



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

ANDRÉA SOARES MARINHO

DIETA E CONTAMINAÇÃO POR PLÁSTICOS DO PEIXE-VOADOR (*Hirundichthys affinis*) E DA SARDINHA-BANDEIRA (*Opisthonema oglinum*) NO ATLÂNTICO SUDOESTE TROPICAL

MOSSORÓ

2024

ANDRÉA SOARES MARINHO

DIETA E CONTAMINAÇÃO POR PLÁSTICOS DO PEIXE-VOADOR (*Hirundichthys affinis*) E DA SARDINHA-BANDEIRA (*Opisthonema oglinum*) NO ATLÂNTICO SUDOESTE TROPICAL

Dissertação apresentada como ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Guelson Batista da Silva
– UFERSA

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S338d Soares Marinho, Andrea.
DIETA E CONTAMINAÇÃO POR PLÁSTICOS DO PEIXE-
VOADOR (*Hirundichthys affinis*) E DA SARDINHA-
BANDEIRA (*Opisthonema oglinum*) NO ATLÂNTICO
SUDESTE TROPICAL / Andrea Soares Marinho. - 2024.
50 f. : il.

Orientador: Guelson Batista da Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2024.

1. Peixe-Voador. 2. Sardinha-Bandeira. 3.
Conteúdo Estomacal. 4. Poluição por Plástico. 5.
Segurança Alimentar. I. Batista da Silva, Guelson
, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANDRÉA SOARES MARINHO

DIETA E CONTAMINAÇÃO POR PLÁSTICOS DO PEIXE-VOADOR (*Hirundichthys affinis*) E DA SARDINHA-BANDEIRA (*Opisthonema oglinum*) NO ATLÂNTICO SUDOESTE TROPICAL

Dissertação apresentada como ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas aquáticos

Defendida em: 29 / 02 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Guelson Batista da Silva (UFERSA)
Presidente

Prof^a. Dr^a. Emanuelle Fontenele Rabelo (UFERSA)
Membro Examinador

Prof^a. Dr^a. Caroline Vieira Feitosa (LABOMAR/UFC)
Membro Examinador

*Meu agradecimento e oração pelo mais lindo sorriso da minha **Tia Maria Amélia Moreira Soares** quando soube da aprovação no programa e, dias depois, partiu.*

Dedico aos meus pais que mantiveram c durante todos os momentos e me deram motivos pra concluir esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, como sempre e em tudo, pela tranquilidade a mim destinada e por todas as bênçãos recebidas nesse período, que não foram poucas.

A Nossa Senhora, pela proteção constante em todas as horas, especialmente, nas viagens, pois sob Seu Manto Santo eu não temo e me torno cada dia mais certa das graças a alcançar.

Aos meus pais, Adélia Soares e Pedro Marinho, que sempre investiram na minha educação sem medir esforços e, especialmente, apoiaram minhas decisões e entenderam os destinos assim tomados, incentivando nos momentos mais delicados.

Ao Anderson e à Janete que, no meio dessa jornada, tiveram a Maria Helena e foi divertido fazer muitas chamadas de vídeo pra matar a saudade.

Ao meu orientador, Professor Dr. Guelson, pela parceria alcançada e insistência no melhor resultado para conclusão deste trabalho.

À Banca Examinadora, pela colaboração com sugestões, correções e críticas, para a construção de um trabalho mais acertado, ajudando muito nas condições finais do mesmo.

Aos amigos que eu fiz na UFERSA, que foram a Fortaleza me ver e me farão voltar a Mossoró quantas vezes forem necessárias, pra continuar a linda caminhada da vida.

A todos os estudantes da Graduação, que contribuíram muito nos trabalhos de laboratório, especialmente, João Luiz, Jandson, Jeogia Milena e Bruna. Trabalhar e me divertir com vocês foi sensacional.

À Paróquia Nossa Senhora Mãe da Igreja, na pessoa de seu Pároco, Pe. Everton Gomes, que respeitou imensamente minha ausência em diversas reuniões, devido à distância e pela torcida de todas as envolvidas, irmãs de caminhada, que me acalentaram tanto nas chegadas.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação (PPEC), UFERSA, e a todos os colegas da turma 2022, por compartilharem experiência incrível de crescimento e conhecimento e por todos os momentos juntos de calor e descontração.

Por último, por ser o mais importante nesse momento, **meu eterno agradecimento e reconhecimento à Professora Dra. Inês Martins**, pela recepção indescritível em sua casa, pela generosidade e confiança a mim depositada e pela amizade que construímos a cada noite juntas, pelo carinho, pela proteção de mãe quando eu precisei. Nossa troca e vivência me deram, entre tantos, os melhores momentos dessa jornada.

"A educação é um ato de amor, por isso, um ato de coragem."

Paulo Freire

"Não tenhais medo".

Jesus Cristo

RESUMO

Os plásticos representam um fator de contaminação do ambiente marinho e tem gerado diversas preocupações com sua presença consistente e crescente neste tipo de ambiente. Esses poluentes podem afetar o homem ao ingerir especialmente os peixes contaminados com esse conteúdo. O objetivo deste estudo é caracterizar a dieta e a presença de partículas plásticas no peixe-voador (*Hirundichthys affinis*) e sardinha-bandeira (*Opisthonema oglinum*) coletados na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão (RDSEPT), localizada entre os municípios de Macau e Guamaré, Rio Grande do Norte. O conteúdo estomacal dos peixes foi caracterizado quanto à frequência de ocorrência e o volume, sendo estimados os valores de Índice Alimentar a partir destas informações. Para análise de microplástico, foram selecionados vinte indivíduos de cada espécie, dos quais foram selecionados os estômagos e as brânquias para extração de materiais plásticos. Os plásticos foram classificados quanto ao tipo de material, cor e tamanho. A dieta do peixe-voador foi composta principalmente por crustáceos eufausiáceos, complementada por poliquetas, ovas de peixe, insetos e megalopas de Brachyura. Já a dieta da sardinha bandeira foi composta principalmente por crustáceos peneídeos, complementada por megalopas de Brachyura, poliquetas, algas e copépodes. Para os peixes voadores, foram observados um total de 18 plásticos suspeitos em 10 peixes analisados (50%), com uma contaminação média de 1,8 item plástico, dentre os quais 13 (72,2%) eram do tipo fibras e 5 (27,8%) eram do tipo filmes. Já para a sardinha bandeira, foram observados um total de 24 microplásticos suspeitos em 10 peixes analisados, com uma contaminação média de 2,4 item plástico, dentre os quais 15 (62%) eram do tipo fibras, 7 (29%) eram do tipo fragmento e 2 (9%) eram do tipo filmes. Quanto ao tamanho, foram observados para o peixe voador 15 (83,3%) microplásticos e 3 (16,7%) mesoplásticos e para a sardinha bandeira 9 (39,1%) microplásticos, 13 mesoplásticos (56,5) e 1 (4,3%) macroplástico. A contaminação por materiais plásticos do peixe-voador e da sardinha-bandeira é realidade na área estudada, podendo inclusive, representar uma possível fonte de contaminação para a população local. Além disso, as espécies podem atuar como bioindicadores deste tipo de poluição. O presente trabalho evidencia a ocorrência de material plástico tanto no trato digestório, quanto nas brânquias das espécies estudadas, inclusive representando o primeiro registro para este tipo de estrutura. A metodologia empregada para a extração evidenciou a eficácia na exposição de micro, meso e até mesmo macroplásticos.

Palavras-chave: Peixe-Voador; Sardinha-bandeira; Conteúdo Estomacal; Poluição por Plástico; Segurança alimentar

ABSTRACT

Plastics represent a factor of contamination of the marine environment and have generated several concerns with their consistent and growing presence in this type of environment. These pollutants can affect humans by ingesting especially fish contaminated with this content. The objective of this study is to characterize the diet and the presence of plastic particles in fourwing flying fish (*Hirundichthys affinis*) and Atlantic thread herring (*Opisthonema oglinum*) collected in the Ponta do Tubarão State Sustainable Development Reserve (RDSEPT), located between the municipalities of Macau and Guamaré, Rio Grande do Norte. The stomach contents of the fish were characterized in terms of frequency of occurrence and volume, and the Dietary Index values were estimated based on this information. For microplastic analysis, twenty individuals of each species were selected, from which the stomachs and gills were selected for the extraction of plastic materials, which were classified according to the type of material, color and size. The diet of the flying fish was composed mainly of euphausiaceous crustaceans, supplemented by polychaetes, fish eggs, insects, and megalopas from Brachyura. The diet of the thread herring was composed mainly of penaeid crustaceans, complemented by Brachyura megalopas, polychaetes, algae and copepods. For flying fish, a total of 18 suspicious plastics were observed in 10 fish analyzed (50%), with an average contamination of 1.8 plastic items, among which 13 (72.2%) were fibers and 5 (27.8%) were films. For the thread herring, a total of 24 suspected microplastics were observed in 10 fish analyzed, with an average contamination of 2.4 plastic items, among which 15 (62%) were fibers, 7 (29%) were fragments and 2 (9%) were films. Regarding size, 15 (83.3%) microplastics and 3 (16.7%) mesoplastics were observed for the flying fish, and 9 (39.1%) microplastics, 13 mesoplastics (56.5) and 1 (4.3%) macroplastics were observed for the thread herring. Contamination by plastic materials of flying fish and thread herring is a reality in the studied area, and may even represent a possible source of contamination for the local population. In addition, species can act as bioindicators of this type of pollution. The present study evidences the occurrence of plastic material both in the digestive tract and in the gills of the species studied, representing the first record for this type of structure. The methodology used for the extraction showed the efficacy in the exposure of micro, meso and even macroplastics.

Keywords: Flying fish; Atlantic thread herring; Stomach Contents; Plastic Pollution; Food Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Peixe voador, <i>Hirundichthys affinis</i>	17
Figura 2	-	Sardinha-bandeira, <i>Opisthonema oglinum</i>	19
Figura 3	-	Mapa com a delimitação da RDSEPT nos municípios de Macau e Galinhos/ RN	21
Figura 4	-	Imagem estômago dissecado de uma sardinha-bandeira disposto sobre uma placa de Petri para a triagem do conteúdo estomacal.....	23
Figura 5	-	Itens plásticos encontrados nas amostras de peixe-voador <i>Hirundichthys affinis</i> coletado na RDSEPT.....	29
Figura 6	-	Microplástico identificados no conteúdo estomacal de uma sardinha-bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletada na RDSEPT. durante análise do conteúdo estomacal	33
Figura 7	-	Itens plásticos encontrados nas amostras de sardinha-bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletadas na RDSEPT.....	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	-	Distribuição de frequência por classe de comprimento do peixe-voador <i>Hirundichthys affinis</i> coletado na RDSEPT com a proporção entre estômagos com conteúdo (cont) e vazios.....	26
Gráfico 2	-	Frequência de ocorrência e volumétrica dos itens alimentares do peixe-voador <i>Hirundichthys affinis</i> coletado na RDSEPT	28
Gráfico 3	-	Percentuais dos tipos e colorações (representadas no próprio gráfico) dos itens plásticos observados nos estômagos e brânquias dos peixes-voadores coletados na RDSEPT-RN.....	29
Gráfico 4	-	Gráfico de dispersão entre o tamanho do item plástico e o comprimento furcal do peixe-voador <i>Hirundichthys affinis</i> coletado na RDSEPT.....	30
Gráfico 5	-	Distribuição de frequência por classe de comprimento da sardinha-bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletada na RDSEPT com a proporção entre estômagos com conteúdo (cont) e vazios.....	31
Gráfico 6	-	Frequência de ocorrência e volumétrica dos itens alimentares da sardinha bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletada na RDSEPT	32
Gráfico 7	-	Percentuais dos tipos e colorações (representadas no próprio gráfico) dos itens plásticos observados nos estômagos e brânquias da sardinha-bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletadas na RDSEPT-RN.	34
Gráfico 8	-	Gráfico de dispersão entre o tamanho do item plástico e o comprimento furcal da sardinha <i>Opisthonema oglinum</i> coletada na RDSEPT.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (FV%) e índice alimentar dos itens alimentares do peixe-voador <i>Hirundichthys affinis</i> coletado na RDSEPT.....	27
Tabela 2	-	Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (FV%) e índice alimentar dos itens alimentares da sardinha-bandeira <i>Opisthonema oglinum</i> coletada na RDSEPT.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPAS	Centro de Estudos em Pesca e Aquicultura Sustentável
Cm	Centímetros
EUA	Estados Unidos da América
FO%	Frequência de Ocorrência
FV%	Frequência volumétrica
HF	Peixe-Voador
IA	Índice Alimentar
KOH	Hidróxido de Potássio
LABTOP	Laboratório de Tecnologia e Oceanografia Pesqueira
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP	Microplástico
N	Número Total de Estômagos Examinados
Ni	Número de Estômagos que Conttenham Detritos Plásticos
PPEC	Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação
RDSEPT	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RN	Rio Grande do Norte
SB	Sardinha-bandeira
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semiárido
Vi	Volume do Item Alimentar
Vt	Volume Total de Todos os Itens Alimentares

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Peixe-Voador <i>Hirundichthys affinis</i> (Gunther, 1866)	16
2.2	Sardinha-bandeira, <i>Opisthonema oglinum</i> (Leseur, 1818)	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Área de estudo	20
3.2	Coleta de material biológico	21
3.3	Processamento de amostras e análise de dados	22
3.3.1	<i>Análise dos conteúdos alimentares</i>	22
3.3.2	<i>Análise dos microplásticos.....</i>	24
4	RESULTADOS.....	26
4.1	Peixe-Voador <i>Hirundichthys affinis</i> (Gunther, 1866)	26
3.1.2	<i>Sardinha-bandeira, <i>Opisthonema oglinum</i></i>	30
5	DISCUSSÃO.....	36
5.1	Peixe-Voador <i>Hirundichthys affinis</i> (Gunther, 1866)	36
5.1.1	<i>Alimentação</i>	36
5.1.2	<i>Microplásticos</i>	37
5.2	Sardinha-bandeira, <i>Opisthonema oglinum</i>	38
5.2.1	<i>Alimentação</i>	38
5.1.2	<i>Microplásticos</i>	39
5.3	Impactos da Contaminação por Microplásticos	40
6	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A análise da dieta é a principal ferramenta em estudos de predação, competição, estratégia alimentar, dinâmica trófica e cadeias alimentares (Amundsen et al, 1996). Além disso, evidências de contaminação por materiais plásticos têm sido constatadas a partir de tais estudos (Mesquita et al, 2020, Dantas et al, 2020 Nobre et al, 2022).

Dentre os materiais plásticos, os microplásticos (MP), se encontram em situação identificada como de preocupação global e amplamente documentada na água do mar, sedimentos marinhos e biota marinha (Barbosa, 2020; Dantas *et al.*, 2020; Miller et al, 2020; Barbosa Neto, 2019; Barboza *et al.*, 2019). Eles consistem em partículas de plástico de tamanho entre menor que 5mm, as quais têm gerado preocupações ao mostrar uma presença consistente e crescente em ambientes marinhos e de água doce (Oliveira; Corrêa; Smith, 2020; Barbosa Neto, 2019; Barboza *et al.*, 2019). A ingestão de microplásticos por peixes marinhos tem despertado cada vez mais o interesse da comunidade científica, uma vez que diversas espécies são alvo da pesca comercial e, portanto, têm uma forte ligação com a saúde humana, sendo geralmente uma consequência da estratégia alimentar (Walkinshaw et al. 2020, Rivera-Garibaldi et al, 2024).

Diante de uma realidade cujo impacto é altamente agressivo ao ambiente natural com estimativas crescentes, os efeitos do consumo dos organismos aquáticos com a presença de microplásticos podem trazer consequências adversas, como danos celulares graves, efeitos neurodegenerativos e tóxicos, diminuição da imunidade, estresse oxidativo e, por fim, acúmulo de microplásticos em tecidos do corpo. Contudo, não existem relatos definitivos dos efeitos tóxicos de MPs em peixes e seres humanos. (Sultan *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a poluição marinha em áreas que compõem o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), no Brasil, tem se tornado um problema recorrente que segue na contramão dos seus principais objetivos, tais como contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais, assim como, promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento (MMA, 2002).

Nesse contexto, destacamos a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão (RDSEPT), localizada no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, a qual está sujeita a poluição marinha, originada por diversas atividades, tais como turismo, pesca, redes de drenagem, descarte por embarcações e plataformas de extração de

petróleo, portanto, fruto da atividade humana, que promove uma diversidade de poluentes, direta ou indiretamente (IDEMA, 2018).

Dentre as principais espécies de recursos pesqueiros desembarcadas na RDSEPT, destacam-se a sardinha-bandeira (*Opisthonema oglinum*) e o peixe-voador (*Hirundichthys affinis*), com relevante importância socio-econômica para a comunidade pesqueira local (Silva et al, 2014; Silva; Fonteles-Filho, 2009). Além das consequências ecológicas, a ingestão de MP pelos recursos pesqueiros, tais como o peixe voador e a sardinha-bandeira, pode chegar a afetar a saúde humana. Portanto, a partir da análise dos hábitos alimentares dos indivíduos destas espécies será possível identificar o nível de exposição a contaminação por materiais plásticos e os possíveis impactos que possam acarretar a saúde das comunidades locais.

Nesse sentido, no Estado do Rio Grande do Norte, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos e confirmado a ocorrência de materiais plásticos no conteúdo estomacal de peixes (Mesquita et al, 2020). Recentemente, em estudos sobre a alimentação do peixe-voador *Hirundichthys affinis*, capturado pela frota de Diogo Lopes, em Macau/RN, Dantas-Neto (2017) registrou materiais sintéticos, tais como fragmentos de tinta, sacos plásticos e outros materiais ainda não identificados. Porém, em relação à sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum*, esse seria o primeiro estudo para a região.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a dieta e identificar os microplásticos presentes nos estômagos e brânquias do peixe-voador (*Hirundichthys affinis*) e da sardinha-bandeira (*Opisthonema oglinum*) desembarcados na RDSEPT/RN.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Peixe-Voador *Hirundichthys affinis* (Gunther, 1866)

A família Exocoetidae, pertencente a ordem Beloniformes, a qual abrange aproximadamente 50 espécies de peixes voadores distribuídas em águas tropicais e subtropicais nos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, habitando em águas superficiais oceânicas, neríticas e até mesmo litorâneas (Oxenford et al, 1995; Parin, 2002; Lewallen et al, 2011).

O peixe voador *Hirundichthys affinis* (Figura 1) é uma espécie epipelágica de pequeno porte e distribuído de forma ampla em águas tropicais e subtropicais do oceano Atlântico (Khokiattiwong et al, 2000; Parin, 2002; Araújo et al., 2011; Gonçalves, 2017). O seu corpo é alongado e a sua nadadeira peitoral é bastante longa, representando de 60% a 70% do comprimento padrão, conferindo a aparência de asas, nas quais apenas o primeiro raio não é

ramificado (Parin, 2002; Gonçalves, 2017). Seu corpo é escuro na parte dorsal e pálido na parte ventral com as barbatanas dorsal e caudal acinzentadas, barbatana anal transparente e barbatanas peitorais cinza-escuras com faixa triangular não pigmentada e margem externa estreita (Parin, 2002, Gonçalves, 2017).

Figura 1 – Peixe voador, *Hirundichthys affinis*



Fonte: Acervo pessoal da autora.

É considerada a espécie mais explorada comercialmente no Caribe (Oxenford et al, 1995) e no Brasil apenas o Estado do Rio Grande do Norte faz a exploração comercial da espécie, consistindo-se na principal atividade econômica de núcleos artesanais do Estado, com destaque para a comunidade de Diogo Lopes em Macau e Caiçara do Norte (Garcia, 2017; Gonçalves, 2017). Possuem grande importância para a pesca artesanal no nordeste do Brasil como fonte de alimento e isca, podendo ser capturados com redes de emalhe superficial e linhas de pesca com atração luminosa (Lessa e Nóbrega, 2000). Aglomera-se em águas oceânicas em frente a costa setentrional do estado do Rio Grande do Norte, no período reprodutivo entre abril e junho, onde fica vulnerável a exploração comercial (Araújo *et al.*, 2001; Lessa et al, 2004).

Para a comunidade da RDSEPT a pesca de peixe-voador representa uma das mais tradicionais atividades praticadas na região, a qual é realizada geralmente por 3 pescadores, que utilizam como meio flutuante pequenas embarcações motorizadas ou a vela com viagens que duram entre 1 e 3 dias de mar e ocorrem durante os períodos da manhã e noite (IDEMA, 2018).

Em 2018, Silva e Silva (2020), em entrevista com os pescadores da RDSEPT, identificou que o peixe voador é uma das espécies menos consumidas. Dos respondentes, 45% afirmaram que a espécie é capturada por jererê, outros 41% disseram que a pesca ocorre com rede de caçoeira e os demais disseram ser com anzol pacacho de coqueiro ou landuá.

Uma de suas características é o fato de possuir um amplo espectro alimentar, aliado a uma dieta generalista, no entanto, é uma espécie que não tem uma preferência elevada por

alguma fonte de alimento específica (Moraes, 2021). No que se refere à alimentação, os trabalhos ainda são escassos, nos quais esses peixes são caracterizados como predadores generalistas, que incluem em suas dietas macróplâncton, decápodos larvais, copépodos, moluscos, salpas, como, também, sifonóforos (van Noord et al., 2013; Dantas-Neto, 2017). A espécie pode consumir, ainda, larvas de peixes, inclusive, pós-larvas do próprio peixe-voador, zooplâncton, crustáceos e peixes pequenos (Moraes, 2021; Dantas-Neto, 2017). Face essas características do peixe voador, o seu hábito alimentar se classifica como forrageiro, sendo de fundamental importância para transferir energia para grandes peixes pelágicos (Dantas-Neto, 2017).

Já existem alguns registros da ocorrência de matérias plásticas em peixes voadores, tais como o reportado por van Noord et al (2013) para 7 espécies, incluindo os gêneros *Cheilopogon*, *Exocoetus*, *Oxyporamphus*, *Prognichthys* e *Hirundichthys*, coletados no Oceano Pacífico Oriental próximo ao México, o registro de microplásticos em *Cheilopogon rapanouiensis* coletados no entorno da Ilha de Pascoa, Pacífico Central (Chagnon et al., 2018), e no Atlântico Sudoeste Tropical com o trabalho de Justino et al (2023) por meio do registro para a família Exocoetidae na circunvizinhança do Arquipélago de Fernando de Noronha e adjacências da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil. Muito embora tenhamos estes registros prévios, este será o primeiro trabalho com registro de microplástico em *H. affinis* no Oceano Atlântico.

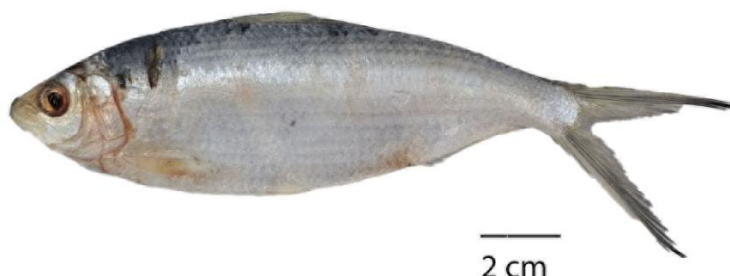
2.2 Sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818)

Atualmente, com base em uma revisão sistemática, apoiada por estudos de filogenética e evidências morfológicas, a ordem Clupeiformes se encontra dividida em duas subordens, Denticipitoidei e Clupeoidei, a qual por sua vez, abrange cinco famílias, dentre as quais a família Clupeidae, que se encontra dividida em 5 subfamílias, incluindo Dorosomatinae, da qual faz parte o gênero *Opisthonema* (Lavoué et al, 2014).

A sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* (Figura 2) é a única representante do gênero na costa Atlântica das Américas, com sua presença ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais a partir do Golfo do Maine, nos EUA, até o Estado de Santa Catarina, no Brasil, em regiões pelágicas, marinhas e estuarinas (Simoni, 2019; Botero et al, 2023). São pequenos peixes pelágicos que medem até 25 cm de comprimento, possuem uma cor azul-esverdeado no dorso com o ventre e laterais prateados, é sendo encontrados em águas costeiras rasas, com

profundidade <100m, em grandes cardumes, que ficam próximos à superfície (Bizerril e Costa, 2001; Munroe e Nizinski, 2002).

Figura 2 – Sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum*



Fonte: Acervo pessoal da autora

A sardinha-bandeira tem por características um aparelho filtrador, com os adultos se alimentando de pequenos peixes e crustáceos, enquanto os juvenis se alimentam de organismos planctônicos, fazendo com que seja reconhecida como uma espécie generalista-oportunista (Munroe e Nizinski, 2002; Dumith *et al.*, 2014).

A sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* é comumente capturada tanto em pescarias artesanais, quanto industriais, por meio de redes de arrasto-de-praia, cerco, e espera, bem como fauna acompanhante da pesca de arrasto para camarões (Munroe e Nizinski, 2002). A sardinha é um recurso largamente explorado pelos pescadores da RDSEPT, que durante todo ano efetuam pescarias entre 2 e 3 dias em torno das plataformas e cabeças de poços desativados. A pesca é realizada com rede-de-espera de superfície (IDEMA, 2018). Os atravessadores intermediários fazem a ponte do produto *in natura* com os pescadores, no entanto, antes de serem comercializadas, as mulheres locais fazem o processamento, retirando-lhes vísceras, nadadeira caudal e a cabeça (Silva *et al.*, 2014).

Segundo acompanhamento realizado entre os anos de 2006 a 2016, foram capturadas 9.415 toneladas de peixes na RDSEPT. Destes, 57% total era de sardinha (*Opisthonema oglinum*), sendo uma potência econômica para o Estado e ocorrendo o pico da pesca entre junho e dezembro de cada ano. Conforme dados coletados juntos aos pescadores locais, o aparelho de pesca utilizado para captura da espécie é a rede sardineira, como é popularmente conhecida. Em entrevistas, 98% dos pescadores abordados, disseram ser necessário um tempo de defesa para espécie e que acreditam que os estoques diminuíram nos últimos anos (Silva e Silva, 2020).

Algumas referências são encontradas sobre a dieta e alimentação da sardinha-bandeira no Brasil, como no Paraná (Chaves e Vendel, 2008), no Rio de Janeiro (Dumith *et al*, 2014), em Pernambuco (Simoni *et al*, 2019; Couto e Vasconcelos-Filho (1986), no Ceará (Mota e Sawaya, 1974; Furtado-Ogawa 1970; Teixeira *et al*, 2014) e ainda o trabalho de Bonfim *et al* (2020) que foi realizado com exemplares coletados nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará.

Algumas pesquisas já relatam a incidência de materiais plásticos presentes no trato gastrointestinal de diversas espécies de sardinha em várias partes do mundo, tais como a sardinha europeia (*Sardina pilchardus*) coletada na Península Ibérica (Lopes *et al*, 2020), as espécies (*Opisthonema libertate*, *O. bulleri* e *O. mediatre*) coletadas no Oceano Pacífico na Costa Rica (Bermúdez-Guzman *et al.*, 2020), a sardinha *Sardinella lemuru* no mar de Bohol nas Filipinas (Palermo *et al*, 2020). Quanto a registros de materiais plásticos em *Opisthonema oglinum*, podemos destacar os trabalhos de Bomfim *et al* (2020) realizado com espécimes coletados nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará e Dantas *et al* (2020) com com espécimes coletados no Ceará.

3 MATERIAL E MÉTODOS

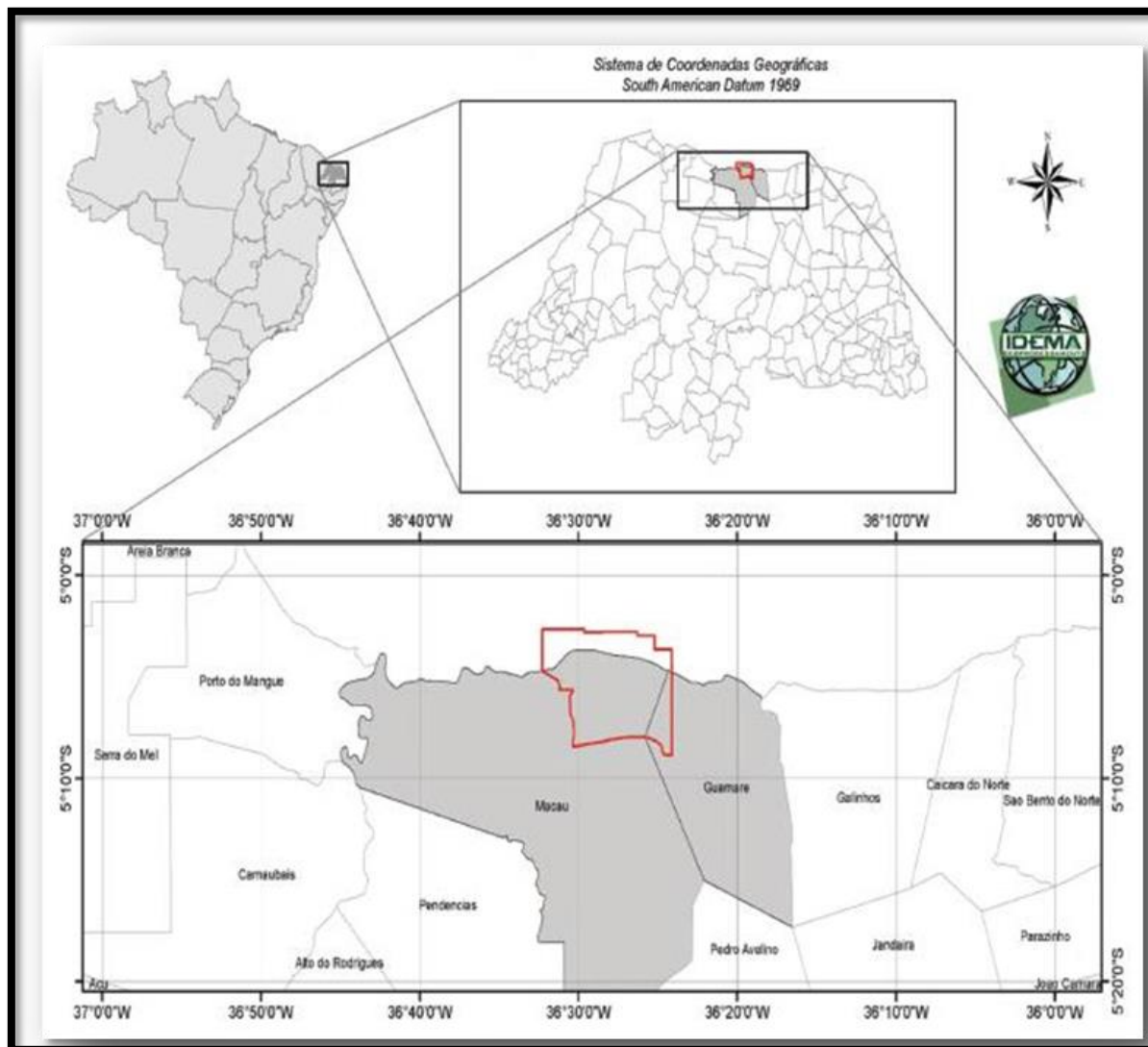
3.1 Área de estudo

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão (RDSEPT) fica localizada no extremo norte do Estado potiguar, abrangendo os municípios de Macau e Guamaré, a qual foi criada para atender demanda das comunidades pesqueiras residentes na área, através da Lei Estadual n. 8.349, de 18 de julho de 2003. (IDEMA, 2018).

O ambiente da Reserva inclui área marinha costeira, restinga, estuário, manguezais, dunas, falésias e campos de caatinga hiperxerófila, estando sua área localizada em zonas salina e petrolífera, tendo como principais atividades econômicas o sal, o petróleo, o turismo e a pesca artesanal, na qual o peixe-voador e a sardinha-bandeira configuram como os principais recursos pesqueiros (Guedes; Silva; Costa, 2016; IDEMA, 2018).

A RDS Estadual Ponta do Tubarão (RDSEPT) (Figura 3) está localizada entre os municípios de Macau e Guamaré, no Estado do Rio Grande do Norte, ocupando uma área de 12,9 km² no polígono delimitado pelas coordenadas: latitude 5°2' S e 5°16' S e de longitude 36°23' W e 36°32' W (IDEMA, 2018).

Figura 3 – Mapa com a delimitação da RDSEPT nos municípios de Macau e Galinhos/ RN.



Fonte: IDEMA (2018).

Na RDSEPT a pesca é realizada no rio/estuário, nas praias oceânicas (costa) e no alto mar e, em termos de produção pesqueira, os últimos dados oficiais registram uma produção de cerca de 9,4 toneladas de pescados, no período de 2005 a 2014 (IDEMA, 2018).

3.2 Coleta do material biológico

As amostras foram adquiridas a partir de desembarques da frota pesqueira de Diogo Lopes, na RDS Estadual da Ponta do Tubarão, distante cerca de 30 km da cidade de Macau/RN, detentor da maior produção de sardinha “*in natura*” do Estado do Rio Grande do Norte.

Na pesca do peixe voador são utilizados 2 tipos de aparelhos de pesca: (1) Jereré – equipamento manual de madeira em forma de triângulo e revestido por uma rede de náilon 0,60

mm, com malha de aproximadamente 3 cm entre nós opostos. Neste caso o pescador tritura e lança pequenos fragmentos de peixe “engodo” e fica apoiado sobre a lateral da embarcação capturando os peixes voadores que se aproximarem da embarcação; (2) rede para voador – rede-de-deriva utilizada na superfície, com aproximadamente 25 metros de comprimento, 2,5 metros de altura, malhas de 2,5 cm entre nós opostos (90 a 110 malhas) e confeccionada com náilon 0,35 mm. A rede fica presa à embarcação derivando a sabor das correntes superficiais. Este sistema de pesca pode ser utilizado simultaneamente com a pesca de jereré, para aumentar o poder de captura do peixe voador, ou com a pesca de linha, capturando peixes voadores para serem utilizados como isca na pesca de peixes maiores. (IDEMA, 2018).

Convém ressaltar que a pescaria do peixe-voador acontece principalmente no período de janeiro a agosto, quando os ventos são menores, contudo, no período posterior, entre os meses de agosto a dezembro, os ventos são muito fortes e prejudicam totalmente a atividade. (Silva, 2018).

Já a pesca da sardinha-bandeira é realizada com rede-de-espera com cerca de 20 metros de comprimento, sendo confeccionada com náilon que varia entre 0,25 a 0,35 mm de diâmetro, malhas com cerca de 6,0cm entre nós opostos e possuindo 110 malhas de altura. (IDEMA, 2018). Esta atividade ocorre entre os meses de junho a dezembro é época pontual da pesca da sardinha, atividade realizada mais próxima da costa (Silva e Silva, 2020).

Os peixes foram adquiridos no ponto de apoio de pesca da RDSEPT na localidade de Diogo Lopes, Macau-RN, em dois momentos distintos: agosto de 2022 e março de 2023. Na ocasião, foram comprados 10kg de cada espécie, os quais foram acondicionados em sacos plásticos e transportados em caixas isotérmicas com gelo. Ao chegarem na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), foram mantidos congelados em freezer, até o momento da dissecação.

3.3 Processamento das amostras e análise de dados

3.3.1 Análise dos conteúdos alimentares

No Laboratório de Tecnologia e Oceanografia Pesqueira, do Centro de Estudos em Pesca e Aquicultura Sustentável da Universidade Federal Rural do Semiárido (LABTOP/CEPAS/UFERSA), foram analisados o total de 231 peixes, onde 121 unidades eram peixes voadores e outras 110 unidades de sardinhas bandeiras que, após o descongelamento

natural em água, em temperatura ambiente, foram realizadas as biometrias, onde para cada indivíduo foi registrado o comprimento furcal (cm), utilizando-se de um paquímetro, com precisão de 0,1 cm.

O conteúdo estomacal (Figura 4) dos peixes foi caracterizado quanto à frequência de ocorrência e o volume, utilizando papel milimetrado para este último. Cada amostra foi devidamente separada com uma pinça, lavada com água natural e colocada sob o papel milimetrado, para estimativa do volume. Quando presentes, as partículas plásticas foram separadas do conteúdo estomacal.

Figura 4 – Imagem estômago dissecado de uma sardinha-bandeira disposto sobre uma placa de Petri para a triagem do conteúdo estomacal.



Fonte: Acervo da autora.

As métricas utilizadas para caracterizar a contribuição dos itens alimentares na dieta das espécies estudadas foram a Frequência de Ocorrência (FO%) e a Frequência Volumétrica (FV%) (Hyslop, 1980). A Frequência de Ocorrência, consiste no percentual de ocorrência de determinado item alimentar em relação ao número total de estômagos com conteúdo, a qual foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$FO\% = (N_i / N) \times 100$$

Onde:

FO% = Frequência de Ocorrência

N_i = Número de estômagos que contenham detritos plásticos

N = Número total de estômagos examinados

A Frequência Volumétrica constitui-se na contribuição em volume de cada item em relação ao somatório do volume de todos os itens. Como os itens alimentares são relativamente pequenos, foi utilizado um papel milimetrado para realizar a estimativa do volume de cada item e a Frequência Volumétrica foi calculada a partir da seguinte fórmula:

Para a frequência volumétrica, foi utilizada a fórmula a seguir:

$$FV\% = V_i / V_t \times 100$$

Onde:

FV% = Frequência volumétrica

V_i = Volume do item alimentar

V_t = Volume total de todos os itens alimentares

A partir das informações sobre as frequências de ocorrência e volumétrica dos itens alimentares encontrados, foram estimados os valores de Índice Alimentar, o que permite distinguir a possível importância de cada item de forma relativa, considerando os itens predominantes e secundários (Kawakami e Vazzoler, 1980).

Para o cálculo do Índice Alimentar, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$IA = (FO\% \times FV\%) / \sum (FO\% \times FV\%)$$

Onde:

IA = índice alimentar

FO% = Frequência de ocorrência em porcentagem

FV% = Frequência volumétrica em porcentagem

3.3.2 Análise de Microplásticos

Para a análise da presença de microplástico no conteúdo dos estômagos e brânquias, foram selecionados 20 indivíduos de cada espécie, totalizando 80 amostras, os quais foram analisados no Laboratório de Ecologia Marinha (ECOMAR), sendo submetidos ao devido controle de qualidade para evitar contaminação. O protocolo incluiu o uso de jalecos 100%, algodão e luvas de látex descartáveis, ambos de cor azul. Além disso, todas as soluções utilizadas foram filtradas, através de um filtro de fibra de vidro (tamanho de poro de 47mm GF/F 0,7 μ m, © Whatman), usando um sistema de bomba de vácuo equipado com vidraria de laboratório.

Para garantir um ambiente de trabalho estéril, todas as superfícies de trabalho foram limpas com álcool 70% e todos os equipamentos de manuseio foram exclusivamente de vidro. Antes do uso, todos os equipamentos, incluindo béqueres e placas de Petri, foram lavados com água destilada, por três vezes, e, posteriormente, lavados por mais três vezes, com água destilada filtrada. A preparação dos reagentes e o manuseio das amostras foram realizados em um gabinete com exaustor, para evitar a contaminação pelo ar.

Foram implementados brancos processuais e controles para cada conjunto de amostras. As datas e a cor da roupa de cada participante do processo foram anotadas. Todos os procedimentos de digestão das amostras foram realizados dentro de uma capela com bomba de sucção ligada em tempo integral.

Para a incisão dos indivíduos foi utilizada tesoura dentro da capela para evitar contaminação, com os órgãos sendo retirados com tesouras e pinças metálicas e, automaticamente, separados em recipientes de vidro.

Os conteúdos de estômagos e brânquias foram processados através do método de digestão de material biológico, com a utilização de hidróxido de potássio (KOH) a 10%, sem causar qualquer impacto na integridade dos microplásticos. Estudos recentes corroboram que a utilização do KOH é um método válido e bem prático para extrair microplásticos (Barbosa, 2020; Silva, 2020; Kühn *et al.*, 2017). Após a digestão em ácido de cada frasco, o conteúdo para a análise foi filtrado dentro de uma capela de exaustão, para segurança do trabalho com ácido e eliminação do risco de contaminação.

A visualização dos filtros foi realizada com o uso de estereomicroscópio óptico, com magnificação 10x, com a ajuda de iluminação artificial, onde foram identificadas as unidades suspeitas de microplásticos existentes. Os filtros foram manuseados com microagulhas de 4mm, com cada partícula encontrada e identificada visualmente, sendo classificadas conforme a metodologia descrita em Hidalgo-Huz *et al* (2012) de acordo com a estrutura e o tipo (fibra, filamento, filme, fragmento, paleta, entre outros) e separadas por cores. Foram consideradas, também, as amostras dos brancos e controles, durante os processos de filtragem e observação dos filtros, com o objetivo de identificar a existência de contaminação por fibras transportadas pelo ar.

Todos os microplásticos suspeitos encontrados nas análises foram fotografados e medidos quanto ao comprimento por meio do software IMAGE MOTIC 2.0 PLUS. A classificação em relação ao tamanho das partículas foi realizada de acordo com a escala proposta por Hartmann *et al.* (2019): nanoplástico (1 a < 1000 nm), microplástico (1 a <

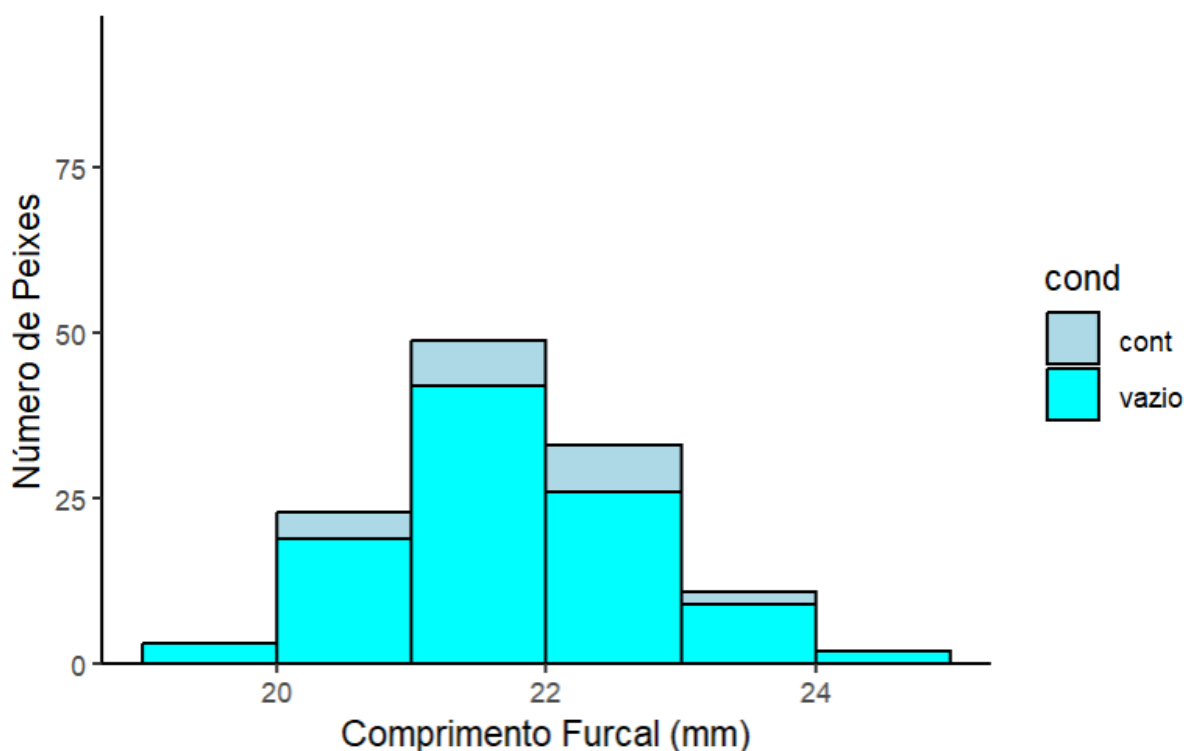
1000 μ m), mesoplástico (1 a 10 mm) e macroplástico (>10mm). A partir do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha = 5\%$) foi verificado que os comprimentos dos plásticos não possuem distribuição normal e, portanto, para verificar se existe correlação entre o tamanho do plástico e o tamanho do peixe foi realizado o teste não paramétrico de Spearman.

4. RESULTADOS

4.1 Peixe voador *Hirundichthys affinis* (Gunther, 1866)

Do total de 141 peixes analisados, 121 estavam com estômagos vazios e apenas 20 continham algum tipo de conteúdo. O comprimento furcal variou de 19,5 a 24,4 cm (média $\pm$ desvio padrão = 21,61 $\pm$ 0,91cm) com peso médio de 120,47g. A distribuição de frequência por classes de comprimento dos peixes com estômago vazio e com conteúdo está representada no gráfico 1.

Gráfico 1. Distribuição de frequência por classe de comprimento do peixe-voador *Hirundichthys affinis* coletado na RDSEPT com a proporção entre estômagos com conteúdo (cont) e vazios.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da identificação dos itens alimentares, nove indivíduos continham peixes ou restos de peixes, seguidos por oito indivíduos que continham crustáceos Eufausiáceos. A

maioria dos estômagos apresentou restos alimentares, não sendo possível a identificação mais detalhada dos itens alimentares. Os demais indivíduos apresentaram, uma unidade de cada, os seguintes itens: poliquetas, ovas de peixe, insetos e megalopas de Brachyura. Os valores de frequência de ocorrência e volumétrica e respectivos Índice Alimentar estão apresentados na tabela 1.

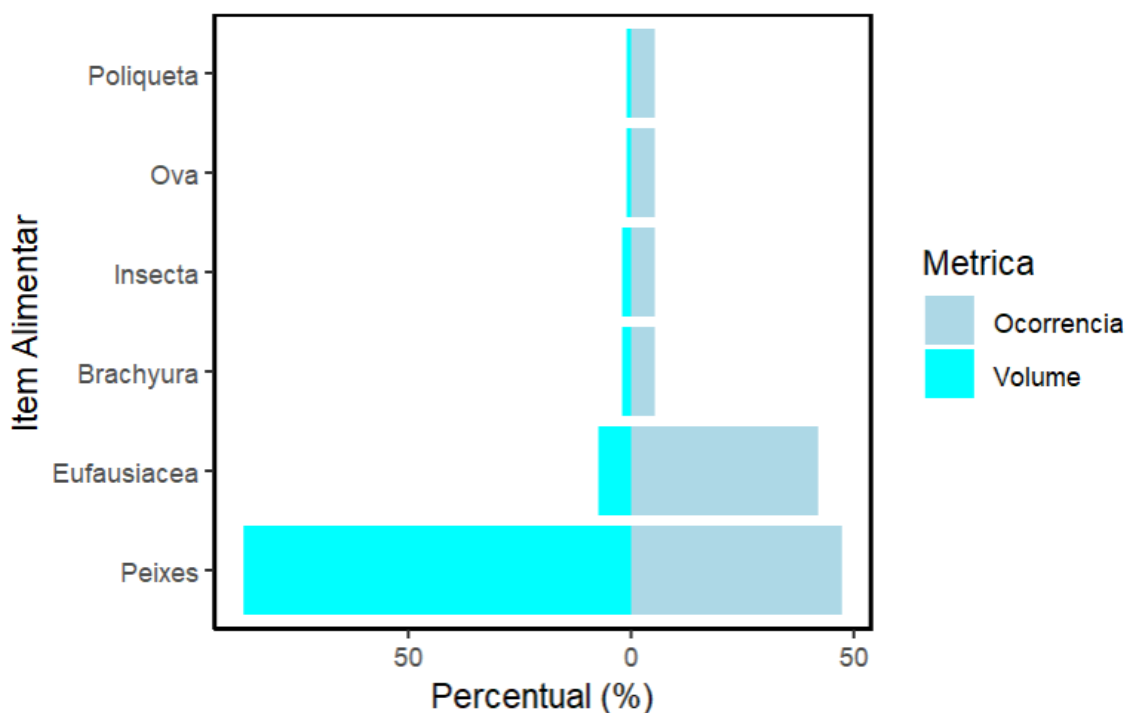
Tabela 1 – Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (FV%) e índice alimentar dos itens alimentares do peixe-voador *Hirundichthys affinis* coletado na RDSEPT.

QUANTIDADE DE UNIDADES QUE APRESENTARAM O ITEM ALIMENTAR	ITENS ALIMENTARES IDENTIFICADOS	FO%	FV%	ÍNDICE ALIMENTAR
08	Eufausiáceo	42,11	7,19	0,704
01	Poliquetas	5,26	0,99	0,022
01	Ovas de peixe	5,26	0,99	0,022
01	Insetos	5,26	1,97	0,045
01	Megalopa Brachyura	5,26	1,97	0,045
09	Peixes	47,37	86,90	17,90

Fonte: Elaborado pela autora.

Os peixes foram os itens mais representativos, tanto em termo de participação volumétrica quanto em frequência de ocorrência, seguido pelos crustáceos Eufausiáceos, com boa participação em frequência de ocorrência, porém baixa participação volumétrica. Os demais itens (poliquetas, insetos, ova de peixe e megalopas de Brachyura) podem ser considerados como itens raros na dieta do peixe voador (gráfico 2).

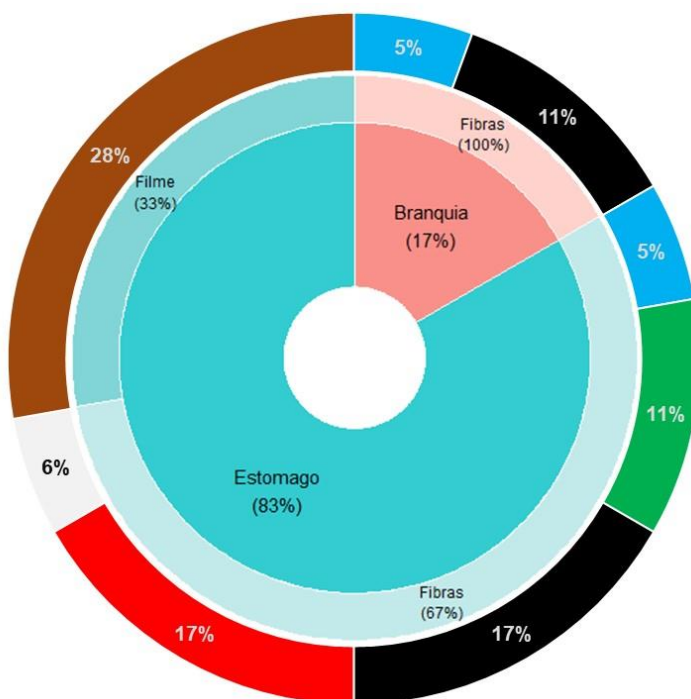
Gráfico 2 – Frequência de ocorrência e volumétrica dos itens alimentares do peixe-voador *Hirundichthys affinis* coletado na RDSEPT.



Fonte: Elaborado pela autora.

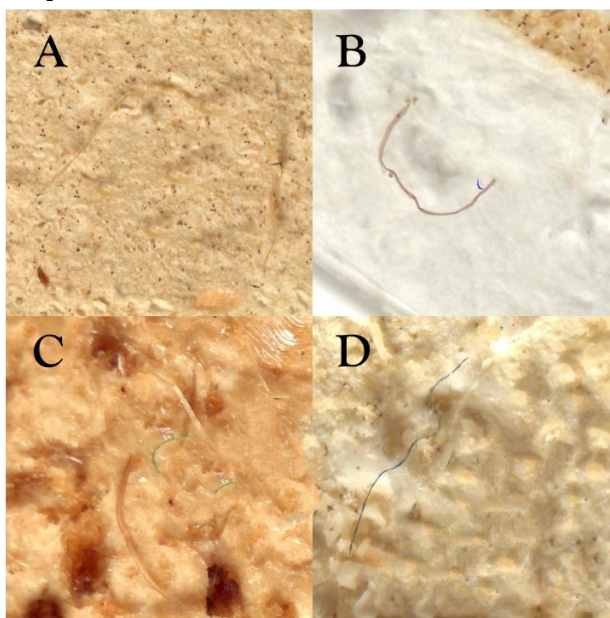
Dos 20 peixes voadores analisados, foram observados um total de 18 plásticos suspeitos em 10 indivíduos (50%), dos quais 15 (83,3%) foram encontrados em 8 estômagos e 3 (16,6%) foram encontrados em 3 brânquias, com ocorrência simultânea nas brânquias e estômagos em apenas um indivíduo. Foi observada uma contaminação média de 1,8 item plástico por peixe analisado. Quanto a classificação do material, 13 (72,2%) eram do tipo fibras e 5 (27,8%) eram do tipo filmes. Em relação a cor dos plásticos observados: as fibras apresentaram-se nas cores azul, preto, verde, vermelho e transparente; e os filmes na cor marrom. No gráfico 3 são apresentados os percentuais das colorações de acordo com o tipo de material e órgão analisado. Na Figura 5 é possível visualizar alguns dos itens plásticos encontrados nos estômagos e brânquias dos peixes voadores analisados. Quanto ao tamanho foram observados 15 (83,3%) microplásticos e 3 (16,7%) mesoplásticos.

Gráfico 3 – Percentuais dos tipos e colorações (representadas no próprio gráfico) dos itens plásticos observados nos estômagos e brânquias dos peixes-voadores coletados na RDSEPT-RN.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 – Itens plásticos encontrados nas amostras de peixe-voador *Hirundichthys affinis* coletado na RDSEPT. A: Filamento marrom encontrado em um estômago; B: Filamento marrom encontrado em um estômago; C: Fibra verde encontrada em um estômago e D: Fibra azul encontrada em uma brânquia.

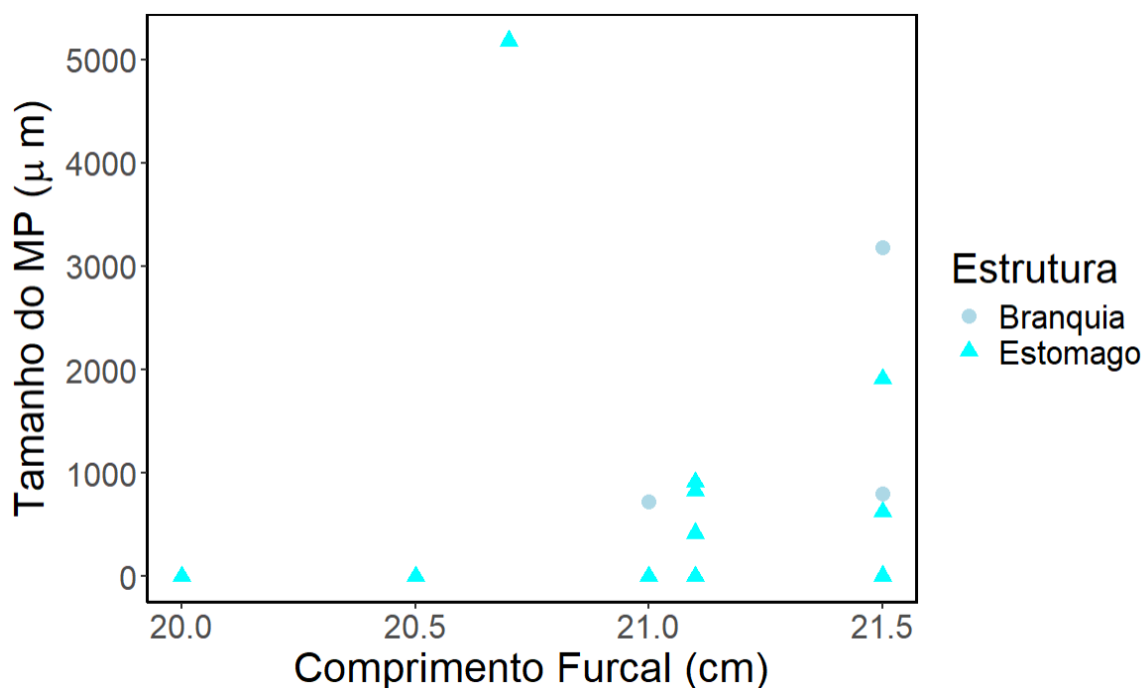


Fonte: Acervo pessoal da autora.

O tamanho dos itens plásticos variou entre 0,01 e 5,18 mm (média $\pm$ desvio padrão = $0,8 \pm 0,13$ mm), apresentando uma suave correlação positiva com o tamanho dos indivíduos analisados ($\rho = 0,384$), na qual a maioria das partículas de maior tamanho foram ingeridas por peixes de maior tamanho, com exceção da maior partícula que foi ingerida por um peixe de tamanho mediano (20,7 cm). A maior, assim como as menores partículas foram encontradas nos estômagos (gráfico 4).

De acordo com os brancos e os controles que foram implementados para a análise do peixe-voador, o risco de contaminação não é significativo, pois os controles não apresentaram nenhum item plástico e os dois brancos, um utilizado no dia da abertura dos indivíduos e o outro na ocasião das análises dos filtros, apresentaram mínimos itens plásticos, de cores e tipos diferentes dos encontrados nas amostras.

Gráfico 4 – Gráfico de dispersão entre o tamanho do item plástico e o comprimento furcal do peixe-voador *Hirundichthys affinis* coletado na RDSEPT.



Fonte: Elaborado pela autora.

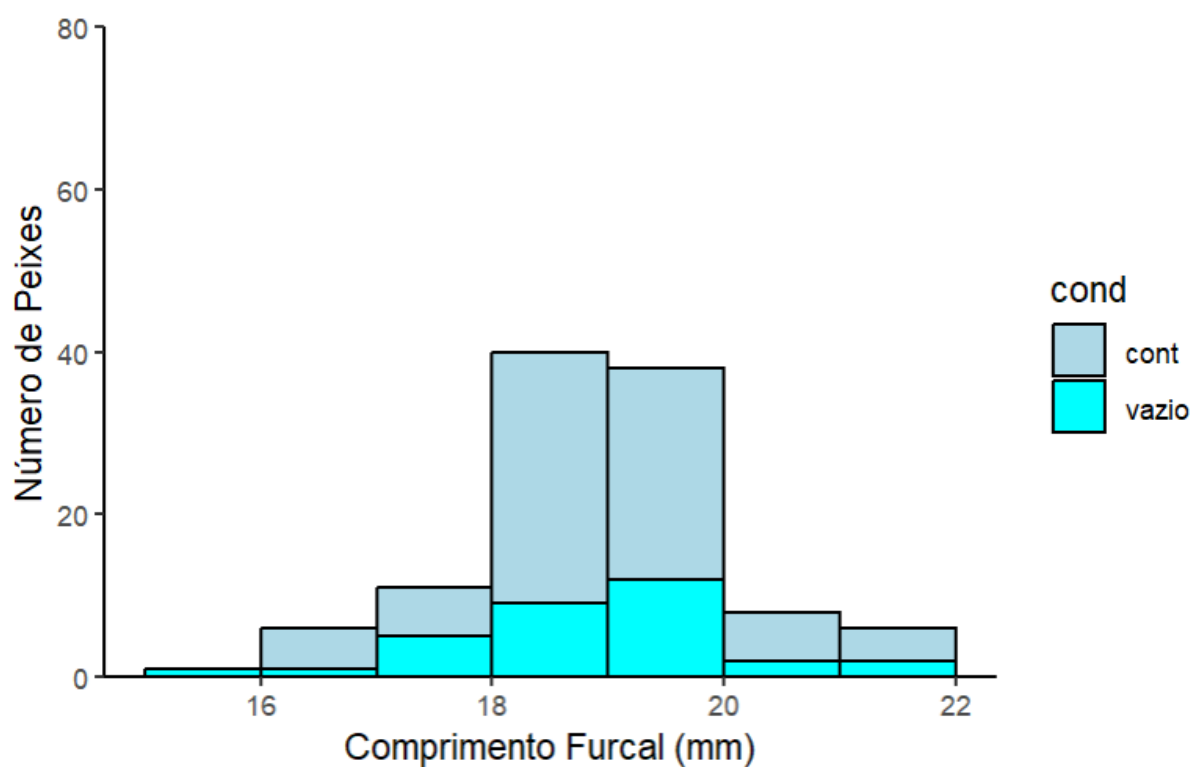
4.2 Sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum*

Foram analisadas um total de 110 sardinhas, das quais 71 continham algum conteúdo alimentar no estômago e 39 apresentaram estômagos vazios. O comprimento furcal variou de 15,8 a 21,8 cm ($18,75 \pm 1,13$ cm) com peso médio de 113,31 g. A distribuição de frequência

por classes de comprimento dos peixes com estômago vazio e com conteúdo está representada no gráfico 5.

Um total de 46 unidades apresentaram estômago vazio ou restos alimentares que não possibilitaram a identificação da dieta. O principal item alimentar, tanto em frequência de ocorrência, quanto em frequência volumétrica, foram os camarões peneídeos. Os demais itens, tais como megalopas de *Brachyura*, poliquetas, algas e copépodes ocorreram em menor quantidade, algumas vezes simultaneamente com os camarões (Tabela 2; gráfico 5).

Gráfico 5 – Distribuição de frequência por classe de comprimento da sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletada na RDSEPT com a proporção entre estômagos com conteúdo (cont) e vazios.



Fonte: Elaborado pela autora.

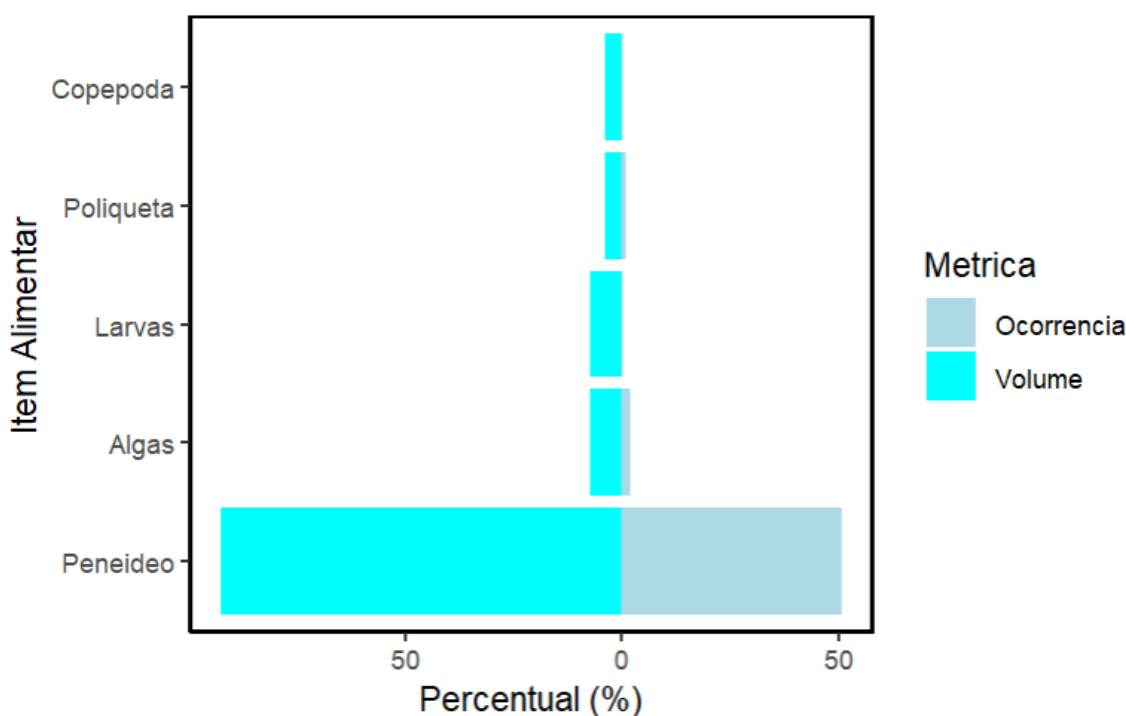
Tabela 2 – Frequência de ocorrência (FO%), frequência volumétrica (FV%) e índice alimentar dos itens alimentares da sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletada na RDSEPT.

QUANTIDADE DE UNIDADES QUE APRESENTARAM O ITEM ALIMENTAR	ITENS ALIMENTARES IDENTIFICADOS	FO%	FV%	ÍNDICE ALIMENTAR
25	Camarão	92,59	50,86	0,995
02	Larvas	7,41	0,22	0,0004
01	Poliquetas	3,70	1,04	0,0008
02	Algas	7,41	1,94	0,0031
01	Copepoda	3,70	0,30	0,0002

Fonte: Elaborado pela autora.

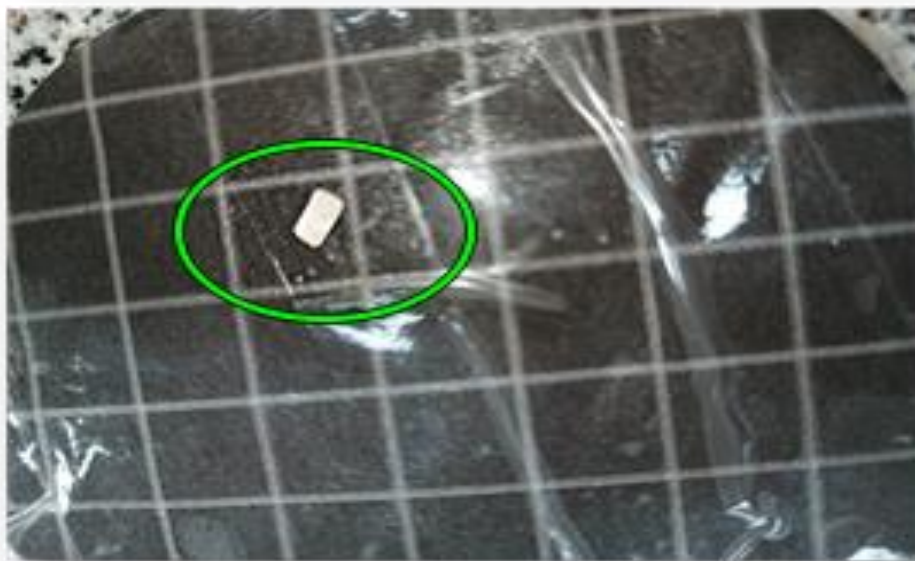
Dentre os estômagos analisados e que continham conteúdos, a maior parte apresentou algum tipo de alimento e poucas unidades apresentaram o estômago completamente cheio. Uma sardinha apresentou, na ocasião da abertura para análise do conteúdo estomacal, uma partícula do tipo microplástico (Figura 6), onde verificou-se que o conteúdo era especialmente de restos alimentares e que constava este item, de cor branca, identificada visualmente, como um fragmento, com tamanho aproximado entre 3mm a 4 mm.

Gráfico 6 – Frequência de ocorrência e volumétrica dos itens alimentares da sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletada na RDSEPT.



Fonte: Elaborado pela autora.

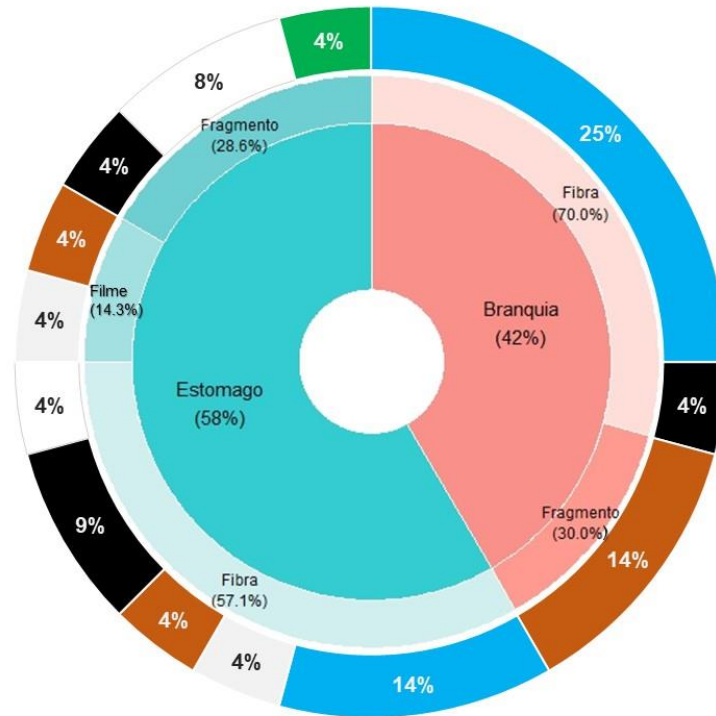
Figura 6 – Microplástico identificados no conteúdo estomacal de uma sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletada na RDSEPT. durante análise do conteúdo estomacal



Fonte: Coletado pela autora no LABTOP.

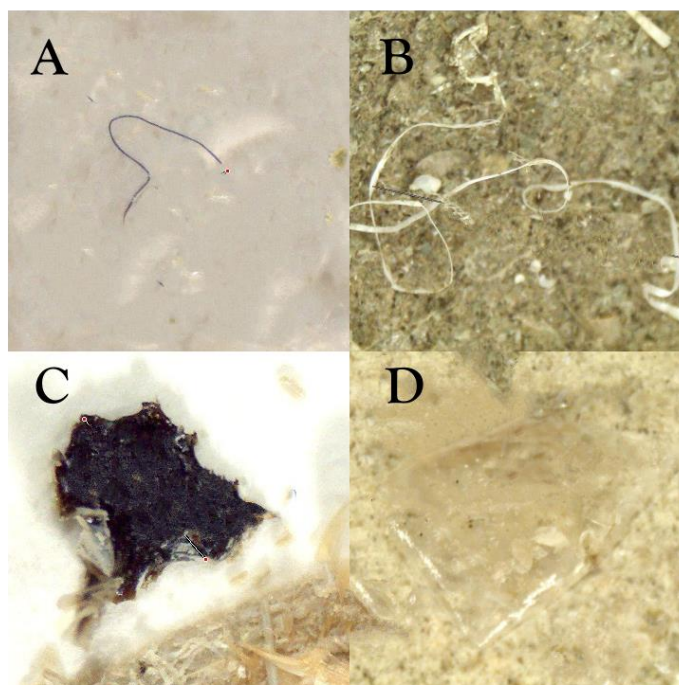
Das 20 sardinhas analisadas, foram observados um total de 24 microplásticos suspeitos em 10 indivíduos (50%), dos quais 14 (58%) foram encontrados em 8 estômagos e 10 (42%) foram encontrados em 3 brânquias, com ocorrência simultânea nas brânquias e estômagos em apenas um indivíduo. Foi observada uma contaminação média de 2,4 item plástico por peixe analisado. Quanto a classificação do material, 15 (62%) eram do tipo fibras, 7 (29%) eram do tipo fragmento e 2 (9%) eram do tipo filmes. Em relação a cor dos microplásticos observados: as fibras apresentaram-se nas cores azul, preto, branco, marrom e transparente; os fragmentos nas cores marrom, preto, verde e transparente; e os filmes nas cores marrom e branco. No gráfico 7 são apresentados os percentuais das colorações de acordo com o tipo de material e órgão analisado. Quanto ao tamanho, foram observados 9 (39,1%) microplásticos, 13 mesoplásticos (56,5) e 1 (4,3%) macroplástico. Na Figura 7 é possível visualizar alguns dos itens plásticos encontrados nos estômagos e brânquias das sardinhas analisados.

Gráfico 7 - Percentuais dos tipos e colorações (representadas no próprio gráfico) dos itens plásticos observados nos estômagos e brânquias da sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletadas na RDSEPT-RN.



Fonte: Elaborado pela autora.

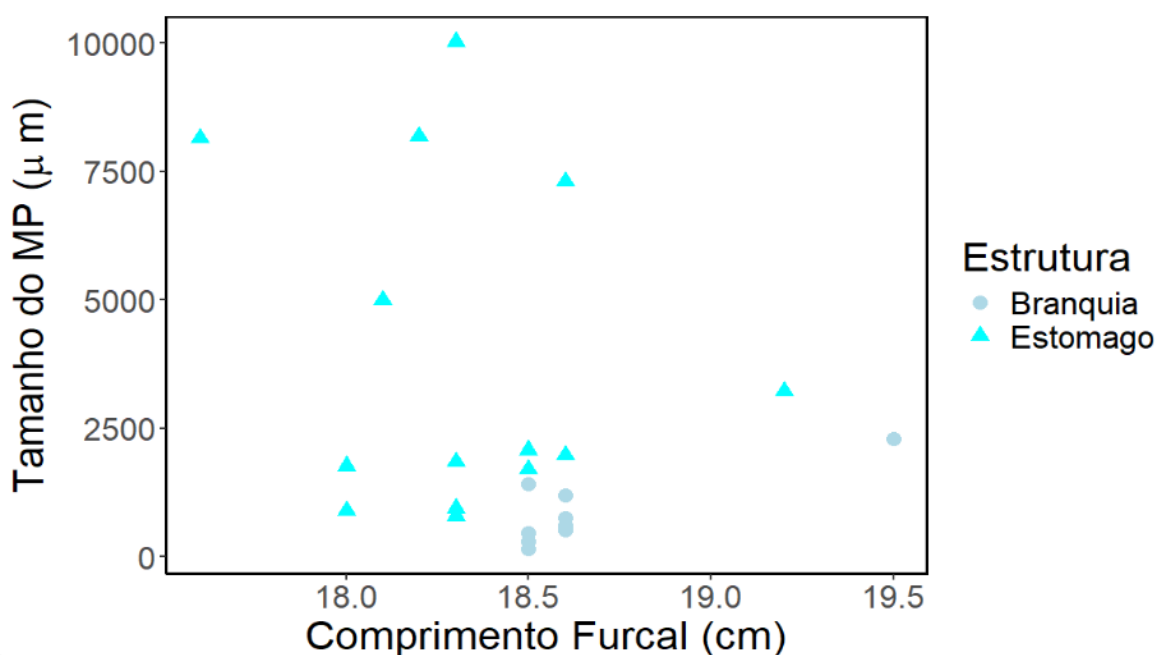
Figura 7 – Itens plásticos encontrados nas amostras de sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* coletadas na RDSEPT. A: Fibra azul encontrada em uma brânquia; B: Filamento branco encontrado em um estômago; C: Fragmento preto encontrado em uma brânquia D: Fragmento transparente encontrado em um estômago.



Fonte: Acervo pessoal da autora.

O tamanho dos itens plásticos variou entre 0,15 e 10,02 mm (média $\pm$ desvio padrão = $2,7 \pm 0,29$ mm), apresentando uma leve correlação negativa com o tamanho dos indivíduos ($\rho = -0,197$). Alguns exemplares de tamanho menor que o tamanho médio dos peixes, ingeriram partículas maiores que as ingeridas por peixes de tamanho maior. As maiores partículas foram encontradas nos estômagos, enquanto as menores foram encontradas nas brânquias, muito embora algumas partículas de menor tamanho também tenham sido encontradas nos estômagos (gráfico 8).

Gráfico 8 - Gráfico de dispersão entre o tamanho do item plástico e o comprimento furcal da sardinha *Opisthonema oglinum* coletada na RDSEPT.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme os brancos e controles implementados no processo de qualidade para análise de itens plásticos, não houve correlação significativa a algum tipo de contaminação, pois as fibras encontradas nos controles e brancos analisados, nas datas correlatas ao trabalho realizado, não correspondem aos itens plásticos encontrados nas sardinhas.

5. DISCUSSÃO

5.1 Peixe Voador *Hirundichthys affinis*

5.1.1 Alimentação

Os peixes-voadores coletados no presente apresentaram uma amplitude de comprimentos relativamente curta (19,5 a 24,4 cm), muito possível em virtude da seletividade da arte de pesca utilizada. Em estudo sobre a reprodução da espécie na costa do Rio Grande do Norte, Oliveira *et al* (2015), observaram que o comprimento total dos peixes-voadores variou de 23,4cm a 29,4cm, com a estimativa do comprimento na primeira maturidade em 27cm. Além disso, Araújo *et al* (2001), em pesquisa no Município de Caiçara (RN), onde estão concentradas as maiores capturas de peixe-voador do Estado, registraram o comprimento total variando entre 27,5cm e 28,0cm. Pesquisa de Dantas Neto (2017) com peixes voadores capturados em dois pontos no Atlântico Sudoeste Tropical, o comprimento total foi de 23,4 e 29,9cm. Além disso, se torna fundamental conseguir coletar um espectro mais amplo de classes de comprimento, pois mudanças ontogenéticas na alimentação de peixes voadores foram reportadas por van Noord *et al.* (2013).

O alto percentual de peixes com estômago vazio (85%) já havia sido reportado por Dantas-Neto (2017) para a mesma área (77,5%), porém diverge dos resultados encontrados por van Noord *et al.* (2013) para 8 espécies de peixes-voadores no Pacífico Oriental, com as maiores proporções sendo encontradas para as espécies *Prognichthys sealei* (50%) e *Oxyporhamphus micropterus* (41%), enquanto as duas espécies do gênero *Hirundichthys* apresentaram apenas 8% e 0%, respectivamente.

O padrão alimentar dos peixes-voadores analisados neste estudo é compatível com o que foi observado por Dantas-Neto (2017), onde foram identificados crustáceos, peixes e insetos, caracterizando a espécie como carnívoro generalista. Em pesquisa realizada por van Noord *et al.* (2013) no Pacífico Oriental, a altura da costa sudoeste do México, foi registrada a ocorrência de 19 táxons, com destaque para crustáceos copépodos (74,6%) e anfípodos (13,6%), complementados por moluscos e outros invertebrados gelatinosos em menor frequência. Um fato curioso foi a ocorrência rara de insetos apenas para *H. marginatus*, espécie de mesmo gênero que a do presente trabalho.

A dificuldade na identificação mais detalhada dos itens alimentares em razão do adiantado estado de digestão também foi observada por Dantas-Neto (2017) para *H. affinis* e Chagnon *et al* (2018) para *Cheilopogon rapanouisens*, os quais se basearam em escamas,

vertebras, globos oculares e vertebrae para identificação, bem como fragmentos de carapaças para os crustáceos.

5.1.2 Microplástico

Embora já existam registros da ocorrência de material plástico no conteúdo estomacal de peixes voadores (família Exocoetidae) (van Noord et al., 2013; Chagnon et al., 2018; Justino et al., 2023), este vem a ser o primeiro registro para a espécie *Hirundichthys affinis*. Além disso, em nenhum desses estudos há o registro de microplástico nas brânquias.

Enquanto no estudo realizado por van Noord et al (2013) o material plástico foi reportado de maneira menos detalhada, juntamente com os itens alimentares de oito espécies de peixes voadores no Pacífico Oriental, nos trabalhos de Chagnon et al (2018) e Justino et al (2023), realizados na Ilha de Páscoa (Pacífico) e Atlântico Sudoeste Tropical, respectivamente, os materiais plásticos foram categorizados (tipo/cor), medidos e até mesmo identificados quanto a sua composição polimérica.

Chagnon et al. (2018) reportaram que todos os microplásticos encontrados no trato gastro-intestinal de *Cheilopogon rapanouiensis* eram fragmentos rígidos ou macios nas cores azul e preta, compostos principalmente por Acetato de Polivinil, Polietileno e Poliéster, com tamanhos variando entre 0,1 e 2,1 mm. Enquanto isso, embora Justino et al. (2023) não tenham especificado exatamente qual o tipo/cor de material encontrado em peixes da família Exocoetidae, foi registrado, de modo geral a ocorrência de peletes, fragmentos, espumas, fibras e filmes, sendo compostos principalmente de borracha de Estireno-Butadieno, Poliamida, Tereftalato do Polietileno (PET), Polietileno e Poliuretano, com tamanhos de até 0,9 mm. Convém ressaltar que em ambos os estudos acima mencionados os peixes voadores foram coletados dos estômagos de predadores de topo da cadeia alimentar pelágica, como atuns e afins, evidenciando o potencial de transferência desse tipo de contaminante por meio do processo de biomagnificação.

Desta forma, podemos estabelecer que quanto ao tipo de material, os resultados da presente pesquisa divergem dos obtidos por Chagnon et al. (2018), uma vez que os mesmos não encontraram fibras e filmes, enquanto nós não encontramos fragmentos, assim como Justino et al. (2023) encontraram uma gama maior de tipos de materiais, muito provavelmente pelo fato de terem realizado coletas em uma área mais ampla e diversa. Quanto ao tamanho das partículas, os maiores valores foram observados nesta pesquisa (>5mm), inclusive

ultrapassando o limite estabelecido para microplástico (0,1-1mm), muito embora a maioria tenha ficado dentro desse espectro.

5.2 Sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum*

5.2.1 Alimentação

No presente estudo o tamanho das sardinhas-bandeira analisadas variou de 15,8 a 21,8 cm de comprimento furcal, muito provavelmente em razão da seletividade da rede de espera, utilizada como petrecho de pesca. Em estudo realizado na Praia do Mucuripe, Ceará, Furtado-Ogawa (1970) amostrou peixes de 5,9 a 15,9 cm, os quais foram coletados com redes de arrasto. Em uma área próxima, na praia do Titã, Ceará, Mota-Alves e Sawaya (1974) amostraram peixes cujo tamanho variou entre 8 e 16 cm de comprimento furcal, os quais foram coletados com arrasto de praia. Em estudo com peixes coletados com arrasto de praia no Canal de Santa Cruz, em Itamaracá, Pernambuco, Vasconcelos-Filho et al (2011) reportaram uma variação de tamanho de 10 a 30 cm de comprimento total. Veja-Cendejas et al (1997) em estudo com peixes coletados com arrasto de praia no México, reportaram um tamanho variando de 6,9 a 17,6 cm de comprimento furcal, os quais ressaltaram a ocorrência de variações ontogenéticas na dieta da espécie. O percentual de 34% de estômagos vazios difere de trabalhos anteriores, cujos percentuais variaram entre 0,7% (Furtado-Ogawa, 1970), 3% (Vasconcelos-Filho et al. (2011).

Quanto a alimentação, de acordo com os resultados do presente trabalho podemos classificar a espécie como carcinófaga, corroborando com os resultados obtidos em trabalhos anteriores. Porém, como o grupo dos crustáceos é muito diversificado, em alguns casos o principal grupo pode variar, conferindo a espécie uma característica de oportunista. Por exemplo, no presente trabalho o principal grupo foram os camarões peneídeos (Dendrobranchiata) corroborando com os resultados de Bonfim et al. (2020), obtidos entre os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, abrangendo a mesma área desta pesquisa. Por outro lado, nos trabalhos de Furtado-Ogawa (1970) na Praia do Mucuripe, Fortaleza-Ceará, Vasconcelos-Filho et al. (2011) no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, Pernambuco e Chaves e Vendel (2008) na Baía de Guaratuba, Paraná os copépodes figuraram como o principal item alimentar. Além disso, no trabalho de Vega-Cendejas et al. (1997) no Banco do Campeche, México, o principal grupo foram os cumáceos, uma espécie de crustáceo bentônico, evidenciando que mesmo sendo uma espécie de hábitos pelágicos costeiros, a espécie também pode se alimentar no domínio bentônico também.

Os itens secundários encontrados na presente pesquisa, tais como moluscos e algas, conferem a espécie uma condição de oportunista, corroborando com alguns dos trabalhos previamente realizados (Furtado-Ogawa, 1970; Vega-Cendejas et al., 1997; Chaves e Vendel, 2008; Bomfim et al., 2020). Entretanto, alguns trabalhos reportam a ocorrência de peixes como item alimentar ocasional (Furtado-Ogawa, 1970; Vega-Cendejas et al., 1997; Bomfim et al., 2020), divergindo dos resultados aqui apresentados.

Quanto as metodologias utilizadas para a determinação da dieta, apenas o trabalho de Bonfim et al. (2020) utilizou o Índice Alimentar, enquanto Furtado-Ogawa (1970) e Chaves e Vendel (2008) e utilizaram apenas a frequência de ocorrência, Vega-Cendejas et al. (1997) utilizaram as frequências de ocorrência e gravimétrica e Vasconcelos-Filho et al (2011) focaram apenas na frequência de ocorrência dos copépodes, dificultando, desta forma a comparação entre os resultados aqui encontrados.

5.2.2 Microplástico

Quanto ao registro de materiais plásticos na sardinha-bandeira, encontramos apenas os trabalhos de Bonfim et al. (2020), os quais observaram a ocorrência eventual em indivíduos capturados entre os municípios de Caiçara do Norte, Rio grande do Norte e Icapuí, no Ceará, abrangendo a área da presente pesquisa, classificando-os apenas como plástico rígido e macio. Por outro lado, Dantas et al. (2020), analisaram a ocorrência de microplásticos, em indivíduos coletados na praia do Meireles, Fortaleza-Ceará, com a devida classificação e identificação da composição polimérica. Além disso, a pesquisa de Bermúdez-Guzmán et al. (2020) registra a ingestão de 3 espécies do gênero *Opisthonema* (*O. libertate*, *O. bulleri* e *O. medirastre*) coletadas na Costa Rica, Oceano Pacífico. Vale destacar que em nenhum destes trabalhos foi verificada a ocorrência de material plástico nas brânquias, sendo este, portanto, o primeiro trabalho a aplicar esta metodologia.

Embora não tenha sido declarada a frequência de ocorrência no trabalho de Bomfim et al. (2020), a categoria plástico macio foi a mais representativa embora em ocorrência pontual, em relação ao plástico rígido, categoria que podemos interpretar como sendo o equivalente a categoria filme, também encontrada nos estômagos analisados no presente estudo, porém em menor quantidade, quando comparada com as fibras e fragmentos, com 57 e 28%, respectivamente. Já no trabalho de Dantas et al. (2020) a ocorrência de microplástico nos estômagos de *O. oglinum* analisados foi de 65%, relativamente superior que a observada no

presente trabalho (50%), os quais observaram principalmente filamentos, correspondente a categoria fibra adotada no presente trabalho, de diferentes cores (azul, preto, transparente, verde e vermelho) e compostos principalmente por poliéster, corroborando com os resultados aqui apresentados, onde as fibras responderam por 57% dos plásticos encontrados nos estômagos e 70% nas brânquias.

Além disso, Bermúdez-Guzman et al. (2020) observaram uma frequência de ocorrência de microplásticos em 100% dos estômagos das sardinhas do complexo *Opisthonema* sp. coletadas na Costa Rica, Oceano Pacífico, sendo as fibras e fragmentos as categorias encontradas, compostas principalmente por polietileno e polipropileno. De acordo com os autores, o hábito alimentar filtrador confere a espécie uma maior vulnerabilidade a ingestão de partículas plásticas, uma vez que pela sucção não é possível discriminar as partículas plásticas do alimento. Também é fato que peixes pelágicos planctívoros, a exemplo das sardinhas, são suscetíveis ao acúmulo de materiais plásticos, os quais normalmente se acumulam em suas áreas de alimentação e desova (Lopes et al., 2020). Em estudo com três espécies de peixes planctívoros (arenques, anchovas e sardinhas), Collard et al. (2017) observaram que as sardinhas ingerem mais microplásticos porque seu aparelho de alimentação tem uma maior área de filtração e rastros branquiais mais próximos.

5.3 Impactos da Contaminação por Materiais Plásticos

Os impactos da ingestão de microplásticos nos peixes foram identificados como mortalidade, alterações na fisiologia, crescimento, locomoção e absorção de alimentos, assim como a translocação de microplásticos para órgãos ou corrente sanguínea, no entanto, a gravidade destes efeitos ainda vem sendo debatida, pois quando os peixes são consumidos, seja por predadores ou por seres humanos, possíveis aditivos químicos e poluentes orgânicos persistentes nas partículas de plástico podem provocar efeitos ecotoxicológicos e, portanto, a poluição por microplásticos tem recebido muita atenção do público e da mídia porque estar biodisponível, onipresente e abundante em todos os oceanos (Tekman et al., 2022).

Conforme Oliveira, (2019) os efeitos encontrados nos organismos aquáticos, a exemplo dos peixes, devido a ingestão de microplásticos são variados, onde já foram visualizadas lesões no trato gastrointestinal devido úlceras ou perfurações e obstruções provocando uma possível redução alimentar natural devido a sensação de saciedade ou ainda a obstrução do trato digestório, como observada por Menezes et al. (2019), podendo inclusive levar o animal a óbito.

Além de danos físicos provocados pela ingestão, os plásticos liberam elementos químicos o que pode diminuir a imunidade do animal e provocar distúrbios hormonais e nervosos, com os resíduos sólidos podendo ser expelidos juntamente com as fezes, mas outros resíduos podem ficar no organismo do animal por meses (Oliveira, 2019).

Já está comprovado o potencial de transferência de materiais plásticos ao longo da cadeia alimentar pelágica (Chagnon et al., 2018; Justino et al., 2020). Entretanto, o risco de transferência desse tipo de material por meio do consumo humano ainda permanece pouco estudado. Em estudo com sardinhas e anchovas comercializadas enlatadas em mercados de diversos países, Karami et al. (2018) reportaram que quatro dentre vinte marcas continham microplásticos e mesoplástico, destacando o potencial risco a saúde humana.

Ao estudar a incidência de microplásticos em espécies comerciais capturadas na Península de Yucatan, México, Rivera-Garibaldi et al. (2024) observaram que os peixes com elevado teor de microplásticos tinham o preço de mercado mais baixo e eram geralmente utilizados para autoconsumo ou vendidos aos habitantes locais, implicando que, embora o lixo marinho de macroplásticos seja um problema amplamente reconhecido, a poluição por microplásticos em peixes comerciais pode representar uma preocupação maior para os pescadores e a população local do que imaginam, uma porque consomem espécies de qualidade inferior com uma elevada carga de microplásticos.

6. CONCLUSÕES

A partir do presente trabalho é possível concluir que na zona costeira defronte a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão (RDSEP) a dieta do peixe-voador *Hirundichthys affinis* é constituída principalmente por peixes e crustáceos e da sardinha bandeira *Opisthonema oglinum* por crustáceos.

A contaminação por materiais plásticos do peixe-voador e da sardinha-bandeira é realidade na área estudada, podendo inclusive, representar uma possível fonte de contaminação para a população local. Além disso, as espécies podem atuar como bioindicadores deste tipo de poluição. O presente trabalho evidencia a ocorrência de material plástico tanto no trato digestório, quanto nas brânquias das espécies estudadas, inclusive representando o primeiro registro para este tipo de estrutura. A metodologia empregada para a extração evidenciou a eficácia na exposição de micro, meso e até mesmo macroplásticos.

Nesse sentido, os dados aqui coletados poderão ser utilizados para fins comparativos com futuras pesquisas. Recomendamos a continuidade do acompanhamento da ocorrência desse tipo de poluição com destaque para a identificação polimérica dos materiais, auxiliando a identificar as suas possíveis origens, bem como a realização de pesquisas visando elucidar os possíveis impactos gerados a comunidade local e mercado consumidor.

REFERÊNCIAS

- AMUNDSEN, P.-A., H. -M. Gabler e FJSTaldvik, 1996. Uma nova abordagem para análise gráfica e estratégia de alimentação a partir de dados de conteúdo estomacal – Modificação do método Costello (1990). J. Fish Biol. 48(4): 607:614
- ARAÚJO, A. S.; OLIVEIRA, M. R.; CAMPOS, C. E. C.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Características morfométricas-merísticas, peso-comprimento e maturação gonadal do peixe voador, *Hirundichthys affinis* (Günther, 1866). Biota Amazônia, Macapá, v. 1, n. 2, p. 29-35, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v1n2p29-35>.
- ARAÚJO, A. S.; CAMPOS, C. E. C.; OLIVEIRA, J. C. S.; CHELLAPÁ, S. Alguns aspectos da dinâmica populacional de *Hirundichthys affinis* Günther, 1866 (*Osteichthyes: exocoetidade*) no litoral norte do Estado do Rio Grande do Norte. Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré, v. 9, n. 1, p. 181-190, 2001.
- ARTHUR, C.; BAKER, J.; BAMFORD, H. (eds.). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30. Tacoma, WA, USA: University of Washington Tacoma, sept. 2008.
- BARBOSA, S. Ecologia trófica da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) frente aos estressores ambientais e ingestão de microplásticos. 2020. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, Santa Catarina, 2020.
- BARBOZA, L. G. A.; LOPES, C.; OLIVEIRA, P.; BESSA, F.; OTERO, V.; HENRIQUES, B.; RAIMUNDO, J.; CAETANO, M.; VALE, C.; 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. SCI Total Environ. v. 717, p. 134625, may. 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134625.
- BARBOSA NETO, JOÃO GABRIEL. Ingestão de plásticos por peixes marinhos comercialmente importantes no Sudeste sul do Brasil. UFRG – 2019.
- BERMÚDEZ-GUZMÁN, L.; ALPIZAR-VILLALOBOS, C.; GATGENS-GARCIA, J.; HUEZO, G. J. RODRIGUES-ARIAS, M. MOLINA, H. VILLALOBOS J. PANIAGUA, S.A.

VEJA-BRAUDIT, J. R. ROJAS-JIMENEZ, K. Microplastic ingestion by a herring *Opisthonema sp.* in the Pacific coast of Costa Rica. *Regional Studies in Marine Science*, v. 38, p. 101367, jul. 2020. DOI: 10.1016/j.rsma.2020.101367.

BIZERRIL, C. R. S. F.; COSTA, P. A. S. Peixes marinhos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Femar, 2001.

BONFIM, A. C.; FARIAS, D. S. D.; MOURÃO-JUNIOR, H. B.; MORAIS, I. C. Da C.; ROSSI, S.; GAVILAN, S. A.; SILVA, F. J. L. S.; (2020) Diet and histological features of digestive tube from four discarded fish species by trawl bycatch in Northeastern Brazil. *Biota Neotropica* 20(3): e20200951, 2020. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2020-0951>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema nacional de unidades de conservação da natureza. 2. ed. Brasília: MMA/SBF, 2002.

BOTERO, J.I.S.; LOURENÇO, R.C.G.; PINTO, L.M. Peixes Estuarinos da Costa Semiárida do Brasil: guia ilustrado / Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2023. 184p.

CAILLIET, G. Several approaches to the feeding ecology of fishes. In: SIMENSTAD, C. A.; LIPOVSKY, S. J. (eds.). *Fish food habitats studies*. Astoria: Oregon, v. 1, n. 13, jan. 1977.

CHAGNON, C.; THIEL, M; ANTUNES, J; FERREIRA, J.L.; SOBRAL, P; ORY, N.C. Plastic ingestion and trophic transfer between Easter Island flying fish (*Cheilopogon rapanouiensis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from Rapa Nui (Easter Island). *Environmental Pollution*, 243, p. 127-133. 2018.

CHAVES, P. T.; VENDEL, A. L. Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 25, n. 1, p. 10–15, mar. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752008000100002>.

COLLARD, F., GILBERT, B., EPPE, G., ROOS, L., COMPERE, P., DAS, K., PARMENTIER, E. Morphology of the filtration apparatus of three planktivorous fishes and relation with ingested anthropogenic particles. *Marine Pollution Bulletin*, 116 (1–2): 182-191. 2017. [10.1016/j.marpolbul.2016.12.067](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.067)

CORTÉS, E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 54, n. 3, p. 726-738, mar. 1997. doi: <https://doi.org/10.1139/f96-316>.

COUTO, L. M. M. R.; VASCONCELOS FILHO, A. L. Sobre a biologia da sardinha-bandeira *Opisthonema oglinum* (Le Sueur, 1817), no Canal de Santa Cruz, PE. *Cad. Ômega, Univ. Fed. Rural PE., Recife*, v. 2, n. 41, p. 41-54, 1986. (Sér. Ci. Aquát.).

CRUZ, E. M. T. DA, & ALMEIDA, F. R. DE. (2023). Exposição a nano e microplásticos e seus impactos na saúde humana: uma revisão da literatura. *Revista ibero-americana de humanidades, ciências e educação*, 9(6), 2355–2375. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.8663>.

DANTAS-NETO, A. B. Alimentação do peixe-voador *Hirundichthys affinis* (GUNTHER, 1866) no Atlântico Sudoeste Tropical. 2017. 40f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2017.

DANTAS, N. C. F. M.; DUARTE, O. S.; FERREIRA, W. C.; AYALA, A. P.; REZENDE, C. F.; FEITOSA, C. V. Plastic intake does not depend on fish eating habits: identification of microplastics in the stomach contents of fish on an urban beach in Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 153, apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110959>

DUMITH, M. T.; SOARES, G. B. S.; SILVA NETO, J. A.; SANTOS, A. F. G. N. Variação sazonal da dieta da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (lesueur, 1818), na Lagoa de Aruarama, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 6., 2014. Anais [...]. Associação Brasileira de Oceanografia, Itajaí, Santa Catarina, out. 2014, p. 848-849. DOI: 10.13140/RG.2.2.35241.62562.

EDWARD J. CARPENTER, K. L. SMITH, JR. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science* 175, 1240-1241 (1972). DOI: 10.1126/science.175.4027.1240

FONTELES FILHO, Antônio Aduauto. Oceanografia, biologia e dinâmica populacional, de recursos pesqueiros. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

FURTADO-OGAWA, E. Alimentação da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (Le Seur), no Estado do Ceará. *Arquivo de Ciências do Mar*, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 201-202, dez. 1970. (Republicado em jun. 2018). DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v10i2.32776>.

GARCIA, S. S. A. Desenvolvimento do método do índice de qualidade do peixe voador (*Hirundichthys Affinis*, Günther, 1866) armazenado em gelo. 2017. 115f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GONÇALVES, A. A. Peixe voador (*Hirundichthys affinis*): espécie desvalorizada com grande potencial. *Aquaculture Brasil*, ed. 8, p. 84-86, set./out. 2017.

GUEDES, D. R. C.; SILVA, D. E. M.; COSTA, D. F. S. Diversidade de ecossistemas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Macau-RN). *REGNE*, v. 2, n. 1, out. 2016.

HARTMANN, N.B.; HÜFFER, T.; THOMPSON, R.C.; HASSELLÖV, M.; VERSHOOR, A.; DAUGAARD, A.E.; RIST, S.; KALRSSON, T.; BRENNHOLT, N.; COLE, M.; HERRLING, M.P.; HESS, M.C.; IVLEVA, N.P.; LUSHER, A.L.; WAGNER, M. Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science and Technology*, 53:1039-1047. 2019. DOI: [10.1021/acs.est.8b05297](https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05297)

HIDALGO-RUZ, V., GUTOW, L., THOMPSON, R.C., THIEL, M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environ. Sci. Technol.* 46, 3060–3075. 2012. <https://doi.org/10.1021/es2031505>

HYNES, H.B.N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of the methods used in the study of the food of fishes. J. Anim. Ecol., British Ecological Society, v. 19, n. 1, p. 36-58, 1950.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J Fish Biology, v. 17, n. 4, p. 337-345, oct. 1980. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>.

Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). Plano de Manejo da RDS Estadual Ponta do Tubarão. Volume I: Diagnóstico da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão. Fundação para o Desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação do Rio Grande do Norte (FUNCITERN), Natal, 2018. 393p. il. Acesso em 10 de dezembro de 2023. <http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000276346.PDF>

JUSTINO, A.K.S.; FERREIRA, G.V.B.; FAUVELLE, V.; SCHMIDT, N.; LENOBLE, V.; PELAGE, L.; MARTINS, K.; TRAVASSOS, P.; FRÉDOU, F.L. From prey to predators: Evidence of microplastic transfer in tuna and large pelagic species in Southwestern Tropical Atlantic. Environmental Pollution, 327: 121532. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121532>

KARAMI, A., GOLIESKARDI, A., CHOO, C. K., LARAT, V., KARBALAEI, S., SALAMATINIA, B., Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. Science of the Total Environment, 612: 1380-1386. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005>

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. Boletim Instituto Oceanográfico, 29(2): 250-207.

KHOKIATTIWONG, S.; MAHON, R.; HUNTE, W. Seasonal abundance and reproduction of the fourwing flyingfish, *Hirundichthys affinis*, of Barbados. Environmental Biology of Fishes, v. 59, n. 1, p. 43-60, sep. 2000. Doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007647918255>.

LAVOUÉ, S; KONSTANTINIDIS, P; CHEN, W.J. Progress in clupeiform systematics. In: Ganas K, editor. Biology and ecology of sardines and anchovies. Boca Raton, FL: CRC Press; 2014. p.3-42.

LESSA, R. P.; NÓBREGA, M. F.; BEZERRA JUNIOR, J. L (orgs.). Dinâmica de populações e avaliação dos estoques dos recursos pesqueiros da região nordeste. Recife: Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (SCORE-NE). Vol II. Recife, 2004.

LESSA, R. P.; NÓBREGA, M. F. Guia de identificação de peixes marinhos da região Nordeste. Recife: Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (SCORE-NE). Recife, 2000.

LEWALLEN, E.A.; PITMAN, R.L.; KJARTANSON, S.L.; LOVEJOY, N.R. Molecular systematics of flyingfishes (Teleostei: Exocoetidae): evolution in the epipelagic zone.

Biological Journal of the Linnean Society, 102. 161-174. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01550.x>

LOPES, C.; RAIMUNDO, J.; CAETANO, M.; GARRIDO, S. Microplastic ingestion and diet composition of planktivorous fish. *Limnology and Oceanography Letters* v. 5, n. 1, p. 103–112, jan. 2020. doi: 10.1002/lol2.10144.

MACDONALD, J. S.; GREEN, R. H. Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 40, n. 5, p. 635-637, may. 1983.

MARTINS, J. B.; RIBEIRO, R. G. C.; SANCHES, S. A.; TOLUSSI, C. E.; Bioacumulação por microplásticos e seu impacto na saúde pública, (2022). Repositório Universitário da Ânima (RUNA)

MENEZES, R.; CUNHA-NETO, M. A.; MESQUITA, G. C.; SILVA, G. B. Ingestion of macroplastic debris by the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Western Equatorial Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, v. 141, p. 161-163, 2019. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.02.026

MESQUITA, G. C.; MENEZES, R.; CUNHA-NETO, M. A.; DANTAS-NETO, A. B.; SILVA, G. B. Feeding strategy of pelagic fishes caught in aggregated schools and vulnerability to ingesting anthropogenic items in the western equatorial Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, v. 282, p. 117021, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117021>.

MILLER, M. E.; HAMANN, M.; KROON, F. J. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: a review and meta-analysis of current data. *Plos One*, v. 15, n. 10, e0240792, out. 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0240792.

MONTAGNER, C. C.; DIAS, M. A.; PAIVA, E. M.; VIDAL, C.; Microplastics: Environmental occurrence and analytical challenges (2021). *Química nova* 44 (10). <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>.

MORAES, C. R. F. Contaminação de mercúrio em itens alimentares na dieta de atuns do atlântico oeste equatorial. 2021. 167f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MOTA, M. I. A.; SAWAYA, P. Aspectos do aparelho digestivo e alimentação do *Opisthonema oglinum* (Le Sueur) (Pisces: Clupeidae). *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 135-144, 1974.

MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. *Ecological Indicators*, v. 66, p. 574-582, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.052>.

MUNROE, T.A.; NIZINSKI, M.S. Clupeidae. In: Karpenter, K. E (Ed.). **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)**. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. 2002. p. 804-830, 2002.

NOBRE, C. R.; SILVA, L. F.; MORENO, B. B. Microplásticos em ecossistemas costeiros e marinhos: comportamentos e impactos a biota. In: POMPEO, M.; RANI-BORGES, B.; PAIVA, T. C. B. (orgs.). Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022. Capítulo 3, p. 28-42.

NOORD, JE VAN, LEWALLEN, EA E PITMAN, RL. Flyingfish feeding ecology in the eastern Pacific: prey partitioning within a speciose epipelagic Community. *Journal of Fish Biology*, 83(2): 326-342. 2013.

OLIVEIRA, A. S. Ingestão de resíduos sólidos por peixes e cetáceos costeiros no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil, Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2019

OLIVEIRA, M. R.; CARVALHO, M. M.; SILVA, N. B.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Reproductive aspects of the flyingfish, *Hirundichthys affinis* from the northeastern coastal waters of Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 75, n. 1, p. 198-207, jan./mar. 2015. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.11513.2015>.

OXENFORD, H.A.; MAHON, R; HUNTE, WAYNE. Distribution and relative abundance of flyingfish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. I. Adults. *Marine Ecology Progress Series*, v. 117, 11-23.1995.

PALERMO, J.D.H.; LABRADOR, K.L.; FOLLANTE, J.D.; AGMATA, A.B.; PANTE, M.J.R.; ROLLON, R.N.; DAVID, L.T. Susceptibility of *Sardinella lemuru* to emerging marine microplastic pollution. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(3), 373-384. 2020. DOI: [10.22034/gjesm.2020.03.07](https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.03.07)

PARIN, N. V. Exocoetidae. Flyingfishes. In: Karpenter, K. E (Ed.). **The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae)**. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. 2002. p. 1116-1134, 2002.

RIVERA-GARIBALDI, O. ; MÉNDEZ-LÓPES, M.E. ; TORRES-IRINEO, E. ; RIVAS, M. ; SANTOLLIO, D. ; ALVAREZ-FILIP, L. Presence of microplastic in target species of small scale fisheries and implications on the local communities. *Marine Biology*, 171, 78. 2024. <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04399-1>

SILVA, A. C. C.; DANTAS, R.T. A pesca artesanal da sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*) de Macau (RN) e as relações com variações climáticas. In: CÂNDIDO, G.A.; SILVA, V. P. (orgs.). Recursos naturais: questões socioeconômicas e políticas do Rio Grande do Norte. Natal: IFRN, 2016, p. 9-23.

SILVA, A. C. C.; DANTAS, R. T.; MELO JÚNIOR, J. G.; SOUSA, L. G. R. O estudo da associação entre a pesca da sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*) com a precipitação no distrito

de Diogo Lopes, Macau/RN. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012. Anais [...]. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Palmas, Tocantins, out. 2012.

SILVA, A. C. A. Microplásticos em vários tecidos de espécies de peixes pelágicos com interesse comercial. 2020. 89f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Marinha) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2020.

SILVA, A. C.; FONTELES-FILHO, A. A. Análise bioecológica da produção de pescado nos litorais setentrional e oriental do Rio Grande do Norte. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 5-20, 2009.

SILVA, D. C.; VIEIRA, H. A. G.; ROLIM, V. S.; SILVA, W. F.; SOUSA, M. G.; PAULINO, M. G.; MARIANO, W. S. Contaminantes ambientais: efeitos dos microplásticos em organismos aquáticos e terrestres. Research, Society and Development, v. 10, n. 7, e54310716761, 2021.

SILVA, F. M.; GOMES-FERREIRA, A. B.; CESAR, P. H.; MOREIRA, S. A. Potencial turístico da comunidade Diogo Lopes na reserva de desenvolvimento sustentável ponta do tubarão - RDSEPT/RN. R. Gest. Sust. Ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 327-350, jan./mar. 2020. DOI: 10.19177/rgsa. v9e12020327-350.

SILVA, M. R. G. Poluição dos oceanos por plástico: histórico, cienciometria e principais lacunas no conhecimento. 2019. 104f. Dissertação (Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

SILVA, E.F.; LINS-OLIVEIRA, J.E.; SCHIAVETTI, A. Conhecimento ecológico local na pesca artesanal da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual da Ponta do Tubarão-RN, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 40(3): 355 - 375, 2014.

SILVA, T. E.; SILVA, M. R. F. A pesca, os pescadores e o etnoconhecimento pesqueiro das comunidades tradicionais da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão (RN) – Brasil. Boletim de Geografia, Maringá, v. 38, n. 1, p. 56-72, set. 2020.

SIMONI, M. E. R. Dinâmica reprodutiva da sardinha-laje *Ophistonema oglinum*, LESUEUR, 1818 capturada no litoral norte de Pernambuco, Brasil. 2019. 52f. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

SULTAN, M.B; RAHMAN, M.M; KHATUN, M. A; SHAHJALAL, M. AKBOR, A. SIDDIQUE, A. B. HUQUE, R. MALAFAIA, G. Microplastics in different fish and shellfish species in the mangrove estuary of Bangladesh and evaluation of human exposure. Science of the Total Environment, v. 858 (pt. 1), p. 159754, fev. 2023. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159754.

TEIXEIRA, S. R. D'A.; SAMPAIO, L. A. S. F.; MARINHO, R. A. Estudo biológico-pesqueiro da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum*, no município de Cascavel, Ceará, Brasil. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 31– 38, 2014.

TEKMAN, M. B., WALTHER, B. A., PETER, C., GUTOW, L. AND BERGMANN, M. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. 2022.Doi: 10.5281/zenodo.5898684

VASCONCELOS FILHO; A. L.; NASCIMENTO VIEIRA; D. A. do; NEUMANN LEITÃO, S. (2012). Copepoda as food of young tropical estuarine fishes. ISSN: 1679-3013 DOI: 10.5914/1679-3013.2011.0056.

VEGA-CENDEJAS, M.E.; MEXICANO-CÍNTORA, G.; ARCE, A.M. Biology of thread herring *Opisthonema oglinum* (Pisces: Clupeidae) from a beach seine fishery of the Campeche Bank, Mexico. Fisheries Research, 30: 117-126. 1997.

WALKINSHAW, C.; LINDEQUE, P.K.; THOMPSON, R.; TOLHURST, T.; COLE, M. Microplastics and seafood: lower trophic organism at highest risk of contamination. Ecotoxicology and Environmental Safety, 190, 110066. 2020.