficos dos dados da pesquisa qualitativa/quantitativa, realizada com os pescadores do rio Bacanga, São Luís – MA.



Fonte: Autoria Própria, (2025).

O período apontado pelos pescadores como o de maior registro de capturas, foi o chuvoso, especialmente entre dezembro (transição) e março (chuvoso), registrado pela maioria como a época de maior abundância, possivelmente relacionado a picos de desova, alimentação e reprodução, conforme estudos no Golfão maranhense, que aponta os mesmos períodos de altas capturas (Teixeira et al., 2024). A frequência de pesca semanal varia, de um a sete dias, com esforço diário de 4 a 12 horas.

Quanto à situação atual da pesca comparada a anos anteriores, 47,6% dos pescadores relataram melhora, enquanto 28,6% apontaram piora e declínio de espécies. Alguns afirmaram que não houve mudança, evidenciando divergências de percepção entre os pescadores. Um dos entrevistados afirmou que houve melhoras, após o concerto da comporta da barragem do rio Bacanga.

A pesquisa de Mochel et al. (2024), no tocante aos serviços ecossistêmicos de provisão pelos manguezais, ressalta, segundo a percepção dos pescadores, que foram reduzidos tanto os peixes como outros recursos alimentares pescados no rio Bacanga, associando ao crescimento desordenado dos bairros na região, apontando que a construção da barragem exerce efeitos negativos nos manguezais.

“Melhorou, após consertarem a comporta”.

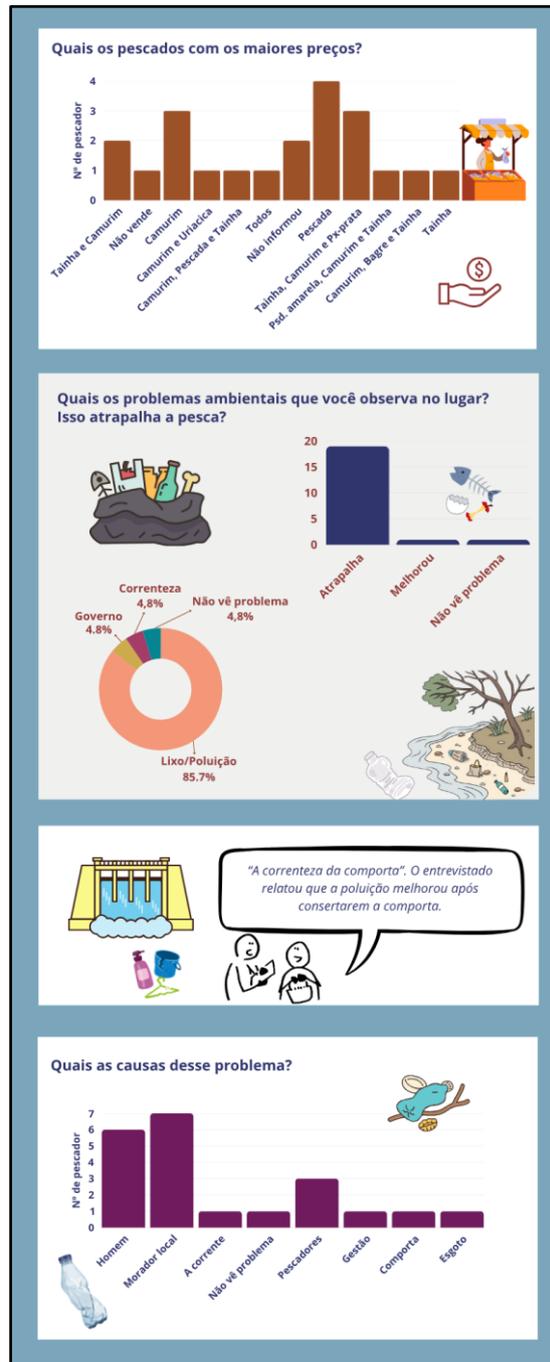
“Não melhorou, nem piorou.”

“Não sabe (depende da época)”.

A finalidade da pesca na região mostrou-se majoritariamente voltada à venda e consumo, com 57,1% de afirmações, 19% disseram que é somente para consumo, 14,3% só para venda, e com menor representação, a pesca esportiva. Como pescado de maior valor comercial, se destacaram o camurim, a pescada e a tainha. As três espécies citadas aparecem no estudo de Ferreira (2024), como espécies desembarcadas pela pesca de subsistência no estuário e pela pesca comercial na ilha de São Luís do Maranhão. No entanto, sabemos que a renda obtida, muitas vezes é instável e insuficiente para manter as necessidades básicas de suas famílias.

Quando questionados a respeito dos problemas ambientais percebidos na região e quais as causas desses problemas, 85,7% dos pescadores relataram lixo, resíduos sólidos e esgoto doméstico como principais fatores que afetam negativamente a pesca, com a maioria afirmando que esses problemas "atrapalham muito". (Figura 21).

Figura 8: Infográficos dos dados (continuação) da pesquisa qualitativa/quantitativa, realizada com os pescadores do rio Bacanga, São Luís – MA.



Fonte: Autoria Própria, (2025).

Salienta-se também, as percepções ambientais sob a ótica empírica dos pescadores, e os impactos relacionados à atividade pesqueira tradicional, que, apesar de resistente, enfrenta desafios socioambientais cada vez maiores. Quando questionados sobre as causas dos problemas ambientais observados por eles, alguns assumem que precisam ser mais compreensivos com a limpeza do local, e outros afirmam que os próprios moradores e pescadores, contribuem com os impactos do lixo no local.

“Falta compreensão das pessoas em manter o local limpo”.

“As pessoas e os próprios pescadores, que não preservam o lugar”.

“Os pescadores jogam lixo no local”.

A maioria dos entrevistados associou esses problemas diretamente às ações humanas, como o descarte inadequado de resíduos por moradores próximos aos corpos d’água, e à ausência de infraestrutura e saneamento básico. Essas interferências são nitidamente barreiras que podem comprometer os locais de desova, o recrutamento das larvas e o equilíbrio do ecossistema estuarino, refletindo diretamente na produtividade pesqueira e na segurança alimentar dessas comunidades. A exemplo dos resíduos plásticos, que descartados de forma inadequada, se acumulam em ecossistemas aquáticos e sua deterioração resulta em efeitos ambientais adversos (Tofa et al. 2019). Uma das questões mais críticas apontadas em outros estudos, que focaram à região, relaciona-se com o saneamento básico, esgotamento sanitário, fornecimento regular de água potável e o tratamento dos resíduos sólidos (Soares et al., 2021).

Os problemas ambientais percebidos pelos pescadores, como lixo e esgoto doméstico, são majoritariamente atribuídos a ações humanas, descarte inadequado de resíduos e falta de saneamento básico. Essas interferências comprometem locais de desova, recrutamento de larvas e o equilíbrio do ecossistema estuarino, impactando a produtividade pesqueira e a segurança alimentar. O acúmulo de resíduos plásticos na bacia, por exemplo, causa efeitos ambientais adversos (Tofa et al., 2019). Estudos anteriores também destacam a precariedade do saneamento básico, esgotamento sanitário, fornecimento de água potável e o lançamento de resíduos sólidos na região (Soares et al., 2021).

Diante disso, os dados levantados demonstram não apenas o valor cultural, social e econômico da pesca artesanal na bacia do rio Bacanga, mas também os desafios enfrentados pela atividade pesqueira. A degradação ambiental, os conflitos de uso e ocupação do solo, e a escassez de políticas públicas voltadas à conservação e preservação do estuário, bem como dos locais de desova, e da bacia hidrográfica como um todo, tornam urgente o desenvolvimento de ações integradas que garantam a sustentabilidade da pesca e a preservação da biodiversidade local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo, evidenciam a complexa relação entre as transformações antrópicas na bacia hidrográfica do rio Bacanga e a sustentabilidade dos

recursos pesqueiros locais. A crescente substituição da vegetação natural por áreas urbanizadas e industriais, somada à degradação e desmatamento dos manguezais, e à ausência de saneamento básico adequado, tem afetado a composição e a distribuição do ictioplâncton, podendo está comprometendo locais de desova e habitats naturais para o desenvolvimento das fases iniciais dos peixes.

Através da análise dos dados biológicos, ambientais e sociais, constatou-se que, tanto os ambientes menos impactados, como impactados, ainda apresentam potencial como locais de reprodução, desova e berçário para a ictiofauna estuarina. O conhecimento tradicional dos pescadores revelou percepções condizentes com os dados científicos, diagnosticando o declínio de espécies tradicionalmente pescadas e a emergência de novas espécies, possivelmente relacionadas à sobrepesca e à perda de qualidade ambiental, aliado a ineficiência de políticas voltadas para essa problemática.

No contexto desse cenário, torna-se evidente a necessidade de políticas públicas integradas com os atores sociais, que aliem: conservação ambiental, gestão participativa e fortalecimento das comunidades de pescadores locais, propondo um modelo para o manejo sustentável da pesca. A proteção irrestrita dos manguezais, a implementação de planos efetivos para a bacia hidrográfica, e o investimento em infraestrutura sanitária, são medidas urgentes a serem adotadas, e inclusive preconizadas no âmbito legal, que visam assegurar a resiliência ecológica do sistema estuarino na bacia hidrográfica do rio Bacanga, e priorizar a segurança alimentar das populações que dele dependem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU EL-REGAL, M. A.; IBRAHIM, N. K. **Role of mangroves as a nursery ground for juvenile reef fishes in the southern Egyptian Red Sea.** Egyptian Journal of Aquatic Research, v. 40, n. 1, p. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2014.01.001>, 2014. Acesso em: 12 maio 2025.

ALEIXO, M. H. F., FLORÊNCIO, F. M. LANSAC-TÔHA, F. M., QUIRINO, B. A., & FUGI, R. **Influence of species invasion, seasonality, and connectivity on fish functional and taxonomic beta-diversity in a Neotropical floodplain.** Biological Invasions, 1-15, 2023.

ALMEIDA, João Batista. **A qualidade de águas superficiais e subterrâneas na Bacia do Rio da Prata/São Luís Maranhão sob efeito da ação antrópica.** Universidade Federal do Ceará, 2013.

BAEZA, S., VÉLEZ-MARTIN, E., De ABELLEIRA, D., BANCHERO, S., GALLEGOS, F., SCHIRMBECK, J., ... & HASENACK, H. **Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative.** *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100834, 2022.

BANDEIRA, Arkley Marques; LEITE, Giovana Araújo; SOARES, Leonardo Silva. **Pesca artesanal no rio Turiaçu, Santa Helena–MA: registro de uma prática etnocultural.** *Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais* (2238-3565), v. 13, n. 5, p. 319-338, 2024.

BENINI, Rubens de Miranda; MENDIONDO, Eduardo Mario. **Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na bacia do Mineirinho.** *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 211-222, 2015.

BORGES, H. S., PESTANA, S. S., DA SILVA, L. N., MÁXIMO, G. F. S., & FIGUEIREDO, M. B. **Working conditions of fishermen concerns the future of artisanal fishing.** *Contribuciones a las ciencias sociales*, 17(1), 5800–5818. (2024). <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.1-346>

BRASIL. Lei Federal Nº. 7.661, de 16 de maio de 1988. **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.**

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura. Painel unificado do Registro Geral da Atividade Pesqueira**, (2025). Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/cadastro-registro-e-monitoramento/painel-unificado-do-registro-geral-da-atividade-pesqueira>. Acesso em: 03 maio 2025.

BRASIL. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.** Brasília, DF: Conselho Nacional de Saúde, 2012. Disponível em:

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html]. Acesso em: [27 de maio, 2023].

CABRAL, Laíse do Nascimento; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. **Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito**. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, p. e20180063, 2019.

CALDAS, Carla Carolina Ferreira et al. **Caracterização da atividade pesqueira do município de Santo Amaro, Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 29, p. e88039-e88039, 2025.

CASTRO, Antônio Carlos Leal de; COSTA, Jacielly de Jesus; SILVA, Marcelo Henrique Lopes; AZEVEDO, James Werllen de Jesus. **Riscos ambientais das ocupações irregulares nas planícies alagáveis da bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís, Maranhão**. Geosaberes, Fortaleza, v. 15, p. 339-351, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v15i0.1352>.

CASTRO, TCS. **Identificação de áreas potenciais para a recarga de aquífero na bacia hidrográfica do rio Bacanga**. 56f. Monografia (Curso Ciências Aquáticas). Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

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.

COSTALAGO D, POTTER P, PATTRICK P, STRYDOM NA. **Influence of environmental variables on the larval stages of anchovy, *Engraulis encrasicolus*, and sardine, *Sardinops sagax*, in Algoa Bay, South Africa**. Environ Biol Fish. 2018; 101:225-36. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0693-z>

DE CAMPOS, Rodrigo José; BRANCO, Priscila. **Ocupação desordenada dos espaços urbanos e suas consequências socioambientais**. Revista Thêma et Scientia, v. 11, n. 2E, p. 216-227, 2021.

FAO. **The magic of mangroves**. 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/newsroom/story/The-magic-of-mangroves/en>. Acesso em: 12 maio 2025.

FERREIRA, Raimundo Nailson Sousa. **“Diversidade e produção da ictiofauna desembarcada na Ilha de São Luís do Maranhão no início do período chuvoso”**.

Universidade Federal Rural da Amazônia. Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos. <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3719/1/>. 2024. Trabalho de conclusão de curso.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso**. Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 24-29, 2005.

GUIMARÃES, Erick Cristofore; BRITO, Pâmella Silva de; SANTOS, Jadson Pinheiro; ANJOS, Marcelo Rodrigues dos; ANDRADE, Marcelo Costa; LOPES, Danilo Francisco Corrêa; RAMOS, Telton Pedro Anselmo; COSTA, Silvia Yasmin Lustosa; GUIMARÃES, Karen Larissa Auzier; RODRIGUES, Luís Reginaldo Ribeiro; COSTA, Luis Fernando Carvalho; FERREIRA, Leticia Moura; SILVA, Suanny Gomes Bezerra da; SANTOS, José de Ribamar Carvalho dos; DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva. **Peixes comerciais do estado do Maranhão**. São Luís: Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, ISBN 978-65-87226-27-9. (2021).

HAMMER, Øyvind; HARPER, David AT. **Past: paleontological statistics software package for education and data analysis**. Palaeontologia electronica, v. 4, n. 1, p. 1, 2001.

ISLAM, S.; IRENÉ, M. **Impact of Urbanization on Fish Biodiversity: Taxonomic Changes in Altered Environments**. *FishTaxa - Journal of Fish Taxonomy*, v. 29, 2023. Disponível em: <https://fishtaxa.com/manuscript/index.php/ft/article/view/198>. Acesso em: 12 maio 2025.

JENSEN, John R.; EPIFÂNIO, José Carlos Neves. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2009.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

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

MARQUES, Gabriela Sekeff. **A gestão integrada entre a bacia hidrográfica e a zona costeira: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Bacanga em São Luís, MA**. 2025.

MARTINS, Ana Luiza Privado. **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga (São Luís - MA) com base em variáveis físico-químicas, biológicas e populacionais: subsídios para um manejo sustentável**. 2008.

MELO, O. T. **Comportamento Biogeoquímico de Nutrientes no Estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís–MA**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, 115p. 1998.

MOCHEL, F. R., RIBEIRO, S. P., LIMA, A. M. S., TORRES, C. T. M., & MENDES, J. C. **Serviços ecossistêmicos de provisão de manguezais em um estuário modificado por barragem**. *Caderno Pedagógico*, 21(12), e10576-e10576. (2024). DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n12-118>.

NASCIMENTO, Jackgrayce Dutra. **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/MA**. 2010.

NEVES, A. K., KÖRTING, T. S., FONSECA, L. M. G., & ESCADA, M. I. S. **Assessment of TerraClass and MapBiomas data on legend and map agreement for the Brazilian Amazon biome**. *Acta Amazonica*, 50(2), 170-182, 2020.

ORTEGA, J. C. G., BACANI, I., DORADO-RODRIGUES, T. F., STRÜSSMANN, C., FERNANDES, I. M., MORALES, J., MATEUS, L., SILVA, H. P. DA., & PENHA, J. **Effects of urbanization and environmental heterogeneity on fish assemblages in small streams**. *Neotropical Ichthyology*, 19(3), e210050, 2021. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0050>.

PEREIRA, Claudia Rakel Pena. **Planejamento urbano e gestão de risco de inundação na bacia hidrográfica do rio Bacanga–São Luís, MA**. *Geoconexões*, v. 1, n. 18, p. 129-150, 2024.

PIDU. **Projeto de Integração e Desenvolvimento Urbano**, 1995.

POMPEU, P. S. & GODINHO, H. P. **Dieta e estrutura trófica das comunidades de peixes de três lagoas marginais do médio São Francisco**. Pp. 183-194. In: Godinho, H. P. & Godinho, A. L. (Eds.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. PUCMinas, Belo Horizonte, Brasil, 461 p, 2003.

SIQUEIRA, G.R.; SABINO, L.R.; e MOREIRA, J.M. **“Loteamentos urbanos: crescimento ordenado e desordenado”**. *Revista ft* 29 (140): 46–47, 2024. <https://doi.org/10.69849/revistaft/c110202411261846>.

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.

SOARES, Rafael Diego Barbosa; CUTRIM, Marco Valério Jansen; DA SILVEIRA, Paula Cilene Alves. **Comunidade ictioplanctônica da bacia hidrográfica do rio Bacanga na cidade de São Luis, Brasil.** Revista de Ciências Ambientais, v. 8, n. 1, p. 37-48, 2014.

TEIXEIRA, J. M.; SILVA, M. H. L.; DE CASTRO, A. C. L.; ÂNDRADE, M.; LOPES, Y. V. de A.; MARINHO, Y. F.; DA SILVA, E. P.; ESCHRIQUE, S. A.; AZEVEDO, J. W. de J. **Aspectos da dinâmica populacional para duas espécies de perciformes (*Genyatremus luteus* e *Macrodon ancylodon*), a partir da pesca de tapagem em um ambiente de Macromaré pertencente a costa amazônica.** REVISTA DELOS, [S. l.], v. 17, n. 51, p. 49–73. (2024). DOI: 10.55905/rdelosv17.n51-004. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1193>. Acesso em: 17 maio. 2025.

TOFA, T. S., KUNJALI, K. L., PAUL, S., & DUTTA, J. **Visible light photocatalytic degradation of microplastic residues with zinc oxide nanorods.** Environmental Chemistry Letters, 17, 1341-1346, (2019).

TROVILLION, D. C., SAUER, E. L., SHAY, G., CRONE, E. R., & PRESTON, D. L. **Habitat complexity, connectivity, and introduced fish drive pond community structure along an urban to rural gradient.** Ecological Applications, e 2828, 2023.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos.** Rio de Janeiro: Interciência. 168p, 2012.

WILLIAMS-SUBIZA, E. A., BRAND, C., & MISERENDINO, M. L. **Compositional shifts in freshwater macroinvertebrate communities over 30 years of urbanization.** Ecological Engineering, 183, 106738, 2022.

XIANG, T., DONG, X., JU, T., SHI, L., & GRENOUILLET, G. **Anthropogenic activities and environmental filtering have reshaped freshwater fish biodiversity patterns in China over the past 120 years.** Journal of Environmental Management, 344, 118374. (2023).

ZACARDI, D. M., Santos, J. A., Oliveira, L. S., Cajado, R. A. & Pompeu, P. S. **Ichthyoplankton studies as referential for the management and monitoring of fishery resources in the Brazilian Amazon basin.** Acta Limnologica Brasiliensia, 32: e203, 2020b.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia Hidrográfica do Rio Bacanga apresenta um cenário comprometido por pressões antrópicas associadas a um processo de urbanização desordenado, e à ausência de políticas públicas efetivas voltadas à conservação ambiental e à gestão pesqueira sustentável. A análise integrada das variáveis ambientais, da distribuição espaço-temporal do ictioplâncton e da percepção dos pescadores, revelou alterações significativas na estrutura da ictiofauna, nos locais de desova, especialmente em áreas de manguezal, e evidenciou espécies em declínio, bem como espécies que se adaptaram às condições impactadas da bacia, e até mesmo uma espécie exótica.

Os resultados obtidos evidenciaram que abundância e a distribuição dos ovos e larvas de peixes variam substancialmente entre os períodos sazonais e os diferentes setores da bacia, confirmando a influência das condições ambientais, como salinidade, OD e temperatura. A composição ictioplanctônica, por sua vez, refletiu não apenas a sazonalidade, mas também as alterações na qualidade ambiental, com a presença predominante de poucas espécies e o desaparecimento de *táxons* mais sensíveis às alterações. As análises multivariadas reforçaram que as zonas mais impactadas da bacia, sobretudo aquelas com maior grau de urbanização, apresentaram menor diversidade e abundância relativa de ictioplâncton.

No Capítulo 2, a análise multidimensional do uso e ocupação do solo ao longo das últimas décadas, evidenciou uma substituição expressiva da vegetação natural por áreas urbanizadas, incrementando o comprometimento dos ecossistemas aquáticos e das áreas de desova. O uso de técnicas de geoprocessamento aliado à coleta de dados biológicos e socioeconômicos, permitiu correlacionar diretamente essas transformações com a perda de habitats essenciais para o ciclo de vida dos peixes.

A percepção dos pescadores reforçou os dados ecológicos obtidos, apontando para uma preocupante redução dos estoques pesqueiros tradicionais, associada à degradação ambiental e à poluição. O surgimento de espécies anteriormente pouco comuns, pode ser interpretado como uma resposta a alterações nos nichos ecológicos disponíveis, refletindo um processo de substituição da ictiofauna original por espécies mais tolerantes a ambientes degradados.

Diante desse diagnóstico, torna-se evidente a urgência de estratégias integradas, que aliem o conhecimento científico, diante dados aqui evidenciados, ao conhecimento tradicional, para a elaboração de políticas públicas voltadas à recuperação ambiental da bacia, com ênfase à proteção dos locais de desova, e à valorização da pesca artesanal, promovendo ações socioambientais, no contexto da segurança alimentar das comunidades ribeirinhas e difundindo a educação ambiental. A sustentabilidade da pesca no rio Bacanga depende, sobretudo, da preservação dos manguezais, da qualidade da água e da proteção dos locais de desova, elementos indispensáveis à manutenção da biodiversidade aquática.

Por fim, esta dissertação contribui para a compreensão das inter-relações entre alterações antrópicas na paisagem e os processos ecológicos associados ao ictioplâncton no contexto de um ecossistema estuarino urbano. Reforça-se a importância de políticas de ordenamento territorial, saneamento básico e conservação ambiental, como pilares para o desenvolvimento

sustentável, dando suporte a resiliência das comunidades tradicionais frente aos desafios ambientais cada vez maiores.

APÊNDICES

Apêndice 1: Questionário aplicado em campo



Data	_____
Nome	_____
Idade	_____

Pesquisa: DISTRIBUIÇÃO DO ICTIOPLÂNCTON NA BACIA DO RIO BACANGA E SUA RELAÇÃO COM AS ALTERAÇÕES DA PAISAGEM: SUBSÍDIOS PARA A CONSERVAÇÃO DA PESCA NA AMAZÔNIA COSTEIRA

- 1- Há quanto tempo você pesca?
- 2- Quais peixes você pesca no rio?
- 3- Qual o tipo de pescaria praticado por você?
- 4- Qual peixe tinha em grande quantidade e agora não tem mais?
- 5- Qual peixe não era pescado e agora passou a ser pescado?
- 6- Qual a produção média do pescado por viagem?
- 7- Qual o período em que você captura mais peixes (mês principal)?
- 8- Quantos dias você pesca durante a semana?
- 9- Quantas horas você pesca por dia?
- 10- Qual a finalidade da sua pesca?
- 11- Quais os pescados com os maiores preços?
- 12- A pesca melhorou nos últimos anos?
- 13- Quais os problemas ambientais que você observa no lugar? Isso atrapalha a pesca?
- 14- Quais as causas desse problema?

ANEXOS

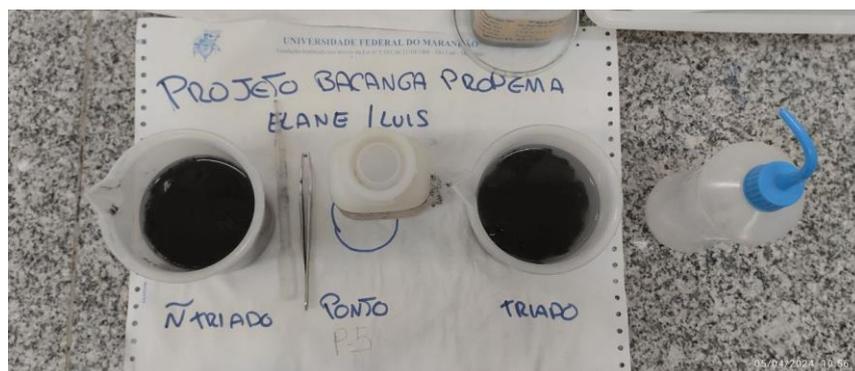
Anexo 1: Organismos coletados no rio Bacanga: (A) Zooplâncton; (B, C e D) Fases de um inseto que ocorreu bastante em algumas amostras.



Anexo 2: Áreas antropizadas na bacia hidrográfica do rio Bacanga.



Anexo 3: Amostra do P5 com cor da água alterada (escurecida).



Anexo 4: Amostra com espécimes apresentando cor alterada (escurecida).



Anexo 5: Certificado de publicação do Capítulo 1, submetido à Revista ARACÊ.



CERTIFICADO DE PUBLICAÇÃO



A **Seven Publicações Ltda**, inscrita no CNPJ sob o nº 43.789.355/0001-14, certifica que o Artigo intitulado **"PADRÕES SAZONAIS E ESPACIAIS DO ICTIOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO DO RIO BACANGA, BRASIL: CONTROLES AMBIENTAIS E DESAFIOS DE CONSERVAÇÃO"** foi regularmente publicado na Revista **ARACÊ**, ISSN: ISSN 2358-2472, classificada como A2 no QUALIS CAPES (2017–2020), no volume 7, número 6, nas páginas 29852–29878.

Autores: Elane Paulo da Silva, James Werllen de Jesus Azevedo e Paula Cilene Alves da Silveira.

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

Link de publicação: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/5664>



Pelos presentes termos, firmo a veracidade desse certificado.

São José dos Pinhais, 05 de Junho de 2025.


Fernanda Chaves Aloisio
 EDITORA-CHEFE

Seven Publicações Ltda. CNPJ: 43.789.355/0001-14
 R. Dr. Motta Júnior, 1099 - loja 4 - Centro, São José dos Pinhais - PR. 83005-170

Artigo 1: PADRÕES SAZONAIS E ESPACIAIS DO ICTIOPLÂNCTON NO ESTUÁRIO DO RIO BACANGA, BRASIL: CONTROLES AMBIENTAIS E DESAFIOS DE CONSERVAÇÃO

Revista	Revista ARACÊ
ISSN	2358-2472
DOI	10.56238/arev7n6-047
Fator de impacto	Não dispõe
Meio de divulgação	Online
Periodicidade	Fluxo contínuo publicações e edições mensais.
Site	https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/5664
Diretrizes para autores	https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/about/submissions
Qualis CAPES	A2
Indexadores	Open Library, Amazon, Google Scholar, Skook, Crossref, QUALIS LIVRO.

Artigo 2: INTERFERÊNCIAS ANTRÓPICAS E CONSERVAÇÃO DE LOCAIS DE DESOVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BACANGA: UM ESTUDO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PESCA LOCAL

Revista	
ISSN	
DOI	
Fator de impacto JCR	
Meio de divulgação	
Periodicidade	
Site	
Diretrizes para autores	
Qualis CAPES	
Indexadores	