



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

ANA BEATRIZ SOBRAL

**INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879) NO
ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA DO NORTE**

**CAMPINA GRANDE
2022**

ANA BEATRIZ SOBRAL

**INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879) NO
ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA DO NORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha

Coorientadora: MSc. Caroline Stefani da Silva Lima

**CAMPINA GRANDE
2022**

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

S677i Sobral, Ana Beatriz.
Ingestão de microplásticos por Anchoa Januaria
(steindachner, 1879) no estuário do Rio Paraíba do Norte
[manuscrito] / Ana Beatriz Sobral. - 2022.
39 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde , 2022.

"Orientação : Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha ,
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

"Coorientação: Profa. Ma. Caroline Stefani da Silva Lima ,
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Impacto ambiental. 2. Anchoa Januaria. 3. Estuário
tropical do Rio Paraíba. 4. Ambiente estuarino. I. Título

21. ed. CDD 333.16

ANA BEATRIZ SOBRAL

INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS POR *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879) NO ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA DO NORTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia

Aprovada em: 01/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

André Luiz M. Pessanha

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

Thelma Lúcia Pereira Dias

Me. Alexandre da Gama Fernandes Vieira Júnior
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Alexandre da gama Fernandes Vieira Júnior

Prof. Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*A Deus por todo cuidado comigo, à
minha mãe por todo amor e compreensão
esses anos, à minha filha que é o meu
combustível para continuar, com amor e
muita gratidão,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus agradeço por tudo que tenho conquistado, pela força de ter iniciado e ter continuado. Sempre que pensava em desistir ouvia a sua voz dizendo que eu conseguiria.

Aos meus pais por sempre acreditarem na minha capacidade de conquistar o que eu quisesse. Mesmo com pouco, ter custeado todos meus anos em escola particular e por sempre cobrar que eu dê um retorno, e aqui estou eu retornando com um pé na formação acadêmica. Mainha, nunca vou esquecer do dia que passei para meu curso e a senhora se emocionou junto a mim, vi seus olhos brilharem sabendo que ali teria sua segunda filha formada. Mainha e painho, mais um diploma para vocês. Vocês são a base do meu alicerce, e tenho certeza que minhas conquistas são a de vocês. Amo-os demais, e agradeço a vocês por tudo que tenho e conquistei!

A minha família que sempre esteve comigo em todas as situações, desde toda a minha vida escolar, familiar e acadêmica. As minhas tias (Carmita e Marlene) que sempre me colocaram do Céu para cima, acreditando que ali sairia mais uma sobrinha formada, como elas sempre quiseram, vocês mesmo sem estudo nenhum, acreditam que a educação nos transforma, e minha maior felicidade é poder realizar esse sonho nosso, ajudaram em todos os custos até aqui, nunca esquecerei disso. Às minhas avós Noêmia que sempre esteve comigo e acreditou em mim, minha segunda mãe e minha inspiração de vida, a senhora é e sempre vai ser o maior amor da minha vida e Maria da Conceição (*in memoriam*) que mesmo analfabeta, sempre acreditou no poder dos estudos para nós.

Agradeço aos meus irmãos (Denise, Camila, Leticia, Luiz, José e João) por sempre estar ao meu lado e me incentivando, mas sei que sem vocês eu não teria todo apoio que tive. Especialmente, a Letícia que se disponibilizou muitas vezes a ficar com Laurinha quando eu precisei, assim como ir me substituir na escola quando estive doente ou muito atarefada, você foi essencial na minha caminhada até aqui.

Ao meu esposo por todo carinho, cuidado e companheirismo. Estamos juntos desde o segundo ano do ensino médio, até aqui. Você é tudo que eu sempre quis ter, o meu grande amor. Aguentou e aguenta muito os meus estresses. Você sempre foi essencial, me ajudando em tudo. Nos mínimos detalhes você esteve sempre junto a mim, de todas as vezes que disponibilizou

automóveis para eu ir para UEPB. Assim como toda a força que meu deu para terminar o meu curso.

Agradeço especialmente ao amor da minha vida, Maria Laura, minha filha. Por você lutei e luto todos os dias, para que sempre se orgulhe de mim. Você é e sempre será o meu combustível. Por você estarei sempre disponível a te amar.

Também, a minha segunda família (Maria do Carmo, Francimar, Veloso, Ivania, Camilly e Felipe) por toda ajuda prestada durante esse tempo de curso. Especialmente a Maria do Carmo por mostrar o quanto os estudos nos ajudarão a crescer e sempre será a melhor escola, das vezes que me incentivou a construir minha profissão e mostrando que eu estava indo certo, você é maravilhosa, e a Camilly por sempre me auxiliar com Laurinha quando precisei.

Aos meus sobrinhos (Caio e Eloá), que fazem os meus dias mais felizes, e são altamente especiais em minha vida. Especialmente a Cacá por me mostrar o que é ser tia, o que o amor de verdade, te amo além da vida, bebê.

Ao LEP, por me acolher e proporcionar momentos incríveis na Universidade, por me ajudar em tudo que sei hoje. Por todo aprendizado nessa área da ecologia agradeço à Nath, Carol, Diele, Mallu, Manu e Lilí. Vocês são maravilhosos e muito especiais, agradeço demais por tudo. Agradeço a Xandy, Éden e Gegê pelas boas risadas que demos em todos esses anos. Ao LEP no geral agradeço por todos aprendizados, tanto em coleta como em laboratório.

Agradeço à André por me acolher e não ter desacreditado da minha capacidade de chegar até aqui, por me orientar em tudo que precisei e preciso. Em especial, agradeço à minha co-orientadora Carol, que sempre esteve e está disponível para tirar todas as minhas dúvidas, me orientar e me acalmar acima de tudo. Além de sempre acreditar em mim e falar que sou capaz, obrigada por todo apoio e saiba que amo você, tu tens uma paciência de Jó kkk.

Agradeço a Escola Geraldo Luiz em nome das diretoras Mery e Julinha, que sempre se disponibilizaram a realizar todas minhas aulas de campo, levando mais conhecimentos aos meus alunos e para mim também. Vocês foram essenciais para o meu crescimento profissional.

Por fim, agradeço às minhas amigas biólogas lindas: Mallu, Manu, Diele, Carol e Leticia. Lembro de cada detalhe desde que cheguei na universidade até aqui, das nossas coletas juntas, vocês são demais.

Sonhos determinam o que você quer.

Ação determina o que você conquista.

-Aldo Novak

RESUMO

O estudo da ingestão de microplásticos pelos peixes ajuda a compreender os seus possíveis riscos em habitats estuarinos para esses animais. O presente trabalho tem como objetivo verificar se a ingestão de microplástico na espécie pelágica *Anchoa januaria* apresenta variações espaciais e de acordo com as fases ontogenéticas. O estudo foi realizado no estuário tropical do Rio Paraíba, Paraíba, Nordeste do Brasil, em um mês do período chuvoso (julho) e um mês do período seco (novembro) de 2019, durante a maré de sizígia e no período diurno. O estuário foi dividido em zona superior, intermediária e inferior de acordo com o gradiente de salinidade. Em cada zona foram escolhidos cinco pontos aleatoriamente, realizados com uma rede picaré. Para as fases ontogenéticas e classes de tamanhos, foram divididos em juvenis do ano (≤ 40 mm) e juvenis (> 40 mm) de acordo com seu comprimento total (CT). Para a análise dos itens alimentares e microplásticos foi feita uma incisão ventral nos indivíduos, a partir da qual foi retirado e aberto o estômago, a fim de identificar e quantificar os itens alimentares e os microplásticos de acordo com tipo (fragmento ou filamento) e cor. Um total de 206 indivíduos foram capturados, sendo 38 na zona superior, 130 na zona intermediária e 37 na zona inferior. Com relação a classificação de tamanho, 39 indivíduos foram considerados juvenis do ano, e 110 foram considerados juvenis. Os resultados mostraram que em todas as zonas predominou a abundância de indivíduos > 40 mm (juvenis), e as diferenças dos tamanhos de *A. januaria* entre as zonas do estuário foram significativas. Foram registradas 83 partículas de microplásticos no conteúdo estomacal de 50 exemplares de peixes. A abundância de microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes diferiu em relação a cada zona. Assim, foram registrados 39 fragmentos sendo a maioria verde e 34 filamentos sendo a maioria azuis. Para análise do conteúdo estomacal os microplásticos ocorreram em 40% e 6,66% das amostras das classes de tamanhos ≤ 40 e > 40 mm na zona inferior, respectivamente. Para a análise da composição de presas, observou-se que 29 itens foram identificados na dieta de *A. januaria*. Para os resultados de fator de condição observou-se que os grupos que ingeriram microplásticos tiveram fator de condição maior do que os que não ingeriram na zona intermediária, mas os resultados não foram significativos. Baseado em nossos resultados, foi visto que os peixes apresentam um método de captura por ataque rápido e não seletivo podendo assim consumir microplásticos acidentalmente, sendo muito confundidos com suas presas planctônicas naturais por apresentar cor, tamanho e forma semelhantes. Com isso, o estudo da ingestão de microplásticos pela espécie *A. januaria* pode contribuir com estudos de avaliações de impactos ambientais,

conservação em ambientes estuarinos, planos de manejo, possíveis impactos da ingestão de microplásticos à vida humana através da alimentação desses peixes e ter importância social na produtividade pesqueira envolvendo principalmente a pesca artesanal e comercial para a população vizinha.

Palavras-Chave: Impacto ambiental; Anchoa januaria; Estuario tropical do Rio Paraíba; Ambiente estuarino.

ABSTRACT

Studying the ingestion of microplastics by fish species helps to understand their possible risks in estuarine habitats for these animals. The present work aims to verify if the ingestion of microplastic in the pelagic species *Anchoa januaria* presents spatial variations and according to the ontogenetic phases. The study was carried out in the tropical estuary of the Paraíba River, Paraíba, Northeast Brazil, in one month of the rainy season (July) and one month of the dry season (November) of 2019, during the syzygy tide and during the day. The estuary was divided into upper, intermediate and lower zones according to the salinity gradient. In each zone, five points were randomly chosen, performed with a beach seine. For ontogenetic stages and size classes, they were divided into yearlings (≤ 40 mm) and juveniles (>40 mm) according to their total length (TC). For the analysis of food items and microplastics, a ventral incision was made in the individuals, from which the stomach was removed and opened, in order to identify and quantify the food items and microplastics according to type (fragment or filament) and color. A total of 206 individuals were captured, 38 in the upper zone, 130 in the intermediate zone and 37 in the lower zone. Regarding size classification, 39 individuals were considered juveniles of the year, and 110 were considered juveniles. The results showed that in all zones the abundance of individuals >40 mm (juveniles) predominated, and the differences in *A. januaria* sizes between the estuary zones were significant. 83 microplastic particles were recorded in the stomach contents of 50 fish specimens. The abundance of microplastics in the stomach contents of fish differed for each zone. Thus, we registered 39 fragments being mostly green and 34 filaments being mostly blue. For analysis of stomach contents, microplastics occurred in 40% and 6.66% of samples of size classes ≤ 40 and >40 mm in the lower zone, respectively. For the analysis of prey composition, it was observed that 29 items were identified in the diet of *A. januaria*. For the condition factor results, it was observed that the groups that ingested microplastics had a higher condition factor than those that did not ingest in the intermediate zone, but the results were not significant. Based on our results, it was seen that the fish present a method of capture by fast and non-selective attack, thus being able to accidentally consume microplastics, being very confused with their natural planktonic prey because they have similar color, size and shape. Thus, the study of microplastic ingestion by the species *A. januaria* can contribute to studies of environmental impact assessments, conservation in estuarine environments, management plans, possible impacts of microplastic ingestion on

human life through the feeding of these fish and have importance social impact on fishing productivity, mainly involving artisanal and commercial fishing for the neighboring population.

Keywords: Environmental ; Anchoa januaria; Tropical estuary of the Paraíba River; Estuarine environmet.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Mapa da localização geográfica da área de estudo do Estuário do Rio Paraíba, PB, Nordeste do Brasil, com indicações dos pontos de coleta nas respectivas zonas 18
- Figura 2 – Amostragem: a) Canal principal do estuário; b) Arrasto sendo realizado com a rede picaré..... 19
- Figura 3 – Procedimentos laboratoriais: a) Identificação da espécie *A. januaria*; b) Pesagem da *A. januaria*; c) Medição da *A. januaria*; d) Identificação dos itens alimentares da *A. januaria*..... 20
- Figura 4 – Número de indivíduos capturados entre as classes de tamanhos de *A. januaria* em cada zona do estuário do Rio Paraíba..... 22
- Figura 5 – Exemplos de microplásticos (Fragmentos e Filamentos) encontrados no trato gastrointestinal de diferentes estágios ontogenéticos da *A. januaria* no estuário do Rio Paraíba 23
- Figura 6 – Porcentagem de microplásticos encontrados no trato gastrointestinal de diferentes estágios ontogenéticos de *Anchoa januaria* no estuário do Rio Paraíba. A) Fragmento verde; B) Fragmento branco; C) Filamentos azul e verde; D) Filamento azul; E) Fragmento amarelo; F) Fragmento verde; G) Filamento branco; H) Filamento preto; I) Fragmento branco 24
- Figura 7 – Fator de condição (K) da *A. januaria* que ingeriu ou não microplásticos dentro das zonas dos estuários. Barras indicam os valores médios e as linhas verticais o erro padrão 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagem (%) dos itens da dieta da <i>Anchoa januaria</i> de acordo com o tamanho nas três Zonas do Estuário do Rio Paraíba – PB. Tabela ordenada de acordo com Brusca e Brusca (2007) e Pough, Janis e Heiser (2008)	25
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	METODOLOGIA	17
2.1	ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM	17
2.2	PROCEDIMENTOS EM CAMPO	18
2.3	PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	19
2.4	ANÁLISE DE DADOS	20
3	RESULTADOS	22
4	DISCUSSÃO	27
5	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Os estuários são importantes ecossistemas costeiros com potencial atrativo para os peixes, que utilizam esse ambiente em seu ciclo de vida como áreas de berçários, alimentação, proteção e/ou reprodução (BARLETTA; DANTAS, 2016; SCHLOESSER; FABRIZIO, 2019). A atratividade destes locais deve-se a interação da pluviosidade local com gradiente estuarino, criado pela mistura da água doce e oceânica (BARLETTA; LIMA, 2019), o mosaico de habitats que conferem uma heterogeneidade ambiental e garante uma grande oferta de recursos (LESLIE *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018), e a conectividade espacial com outros ambientes costeiros próximos que permite o fluxo de indivíduos entre eles (BECK *et al.*, 2001; AMORIM *et al.*, 2016; TAYLOR *et al.*, 2017). Dessa forma, esses ambientes têm grande importância ecológica e socioeconômica por apresentarem um aumento na diversidade biológica o que os tornam alvos para atração dos seus recursos naturais (BOEREMA; MEIRE, 2016). A ligação dessas características é importante para preservação da vasta diversidade de espécies de peixes dos estuários tropicais e subtropicais (PASQUAUD *et al.*, 2015; SALES *et al.*, 2018; AHN *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2020; PESSANHA *et al.*, 2021).

Embora tenha sua importância ecológica, os estuários costumam ser impactados pelas pressões antrópicas, como o avanço das cidades em seus arredores, desmatamento de áreas marginais, a ocupação industrial e portuária que modificam a qualidade da água e aumentam a perda de habitats nesses locais (LARSSON *et al.*, 2017; CLOERN *et al.*, 2016; ARAÚJO; AZEVEDO; GUEDES, 2016; BARLETTA; LIMA, 2019). Dessa forma, as assembleias de peixes são suscetíveis a essas alterações (FRANÇA *et al.*, 2012). Essas mudanças afetam tanto as espécies residentes estuarinas, como as espécies marinhas migrantes (FEYRER *et al.*, 2015; BARLETTA; LIMA, 2019).

Um dos impactos recorrentes nos estuários é o despejo de resíduos sólidos plásticos no corpo aquático. Entretanto, o estudo deles em estuários são bem menos explorados, embora tenha-se ideia de que os estuários servem como portas de entrada desses resíduos para os oceanos (BAKIR *et al.*, 2014; EERKES-MEDRANO *et al.*, 2015; IVAR DO SUL; COSTA, 2014). Há uma estimativa de que 275 milhões de toneladas de plásticos sejam despejados anualmente no ambiente (JAMBECK *et al.*, 2015).

Os resíduos plásticos são reduzidos aos microplásticos por reação fotoquímica e abrasão mecânica (ANDRADY, 2011; ERIKSSON; BURTON, 2003; THOMPSON *et al.*, 2004). Assim, o termo microplásticos refere-se então a partículas de plásticos menores que 5,0 mm de

tamanho (ARTHUR *et al.*, 2009; LAW; THOMPSON, 2016; THOMPSON *et al.*, 2004) e podem ser classificados como primários ou secundários, dependendo da sua origem (COLE *et al.*, 2011; GILMAN, 2013; ANDERSSON, 2014). Os plásticos que são fabricados para ser de menor tamanho (microscópicos), como os usados em produtos de limpeza facial, jatos de ar ou drogas, são considerados como microplásticos primários (FENDALL; SEWELL, 2009; PATEL *et al.*, 2009). Enquanto os microplásticos secundários são fragmentos pequenos de plástico vindos da quebra de plásticos maiores (RYAN *et al.*, 2009; THOMPSON *et al.*, 2004).

Nos estuários, a distribuição desta partícula depende das marés, ondas e ventos que então determinam o seu curso e sua velocidade: parte delas permanece na coluna d'água, onde filtradores podem ingerir, e outra parte é depositada no substrato (CORVOVA *et al.*, 2020). Nesse sentido, os microplásticos atraíram a atenção de pesquisadores por ser um problema ambiental em crescimento (ERIKSEN *et al.*, 2014; IVAR DO SUL; COSTA, 2014; VAN SEBILLE *et al.*, 2015). Existem diversos relatos de animais que sofrem lesões físicas e/ou metabólicas quando em contato com o plástico em ambientes aquáticos (BROWNE *et al.*, 2010). A ingestão dos microplásticos podem causar lesões estomacais ou obstrução do trato gastrointestinal, que levam à morte (COURENE-JONES *et al.*, 2017). A ingestão acidental pode ocorrer pela confusão de um plástico com um item alimentar, ou quando alguma presa que ingeriu o plástico é consumida (CARSON, 2013). Segundo Laist (1997), a ingestão dos microplásticos foi identificada em mais de 270 táxons de níveis tróficos diferentes, sendo os peixes os mais afetados. A ingestão de plásticos por peixes foi relatada pela primeira vez no ano de 1972 (CARPENTER *et al.*, 1972). Atualmente, trabalhos mencionam que microplásticos em ao menos 387 espécies de peixes em todos os oceanos (CANNON *et al.*, 2016; KÜHN *et al.*, 2017; KARAMI *et al.*, 2018). Estudos em ambientes marinhos são mais comuns, porém trabalhos focados na ingestão de plástico por peixes em ambientes estuarinos também contribuem para o conhecimento dos efeitos negativos para os peixes (AMORIM; *et al.*, 2020).

A espécie marinha estuarina dependente *Anchoa januaria* (STEINDANCHNER, 1879), pertencente à família Engraulidae, possui hábito alimentar filtrador e consome principalmente presas do zooplâncton (ARAÚJO *et al.*, 2008). Essa espécie foi escolhida por ser uma das mais abundantes entre as espécies capturadas no estuário do Rio Paraíba, sendo 206 indivíduos capturados do total de 4823 (5,24%). Além disso, o hábito filtrador facilita uma maior ingestão de microplásticos localizado na coluna d'água (COOLE *et al.*, 2011; VENDEL *et al.*, 2017). Neste mesmo estuário em relação a ingestão de microplásticos em guildas alimentares, observou-se que peixes pelágicos e filtradores ingeriram um maior número de

microplásticos em comparação com os demersais (VENDEL *et al.*, 2017). Ademais, de acordo com o hábito alimentar do peixe o tipo de microplástico ingerido pode ser alterado, assim como a taxa de ingestão que pode mudar de acordo com suas fases ontogenéticas (VENDEL *et al.*, 2017; AMORIM; RAMOS; JÚNIOR, 2020; JUSTINO *et al.*, 2021).

O objetivo do trabalho foi verificar se a ingestão de microplástico na espécie pelágica *Anchoa januaria* apresenta variações espaciais e de acordo com as fases ontogenéticas. Adicionalmente também foi verificado se ingestão de microplástico influencia no fator de condição da espécie. Para isto, a seguinte pergunta foi elaborada para nortear o estudo: Há variação espacial e ontogenética da ingestão de microplásticos pela manjuba *Anchoa januaria*? E qual o possível efeito do consumo para o fator de condição desta espécie? Como resposta a essa pergunta, a seguinte hipótese foi formada: Há diferença entre a ingestão de microplásticos nas zonas do estuário, assim como os microplásticos vão influenciar no fator de condição nessa espécie.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

O estudo foi realizado no estuário tropical localizado na zona costeira do estado da Paraíba: O estuário do rio Paraíba do Norte (Figura 1). O estuário apresenta clima classificado como tropical As' de Köppen-Geiger dividido em dois períodos: inverno chuvoso (março a agosto) e verão seco (setembro a fevereiro) (ÁLVARES *et al.*, 2013). Nele há registro de manguezais ao longo de sua extensão, bordado por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia recemosa* e *Conocarpus erectus* (GUEDES *et al.*, 2002; NASCIMENTO *et al.*, 2011; MACHADO FILHO *et al.*, 2015).

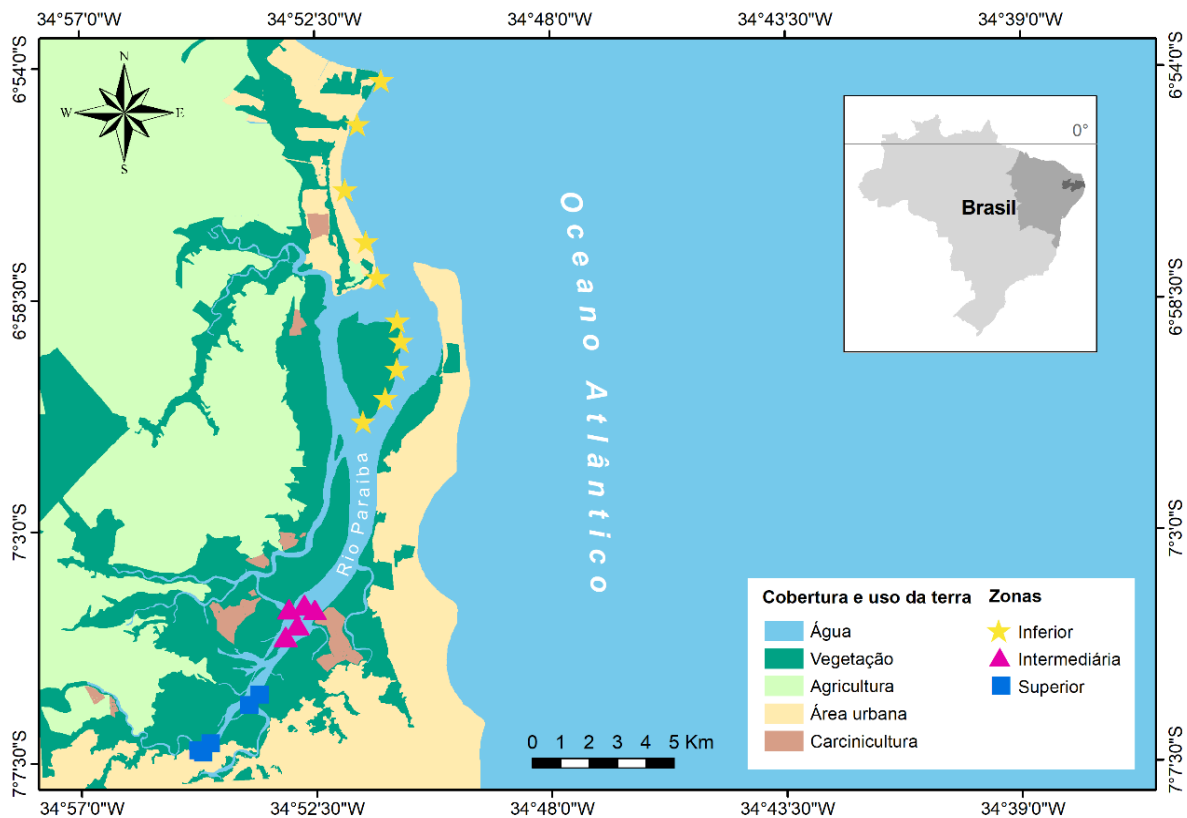
O estuário do rio Paraíba localiza-se no litoral leste da Paraíba (7° 6' 12" S - 34° 53' 48" O) na bacia do rio Paraíba do Norte, que cobre uma área de 20.071,83 km², possui uma extensão de cerca de 22 km (ARAÚJO; BEZERRA, 2017) (Figura 1) e o porto de Cabedelo em sua foz (NISHIDA, 2000). O estuário compreende os municípios de Santa Rita, Bayeux, Cabedelo, Lucena e João Pessoa com uma população residente de 1.004.242 habitantes (IBGE, 2010). A média pluviométrica para o período de estudo no estuário foi de 314 mm no período de chuva e 0 mm no período seco de 2019 (AESAs, 2019). Ao longo do curso dos afluentes do rio Paraíba, uma série de açudes e reservatórios foram construídos para abastecer cidades visando uso doméstico, industrial, além de fins de irrigação e criação (AESAs, 2004). No entanto, a construção desses reservatórios provoca mudanças na hidrodinâmica da bacia (DANTAS *et al.*, 2020) e conseqüentemente diminui o volume de água que chega ao estuário. Ademais, essa bacia também recebe as águas da Transposição do rio São Francisco, a qual tem importância econômica para a população local através do turismo, plantação de cana-de-açúcar e fazendas de camarão (MARCELINO *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2017; PESSOA *et al.*, 2019; RAMOS; PESSOA, 2019). Contudo, o estuário sofre pressões antropogênicas advindas dessas atividades da ocupação do solo para o cultivo de cana-de-açúcar (WATANABE *et al.*, 1994; ALVES; NISHIDA, 2003; DOLBETH *et al.*, 2016), carcinicultura (SILVESTRE *et al.*, 2011; DOLBETH *et al.*, 2016), desmatamento do manguezal (ALVES; NISHIDA, 2003; ALVES *et al.*, 2005) e avanço das ocupações urbanas (MACHADO FILHO *et al.*, 2015; DOLBETH *et al.*, 2016) e a descarga de esgoto doméstico e industrial (MARCELINO *et al.*, 2005). Essas atividades facilitam a presença de plástico nesse estuário, como também a alta ingestão de microplásticos por diversos animais, tendo sido já registrado, recentemente, no conteúdo

estomacal de diversos peixes desse estuário (MARCELINO *et al.*, 2005; VENDEL *et al.*, 2017; RAMOS; PESSOA 2019), além de registros de diminuição da qualidade de água devido ao grau de concentração de nutrientes (ALVES *et al.*, 2016).

2.2 PROCEDIMENTOS EM CAMPO

As amostragens ocorreram em um mês do período chuvoso (julho) e um mês do período seco (novembro) de 2019, durante a maré de sizígia e no período diurno. O estuário foi dividido em zona superior, intermediária e inferior de acordo com o gradiente de salinidade. Sendo assim, o estuário do rio Paraíba com sua salinidade variando de 5 à 40 (Figura 1).

Figura 1. Mapa da localização geográfica da área de estudo do Estuário do Rio Paraíba, PB, Nordeste do Brasil, com indicações dos pontos de coleta nas respectivas zonas.

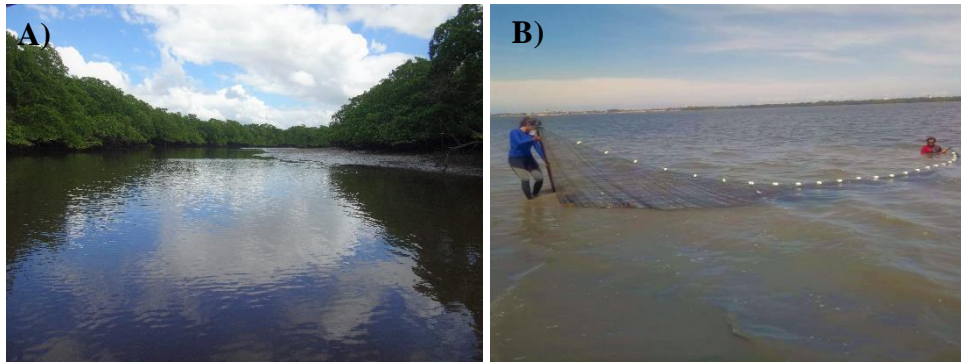


Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para a captura dos peixes no estuário utilizou uma rede do tipo picaré ou “beach-seine” (10 de comprimento x 1,5 de altura e malha de 0,8 cm), que foi arrastada paralelamente a margem durante aproximadamente 3 minutos em profundidade máxima de 1,5 m. Cinco pontos

amostrais foram escolhidos aleatoriamente em cada área, onde em cada um deles foram realizados dois arrastos (Figura 2). Para evitar a influência entre arrastos, esses foram efetuados, distantes 100m um do outro.

Figura 2. Amostragem: a) Canal principal do estuário; b) Arrasto sendo realizado com a rede picaré.



Fonte: Equipe LEP, 2019.

2.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Todos os peixes capturados foram anestesiados em gelo para posterior fixação em formol a 10%. Os peixes foram levados ao laboratório para identificação de acordo com Figueiredo e Menezes (1968), cada indivíduo foi pesado (precisão de 0,01 g) e o comprimento total (CT) de cada peixe foi mensurado (mm). Posteriormente os peixes foram conservados em álcool a 70% (Figura 3).

Para a análise da dieta foi feita uma incisão ventral nos indivíduos com auxílio de uma tesoura, a partir da qual foi retirado e aberto o estômago, a fim de identificar e quantificar os itens alimentares, com o auxílio de um microscópio estereoscópico. As presas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível.

Figura 3. Procedimentos laboratoriais: a) Identificação da espécie *A. januaria*; b) Pesagem da *A. januaria*; c) Medição da *A. januaria*; d) Identificação dos itens alimentares da *A. januaria*.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os microplásticos foram retirados do conteúdo gastrointestinal dos indivíduos de *Anchoa januaria*, e foram contados e classificados de acordo com a cor e tipo (fibra e fragmento) (GALGANI *et al.*, 2013). Para evitar contaminação das amostras, todo o material laboratorial foi cuidadosamente lavado e inspecionado de todas as análises (BESSA *et al.*, 2018).

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a distribuição espacial entre as zonas do estuário os indivíduos de *A. januaria* foram divididos em duas classes de tamanhos: juvenis do ano $\leq 40\text{mm}$ e juvenis $>40\text{mm}$. Posteriormente, o teste não paramétrico do Kruskal-Wallis foi realizado para detectar diferenças significativas espaciais e entre as classes de tamanho.

Para o estudo da dieta, foi calculada a Frequência de Ocorrência (FO%) dos itens alimentares e dos microplásticos, utilizando a fórmula $FO\% = (n_{td}/N * 100)$, onde: n_{td} = número de tratos digestivos que contém o item e N = número de tratos digestivos, com exceção dos tratos vazios. Para possíveis mudanças espaciais e ontogenéticas da ingestão de presas e microplásticos, as amostras foram agrupadas por zonas do estuário e classes de tamanhos.

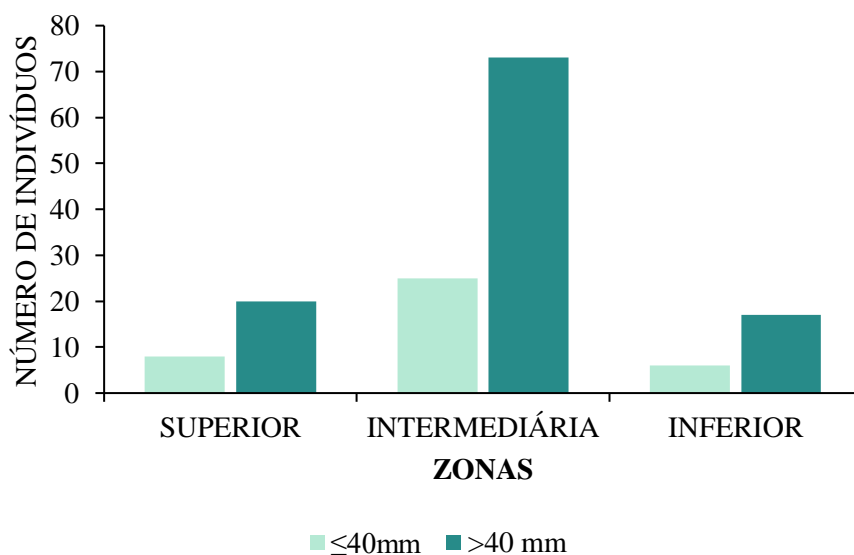
Para verificar se a ingestão do microplástico influencia na condição física dos indivíduos, primeiramente, os peixes foram divididos entre os indivíduos que ingeriram e não ingeriram microplástico e classes de tamanho ≤ 40 e $>40\text{mm}$ e entre as zonas, em seguida, foi calculado o fator de condição de Fulton (K) (NASH; VALENCIA; GEFFEN, 2006), através da seguinte fórmula $K = 1000 P/C^3$, onde: K = fator de condição de Fulton, P = peso do peixe (g) e C = comprimento dos peixes (cm). Para comparar o fator de condição dos indivíduos que

ingeriram o microplástico com os dos indivíduos que não ingeriram, entre as zonas, foi utilizado o teste não paramétrico do Kruskal-Wallis, utilizando o nível de significância de $p < 0,05$. A análise estatística foi realizada no programa STATISTICA 10.0.

3 RESULTADOS

Um total de 206 indivíduos foram capturados, sendo 38 na zona superior, 130 na zona intermediária e 37 na zona inferior. Com relação a classificação de tamanho, 39 indivíduos foram considerados juvenis do ano, e 110 foram considerados juvenis. A distribuição das classes de tamanho diferiu entre as zonas do estuário: Em todas as zonas predominou a abundância de indivíduos >40mm (Figura 4). As diferenças dos tamanhos de *A. januaria* entre as zonas do estuário foram significativas (Kruskal-Wallis: $\chi^2= 17,43$; $p=0,0006$).

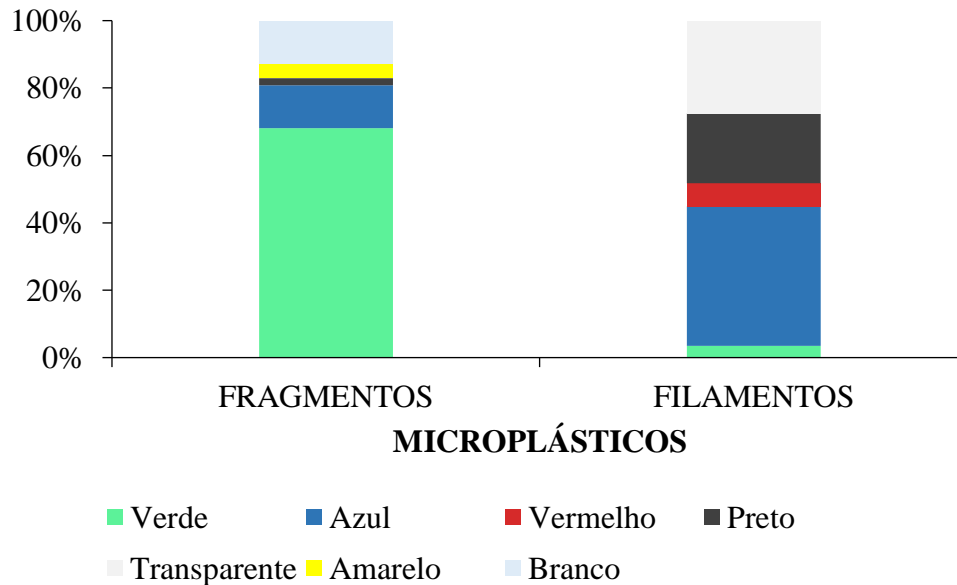
Figura 4. Número de indivíduos capturados entre as classes de tamanhos de *A. januaria* em cada zona do estuário do Rio Paraíba.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Todos os exemplares foram examinados, e somente 22 peixes (10,68%) estavam com os estômagos vazios. Foram registradas 73 partículas de microplásticos no conteúdo estomacal de 50 exemplares de peixes (24,27%). A abundância de microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes diferiu em relação a cada zona ($\chi^2= 7,29$; $p=0,02$). Assim, obteve 39 fragmentos sendo a maioria verde e 34 filamentos sendo a maioria azul (Figura 5).

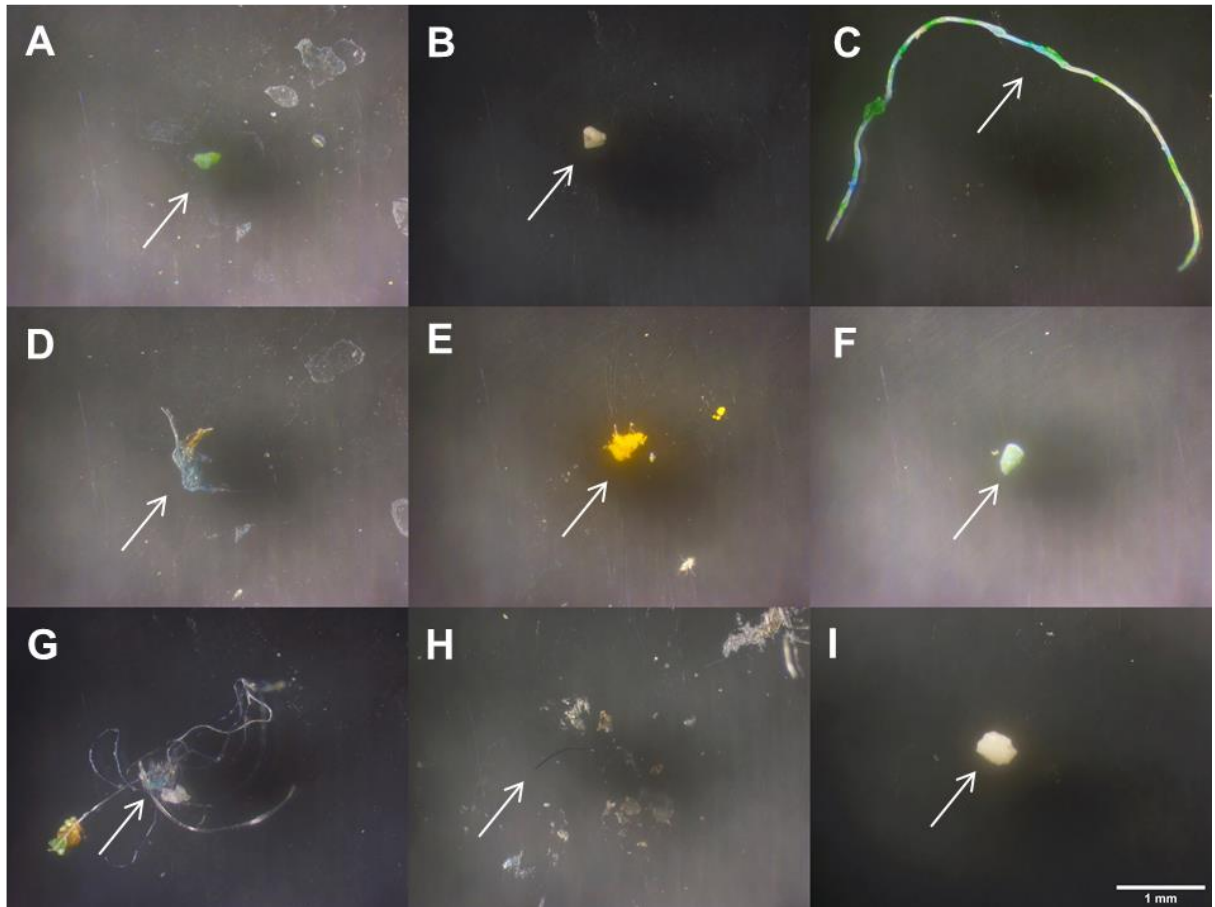
Figura 5. Porcentagem de microplásticos (Fragmentos e Filamentos) encontrados no trato gastrointestinal de diferentes estágios ontogenéticos da *A. januaria* no estuário do Rio Paraíba.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para análise do conteúdo estomacal os microplásticos ocorreram em 40% e 6,66% das amostras das classes de tamanhos ≤ 40 e > 40 mm na zona inferior, respectivamente. Estiveram presentes em 35,89%, 45,78% das amostras das classes de tamanhos ≤ 40 , > 40 mm na zona intermediária, respectivamente. Não houve registros de microplásticos no conteúdo estomacal dos peixes ≤ 40 mm da zona superior, já para os peixes > 40 mm foram encontrados 11,54% de microplásticos (Figura 6; Tabela 1).

Figura 6. Exemplos de microplásticos encontrados no trato gastrointestinal de diferentes estágios ontogenéticos de *Anchoa januaria* no estuário do Rio Paraíba. A) Fragmento verde; B) Fragmento branco; C) Filamentos azul e verde; D) Filamento azul; E) Fragmento amarelo; F) Fragmento verde; G) Filamento branco; H) Filamento preto; I) Fragmento branco.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Tabela 1. Frequência de Ocorrência (%) dos itens da dieta da *Anchoa januaria* de acordo com o tamanho nas três Zonas do Estuário do Rio Paraíba – PB. Tabela ordenada de acordo com Brusca e Brusca (2007) e Pough, Janis e Heiser (2008).

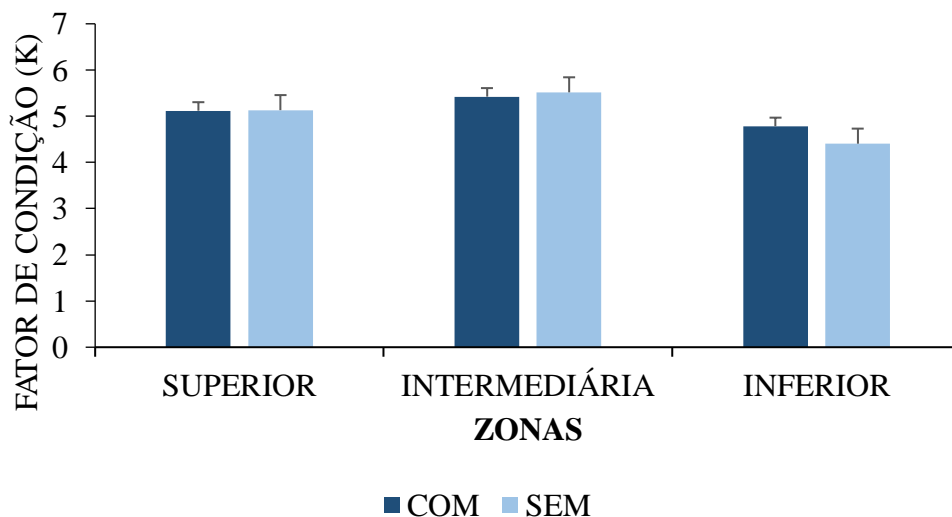
	Zonas					
	Superior		Intermediária		Inferior	
	≤40 mm n= 9	>40 mm n= 26	≤40 mm n= 39	>40 mm n= 80	≤40 mm n= 5	>40 mm n= 23
PROTISTA						
Diatomacea Cêntrica	-	-	5,1	6,3	20,0	-
Foraminifera	-	-	5,1	1,3	-	-
PLATELMINTO						
Trematoda	-	-	-	2,5	-	-
NEMATODA						
Nematoda	-	-	7,7	2,5	-	-
ANNELIDA						
Polychaeta	-	3,8	-	1,3	20,0	8,7
CRUSTACEA						
Náuplio de Copépoda	-	-	2,6	-	-	-
Náuplio de Cirripedia	-	-	2,6	3,8	-	-
Calanoida	11,1	15,4	46,2	45,0	40,0	21,7
Cyclopoida	-	19,2	28,2	28,8	20,0	17,4
Harpacticoida	-	3,8	20,5	17,5	-	4,3
Larva Cypris	44,4	26,9	35,9	52,5	20,0	8,7
Mysidae	-	-	-	1,3	-	-
Tanaidacea	-	-	2,6	-	-	-
Isopoda	-	3,8	2,6	-	-	-
Ostracoda	-	15,4	5,1	5,0	-	4,3
Zoea de Peneidae	-	-	2,6	1,3	20,0	4,3
Zoea Brachyura	-	-	23,1	13,8	20,0	4,3
Ovo de Invertebrado	-	-	2,6	6,3	-	-
INSECTA						
Insecta	-	-	-	-	-	13,0
Pupa Ceratopogonidae	-	3,8	-	-	-	-
GASTROPODA						
Larva de Gastropoda	-	-	5,1	6,3	-	-
BIVALVIA						
Larva de Bivalve	-	-	28,2	22,5	-	4,3
SIPUNCULA						
Larva de Sipuncula	-	-	2,6	1,3	-	-
ROTIFERA						
Rotífera	-	-	5,1	2,5	-	-
TELEOSTEI						
Ovo de Peixe	-	3,8	-	-	-	-
APENDICULARIA						
Apendicularia	-	-	2,6	2,5	-	4,3
PLANTAE						
Algas	-	-	-	-	-	4,3
Material Vegetal	11,1	3,8	10,3	10,0	-	-
OUTROS						
Microplástico	-	11,54	35,9	30,0	40,0	26,1

Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

Para a análise da composição de presas, observou-se que 29 itens foram identificados na dieta de *A. januaria* (Tabela 1). Na zona superior, para os peixes ≤ 40 mm a dieta foi composta principalmente de larva Cypris, Calanoida e Material Vegetal, já para os peixes >40 mm os itens mais abundantes foram larva Cypris, Cyclopoida, Calanoida, Ostracoda e Harpacticoida. Para os peixes da zona intermediária e indivíduos ≤ 40 mm, as presas mais abundantes foram Calanoida, larva Cypris, Cyclopoida, larva de Bivalve e Zoa de Brachyura, e para os indivíduos >40 mm foram Calanoida, Material Vegetal, Cyclopoida, larva de Bivalve e Harpacticoida. Já para a zona inferior os peixes ≤ 40 mm foram Calanoida, larva Cypris, Cyclopoida, Polychaeta e Zoa de Brachyura suas principais presas, enquanto para os peixes >40 mm os itens principais foram Cyclopoida, Inseto, Calanoida, Polychaeta e larva Cypris (Tabela1).

Para os resultados de fator de condição observou-se que os grupos que ingeriram microplásticos tiveram fator de condição maior do que os que não ingeriram na zona intermediária. Entretanto, de acordo com o teste do Kruskal-Wallis, não houve diferenças significativas do fator de condição entre a presença ou ausência do microplástico, apenas entre zonas ($\chi^2= 27,35$; $p<0,0001$) (Figura 7).

Figura 7. Fator de condição (K) da *A. januaria* que ingeriu ou não microplásticos dentro das zonas dos estuários. Barras indicam os valores médios e as linhas verticais o erro padrão.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2022.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desse trabalho apontam o consumo de microplásticos no trato gastrointestinal e ainda na cavidade abdominal de *Anchoa januaria*. Dos indivíduos analisados 24% apresentavam essas partículas, sendo esse fato associado ao hábito alimentar filtrador, uma vez que as principais presas da dieta desses peixes pelágicos são organismos do zooplâncton (Calanoida, Larva Cypris e Cyclopoida). Portanto, o consumo dos microplásticos juntamente com as presas por filtração, podem ter sido confundidas com as possíveis presas que são detectadas através de pistas visuais (LAZZARO, 1987). É importante ressaltar que esses peixes apresentam um método de captura por ataque rápido e não seletivo podendo assim consumir microplásticos acidentalmente, sendo muito confundidos com suas presas planctônicas naturais por apresentar cor, tamanho e forma semelhantes (SHAW; DAY, 1994; WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013). No estudo desenvolvido por Ory e colaboradores (2017), peixes Carangidae na Costa Sudoeste de Rapa Nui, que consomem copépodes, também ingeriram microplásticos da cor azul por sua semelhança a presa natural, corroborando assim as evidências do nosso estudo. No artigo de Zhang e colaboradores (2020), os fragmentos também estiveram em grande abundância no estuário e presente no estômago desses peixes, no Sul da China, contribuindo assim ainda mais com este trabalho.

Especialmente, na zona intermediária ocorreu o maior consumo de presas e também de microplásticos. Nessa região há uma maior quantidade de recursos alimentares (Calanoida, Larva de Cypris e Cyclopoida), o que favorece mais oportunidade de captura de presas e ingestão de microplástico em paralelo. Nesta zona no estuário do rio Paraíba há uma forte presença de esgotos não tratados que são lançados em grande quantidade, o qual é responsável pelo transporte e concentração dos microplásticos (MARCELINO *et al.*, 2005). Adicionalmente, nessa mesma zona ocorre descarga dos resíduos da carcinicultura (MARCELINO *et al.*, 2005). No caso dos fragmentos, estes podem estar em alta abundância através da fragmentação de plásticos de grande porte causados pelo intemperismo, apesar de serem persistentes no ambiente, fatores como radiação UV, umidade, temperatura e outros processos podem influenciar facilitando a fragmentação em pedaços menores de plástico (BARNES *et al.*, 2009).

Tendo em vista que o tipo e cor mais encontrada no conteúdo estomacal deste peixe foi o fragmento verde, nossos resultados contrapõem aos encontrados por Amorim, Ramos e Júnior

(2020). Estes autores observaram uma maior quantidade no conteúdo estomacal de todos os estágios ontogenéticos de *Stellifer brasiliensis* em praias desse mesmo estuário. Ainda os nossos resultados se opõem aos observados para os juvenis e subadultos de *Pomadasys ramosus* e subadultos de *Haemulopsis corvinaeformis* no estuário do rio Goiana, para os quais ingestão de filamentos de microplásticos azuis foram os principais tipos encontrados na análise do conteúdo estomacal dessas espécies (SILVA *et al.*, 2018). Entretanto, diferenças apresentadas para a seletividade do tipo e cor de microplásticos pode estar relacionada a comportamento espécie-específicos (ORY *et al.*, 2017) e a origem dos microplásticos no ambiente (LIMA *et al.*, 2014). Segundo Neves (2013), como os filtradores não apresentam características seletivas das presas, exceto pela dimensão do que ingerem, esses podem ingerir alimento ou microplásticos de forma indefinida devido à sua semelhança com as presas. Além disso, alguns trabalhos indicam que a ingestão de presas que já estão com microplásticos pode acontecer, ocorrendo assim, uma ingestão indireta dessas partículas por meio do zooplâncton (COLE *et al.*, 2013). Entretanto, é necessário estudar as ligações dessas evidências mais profundamente, por meio da sua comparação com outras variáveis que nela influenciam de alguma forma, como a disponibilidade trófica e de microplásticos na coluna d'água.

Além disso, foi observado que existe uma tendência dos indivíduos mais jovens de *A. januaria* que consumiram microplásticos na zona intermediária terem um menor valor de fator de condição do corpo na zona intermediária. Houde (2008) alegou que os peixes juvenis, principalmente os zooplantívoros, como é o caso da *A. januaria*, são mais suscetíveis à ingestão de microplásticos, o que preocupa para o início dos estágios ontogenéticos. O fator de condição fornece informações pela relação do peso e comprimento, confirmando que peixes mais pesados com o mesmo tamanho vão estar em menor condição nutricional (NASH *et al.*, 2006). Sendo assim, foi menor porque o alto consumo de microplásticos interferiram no desenvolvimento do animal (PEDA *et al.*, 2016; ROCHMAN *et al.*, 2013). Os efeitos nesses peixes podem ser a alteração estrutural intestinal com algumas implicações potenciais para absorção de nutrientes (PEDA *et al.*, 2016), aumentando a mortalidade e toxicidade hepática (ROCHMAN *et al.*, 2013; MAZURAS *et al.*, 2015; PEDA *et al.*, 2016). Esses microplásticos verdes e azuis podem estar sendo confundidos com suas principais presas que são os copépodes, evidenciando o que aconteceu nos estudos de Shaw e Day (1994) e Wright, Thompson e Galloway (2013).

A presença de algumas partículas de microplásticos foram encontradas em outras partes, como no interior da cavidade abdominal no músculo de indivíduos de *A. januaria*. Silva e

colaboradores (2020) já haviam registrado microplásticos em salmonídeos, nos tecidos que recobrem os órgãos sendo ou não tecidos comestíveis. Microplásticos já foram encontrados em outros locais como as brânquias, por serem um órgão multifuncional envolvido nas trocas gasosas e na filtração de alimento (ELSHEIKH, 2013). Os microplásticos também podem se fixar durante um tempo na superfície das brânquias dificultando as trocas gasosas (SU *et al.*, 2018). Outros trabalhos ainda já registraram microplásticos nos sistemas linfático e vascular (AKHBARIZADEH *et al.*, 2018; BARBOZA *et al.*, 2020), e também na cavidade otolítica (GRELLIER; HAMMOND, 2006; LUSHER *et al.*, 2016). Estes estudos levantam preocupações sobre possíveis implicações para os consumidores humanos.

5 CONCLUSÃO

A ingestão de microplásticos pelos juvenis da espécie *A. januaria* foi considerada uma boa resposta como um bioindicador para esse estudo, já que é uma espécie abundante no estuário e com importância ecológica, hábito alimentar zooplânctívoro e filtrador, favorecendo o consumo do microplástico. Estes peixes foram expostos a fatores antrópicos e ingeriram mais fragmentos na cor verde advindo de plásticos maiores como garrafa pet, sacolas plásticas e entre outros, no estuário do rio Paraíba. Baseado nos nossos resultados, a zona intermediária do estuário foi o local com uma maior abundância de peixes, itens alimentares e conseqüentemente de microplásticos, levando em consideração que os juvenis estão mais propensos a ingestão de microplásticos acidentalmente e nessa área houve uma grande diferença de tamanhos entre os peixes mais jovens que ingeriram e não ingeriram microplástico. Não houve diferenças significativas para o fator de condição desses peixes, podendo ser influenciado pelo baixo número de indivíduos.

O estudo representa uma contribuição para o conhecimento de que fatores antrópicos como a poluição dos mares e rios estão de fato entrando na biota estuarina do estuário do rio Paraíba, podendo chegar até os seres humanos. A antropização do estuário está impactando diretamente as espécies, podendo levar a morte desses animais, a alterações na cadeia trófica e, conseqüentemente, desequilibrando o ambiente por um todo.

O estudo da ingestão de microplásticos pela espécie *A. januaria* pode contribuir com estudos de avaliações de impactos ambientais, conservação em ambientes estuarinos, planos de manejo, possíveis impactos da ingestão de microplásticos à vida humana através da alimentação desses peixes e ter importância social na produtividade pesqueira envolvendo principalmente a pesca artesanal e comercial para a população vizinha.

REFERÊNCIAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul, conforme resolução no 1, de 31 de agosto de 2003, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do estado da Paraíba. 2004. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 3 dez. 2018.
- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Climatologia da precipitação anual acumulada (mm) – ano 2019. Disponível em: aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/. Acesso 17 maio 2021.
- AHN, H.; KUME, M.; TERASHIMA, Y.; YE, F.; KAMEYAMA, S.; MIYA, M. Evaluation of fish biodiversity in estuaries using environmental DNA metabarcoding. **PloS ONE**, v. 15, n.10, 2020.
- AKHBARIZADEH, R.; MOORE, F.; KESHAVARZI, B. Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fish muscles from northeast of Persian Gulf. **Environmental Pollution**, 232, 154 – 163, 2018.
- ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map of Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, R. R. N.; NISHIDA, A. K. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura) do estuário do rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. **Interciência**, v. 28, p. 36-43, 2003.
- ALVES, R. R. N.; NISHIDA, A. K.; HERNÁNDEZ, M. I. M. Environmental perception of gatherers of the crab, “caranguejo-uçá” (*Ucides cordatus*, Decapoda, Brachyura) affecting their collection attitudes. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 1, p. 1-8, 2005.
- ALVES, V. E. N.; PATRÍCIO, J.; DOLBETH, M.; PESSANHA, A.; PALMA, A. R. T.; DANTAS, E. W.; VENDEL, A. L. Do different degrees of human impact affect the diet of *Atherinella brasiliensis* (Brazilian silverside) in two Brazilian estuaries? **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 1239-1257, 2016.
- AMORIM, A. L. A. DE; RAMOS, J. A. A.; JÚNIOR, M. N. Ingestion of microplastic by ontogenetic phases of *Stellifer brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae) from the surf zone of tropical beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111214, 2020.
- AMORIM, E.; RAMOS, S.; ELLIOT, M.; BORDALO, A. A. Immigrantion and early life stages recruitment of the European flounder (*Platichthys flesus*) to an estuarine nursery: The influence of environmental factor. **Journal of Sea Research**, v. 107, p. 56-66, 2016.
- ANDERSSON, E. Micro plastics in the oceans and their effect on the marine fauna. **Sveriges lantbruksuniversitet**, 2014.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics. **Philosophical Transactions Royal Society**, v. 364, n. 1526, p. 1977–1984, 2009.
- ARAÚJO, D. S.; BEZERRA, R. S. Mapeamento dos manguezais do estuário do rio Paraíba. **Revista Principia**, p. 63-75, 2017.
- ARAÚJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C.; GUEDES, A. P. P. Inter-decadal changes in fish communities of a tropical bay in southeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science** v. 3, p. 107-118, 2016.
- ARAÚJO, F. G.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. N.; VASCONCELLOS, R. M. Habitat Selection by anchovies (Clupeiformes: Engraulidae) in a tropical bay at Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 4, p. 583-590, 2008.
- ARTHUR, C.; BAMFORD, H.; BAKER, J. The Occurrence, Effects and Fate of Small Plastic Debris in the Oceans. In: **Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris, Tacoma, WA, USA**. p. 9-11, 2008.
- BAKIR, A.; ROWLAND, S. J.; THOMPSON, R. C. Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 140, p. 14-21, 2014.
- BARBOZA, L. G. A.; LOPES, C.; OLIVEIRA, P.; BESSA, F.; OTERO, V.; HENRIQUES, B.; GUILHERMINO, L. Microplastics in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. **Science of The Total Environment**, 717, 134625, 2018.
- BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; COSTA, M. F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. **Science of the Total Environmental**, v. 651, p. 1199-1218, 2019.
- BARLETTA, M.; LIMA, A. R. A.; DANTAS, D. V.; OLIVEIRA, I. M.; REIS NETO, J.; FERNANDES, C. A. F.; FILHO, J. L. R.; FARIAS, E. G. G.; COSTA, M. F. How can accurate landing stats help designing better fisheries and environmental management for Western Atlantic estuaries? In: FINKL, C., MAKOWSKI, C. (eds). **Coastal Wetlands: Alteration and Remediation**. Coastal Research Library, vol 21. Springer, Cham, 2017. p.479-512.
- BARLETTA, M.; LIMA, R. A. Systematic review of fish ecology and anthropogenic impacts in South American estuaries: Setting priorities for ecosystem conservation. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p 1-29, 2019.
- BARNES, D. K. A.; GALGANI, F.; THOMPSON, R. C., BARLAZ, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985-1998, 2009.
- BECK, M. W.; HECK, K. L.; ABLE, K. W.; CHILDERS, D. L.; EGGLESTON, D. B.; GILLANDERS, B. M.; ... WEINSTEIN, M. P. The Identification, Conservation, and

Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. **Bioscience**, v. 51, n. 8, p. 633-641, 2001.

BOEREMA, A.; MEIRE, P. Management for estuarine ecosystem services: A review. **Ecological Engineering**, v. 98, p. 172-182, 2017.

BRAGA, F. M. S. Estudo da diversidade de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre Macaé (22° 23' S) e Ilha de Santa Catarina (27° 35' S). 1. Crescimento de dimensões corporais. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 4, p. 235-250, 1987.

BROWNE, M. A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Microplastic-an emerging contaminant of potential concern? **Integrated environmental assessment and Management**, v. 3, n. 4, p. 559-561, 2007.

BROWNE, M.; GALLOWAY, T, S.; THOMPSON, R, C. Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. **Environmental Science & Technology**, v. 44, p. 3404-340, 2010.

BRUSCA, G. J.; BRUSCA, R. C. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

CANNON, S. M. E. E.; LAVERS, J. L. E.; FIGUEIREDO, B. Plastic ingestion by fish in the Southern Hemisphere: A baseline study and review of methods. **Marine Pollution Bulletin**, v. 107, n. 1, p. 286-291, 2016.

CARPENTER, E. J.; ANDERSON, S. J.; HARVEY, G. R.; MIKLAS, H. P.; PECK, B. B. Polystyrene spherules in coastal waters. **Science**, v. 178, n. 4062, p.749-50, 1972.

CARSON, H. S. The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 170-174, 2013.

CLOERN, J. E.; ABREU, P. C.; CARSTENSEN, J.; CHAUVAUD, L.; ELMGREN, R. GRALL, J.; GREENING, H.; JOHANSSON, J. O. R.; KAHRU, M.; SHERWOOD, E. T.; XU, J.; YIN, K. Human activities and climate variability drive fast-paced change across the world's estuarine-coastal ecosystems. **Research Review**, v. 22, p. 513-529, 2016.

COLE, C.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; TAMARA S.; GALLOWAY. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, Issue 12, p. 2588-2597, 2011.

CORDOVA, M, R.; RIANI, E.; SHIOMOTO, A. Microplastics ingestion by blue panchax fish (*Aplocheilus* sp.) from Ciliwung Estuary, Jakarta, Indonesia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 161, Part B, 2020.

DANTAS, J. C.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Drough impacts, social organization, and public policies in northeastern Brazil: a case study of the upper Paraíba river basin. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, p. 1-21, 2020.

DOLBETH, M.; VENDEL, A. L.; PESSANHA, A.; PATRÍCIO, J. Functional diversity of fish communities in two tropical estuaries subjected to anthropogenic disturbance. **Marine Pollution Bulletin**, v. 112, p. 244-254, 2016.

- ELSHEIKH, E. H. Scanning electron microscopic studies of gill arches and rakers in relation to feeding habits of some fresh water fishes. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v. 66, n. 3, p. 121-130, 2013.
- ERIKSEN, M.; LEBRETON, L. C. M.; CARSON, H. S.; THIEL, M.; MOORE, C. J.; BORERRO, J. C.; GALGANI, F.; RYAN, P. G.; REISSER, J. S. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. **Journal pone**, 2014.
- ERIKSSON, C.; BURTON, H. Origins and Biological Accumulation of Small Plastic Particles in Fur Seals from Macquarie Island. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 32, n. 6, p. 380-384, 2003.
- FERREIRA, P. V. C.; AMORIM, A. L. A.; PESSOA, W. V. N., RAMOS, J. A. A. Influência das fases da lua na abundância de Larimus. **Revista Principia**, 2017.
- FEYRER, F.; CLOERN, J.; BROWN, L.; FISH, M. A.; HIEB, K.; BAXTER, R. D. Estuarine fish communities respond to climate variability over both river and ocean basins. **Global Change Biology**, v. 21, p. 3608-3619, 2015.
- FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Teleostei (1)**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1978.
- FRANÇA, S.; VASCONCELOS, R. P.; SANTOS, P. R.; FONSECA, V. F.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. N. Vulnerability of Portuguese estuarine habitats to human impacts and relationship with structural and functional properties of the fish community. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 11-19, 2012.
- FROESE, R. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 22, p. 241-253, 2006.
- GILMAN, N. E. Examining spatial concentrations of marine micro-plastics on shorelines in south puget sound, Washington Dissertação de Mestrado. **Evergreen State College**, Washington, p. 101, 2013.
- GRELLIER, K.; HAMMOND, P. S. Robust digestion and passage rate estimates for hard parts of grey seal (*Halichoerus grypus*) prey. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 63, p. 1982-1998, 2006.
- GUEDES, L. Monitoramento geoambiental do estuário do rio Paraíba do Norte – PB por meio da cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento remoto. **Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – UFRN**, 2002.
- HENDERSON, J. C.; GILBY, B. L.; SCHLACHER, T. A.; CONNOLLY, R. M.; SHEAVES, M.; MAXWELL, P. S.; FLINT, N.; BORLAND, H. P.; MARTIN, T. S. H.; GORISSEN, B.; ANDREW, D. O. Landscape transformation alters functional diversity in coastal seascapes. **Ecography**, v. 43 p. 138-148, 2020.
- HOUDE, E. Emerging from Hjort's Shadow. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, v. 41, p. 53-70, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: 16 mar. 2020.

IVAR, J. A.; SUL D.; COSTA, M. F.; The present and future of microplastic pollution in the marine environment, **Environmental Pollution**, v. 185 p. 352-364, 2014.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Marine Pollution**, v. 347, p. 768–771, 2015.

JONES C, W.; QUINN B.; GARY SF.; MOGG AOM.; NARAYANASWAMY BE. Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**, v. 231, p. 271-280, 2017.

JUSTINO, A. K. S.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; FERREIRA, G. V. B.; PASSARONE, R.; FRÉDOU, T.; FRÉDOU, F. L. Microplastic contamination in tropical fishes: An assessment of different feeding habits. **Regional Studies in Marine Science**, v. 45, p. 101857, 2021.

KARAMI A.; GOLIESKARDI A.; CHOO CK.; LARAT V.; KARBALAEI S.; SALAMATINIA, B. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. **Science of The Total Environment**, v. 15, n. 612, p. 1380-1386, 2018.

LAIST, D. W.; Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. **Marine Debris Springer**, p. 99-139, 1997.

LARSSON, M. E.; AJANI, P. A.; RUBIO, A. M.; GUISE, K.; MCPHERSON, R. G.; BRETT, K. P. D.; DOBLIN, M. A. Long-term perspective on the relationship between phytoplankton and nutrient concentrations in a southeastern Australian estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 227-238, 2017.

LAW, K. L.; THOMPSON, R. C. Microplastics in the seas Concern is rising about widespread contamination of the marine environment by microplastics. **Science**, p. 61-93, 2016.

LAZZARO, X. A review of planktivorous fishes: their Evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. **Hydrobiologia**, v. 146, p. 97-167, 1987.

LECHNER, A.; KECKEIS, H.; LUMESBERGER-LOISL, F.; ZENS, B.; KRUSCH, R.; TRITTHART, M.; GLAS, M.; SCHLUDERMANN, E. The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. **Environmental Pollution**, v.188 p. 177-181, 2014.

LESLIE, H. A.; BRANDSMA, S. H.; VAN VELZEN, M. J.; VETHAAK, A. D. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. **Environment International**, v. 101, p. 133-142, 2017.

- LIMA A. R. A.; COSTA M. F.; BARLETTA, M. Distribution patterns of microplastics within the plankton of a tropical estuary. **Environmental Research**, v. 132, p. 146-155, 2014.
- LIMA, C. S. S.; BADÚ, M. L. A. S.; PESSANHA, A. L. M. Response of estuarine fish assemblages to an atypical climatic event in northeastern Brazil. **Regional Studies in Marine Science**, v. 35, p. 101121, 2020.
- LISA, S.; FENDALL.; MARY A.; SEWELL. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers, **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, Issue 8, p. 1225-1228, 2009.
- LUSHER, A. L.; O'DONNELL, C.; OFFICER, R.; O'CONNOR, I. Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish, **Journal of Marine Science**, v. 73, p. 1214–1225, 2016.
- MACHADO FILHO, H. O.; FARIAS, T. S.; SANTOS, A. S.; SANTOS, M. V.; BEZERRA, C. P.; MELO, J. I. M. Composição florística da mata ciliar no baixo rio Gramame, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, v. 28, n. 3, p. 23-36, 2015.
- MARCELINO, R. L.; SASSI, R.; CORDEIRO, T. A.; COSTA, C. F. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do estuário do rio Paraíba do Norte, Estado da Paraíba, Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 33, n.2, p. 179-192, 2005.
- MAZURAS, D.; ERNANDE, B.; QUAZUGUEL, P.; SEVERE, A.; HUELVAN, C.; MADEC, L.; MOUCHEL, O.; SOUDANT, P.; ROBBENS, J.; HUVET, A.; ZAMBONINO-INFANTE, J. Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Marine Environmental Research**, v. 112, p. 78-85, 2015.
- MEDRANO, D. E.; THOMPSON, R. C.; ALDRIDGE, D. C. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. **Water Research**, v 75, p. 63-82, 2015.
- MOORE, C.; GL L.; ZELLERS, A. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 1, p.65-73, 2011.
- MORRITT, D.; STEFANOUDIS, P. V.; PEARCE, D.; CRIMMEN, O. A.; CLARK, P. F. Plastic in the Thames: A river runs through it. **Marine Pollution Bulletin**, v. 78, n. 1-2, p. 196-200, 2014.
- NASCIMENTO, D. M.; MOURÃO, J. S.; ALVES, R. R. N. A substituição das técnicas tradicionais de captura do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) pela técnica “redinha” no estuário do rio Mamanguape, Paraíba. **Sítientibus série Ciências Biológicas**, v. 11, n. 2, p. 113-119, 2011.
- NASH, R. D. M.; VALENCIA, A. H.; GEFFEN, A. J. The origin of Fulton's condition factor — setting the record straight. **Fisheries**, v. 31, p. 236–238, 2006.

NEVES, L. M. Estrutura e diversidade das assembleias de peixes recifais na Baía da Ilha Grande: importância de variáveis físicas, da estrutura do habitat e variações temporais de curto prazo. 2013. 104 f. **Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.**

NISHIDA, A. K. Catadores de moluscos do litoral paraibano - Estratégias de subsistência e formas de percepção. **Tese de doutorado - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2000.**

ORY, N. C.; SOBRAL, P.; FERREIRA, J. L.; THIEL, M. Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 430-437, 2017.

PASQUAUD, S.; VASCONCELOS, R. P.; FRANÇA, S.; HENRIQUES, S.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. Worldwide patterns of fish biodiversity in estuaries: Effects of global vs. local factors. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 154, p. 122-128, 2015.

PEDA, C.; CACCAMO, L.; FOSSI, M. C.; GAI, F.; ANDALORO, F.; GENOVESE, L.; PERDICHIZZI, A.; ROMEO, T.; MARICCHIOLO, G. Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics: preliminary results. **Environmental Pollution**, v. 12, p. 251-256, 2016.

PESSANHA, A. L. M.; SALES, N. S.; LIMA, D. E. P. C.; LIMA, L. G.; CLARK, F. J. K.; LIMA, C. S. S.; BRITO, G. J. S. The occurrence of fish species in multiple habitat types in a tropical estuary: Environmental drivers and the importance of connectivity. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 262, p. 1-10, 2021.

PESSOA, W. V. N.; RAMOS, J. A. A.; OLIVEIRA, P. G. V. Composition, density and biomass of fish community from the surf zone as a function of the lunar cycle at Miramar Beach in Cabedelo, Paraíba. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, p. 1-8, 2019.

PHILLIPS, M. B.; BONNER, T. H. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 100, n. 1, p. 264-269, 2015.

RAMOS, J. A. A.; PESSOA, W. V. N. Fishing marine debris in a northeast Brazilian beach: composition, abundance and tidal changes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 142, p. 428-432, 2019.

RAMOS, T. P. A.; LUSTOSA-COSTA, S. Y.; LIMA, R. M. O.; BARBOSA, J. E. L.; MENEZES, R. F. First record of *Moenkhaousia costae* (Steindachner 1907) in the Paraíba do Norte basin after the São Francisco River diversion. **Biota Neotropica**, v. 21, 2021.

ROCHMAN, C. M.; HOH, E.; KUROBE, T.; TEH, S. J. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. **Scientific Reports**, v. 3, 3263, 2013.

RYAN, P. G.; MOORE, C. J.; VAN FRANEKER, J. A.; MOLONEY, C. L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. **Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1999-2012, 2009.

SALES, N. S.; BAETA, A. S. B. V.; LIMA, L. G.; PESSANHA, A. L. M. Do the shallow-water habitats of a hypersaline tropical estuary act as nursery grounds for fishes? **Marine Ecology-An Evolutionary Perspective**, p. 1-12, 2018.

SHAW, D. G; DAY, R. H. Calour-and forn-dependent loss of plastic micro-debris from the North Pacific Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 28, p. 39-43, 1994.

SILVA, A. C. A. Microplásticos em vários tecidos de espécies de peixes pelágicos com interesse comercial. **Universidade de Lisboa**, 2020.

SILVA, J, D, B.; BARLETTA, M.;LIMA, A, R.; FERREIRA, G, V, B. Use of resources and microplastic contamination throughout the life cycle of grunts (Haemulidae) in a tropical estuary, **Environmental Pollution**, v. 242, p. 1010-1021, 2018.

SILVA, R. S. D.; BAETA, A. S. B. V.; PESSANHA, A. L. M. Are vegetated areas more attractive for juvenile fishin estuaries? A comparison in a tropical estuary. **Environmental Biology of Fishes**, v. 101, p. 1427-1442, 2018.

SILVESTRE, L. C.; FARIAS, D. L. S.; LOURENÇO, J. D. S.; BARROS, S. C. A.; BRAGA, N. M. P. Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na APA da Barra do Rio Mamanguape. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia**, v. 7, p. 1-11, 2011.

SU, L.; DENG, H.; LI, B.; CHEN, Q.; PETTIGROVE, V.; WU, C.; SHI, H. The occurrence of microplastic in specific organs in commercially caught fishes from coast and estuary area of east China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 365, p. 716-724, 2018.

TAYLOR, M.; FRY, B.; BECKER, A.; MOLTSCHANIWSKY, J. N. Recruitment and connectivity influence the role of seagrass as a penaeid nursery habitat in a wave dominated estuary. **Science of the Total Environment**, v. 15, p. 622-630, 2017.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A. S.; ROWLAND, J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004.

VENDEL, A. L.; BESSA, F.; ALVES, V. E. N.; AMORIN, A. L. A.; PATRÍCIO, J.; PALMA, A. R. T. Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. **Marine Pollution Bulletin**, v. 15, p. 448-455, 2017.

WATANABE, T.; DE OLIVEIRA, R. B.; SESSI, R.; MELO, G. N.; MOURA, G. F.; GADELHA, C. L.; MACHADO, V. M. N. Evidence of contamination caused by sugar-cane monoculture and associated industrial activities in water bodies of the state of Paraíba, Northeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 5, p. 85-100, 1994.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 483-492, 2013.

ZHANG, C.; WANG, S.; PAN, Z.; SUN, DI.; XIE, S.; ZHOU, A.; WANG, J.; ZOU, J. Occurrence and distribution of microplastics in commercial fishes from estuarine areas of Guangdong, South China. **Chemosphere**, v. 260, p. 127656, 2020.