

Proponente: Anne Karen da Silva Justino



BOLSAS FUNBIO
CONSERVANDO
O FUTURO

Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
Bolsas Funbio Conservando o Futuro
Programa de Bolsas para Pesquisa de Campo de
Mestrado e Doutorado



CONTAMINAÇÃO TRÓFICA POR MICROPLÁSTICOS E MERCÚRIO NA
ICTIOFAUNA DO NORDESTE DO BRASIL

Bolsa Solicitada: Doutorado

Instituição/Programa: Universidade federal rural de Pernambuco (UFRPE) Pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação Programa de pós-graduação em recursos pesqueiros e aquicultura (PG-RPAq)

Aluna: Anne Karen da Silva Justino

Orientadora: Flavia Lucena Frédou

Titulação: Bacharelado em Ciências Biológicas pela Faculdade Frassinetti do Recife – FAFIRE (2015) e Mestrado em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (2018).

Titulação: Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1995), mestrado em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande (1997), doutorado em Modelagem - Centre Of Environmental Fisheries And Aquaculture Sciences (2000) e Pós-doutorado no IRD (Institut Pour la Recherche et Development) França em 2014.

Cargo: Professor Associado IV

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5522712060565628>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4779271407117528>

Endereço profissional: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca. Rua Dom Manoel de Medeiros - Dois Irmãos 52171900 - Recife, PE - Brasil

Endereço profissional: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca. Rua Dom Manoel de Medeiros - Dois Irmãos 52171900 - Recife, PE - Brasil

Introdução e Justificativa

A região litorânea do Nordeste do Brasil é reconhecida mundialmente por suas praias, que recebem turistas durante todo o ano (IBGE, 2011; CEMBRA, 2012). Além do turismo, as principais fontes econômicas estão situadas na região costeira ou próximas, representadas por indústrias, agricultura e pesca comercial e de subsistência (IBGE, 2011; IBAMA, 2007). Contudo, o aumento desenfreado das atividades industriais e urbanas vem modificando gradualmente esses ecossistemas costeiros, poluindo e contaminando esses ambientes. Essas mudanças podem ser causadas pelo descarte inadequado de efluentes domésticos, despejo de resíduos sólidos e das atividades industriais e agrícolas (Costa et al., 2017). Os contaminantes introduzidos no ambiente com o tempo e a exposição às condições físicas ambientais, podem ser transportados, depositados e sofrerem fragmentação de suas partículas (Browne et al., 2007; Wang et al., 2016), sendo distribuídos por todos os compartimentos do ecossistema, alterando a sua funcionalidade e prejudicando a qualidade da água e os organismos que nele sobrevivem (Gregory, 2009). Assim como as zonas costeiras, as regiões oceânicas também apresentam diversos impactos. Já é evidente a contaminação por resíduos sólidos provenientes de ações antrópicas desenfreadas, sendo essa contaminação amplamente distribuída por todos os oceanos, atingindo inclusive áreas remotas, como as ilhas oceânicas (Monteiro et al., 2018).

Um grande problema na atualidade é o descarte inadequado dos produtos plásticos nos ecossistemas marinhos. A produção anual global de plástico aumentou consideravelmente desde a década de 1950, de 1,7 milhões de toneladas para aproximadamente 280 milhões de toneladas em 2011 (PlasticsEurope, 2012). No oceano Atlântico, vários estudos relatam a contaminação por plásticos nos diversos ecossistemas (Thompson et al., 2004; Law et al., 2010; Cózar et al., 2014; Kanhai et al., 2017). A fragmentação desses detritos plásticos origina os microplásticos (< 5 mm), que vem recebendo atenção mundial, principalmente na área de recursos pesqueiros, considerando as ameaças sobre espécies de importância comercial (Ferreira et al., 2016; Santillo et al., 2017). A disponibilidade destes contaminantes no meio marinho acarreta potencialmente na desnutrição dos indivíduos, dado o bloqueio do sistema digestivo (Cole et al., 2013), até efeitos letais, uma vez que esses microplásticos são capazes de adsorver contaminantes como os poluentes orgânicos persistentes (POPs), biocidas e metais traços, ameaçando o ambiente e os organismos que eventualmente ingerem esses plásticos (Moore, 2008; Frias et al., 2010; Turner, 2010).

Dentre os metais capazes de interagir com os microplásticos está o mercúrio (Hg). No ambiente aquático, o mercúrio pode ser transformado em metilmercúrio (MeHg), sendo esta, a forma mais fácil para entrada na teia trófica, pois tem a capacidade de se bioacumular nos indivíduos e se biomagnificar na cadeia trófica. Este metal é também a forma mais tóxica para os organismos (UNEP, 2013). A problemática da biomagnificação na teia trófica por contaminantes como o mercúrio, chama atenção para a qualidade dos recursos pesqueiros, trazendo riscos para a sociedade que os consomem (W.H.O, 1990). Assim como o Hg, os microplásticos também são capazes de serem transferidos na teia trófica, através do processo de biotransferência trófica (Eriksson and Burton, 2003). Estudos laboratoriais confirmaram a transferência trófica de plásticos entre mexilhões e caranguejos (Farrel e Nelson, 2013), e a transferência de microplásticos através da interação trófica em organismos planctônicos, de um nível trófico (mesozooplâncton), para um nível trófico superior (macrozooplâncton) (Setälä et al., 2014). Em um estudo feito com atuns (predador) e peixes-voadores (presa) na Ilha de Páscoa, foi possível observar que uma presa ingerida pelo atum estava contaminada com microplástico dentro do estômago, sendo possível a transferência trófica entre predador-presa no ambiente natural (Chagnon et al., 2018). Efeitos combinados dos contaminantes, microplásticos e mercúrio mostraram capacidade de causar sérios danos ao comportamento e desempenho natatório de peixes, impossibilitando assim, a fuga contra predadores, proteção de território, reprodução, entre outros fatores que afetam diretamente o sucesso da população (Barboza et al., 2018).

Mundialmente, estudos acerca das causas e consequências dos contaminantes na ictiofauna vem trazendo contribuições valiosas para o entendimento sobre a qualidade do ecossistema e a saúde desses organismos, que refletem diretamente na sociedade, uma vez que esses recursos costeiros são comercializados e consumidos diariamente (Kehrig & Moreira 1998; Costa et al., 2009; Talsness et al., 2009; Cole et al., 2013). No Brasil, estudos sobre ingestão de plásticos por organismos marinhos são focados principalmente nos grupos de aves (Petry et al., 2009; Colabuono et al., 2010), tartarugas (Tourinho et al., 2010; Guebert-Bartholo et al., 2011; da Silva Mendes et al., 2015) e mamíferos (Beneditto & Awabdi, 2014). Poucos estudos relatam a ingestão de fragmentos plásticos em peixes. Dos poucos estudos realizados no Brasil acerca da contaminação por plásticos na ictiofauna, a maioria foi realizada em ecossistemas estuarinos (Possatto et al., 2011; Ramos et al., 2012; Dantas et al., 2012; Ferreira et al., 2016; Vendel et al., 2017).

Entretanto, não existem estudos que comparem a relação entre os contaminantes microplásticos e mercúrio, levando em consideração os diferentes hábitos ecológicos (demersal e pelágico), níveis tróficos e ecossistemas (estuarino, costeiro e oceânico) da ictiofauna residente no litoral Nordeste do Brasil. A compreensão da contaminação diferencial de peixes entre os níveis tróficos e os ambientes é crucial para que possam ser elaboradas e discutidas medidas para avaliar a qualidade dos recursos pesqueiros que estão sendo comercializados e consumidos, e os níveis de tolerância aplicáveis a esses contaminantes.

Neste contexto, se pretende com este trabalho avaliar a possível contaminação por microplásticos e mercúrio na ictiofauna estuarina, costeira e oceânica do nordeste do Brasil, com diferentes posições tróficas e hábitos ecológicos.

Objetivo geral

Analisar e caracterizar a contaminação por microplásticos e formas orgânicas de mercúrio em peixes de diferentes áreas (ecossistema estuarino, costeiro e oceânico), hábitos e níveis tróficos no litoral Nordeste do Brasil.

Objetivos específicos

- Identificar os principais tipos de microplásticos encontrados, quanto à composição química, tamanho e coloração considerando os diferentes níveis tróficos, hábitos ecológicos e regiões (estuarino, costeiro e oceânico) da ictiofauna analisada;
- Verificar a ocorrência e o grau de contaminação por mercúrio na ictiofauna considerando os diferentes níveis tróficos, hábitos e regiões (estuarino, costeiro e oceânico);
- Verificar a ocorrência de biotransferência dos microplásticos entre os níveis tróficos;
- Verificar a ocorrência de biomagnificação do mercúrio na teia trófica;
- Verificar se os microplásticos encontrados contém mercúrio adsorvido.

Metodologia

Área de estudo

Região oceânica

A região oceânica do Atlântico Equatorial é uma região tropical com águas quentes influenciadas pelas correntes Sul equatorial e a corrente do Brasil. Nesta região, são encontradas áreas importantes para a biodiversidade marinha, como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Fernando de Noronha e Atol das Rocas (Fig.1). O arquipélago de Fernando de Noronha está localizado a 545 km de Recife-PE e possui duas Unidades de Conservação, sendo uma Área de Proteção Ambiental (APA) e um Parque Nacional Marinho (PARNAAMAR). A sazonalidade na área é bem definida, tendo um período de seca (agosto a janeiro) e um período chuvoso (fevereiro a julho) (Eston et al., 1986). Fernando de Noronha possui uma população estimada em 2700 habitantes e as principais atividades econômicas são o turismo e a pesca artesanal (Castro, 2010). O arquipélago de São Pedro e São Paulo está distante 1010 km do estado do Rio Grande do Norte/RN, e é o único conjunto de ilhas oceânicas do país que está situado no hemisfério norte (Campos et al., 2005). O Atol das Rocas é classificado como Reserva Biológica (Rebio), estando situado no topo de uma cadeia de montanhas submarinas, com a sua base a 4000 m de profundidade, localizado a 148 km a oeste do Arquipélago de Fernando de Noronha (Soares et al., 2010).

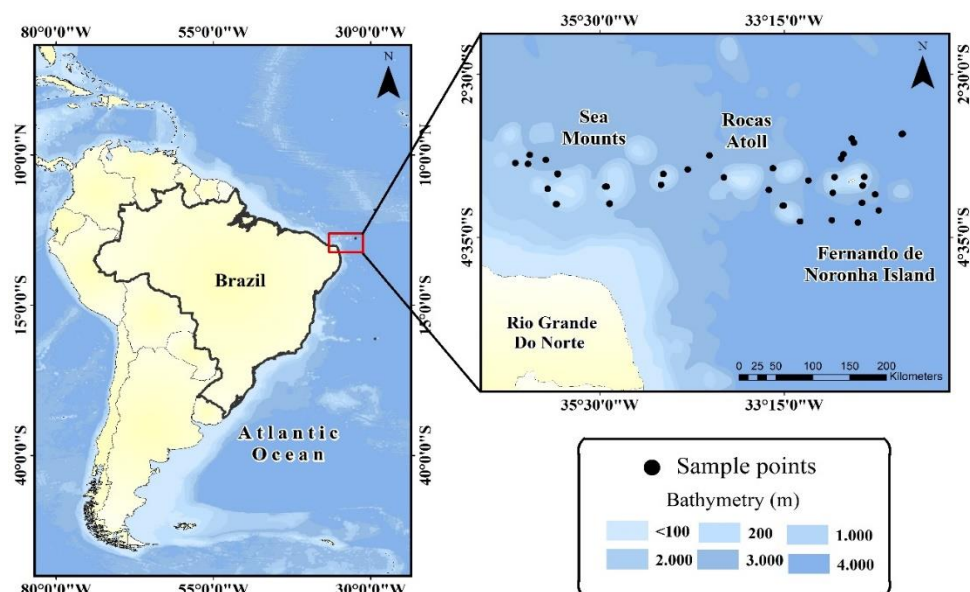


Figura 1: Mapa da região oceânica no Atlântico Equatorial e localização das ilhas oceânicas. Os pontos pretos representam as estações que foram amostradas pela campanha ABRACOS.

Região costeira

A área costeira estudada compreende os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. O clima da região é tropical, com uma temperatura média do ar de 20 a 25°C ao longo do ano (IBAMA, 2007; IBGE, 2011). A sazonalidade da região é definida de acordo com o nível de pluviometria, sendo um período seco e um chuvoso (Macêdo, 2004). Alguns pontos de coletas estão localizados em Áreas de Proteção Ambiental – APA, como a Área de Proteção Ambiental dos Recifes de Corais compreendendo os municípios de Maxaranguape, Rio do Fogo e Touros no estado do Rio Grande do Norte, a APA Barra de Mamanguape localizada nos municípios de Rio Tinto e Lucena, no Estado da Paraíba, a APA de Santa Cruz abrangendo os municípios de Itapissuma, Itamaracá e Goiana em Pernambuco, também no estado de Pernambuco a APA de Guadalupe localizada nos municípios de Sirinhaém, Rio Formoso, Tamandaré e Barreiros, e a APA Costa dos Corais que vai desde Tamandaré/PE à Maceió/AL (Fig.2).

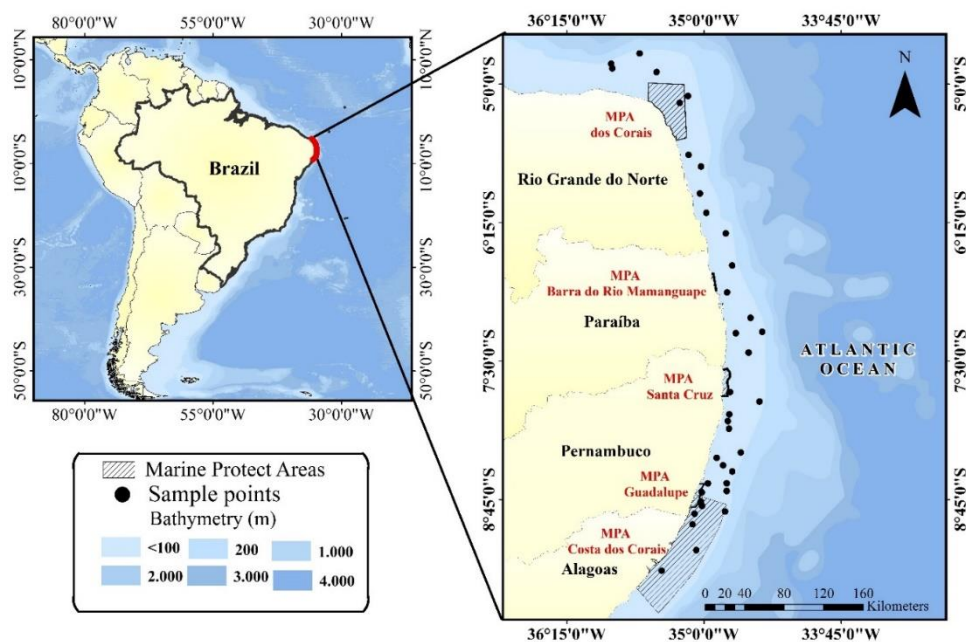


Figura 2: Mapa da região costeira no nordeste do Brasil. Os pontos pretos representam as estações que foram amostradas pela campanha ABRACOS, e as regiões tracejadas representam as áreas de proteção ambiental (Nolé et al., 2017).

Região Estuarina

O Complexo Itapissuma/Itamaracá localizado no litoral Norte de Pernambuco é a região estuarina escolhida para o presente estudo, mais precisamente o Complexo estuarino do Canal de Santa Cruz (Fig.3). Ambos os municípios (Itapissuma e Itamaracá) possuem suas economias dependentes dos setores industriais e agricultura (IBGE, 2011),

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

que afetam negativamente a qualidade da água na região, através da descarga de efluentes industriais e residenciais. O complexo estuarino do Canal de Santa Cruz é um braço de mar em forma de “C” que contorna a Ilha de Itamaracá, separando-a do continente, com uma extensão de 22 km, largura máxima de 1,5 km e profundidade que varia entre 4 - 5 m (Silva, 2008).

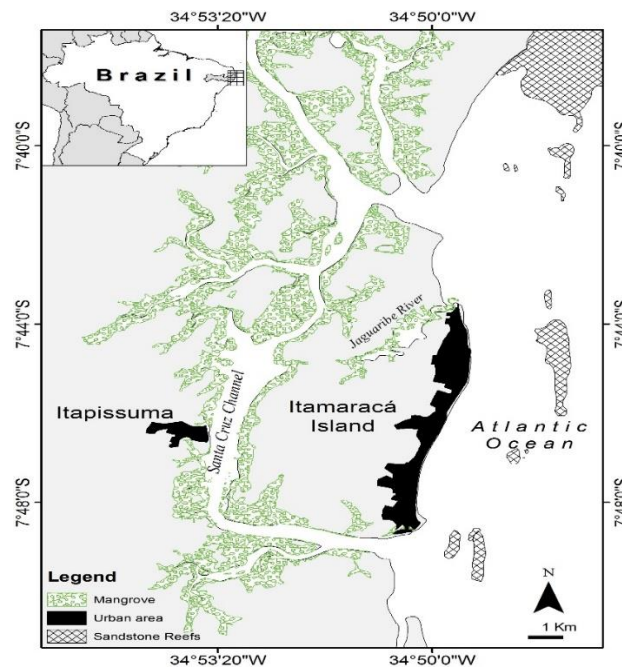


Figura 3: Mapa da região estuarina no Complexo Itapissuma/Itamaracá. As áreas escuras mostram os municípios de Itapissuma e Itamaracá.

Amostragem da ictiofauna

Serão utilizadas espécies de peixes com diferentes hábitos ecológicos, para que seja possível analisar a contaminação a partir dos diferentes níveis tróficos, hábitos ecológicos, e regiões de estudo (áreas costeiras, estuarinas e oceânicas).

No complexo estuarino Canal de Santa Cruz – Itapissuma/Pernambuco (Fig.3), os indivíduos amostrados foram coletados através da pesca local, utilizando o método da pesca de camboa, que utiliza redes com diferentes malhas de 25, 30, 35 e 80 mm, e o mangote com redes de 67,5 e 139,5 m de comprimento, 4,5 m de altura e malha de 10 mm. Neste ambiente foram coletadas espécimes de *Centropomus undecimalis*, *Bardiella ronchus* e *Gobionellus stomatus*, que possuem hábitos diferentes dentro do ecossistema estuarino.

As amostras de peixes oceânicos e costeiros (demersal, mesopelágico e pelágicos) utilizadas para este estudo são provenientes de coletas já efetuadas nas áreas costeiras e oceânicas no Nordeste do Brasil pela campanha Acoustics Along Brazilian Coast

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

(ABRACOS). Foram feitas duas expedições científicas no navio oceanográfico R/V ANTEA nos anos de 2015 (agosto e setembro) e 2017 (abril e maio), onde foram estabelecidas 52 estações ao longo da plataforma continental (Fig.2). A amostragem foi efetuada com redes de arrasto de fundo na região costeira no caso do compartimento de peixes demersais, e rede de arrasto pelágica, na região oceânica, no caso do compartimento mesopelágico. As espécies costeiras demersais coletadas foram: *Pseudupeneus maculatus*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Sparisoma radians*, *Alphestes afer* e *Holocentrus ascensionis*. Os representantes do compartimento mesopelágico são peixes das famílias Myctophidae e Sternoptychidae, coletadas na região oceânica, próximos as ilhas oceânicas e montes submarinos do Nordeste do Brasil (Fig.1).

Ainda dentro do contexto das espécies de hábito oceânico, espécies de grandes predadores pelágicos foram coletadas no âmbito do “Projeto de Apoio Técnico-Científico ao Desenvolvimento da Pesca de Atuns e Afins no Brasil - PROTUNA”, que opera no Atlântico Equatorial. As espécies que serão analisadas são *Katsuwonus pelamis*, *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*, *Acanthocybium solandri* e *Sphyraena barracuda*, representantes do grupo dos principais predadores oceânicos pelágicos. Adicionalmente, alguns exemplares de *Hirundichthys affinis* que fazem parte da dieta dos atuns, também serão coletados.

Todos os espécimes foram identificados utilizando chaves taxonômicas especializadas e tiveram seus dados morfométricos anotados, em comprimento total CT (cm), comprimento padrão CP (cm) e peso total PT (g). Os dados acerca dos níveis tróficos serão obtidos através do banco de dados do FishBase (Froese & Pauly, 2010).

Análise e caracterização polimérica dos microplásticos

Os estômagos e intestinos (trato digestivo completo) da ictiofauna coletada serão utilizados para o estudo dos contaminantes microplásticos, além disso, amostras de tecido muscular serão obtidas para cada indivíduo coletado, afim de examinar a contaminação por mercúrio. O trato digestivo dos peixes será submetido a uma ação química, utilizando uma base forte (hidróxido de sódio – NaOH/1Mol) para decompor a matéria orgânica, separando os microplásticos dos itens alimentares, evitando assim uma possível contaminação externa, e a perda de contaminantes microplásticos. Após a digestão, todo o material será filtrado através de um sistema de filtração a vácuo de vidro, esses filtros posteriormente serão submetidos a estufa durante 48 horas à 70°C. A metodologia de

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

extração de microplásticos utilizada neste projeto visa evitar ao máximo a contaminação aérea (no laboratório).

Os microplásticos encontrados nos estômagos, além de serem quantificados, fotografados e separados por cor e tamanho, serão cuidadosamente analisados em parceria com o Instituto Mediterrâneo de Oceanologia (MIO) em Toulon, na França, onde serão submetidos à espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), e à reflexão total atenuada (ATR), que permitem a caracterização e identificação da composição química dos polímeros, através da obtenção dos espectros de absorção. Os principais polímeros que caracterizam os microplásticos são geralmente polietileno, propileno, cloreto de polivinila, poliéster e nylon.

Análise de compostos de Mercúrio (Hg)

Para avaliar a contaminação por mercúrio na fauna estudada, serão retiradas amostras do tecido muscular dos exemplares das famílias estudadas, que serão liofilizadas, maceradas e acondicionadas em frascos estéreis. Essas amostras serão enviadas e analisadas em parceria, com o Laboratório de Geociências e Meio Ambiente em Toulouse GET/IRD, na França, onde serão submetidas a metodologias específicas para a quantificação de formas orgânicas de mercúrio. A análise de concentração de mercúrio total (THg), será realizada com auxílio de um Milestone MDA-80, através da detecção da absorção atômica por combustão. Para a análise de concentração de metilmercúrio (MeHg) será utilizada a metodologia de Masbou et al. (2013) e a análise será determinada utilizando espectroscopia de fluorescência atômica com vapor frio (CV-AFS). Além disso, também serão enviadas algumas amostras aleatórias de microplásticos, para verificar se essas partículas de microplásticos encontradas têm contaminantes adsorvidos, como formas orgânicas de mercúrio.

Biotransferência trófica de microplástico

Utilizando os dados obtidos acerca da frequência de ocorrência (FO%) dos microplásticos encontrados no trato digestivo da ictiofauna estudada, será possível relacionar a transferência desse contaminante na teia trófica, comparando a ingestão de microplásticos entre os diferentes níveis tróficos, que serão obtidos através da plataforma FishBase. Através da interação entre predador e presa será possível observar a biotransferência de microplásticos para alguns grupos, que são os estuarinos C.

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

undecimalis e *G. stomatus*, e os oceânicos *T. albacares* e *H. affinis*, comprovadamente predador e presa (Maldeniya, 1996; Lira et al., 2017), além de outras interações possíveis.

Biomagnificação trófica do mercúrio

Serão utilizados os dados de MeHg para avaliar a biomagnificação do mercúrio na teia trófica, através da metodologia descrita em Borgå et al. (2012) que emprega o TMF, que é o Fator de Magnificação Trófica, o qual leva em consideração o nível trófico estimado e a concentração dos contaminantes.

$$[\text{MeHg}] = 10^{b\text{TP}}$$

$$\text{Log} [\text{MeHg}] = a + b \text{ TP}$$

$$\text{TMF} = 10^b$$

Onde b é o coeficiente angular da regressão linear e TP é o nível trófico. Se $\text{TMF} = 1$ ($b = 0$), o MeHg não está se biomagnificando na teia trófica; se $\text{TMF} > 1$ ($b > 0$), o contaminante está se biomagnificando na teia trófica, e se $\text{TMF} < 1$ ($b < 0$) o contaminante diminui a sua concentração a cada nível trófico (efeito de diluição trófica) (Borgå et al., 2012).

Para avaliar se a concentração de mercúrio encontradas nos tecidos dos organismos é aceitável para o consumo humano, serão utilizados os valores de referência do World Health Organization (W.H.O, 1990).

Análises estatística dos dados

A análise de variância ANOVA será empregada para avaliar se o número e a massa de cada microplásticos, e as concentrações de compostos de mercúrio variam entre a ecologia trófica, os hábitos (demersal, mesopelágicos e pelágico) e entre as regiões (estuarinas, costeiras e oceânica). Para obter a normalidade dos dados, eles serão submetidos ao processo de transformação, através do método Box-Cox (Box & Cox, 1964). Em seguida, será aplicado o teste de Levene (Underwood, 1997) para testar a homocedasticidade dos tratamentos. Caso a análise de variância aponte diferenças significativas entre os tratamentos, será realizado o teste de Bonferroni para detectar as fontes de variância (Quinn & Keough, 2002). Para correlacionar as variáveis contaminantes, ecologia trófica, hábitos e as regiões estudadas, será utilizado o teste de correlação de Spearman (ZAR, 1996).

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

Atividades previstas

Está em trânsito uma cotutela de tese na França, com um intercâmbio previsto para o segundo semestre de 2020, quando será finalizada a triagem do material em laboratório. Neste período, serão feitas as análises de caracterização polimérica dos microplásticos, além da capacitação técnica. Este intercâmbio terá financiamento através do projeto do laboratório misto internacional TAPIOCA “Tropical Atlantic Interdisciplinary Laboratory on physical, biogeochemical, ecological and human dynamics” (IRD/UFPE/UFRPE).

Infraestrutura física e tecnológica

As análises iniciais necessárias serão feitas no Laboratório de Estudos de Impactos Antrópicos na Biodiversidade Marinha e Estuarina, na Universidade Federal Rural de Pernambuco BIOIMPACT/UFRPE, que conta com a infraestrutura física necessária como, materiais de processamento de amostras, placas de Petri, ictiômetro, balança de precisão, estereomicroscópio com câmera acoplada e estufa. Para a análise de identificação da composição química dos contaminantes plásticos encontrados, e a quantificação de formas orgânicas de Mercúrio, as amostras serão enviadas para a França, ao Laboratório de Ciências Marinha LEMAR/IRD e para o Instituto Mediterrâneo de Oceanologia, MIO/IRD, onde existe tecnologia e infraestrutura necessária para a análise, e onde contamos com apoio técnico colaborativo. As amostras para a execução deste projeto, já foram coletadas com o apoio financeiro dos projetos, “National Institute on Science and Technology in Tropical Marine Environments - INCT-AmbTropic” (CNPq processo 565054/2010-4) e “Structure and seasonal variability of food webs in an estuarine tropical marine ecosystem: Evidence from stable isotope analyses and trophic modelling approach” (CNPq processo 407125/2013-2).

Cronograma de atividades

Atividades/Semestre	1ºsem	2ºsem	3ºsem	4ºsem	5ºsem	6ºsem	7ºsem
Revisão bibliográfica							
Triagem do material							
Análise de dados							
Qualificação							
Submissão de manuscrito							
Redação de tese							
Defesa de tese							

Resultados esperados e impacto previsto do projeto

A partir do estudo proposto, será possível obter informações inéditas para a comunidade científica sobre a contaminação entre os diferentes níveis tróficos, regiões e hábitos da ictiofauna residente no litoral nordeste do Brasil, contribuindo para o avanço da ciência global, através da troca de conhecimento entre Brasil e França, que possibilitará o uso de ferramentas inovadoras. Este estudo apresentará resultados importantes sobre o grau de contaminação de mercúrio e microplásticos encontrados na ictiofauna, cujos impactos podem ser refletidos diretamente na saúde humana.

Pretende-se também a geração de quatro artigos científicos à cerca dos dados obtidos, além de trazer subsídios que possam colaborar na conservação da ictiofauna estudada e seus ambientes, que vem sofrendo com as ações antrópicas ao longo dos anos. Assim como contribuir com o manejo e planejamento pesqueiro local, para que possam ser tomadas medidas inovadoras para uma pesca sustentável.

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

Planilha de orçamento com estimativa dos gastos previstos

Bolsas Funbio - Conservando o Futuro
ANEXO I - Orçamento Detalhado

CHAMADA N º 02/2019

Título do projeto	Contaminação trófica por microplásticos e mercúrio na ictiofauna do nordeste do brasil	
Nome do Proponente	Anne Karen da Silva Justino	
Instituição de Ensino e Programa	Universidade federal rural de Pernambuco (UFRPE) e Programa de pós-graduação em recursos pesqueiros e aquicultura (PG-RPAq)	
Tipo de Bolsa (Mestrado ou Doutorado)	Doutorado	
Total requisitado (R\$)	R\$	19.176,30

Orçamento da Pesquisa						
Categoria de despesa	Descrição dos itens	Material será cedido para Instituição (Sim ou Não)	Quantidade	Unidade (un; litro; metro; dia; km)	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Uso e consumo (descrever cada item)	Hidróxido de Sódio P.A. 1000g	Não	4	Unidade	R\$ 43,00	172,00
	Álcool butílico normal P.A 1000ml	Não	2	Litro	R\$ 45,00	90,00
	Luva de Procedimento Tamanho P Caixa com 50 Pares	Não	2	Unidade	R\$ 36,00	72,00
	Álcool Etílico (Etanol) PA Absoluto Química Moderna 1L 99,3%	Não	4	Litro	R\$ 33,00	132,00
	Microfiltro Fibra De Vidro 47mm Gf50a C/100	Não	4	Unidade	R\$ 250,00	1.000,00
	Caixa para 100 micro tubos em polipropileno autolavável de 1,5/2ml para armazenamento a -86°C tampa destacável	Não	15	Unidade	R\$ 7,70	115,50

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

	Tubo criogênico cap.2ml tampa pct c/500unid	Não	2	Unidade	R\$ 116,00	232,00
	Rack para 96 micro tubos 200uL em polipropileno autolavável	Não	2	Unidade	R\$ 7,50	15,00
	Rack para 100 micro tubos até 2ml em polipropileno autolavável	Não	3	Unidade	R\$ 12,60	37,80
Serviço de Terceiros Pessoa Física						0,00
Serviço de terceiros Pessoa Jurídica	Análise de identificação de polímeros (Composição química dos microplásticos)	Não	1000	Unidade	R\$ 3,50	3.500,00
	Análise de concentração de mercúrio	Não	350	Unidade	R\$ 24,00	8.400,00
Equipamentos	Notebook Dell Inspiron 15 7000 Ultrafino 8ª geração do Processador Intel® Core™ i7-8565U	Sim	1	Unidade	R\$ 5.410,00	5.410,00
Outros (específico para o projeto)						0,00
TOTAL						19.176,30

Referências bibliográficas

Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., & Guilhermino, L. (2018). Single and combined effects of microplastics and mercury on juveniles of the European seabass (*Dicentrarchus labrax*): Changes in behavioural responses and reduction of swimming velocity and resistance time. *Environmental Pollution*, 236, 1014-1019.

Beneditto, A. P. M., & Awabdi, D. R. (2014). How marine debris ingestion differs among megafauna species in a tropical coastal area. *Marine pollution bulletin*, 88(1-2), 86-90.

Box, G. E. P. & Cox, D. R. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society-Series 26*, 211-252.

Borgå, K., Kidd, K. A., Muir, D. C., Berglund, O., Conder, J. M., Gobas, F. A., J. Kucklick., O. Malm., & Powell, D. E. (2012). Trophic magnification factors: considerations of ecology, ecosystems, and study design. *Integrated environmental assessment and management*, 8(1), 64-84.

Browne, M. A., Galloway, T., & Thompson, R. (2007). Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Integrated environmental assessment and Management*, 3(4), 559-561

Castro, J. W. A. (2010). Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: uma visão da Geologia ambiental. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(3), 303-319.

Campos, T. F. D. C., Virgens Neto, J. D., Srivastava, N. K., Petta, R. A., Hartmann, L. A., Moraes, J. F. S. D., ... & Silveira, S. R. M. (2005). Arquipélagos de São Pedro e São Paulo: soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: SIGEP, 2005. 12 p.

CEMBRA – Centro de Excelência para o Mar Brasileiro. (2012). O Brasil e o mar no século XXI: Relatório aos tomadores de decisão do País. 2ª edição. 540 p. ISBN 9788565171007.

Colabuono, F. I., Taniguchi, S., & Montone, R. C. (2010). Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 60(4), 630-634.

Cole, M., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C., Goodhead, R. M., Moger, J., & Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology* 47, 6646-6655.

Costa, M. F., Barbosa, S. C., Barletta, M., Dantas, D. V., Kehrig, H. A., Seixas, T. G., & Malm, O. (2009). Seasonal differences in mercury accumulation in *Trichiurus lepturus* (Cutlassfish) in relation to length and weight in a Northeast Brazilian estuary. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(4), 423.

Costa, C. R., da Costa, M. F., Barletta, M., & Alves, L. H. B. (2017). Interannual water quality changes at the head of a tropical estuary. *Environmental monitoring and assessment*, 189(12), 628.

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., & Fernández-de-Puelles, M. L. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239-10244.

Dantas, D. V., Barletta, M. & Costa, M. F. (2012). The seasonal and spatial patterns of ingestion of polyfilament nylon fragments by estuarine drums (Sciaenidae). *Environmental Science and Pollution Research* 19, 600-606.

Eriksson, C., & Burton, H. (2003). Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32(6), 380-384.

Eston, V. R. D., Migotto, A. E., Oliveira Filho, E. C. D., Rodrigues, S. D. A., & Freitas, J. C. D. (1986). Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 34, 37-53.

Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1-3.

Ferreira, G. V., Barletta, M., Lima, A. R., Dantas, D. V., Justino, A. K., & Costa, M. F. (2016). Plastic debris contamination in the life cycle of Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) in a tropical estuary. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, fsw108.

Frias, J. P. G. L., Sobral, P., & Ferreira, A. M. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 1988-1992.

Froese, R., & Pauly, D. (2010). FishBase.

Guebert-Bartholo, F. M., Barletta, M., Costa, M. F., & Monteiro-Filho, E. L. A. (2011). Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. *Endangered Species Research*, 13(2), 131-143.

Gregory, M. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013-2025.

Hynes, H. B. N. (1950). The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19:36-57.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17, 411-429.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2007). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2ª edição. 212 p. ISBN 8577380386.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. 176 p. ISBN 9788524042195.

Kanhai L. D. K., Officer, R., Lyashevskaya, O., Thompson, R. C., & O'Connor, I. (2017). Microplastic abundance, distribution and composition along a latitudinal gradient in the Atlantic Ocean. *Marine pollution bulletin*, 115(1-2), 307-314.

Kehrig, H. A., Malm, O., & Moreira, I. (1998). Mercury in a widely consumed fish *Micropogonias furnieri* (Demarest, 1823) from four main Brazilian estuaries. *Science of the total environment*, 213(1), 263-271.

Law, K. L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J., & Reddy, C. M. (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science*, 329(5996), 1185-1188.

Levene, H. (1960). Robust test for equality of variances. In *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honour of Harold Hotelling*, 1st ed, pp. 278–292. Ed. by I. Olkin, S.G. Ghurye, W. Hoeffding, W.G. Madow and H.B. Mann. Stanford University Press, Palo Alto.

Lira, A. S.; Frédou, F. L., Viana, A. P., Eduardo, L. N., Frédou, T. (2017). Feeding ecology of *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) and *Centropomus parallelus* (Poey, 1860) in two tropical estuaries in Northeastern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 12(2), 123-135.

Macêdo, S. J., Muniz, K., Montes, M. F., Eskinazi Leça, E., Neumann Leitão, S., & Costa, M. D. (2004). Hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco. *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife, Bagaço, 255-286.

Masbou, J., Point, D., & Sonke, J. E. (2013). Application of a selective extraction method for methylmercury compound specific stable isotope analysis (MeHg-CSIA) in biological materials. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 28(10), 1620-1628.

Maldeniya, R. (1996). Food consumption of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in Sri Lankan waters. *Environmental biology of fishes*, 47(1), 101-107.

Methylmercury, W. H. O. (1990). *Environmental health criteria 101*. Geneva: World Health Organization, 1-144.

Monteiro, R. C., do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 238, 103-110.

Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental research*, 108(2), 131-139.

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

Petry, M. V., Krüger, L., da Silva Fonseca, V. S., Brummelhaus, J., & da Cruz Piuco, R. (2009). Diet and ingestion of synthetics by Cory's Shearwater *Calonectris diomedea* off southern Brazil. *Journal of Ornithology*, 150(3), 601.

Pinkas, L. M.; Oliphant, S.; Iverson, I. L. K. (1971). Food habits of albacore, Bluefin tuna and bonito in Californian waters. *California Fish Game*, 152:1–105.

Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., do Sul, J. A. I. & Dantas, D. V. (2011). Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1098-1102.

PlasticsEurope, (2012). *Plastics - the Facts 2012. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2011.* Plastics Europe: Association of Plastic Manufacturers, Brussels, p. 38.

Quinn, G. R. & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists.* Cambridge: Cambridge University Press.

Ramos, J. A., Barletta, M. & Costa, M. F. (2012). Ingestion of nylon threads by Gerreidae while using a tropical estuary as foraging grounds. *Aquatic Biology* 17, 29-34.

Santillo, D., Miller, K., & Johnston, P. (2017). Microplastics as contaminants in commercially important seafood species. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 516-521.

Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M. (2014). Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental pollution*, 185, 77-83.

Silva Mendes, S., de Carvalho, R. H., de Faria, A. F., & de Sousa, B. M. (2015). Marine debris ingestion by *Chelonia mydas* (Testudines: Cheloniidae) on the Brazilian coast. *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 8-10.

Silva, L. A. D. (2008). *Estudos sedimentológico, morfológico e hidrodinâmico do Canal de Santa Cruz PE. Tese de Doutorado (CTG - UFPE).*

Soares, M. O., de Paiva, C. C., de Godoy, T., de Brito Silva, M., & de Castro, C. S. S. (2010). Gestão ambiental de ecossistemas insulares: O caso da reserva biológica do atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial. *Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(3), 347-360.

Talsness, C. E., Andrade, A. J., Kuriyama, S. N., Taylor, J. A., & Vom Saal, F. S. (2009). Components of plastic: experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 2079-2096.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672), 838-838.

Proponente: Anne Karen da Silva Justino

Tourinho, P. S., do Sul, J. A. I., & Fillmann, G. (2010). Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?. *Marine Pollution Bulletin*, 60(3), 396-401.

Turner, A. (2010). Marine pollution from antifouling paint particles. *Marine Pollution Bulletin*, 60(2), 159-171.

ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector. Technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67, 1167–1179.

Underwood, A. J. (1997). *Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance.* Cambridge University Press, Cambridge 522p.

UNEP, (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport.* UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.

Vendel, A. L., Bessa, F., Alves, V. E. N., Amorim, A. L. A., Patrício, J., & Palma, A. R. T. (2017). Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. *Marine pollution bulletin*, 117(1-2), 448-455.

Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine environmental research*, 113, 7-17.

ZAR, J.H. (1996). *Biostatistical Analysis.* Englewood Cliffs: Prentice- Hall Inc., 718 p.