

UNIVERSIDADE TIRADENTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE

**ANÁLISE DE METAZOÁRIOS PARASITAS E DE
ELEMENTOS TRAÇO EM *Centropomus undecimalis*
(Pisces: Centropomidae) PROVENIENTES DOS
ESTUÁRIOS DOS RIOS SERGIPE E SÃO FRANCISCO,
SERGIPE – BRASIL.**

LORENA XAVIER CONCEIÇÃO SANTOS

ARACAJU

Fevereiro 2014

UNIVERSIDADE TIRADENTES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE

**ANÁLISE DE METAZOÁRIOS PARASITAS E DE
ELEMENTOS TRAÇO EM *Centropomus undecimalis*
(Pisces: Centropomidae) PROVENIENTES DOS
ESTUÁRIOS DOS RIOS SERGIPE E SÃO FRANCISCO,
SERGIPE – BRASIL.**

Dissertação de Mestrado, submetida à banca examinadora como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente na área de concentração em Saúde e Ambiente.

LORENA XAVIER CONCEIÇÃO SANTOS

Orientadores:

Verónica de Lourdes Sierpe Jeraldo, D. Sc.

Maria Nogueira Marques, D. Sc.

ARACAJU

Fevereiro – 2014

**ANÁLISE DE METAZOÁRIOS PARASITAS E DE ELEMENTOS TRAÇO EM
Centropomus undecimalis (Pisces: Centropomidae) PROVENIENTES DOS
ESTUÁRIOS DOS RIOS SERGIPE E SÃO FRANCISCO, SERGIPE – BRASIL.**

LORENA XAVIER CONCEIÇÃO SANTOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA
EXAMINADORA DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE TIRADENTES
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
SAÚDE E AMBIENTE.

Aprovado em ____/____/____ por:

Dr^a. Veronica de Lourdes Sierpe Jeraldo
Orientadora

Dr^a. Maria Nogueira Marques
Co -Orientadora

Dr^a. Maria de los Angeles Perez Lizama
Universidade Estadual de Maringá - UEM
(Examinadora externa)

Dr. Rodrigo Yudi Fujimoto
Universidade Tiradentes - UNIT
(Examinador interno)

ARACAJU
Fevereiro – 2014

EPÍGRAFE

“Quando uma criatura humana
desperta para um grande sonho e,
sobre ele lança toda a força da sua alma,
todo universo conspira a seu favor.”
Goethe

DEDICATÓRIA

**Dedico este trabalho aos grandes
amores da minha vida:**

Minha estrela Maior Maria,
Minha Julinha e meus dois Joões.
Espero que se orgulhem de mim.
Eu amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao **Criador do Universo**, por ter me dado à sensibilidade para observar, compreender e, sobretudo admirar respeitosamente as suas manifestações através da Natureza Viva. Ao Sr. **Charles Darwin**, por ter despertado em mim o amor pela biologia.

A minha orientadora **Verónica Sierpe** pela amizade, compreensão e motivação constante. A minha co-orientadora **Maria Marques**, pelas dúvidas retiradas sobre os procedimentos analíticos em química. Ao professor **Rubens Madi** pela assistência, auxílio no tratamento estatístico dos dados e puxões de orelha que me fizeram chorar.

A **Angélica Ferreira** e **João Covello** do Laboratório de Análise Foliar do ITPS, por me auxiliar nas análises dos elementos traço.

A “minha” estagiária querida **Natale Eckert**, pelo bom humor, eficiência, pontualidade e compromisso. A **Renata Carvalho** pelo companheirismo.

Ao meu grande amigo **Luca**, por ter me ajudado tanto para conseguir as amostras entre os intervalos e corre - corre dos nossos dias de professor. Te adoro irmão!

Aos professores **Ricardo Takemoto** e **Mary Perez**, por todo o carinho com que fui recebida na Universidade Estadual de Maringá para realizar o estágio sanduíche, pelo auxílio ímpar na identificação dos parasitas e por todo o ensinamento que me foi passado nos dias em que estive na companhia deles.

A minha família querida: minha mãe **Julia, Janjito**, meu marido **João Serpa**, minha irmã **Tarsila, Alan, Arthur, Catarina** e **Carolzinha**, pela compreensão por minha ausência durante este período. Ao meu pai **Alberto** que partiu para outra dimensão quando eu estava no meio deste estudo. Aos meus sogros **Manuel** e **Ângela Serpa** pela amizade, conselhos e incentivo constante.

Ao querido **José Adelmo Pereira e Freitas**, meu chefe no SENAI, pelo apoio incondicional em relação à flexibilização dos meus horários para que eu pudesse realizar esse sonho.

Aos meus amigos que, graças ao Criador, são muitos – por todas às vezes nestes quase dois anos, se queixaram do meu sumiço: **Elma, Fernanda, Aline, Marina, Danila, Lily, Maíra, Jamyle, Natacha, Diego, Elôzinha, Lucileide, Diogo, Maria da Gama, Vanina**.

Aos meus filhotes peludos **Lênin e Darwin**, por serem instrumentos enviados por São Francisco de Assis para abrandar minha alma nos dias de maior estresse.

A **CAPES**, pela bolsa concedida durante o mestrado.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 Objetivos Gerais | 3 |
| 2.2 Objetivos específicos | 3 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 4 |
| 4. METODOLOGIA GERAL | 11 |
| 4.1 Caracterização dos locais de coleta | 11 |
| 4.2 Amostras Biológicas | 12 |
| 4.3 Biometria | 13 |
| 4.4 Necropsia dos peixes, coleta e fixação dos parasitas | 13 |
| 4.5 Índices epidemiológicos | 14 |
| 4.6 Tratamento dos Dados | 14 |
| 4.7 Procedimentos analíticos para obtenção da concentração de elementos traço | 15 |
| 4.7.1 Filetação das amostras musculares | 15 |
| 4.7.2 Análise dos elementos traço | 15 |
| 5. REFERÊNCIAS | 16 |
| 6. ARTIGO | 22 |
| 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Extensão territorial do município de Aracaju e recorte para o estuário do Rio Sergipe. | 11 |
| Extensão territorial do município de Brejo Grande mostrando o estuário do Rio São Francisco | 12 |
| Exemplar do robalo (<i>Centropomus undecimalis</i>) coletado em região estuarina de Sergipe. | 13 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Distribuição de parasitas, prevalência, abundância, intensidade e sítio de infecção em <i>Centropomus undecimalis</i> proveniente da região estuarina da costa de Sergipe, Brasil. | 27 |
| Abundância média por sexo de larvas de <i>Hysterothylacium</i> em espécimes de <i>Centropomus undecimalis</i> provenientes de áreas estuarinas da costa de Sergipe, Brasil. | 28 |
| Intensidade de Infecção por sexo de larvas de <i>Hysterothylacium</i> em espécimes de <i>Centropomus undecimalis</i> provenientes de áreas estuarinas da costa de Sergipe, Brasil. | 28 |
| Concentração de elementos traço no filé do <i>Centropomus undecimalis</i> da região estuarina do rio Sergipe, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA. | 29 |
| Concentração de elementos traço em filé de <i>Centropomus undecimalis</i> da região estuarina do Rio São Francisco, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA. | 30 |
| Concentração média de Se e As em filé e fígado de <i>Centropomus undecimalis</i> da região estuarina dos rios Sergipe e São Francisco, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA (VMP). | 31 |

RESUMO

Centropomus undecimalis (robalo) é um peixe estuarino e importante recurso pesqueiro na costa do Nordeste do Brasil e, portanto, na costa do estado de Sergipe. O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento da fauna de metazoários parasitas do robalo e avaliar os elementos traço encontrados na musculatura e no fígado de peixes provenientes dos estuários dos rios Sergipe e São Francisco, no estado de Sergipe/Brasil. No período de novembro de 2012 a setembro de 2013, foram avaliados 124 exemplares do robalo fornecidos por pescadores artesanais das áreas de estudo, sendo 83 exemplares oriundos do estuário de rio Sergipe e 41 do rio São Francisco. Os exemplares coletados foram submetidos à biometria para obtenção do peso médio, comprimento total e comprimento padrão e necropsia para coleta dos parasitas utilizando técnicas padrões em ictioparasitologia. Posteriormente realizou-se a quantificação de elementos traço do fígado e da musculatura utilizando a técnica analítica nuclear de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF). Foram encontradas três espécies de parasitas nos exemplares avaliados: o monogenoide *Rhabdosynochus nigrescens*, com prevalência de 4,03% e intensidade de infecção de 1,2%; o copépoda *Lernanthropus gisleri*, com prevalência de 32% e intensidade de infecção de 1%; e larvas do anisquídeo *Hysterothylacium* sp, com prevalência de 75,8% e intensidade de infecção 16,33%. Os resultados da quantificação de elementos traço do fígado e da musculatura (filé) foram discutidos com base na Portaria 685/08 da ANVISA e apresentaram valores acima dos limites máximos permissíveis de selênio e arsênico nas partes comestíveis do pescado, não existindo correlação com a presença de parasitas.

Palavras Chave: *Centropomus undecimalis*, parasitismo, elementos traço.

ABSTRACT

The common snok *Centropomus undecimalis* is an estuarine fish and a very important fishery resource on the coast of Northeast Brazil and therefore on the coast of the state of Sergipe. The aim of this work was to collect and collate data on the metazoan parasites present in the bass from the estuarine rivers Sergipe and São Francisco, in the state of Sergipe, and to evaluate the trace element in its muscles and liver. From November 2012 and September 2013, 124 bass samples, supplied by native fishermen of the studied area, were analysed: 83 coming from River Sergipe, and 41 from River San Francisco. The collected samples were submitted to biometrics, for the measurement of their average weight, total length and standard length, and to necropsy, for the collection of parasites through typical techniques in ichthyoparasitology. After that, the quantity of trace elements in the liver and the muscles of the fish was assessed through the Energy Dispersive X-ray Fluorescence (ED-XRF) analytical technique and the Total X-ray Fluorescence (TXRF) technique. Overall, three species of parasites were found in the samples: the monogenoidea *Rhabdosynochus nigrescens*, accounting for 4,03% of the total and for 1,2% of the total infection intensity; the copepod *Lernanthropus gisleri*, accounting for 32% of the total and for 1% of the infection intensity; and larvae of the anisakidae *Hysterothylacium* sp, accounting for 75,8% of the total and for 16,33% of the infection intensity. The results of the assessment of the trace elements from the liver and the muscles of the fish were analysed based on the decree 685/08 by the National Agency of Sanitary Vigilance (ANVISA) and presented much higher quantities of arsenic and selenium than both the legal and healthy acceptable limits no correlation with the presence of parasites.

Keywords: *Centropomus undecimalis*, parasitism, trace elements.

1- INTRODUÇÃO

Os estuários da costa sergipana, assim como os demais estuários de todo o Brasil, passaram e ainda passam graves problemas de devastação associados à urbanização. Os prejuízos contabilizados aos ecossistemas costeiros de Sergipe, atualmente, derivam de problemas relacionados aos aterramentos de manguezais e aos despejos de esgotos domésticos e industriais. De acordo com Medeiros *et al.* (2008), as regiões estuarinas são ambientes que apresentam grande importância ecológica, por exercerem papel de berçário marinho, servindo para desova, crescimento e alimentação de inúmeras espécies.

No estado de Sergipe encontramos 08 bacias hidrográficas; entre elas a bacia do Rio Sergipe que percorre 26 municípios. Contabilizam-se, ao longo da bacia, cerca de 780 indústrias, enquadradas nos segmentos do setor gráfico, mármore e granitos, produtos utilizados na construção civil (cimento, cerâmicas, ladrilhos e gesso), indústrias químicas e farmacêuticas, tecidos, fertilizantes, colchões, materiais plásticos, velas, sabão, alimentos, bebidas, frigoríficos, laticínios, oficinas, metalúrgicas, madeireiras, estaleiros navais (ALVES & GARCIA, 2006), muitas destas contribuindo para poluição do rio.

A região estuarina do Rio Sergipe tem a sua margem direita ocupada pela cidade de Aracaju, desde o seu afluente, rio do Sal, na divisa com o município de Nossa Senhora do Socorro, até o oceano Atlântico, onde irá desembocar nas proximidades da praia de Atalaia. Ao longo da sua margem esquerda esta situado o município da Barra dos Coqueiros, visivelmente degradado, sofre ações antrópicas constantes, devido ao aumento populacional das cidades localizadas em seu entorno, especialmente relacionadas com a descarga de dejetos domésticos e industriais e empreendimentos agrícolas (ARAÚJO, 2006).

A bacia do Rio São Francisco, tradicionalmente dividida em quatro segmentos: alto, médio, submédio e baixo, este último segmento se estende desde Paulo Afonso no estado da Bahia até a sua foz, entre as cidades de Brejo Grande em Sergipe e Piaçabuçu em Alagoas. Em termos econômicos, o município de Brejo Grande e seus povoados possuem como principais atividades econômicas além da pesca, a agricultura, pecuária e a produção de petróleo. A cultura do arroz e fazendas de coco é uma prática na região, sendo a irrigação destes cultivos outro potencial negativo para o meio ambiente. A agropecuária no entorno do estuário do rio São Francisco consiste na criação de bovinos, equinos, ovinos e suínos. Pontuando-se também como fator de aumento da demanda do serviço ecológico do Rio São

Francisco, a falta de infraestrutura sanitária adequada, o abastecimento humano e animal, o turismo e o lazer (SUPES, 2009). A queda da pesca em vários pontos deste rio é atribuída a diversos fatores, tais como poluição, uso inadequado dos solos, normas pesqueiras impróprias, destruição de habitats e construção de barragens (GODINHO & GODINHO, 2003).

Conforme estudo realizado por Carvalho & Fontes (2006) uma grande parcela dos manguezais próximos à foz do Rio São Francisco tem sofrido intenso desmatamento para implantação de pisciculturas, carcinocultura e salinas, influenciando negativamente e promovendo mudanças no padrão hidrodinâmico dos manguezais.

A espécie *Centropomus undecimalis*, (Bloch, 1792), conhecida como camorim ou robalo, é um peixe bastante utilizado para consumo e comercialização, especialmente pela qualidade da sua carne que é branca, delicada e com pouca gordura. Habita em regiões costeiras e estuarinas (ambiente ideal para a sua procriação), águas salgadas e salobras, ilhas, rios, manguezais, canais e baías. Possui uma boa adaptação em águas de regiões tropicais e subtropicais. São espécies ditas eurihalinas, que podem ser encontradas tanto no mar como em águas salobras de estuários, lagunas, desembocadura de rios e lagoas de água doce, com acesso temporário ou permanente. Vivem próximos ao fundo das águas, rente à vegetação e em fundos lodosos. O movimento das marés e correntes os auxiliam nos ataques às presas, preferencialmente na vazante. Classificados como peixes carnívoros, os robalos se alimentam de peixes, moluscos e crustáceos. O hábito alimentar dos robalos, por sua vez, pode estar relacionado a uma maior predisposição a bioacumulação de elementos traço (MENDONÇA, 2005).

A preocupação crescente com os sistemas estuarinos sergipanos referentes aos impactos causados pela antropização dos entornos dos rios e pelo despejo de efluentes in natura e demais poluentes químicos exige uma investigação eficiente em busca de dados que quantifiquem a contaminação e a influência antrópica nestes ecossistemas e mananciais. Desta forma, o presente trabalho destinou-se a analisar amostras do *Centropomus undecimalis* coletados em dois sistemas estuarinos da costa sergipana, o estuário do rio Sergipe, na altura do bairro industrial na capital Aracaju, e na cidade de Brejo Grande, no estuário do rio São Francisco, locais onde embarcações pesqueiras artesanais realizam suas atividades diariamente, para avaliar a presença de elementos traço e metazoários parasitas.

2- OBJETIVOS

2.1- Geral

Realizar a análise comparativa de metazoários parasitas e quantificação de elementos traço em exemplares de *Centropomus undecimalis* provenientes dos estuários dos rios Sergipe e São Francisco, Sergipe – Brasil.

2.1 - Objetivos Específicos

- ❖ Descrever os metazoários parasitas encontrados em *C. undecimalis* nos locais de coleta;
- ❖ Determinar a prevalência e a intensidade de infecção de metazoários em *C. undecimalis* nos locais de coleta;
- ❖ Relacionar as variações populacionais das espécies de parasitas encontrados com variáveis biológicas (peso e comprimento) de *C. undecimalis*;
- ❖ Mensurar o nível de contaminação por elementos traço na musculatura e no fígado de *C. undecimalis* e comparar com os valores preconizados pela Portaria 685/08 da ANVISA;
- ❖ Correlacionar os dados de elementos traço encontrados na musculatura e fígado de *C. undecimalis* com a intensidade de infecção dos parasitas.

3- REFERENCIAL TEÓRICO

Os serviços dos ecossistemas, especialmente os relacionados ao consumo de água, de energia e à produção de alimentos, são utilizados em ampla escala pelos processos produtivos para o crescimento da economia e para a urbanização. O propósito dessas transformações é o de conduzir as regiões até uma elevada economia industrializada, de gerar integração econômica entre setores e países, almejando, assim, a globalização. Por sua vez, a globalização imprime uma verdade, a existência da pressão global sobre o ambiente para que o padrão econômico e tecnológico almejado pela espécie humana seja atendido (FREITAS & PORTO, 2010).

À visão de desenvolvimento econômico deve ser acrescentada a de responsabilidade socioambiental, por meio de que se alinham iniciativas voltadas ao social, ao ambiente e às estratégias de negócio. É fato relevante que o meio de desenvolvimento econômico de uma região precisa estar inserido nos limites biofísicos impostos pelos indivíduos e pelos ecossistemas, atendendo a necessidade de adequação socioambiental, beneficiando assim, indivíduos, o meio ambiente, e os demais seres vivos, com a tão almejada qualidade de vida e harmonização da saúde (MERICCO, 2009). A interferência humana nessa relação resulta em estresses e desordens desse equilíbrio natural, comprometendo assim a qualidade da água nas regiões costeiras e estuarinas e, conseqüentemente, prejudicando as formas de vida.

Ultimamente, Sergipe encontra-se em um período de desenvolvimento econômico e industrial importante, albergando em seu território inúmeras indústrias de diferentes segmentos do setor produtivo. O estado possui área territorial equivalente a 21.962,4 km², sendo assim classificado como o menor estado da federação. Localizado no Nordeste brasileiro, possui como limites os estados da Bahia (ao Sul e Oeste do estado) e Alagoas (ao norte, onde a fronteira é estabelecida pelo rio São Francisco). O oceano Atlântico, portanto, banha toda a costa e encontra-se ao leste do estado. Um total de 75 municípios forma o estado de Sergipe. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a população sergipana equivale a 2.036.277 pessoas, sendo que a cidade de Aracaju, em seus limites territoriais alberga cerca de 614.577 pessoas. A população da cidade de Brejo Grande por sua vez, atinge uma densidade demográfica de aproximadamente de 7.742 pessoas (FEITOSA, 2006, IBGE, 2013;).

Os prejuízos hoje, contabilizados aos ecossistemas costeiros de Sergipe, derivam de inúmeros fatores. De acordo com o estudo de Schaeffer-Novelli, (s/d), o rio Sergipe e todo o

ecossistema existente na área estuarina sofrem ação nociva direta e intensa degradação devido aos despejos orgânicos domésticos, à existência de viveiros e de despejos industriais inadequados. Altos níveis de materiais orgânicos provenientes de excretas humanas, de materiais tóxicos e de poluentes químicos já foram contabilizados; segundo Alves & Garcia (2006), a concentração desses despejos existe em níveis elevados, havendo o risco de interação e de alterações no sistema endócrino de espécies de aves e de peixes, podendo causar danos no desenvolvimento, no crescimento, no metabolismo e influenciar até mesmo nos ciclos reprodutivos desses vertebrados.

Cerca de 780 estabelecimentos industriais de diversos segmentos também estão cadastrados nos municípios que são banhados pela bacia do Rio Sergipe: indústrias do setor gráfico, de mármore e granito, de produtos voltados para o ramo da construção civil, indústrias de tecidos, químicas e farmacêuticas, de fertilizantes, indústrias de alimentos, frigoríficos e laticínios entre outras. Por outro lado, observa-se um elevado crescimento populacional na região das bacias dos rios Sergipe e do Sal devido ao aumento das construções de condomínios e conjuntos habitacionais (ROCHA, 2006, CRUZ, 2009).

A população residente no entorno da bacia hidrográfica do rio Sergipe compreende um total de 1.010.523 habitantes, mais que 56% do total da população do estado. A menor parte dessas pessoas, apenas 13,2%, vive em áreas rurais e fazem uso do rio de forma sustentável. Já aquelas que se encontram em áreas urbanizadas contabilizam 86,8% da população. A presença nas águas dos rios sergipanos de produtos químicos de limpeza, de óleos minerais derivados do petróleo, de pesticidas, de fenóis e de surfactantes, está associada ao dia-a-dia das pessoas, seja em atividades domésticas, comerciais ou industriais. Dessa forma, diversos patógenos de origem humana, contaminantes farmacêuticos de diferentes classes e demais poluentes podem chegar facilmente a contaminar as águas de todo o estuário através do esgotamento sanitário da região. Tais fatores contribuem para o aparecimento de casos de doenças de veiculação hídrica e elevam o risco de toxicidade para os organismos aquáticos, prejudicando diretamente o ambiente e aqueles que fazem usos desse recurso ambiental nas mais diversas formas, seja para o lazer ou para a sobrevivência de forma sustentável, da pesca de frutos do mar. A partir dessas considerações, acredita-se que o rio Sergipe seja um dos mais poluídos do Estado (ALVES & GARCIA, 2006; ROCHA, 2006,).

Segundo Alves & Garcia (2006), o estuário do Rio Sergipe recebe despejos de indústrias de diversos segmentos além de receber o efluente da estação de tratamento de

esgotos de Aracaju uma importante parcela de esgoto “in natura” da cidade da Barra dos Coqueiros e de vários conjuntos habitacionais da cidade de Aracaju e N.S. do Socorro.

Conforme estudo realizado por Cruz (2009), todas as bacias hidrográficas sergipanas passam atualmente por diferentes estágios de degradação. Estas agressões são resultantes de atividades agrícolas, extrativistas, urbanas e industriais sendo que todas estas atividades alteram significadamente os processos hidrológicos influenciando na qualidade das águas do estado.

A bacia do rio São Francisco mostra-se bastante afetada e sofre intenso processo de agressão hidrológica. O rio apresenta potencial elevado de degradação em vários trechos, referente à implantação da hidrelétrica de Xingó, atividades agropecuárias, que compreende o plantio de arroz e coco até a criação de bovinos, equinos, ovinos e suínos. Na região, existe ainda uma avicultura pouco desenvolvida. Outro impacto importante esta associado à extração petrolífera no município de Brejo Grande e de despejos indevidos, já que a cidade não conta com uma infraestrutura sanitária adequada (SERGIPE, 2009).

O despejo e a velocidade de decomposição de materiais orgânicos nas águas sergipanas também passam por sérios problemas em determinados pontos, pois o aumento da oferta de efluentes orgânicos aumenta drasticamente, propiciando o crescimento exacerbado de algumas espécies de microrganismos naturais da região, decrescendo a qualidade da água e gerando efeitos indesejáveis, juntamente com a mistura de dejetos de ordem química, aumento da turbidez da água com conseqüente decréscimo da penetração da luz solar e da concentração de oxigênio dissolvido. Sob o ponto de vista ecotoxicológico, as espécies utilizadas para alimentação devem ser investigadas, pois podem promover, além de riscos ao ambiente, riscos à saúde dos humanos que a utilizarem para alimentação (ALVES & GARCIA, 2006).

A malha hidrológica do estado de Sergipe, portanto, passa por sérios riscos, pois os problemas aqui mencionados classificam-se em ordem de urgência pela tendência dominante de piora desse prognóstico ao longo de toda a costa. Ações em políticas públicas devem acontecer a fim de que se evitem danos ainda maiores, em escala regional. Pensar que a poluição não está condicionada apenas ao local dos despejos é essencial para a melhor compreensão da dimensão desse problema. “A maior parte da contaminação é concentrada na zona costeira a partir de uma variedade de fontes; no entanto, esses contaminantes podem ser transportados e depositados a longas distâncias” (KNAP *et al.*, 2002).

Para Mendonça (2005) a monitoração de algumas espécies de fauna aquática da região é um importante ponto de partida para a realização de estudos sobre as possíveis contaminações causadas por esgotamentos domésticos e industriais inadequados mediante a investigação da qualidade dos pescados utilizados como fonte de alimentação. O pescado é um alimento que há muito tempo, faz parte da dieta alimentar do ser humano e em vários países, constitui a principal fonte alimentar de proteína animal.

Durante muito tempo as pesquisas relacionadas com parasitas de peixes marinhos versavam sobre a taxonomia, tendo como resultado a descrição e o registro de numerosas espécies de protozoário, myxozoos, helmintos e crustáceos parasitas, contribuído de forma relevante para o conhecimento da biodiversidade. No entanto, nas últimas décadas houve o aparecimento de novas tendências na pesquisa ictioparasitológica mundial dentre as quais se destaca a análise ecológica do parasitismo, incluindo estudos de dinâmica populacional e estrutura das comunidades parasitárias (LUQUE, 2004).

Os parasitos são indicativos de muitos aspectos da biologia de seus hospedeiros, incluindo dieta, migração, “recrutamento”, desagregação de população e filogenia. Parasitos com ciclos de vida complexos tem a sua transmissão dependente da presença de uma variedade de hospedeiros intermediários invertebrados ou vertebrados, hospedeiros paratênicos e definitivos dentro do ecossistema (ANDERSON, 1988). A transmissão frequentemente ocorre pela relação predador-presa, por isso os parasitos dependem, e são indicativos, de interações tróficas e de estruturas de cadeia alimentar.

O hábito alimentar do peixe hospedeiro está diretamente relacionado à diversidade taxonômica das espécies endoparasitas. Peixes predadores não somente adquirem mais parasitas via dieta como também estão expostos a uma gama maior de espécies parasitas (LUQUE *et al.*, 2004).

Tendo os parasitos como indicadores da biologia do hospedeiro, de contaminantes ambientais e estrutura de cadeia alimentar, a comunidade parasitária de peixes pode ser um bom demonstrativo da saúde ambiental e biodiversidade (CHUBB, 1980, 1982; OVERSTREET, 1997, MARCOGLIESE, 2005).

Madi & Silva (2005) trabalhando com peixes predadores encontraram que a intensidade de infecção por larvas de *Contracaecum* sp. está diretamente relacionada com a estratégia de forrageamento. Alguns trabalhos foram realizados em relação à comunidade

parasitária de *Centropomus* sp, a maioria, porém, desenvolvido na região Sudeste (TAVARES & LUQUE 2001; 2003, 2007), sendo raros na região Nordeste, onde se limitam a relatos de ocorrência de uma determinada espécie parasita (ROBALDO & PADOVAN, 1998) e não ao estudo da estrutura da comunidade parasitária. Por esse motivo, o levantamento dos parasitas de espécies de peixes encontrados em toda a costa brasileira se faz necessário para o enriquecimento do conhecimento sobre a influência do ambiente nas comunidades parasitárias nas diversas regiões do Brasil.

O Brasil possui um dos mais extensos litorais do planeta e a produção pesqueira extrativa marinha foi de aproximadamente 500 mil toneladas no ano de 2005, representando 50% de toda a produção pesqueira do país naquele ano (IBAMA, 2006). Desta forma, o consumo de peixe é uma das fontes proteicas amplamente disponíveis em grandes áreas do território brasileiro, sendo que na região Nordeste chega a ocupar 20% do total de carnes consumidas (GERMANO & GERMANO, 2001). São escassos os estudos sobre a biodiversidade parasitária em pescados neste país, tornando escassos os relatos ou levantamentos principalmente relacionados à transmissão humana. Pesquisas sobre parasitas de peixes e suas implicações em saúde pública tornam-se urgentes devido ao crescimento da produção pesqueira nacional e do surgimento de novos hábitos da população em relação ao consumo de pescados.

Modificações no equilíbrio de ecossistemas aquáticos ocasionados pela antropização e pela descarga de despejos orgânicos domésticos podem refletir na variação de diversidade biológica da região e influenciar na saúde da fauna e da flora do ambiente. A constatação do grau de diversidade biológica existente e a quantificação desses agravos podem ser utilizadas como indicadores de poluição ambiental e de possíveis contaminações parasitárias em determinadas espécies faunísticas (MADI, 2005).

Para Galli *et al.* (2001), a reação que os parasitas possuem aos diferentes níveis de poluição da água pode ser diversificada, variando sempre conforme a sensibilidade de cada organismo parasito. Comumente, em ambientes com altos níveis de poluição existem baixos números de espécies parasitas de peixes, mostrando que o estresse do ambiente pode interferir na fauna parasitológica.

A observação da organização da cadeia alimentar e a relação dos parasitas que pode se apresentar em diversos níveis tróficos, podem apontar os efeitos adversos de vários poluentes ao longo da cadeia. A ictioparasitofauna pode por sua vez, refletir a exposição a estes poluentes em relação ao tempo e espaço, bem como indicar a ação de diversos

estressores como estresse térmico, acidificação, mudanças hidrológicas e eutrofização (MARCOGLIESE, 2005).

Algumas espécies de parasitas de peixes podem ser utilizadas como bioindicadoras de presença de metal nos ambientes aquáticos, pois podem realizar absorção de metais em peixes hospedeiros que se encontram em locais com altos índices destes contaminantes. Sures (1994) encontrou metais pesados em taxas significativamente mais elevadas nos tecidos de acantocéfalos do que nos encontrados em seus hospedeiros.

A presença dos metais e elementos traço no meio ambiente tem sido relacionada aos processos evolutivos da natureza e do homem. A influência exercida por estes elementos nos mecanismos bioquímicos de diversos organismos vem sendo alvo de inúmeras pesquisas. Comumente, devido às influências de atividades antrópicas e industriais, a presença de importantes quantidades de elementos químicos nos entornos de indústrias vem sendo encontradas, podendo contaminar todos os níveis da cadeia trófica da região afetada (RUBENSAM, 2004).

A definição de elementos traço é comumente utilizada para referência de elementos químicos que podem estar presentes no ambiente em baixas concentrações. Alguns elementos traço possuem papel fundamental no ponto de vista biológico e são considerados elementos essenciais, porém, sob condições específicas, podem tornar-se contaminantes e causar impactos negativos aos ecossistemas aquáticos e terrestres, podendo comprometer a saúde humana (CORTECCI, 2007).

De acordo com estudo realizado em pescados comercializados na cidade de São Paulo, Pedreira Filho *et al.* (2003), afirmam que toneladas de metais pesados, tais como mercúrio, prata, estanho, zinco, cromo, chumbo, alumínio, cádmio, cobre, arsênio são lançados diretamente em rios e mares, devido atividades industriais, e estes, acabam incorporados à cadeia alimentar dos pescados primeiramente por meio do plâncton, tornando-se a partir daí, biodisponíveis para a biota aquática.

De acordo com Licht (2001), águas superficiais, subsuperficiais, solos e sedimentos podem conter elementos traço. Processos naturais como o intemperismo em rochas e a lixiviação do solo podem influenciar no aparecimento de elementos traço em ambientes aquáticos. Entretanto, ações antropogênicas como a mineração e o despejo de efluentes industriais também podem contribuir para o aumento da concentração destes elementos nos ecossistemas aquáticos (CORTECCI, 2007).

Os metais do ponto de vista químico são elementos altamente reativos e que não podem ser destruídos, por este motivo, são difíceis de serem encontrados no seu estado puro nas águas. Podem ser encontrados em frações pequenas, ditas elementos traço, ou associadas a outros elementos químicos, formando assim minerais e rochas. Possuem também alta reatividade com células animais e vegetais, podendo formar complexos bioquímicos interagindo em sítios alvos (PEDREIRA FILHO *et al.*, 2003).

Nos peixes, o tegumento (pele e escamas), a via respiratória (brânquias e tegumento) e a via digestiva são as principais portas de entrada dos metais no organismo. Machado *et al.* (2002) afirma que mesmo em concentrações baixas na água, a bioacumulação nos metais nos peixes é evidente, podendo causar distúrbios no crescimento e na reprodução, causando inclusive alterações histopatológicas na pele, brânquias, rins e fígado do animal. Para Khan *et al.* (2005) o consumo humano de pescados com elevados teores de metais pode causar em longo prazo, intoxicação e danos à saúde humana.

Dados referentes à contaminação por elementos traços em *Centropomus undecimalis* também podem ser utilizados como importantes indicadores ambientais de contaminação por razões antrópicas. Uma grande concentração de indústrias, de comércios variados e de serviços está localizada no entorno da capital sergipana, na grande Aracaju, onde se encontra o município de Nossa Senhora do Socorro, que é, por sua vez, banhado pelo Rio do Sal, que desemboca no Rio Sergipe. Da mesma forma, ao longo do rio São Francisco até a sua foz, muitos setores industriais fazem uso da água enquanto recurso natural. Atualmente, a cidade de Brejo Grande localizada em sua foz, tem como atividade econômica a agricultura, pecuária, piscicultura, e a produção de petróleo (SERGIPE, 2009).

É importante que a concentração de contaminantes químicos seja avaliada no meio biótico, especialmente na comunidade piscívora. Desta maneira é possível observar as condições do ambiente e todo o ecossistema em relação à contaminação destes elementos e a possibilidade de contaminação humana e efeitos nocivos à saúde da população que do pescado se alimenta (KARA & ZEYTUNLUOGLU, 2007). De acordo com Bertolotti & Zagatto (2008), ensaios toxicológicos envolvendo organismos aquáticos são requeridos por diversos instrumentos legais com intuito de proteção à biota em corpos hídricos brasileiros.

Os reflexos da má qualidade da água e as suas consequências na sanidade dos pescados destinados ao consumo humano ainda é pouco conhecida no Brasil. Este problema indica a necessidade de produção de conhecimento sobre o assunto para

assegurar a sustentabilidade das atividades pesqueiras e para garantir, a boa qualidade de consumo dos alimentos de origem aquática pela população (LORENZON *et al.*, 2010).

4- METODOLOGIA GERAL

4.1- Caracterização dos locais de coleta

Região estuarina do Rio Sergipe na Grande Aracaju (Figura 1) – uma grande concentração de indústrias, de comércios variados e de serviços está localizada na capital sergipana e no seu entorno, onde se encontra o município de Nossa Senhora do Socorro, que é, por sua vez, banhado pelo Rio do Sal, este último desemboca diretamente no Rio Sergipe, próximo à região da sua foz.



Figura 1. Estuário do Rio Sergipe Aracaju, SE, Brasil.

Fonte: Fonte: <https://maps.google.com.br/maps>

Região estuarina do Rio São Francisco (Figura 2) (Brejo Grande) – o município de Brejo Grande está localizado no extremo nordeste do estado de Sergipe, a 137 km de Aracaju, em zona de planície litorânea, junto à foz do rio São Francisco. Limita-se a norte com o estado de Alagoas, a oeste com o município de Ilha das Flores e a sudoeste com Pacatuba. Ao sul o município limita-se com o oceano e ao leste com o rio São Francisco. O canal principal do São Francisco mostra uma derivada à direita, quase junto à foz, conhecida como canal do Parapuca, que se estende por quase 30 km através de um manguezal de cerca de 10.000 ha, indo desaguar mais ao sul da foz principal. O represamento das águas do Rio São Francisco vem ocasionando perda da força do rio na altura da foz permitindo o avanço do mar por 800 metros (SERGIPE, 2009).

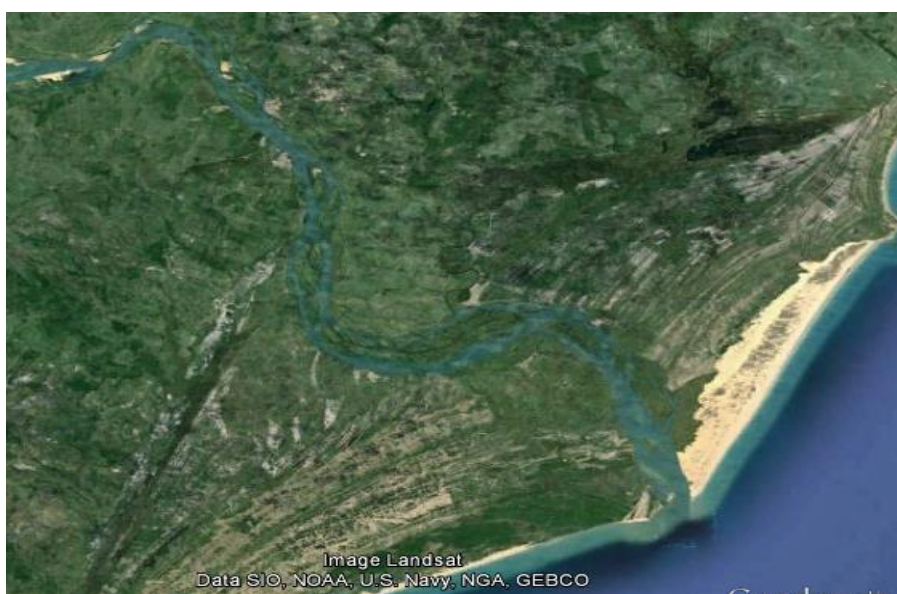


Figura 2. Estuário do Rio São Francisco Brejo Grande, SE, Brasil

Fonte: <https://maps.google.com.br/maps>

4.2- Amostras Biológicas

Foram adquiridos no período de novembro de 2012 a setembro de 2013, 124 exemplares de *Centropomus undecimalis* (Figura 3) diretamente de pescadores artesanais das regiões estuarinas dos rios Sergipe e São Francisco. Deste total, 83 peixes foram oriundos do estuário de Rio Sergipe e 41 do estuário do Rio São Francisco. A diferença observada nos números de peixes entre os locais onde as amostras foram coletadas estão diretamente relacionadas à oferta do pescado nos diferentes ambientes analisados.

Os exemplares coletados foram acondicionados em caixas isotérmicas e transportados para o Laboratório de Biologia Tropical do Instituto de Tecnologia e Pesquisa

da Universidade Tiradentes (LBT/ITP/UNIT) onde foram mantidos congelados até o momento das análises.

4.3 Biometria

As análises biométricas (peso e comprimentos padrão e total) foram realizadas no Laboratório de Biologia Tropical do Instituto de Tecnologia e Pesquisa (LBT/ITP) (EIRAS *et al.*, 2006).



Figura 3. Exemplar do robalo (*Centropomus undecimalis*) coletado em região estuarina de Sergipe, 2013. (Foto do autor).

4.4 Necropsia dos peixes, coleta e fixação dos parasitas

Para a pesquisa de helmintos e artrópodos parasitos, primeiramente foi realizada a observação da superfície externa do peixe, incluindo as nadadeiras, para a verificação da presença e contagem de ectoparasitos (larvas de trematódeos, artrópodos e monogênóides de superfície). Após exame da parte exterior do corpo, uma incisão longitudinal na região ventral dos peixes foi realizada, obedecendo a um padrão de corte que abrange a abertura urogenital em direção à cabeça, expondo assim os órgãos internos. Foram examinados em busca de parasitos as seguintes partes do pescado: musculatura, cavidade geral e opercular, olhos, intestinos, estômago, bexiga natatória, fígado, coração, gônadas e brânquias com auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico.

Para o estudo de monogênóides, as brânquias foram isoladas inteiras e mergulhadas em frascos com água a 56°C por um minuto. Em seguida, o líquido e as brânquias foram colocados em placa de Petri e analisadas isoladamente. Os monogênóides presentes foram contados e fixados em álcool 70%. Alguns exemplares foram corados pelo Tricrômico de Gomori e outros montados em meio de Hoyer para identificação usando

características morfológicas das partes esclerotizadas (EIRAS *et al.*, 2006; VIANNA *et al.*, 2008).

As larvas de nematódeos foram acondicionadas em solução salina 0,15M quente e conservados em solução de álcool 80% glicerinado a 10% (EIRAS *et al.*, 2006). Posteriormente as larvas de nematódeos coletados foram clarificados pelo lactofenol para auxiliar na identificação (FAGERHOLM, 1979).

Os exemplares de copépodos encontrados foram preservados em álcool 70% e posteriormente clarificados em ácido láctico 85% para identificação (TAVARES & LUQUE, 2001).

4.5 Índices epidemiológicos

Os cálculos da prevalência (P), da intensidade de infecção (II) e abundância média (AM) foram realizados a partir das definições apresentadas por Bush *et al.* (1997):

$$P = \frac{NP}{NE} \times 100 \qquad II = \frac{Nsp1}{NPsp1} \qquad AM = \frac{Nsp1}{NE}$$

Onde, NP é o número de peixes infectados por uma determinada espécie de parasito e NE é o número total de peixes examinados; Nsp1 é o número de indivíduos de uma determinada espécie parasita e NPsp1 é o número de peixes infectados por essa espécie.

4.6 Tratamento dos Dados

Foram aplicados os testes estatísticos “U” de Mann-Whitney para avaliar a intensidade de Infecção por sexo de larvas de *Hysterothylacium* e a abundância média por sexo de larvas de *Hysterothylacium* em espécimes de *Centropomus undecimalis* provenientes de ambos os estuários. O teste do X^2 com correção de Yates foi utilizado para comparar a prevalência de indivíduos parasitados por sexo. O teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a existência de correlação entre prevalência, peso e comprimento. Para verificar a existência de correlação entre comprimento do peixe versus intensidade de infecção e abundância parasitária por *Hysterothylacium*, utilizou-se o teste de Spearman. Todos os testes foram aplicados com intervalo de confiança igual a 5%, para isto foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

Os testes foram realizados com o intuito de verificar a existência de variação de níveis de infecção parasitológica e de concentração de elementos traço nas amostras obtidas em diferentes períodos do ano nos estuários do Rio Sergipe e São Francisco. O programa BioEstat e Statística versão 7.0 foi utilizado como suporte no que se refere ao tratamento dos dados encontrados.

4.8 Procedimentos analíticos para obtenção da concentração de elementos traço

4.8.1 Filetagem das amostras musculares

Para a quantificação de elementos traço, foram utilizadas amostras do filé do pescado, baseando a análise nas partes comestíveis do mesmo, a fim de verificar a presença destes elementos acima dos limites de tolerância estabelecidos pela ANVISA. A realização da análise para quantificação de elementos traço no fígado também foi realizada para verificar se o pescado sofreu exposição e possui em algum nível concentração exacerbada de metais. Para realização das análises, as porções úmidas pesaram aproximadamente 1,0 g do filé e todo o fígado de cada exemplar avaliado. Os mesmos foram acondicionados em recipientes plásticos esterilizados e congelados a -15°C até o momento da secagem das amostras.

4.8.2 Análise dos elementos traço

As amostras congeladas de filé e de fígado separadas por períodos de coleta foram dispostas em placas de Petri e submetidas ao aquecimento em estufa por 96 horas ou até estarem totalmente desidratadas. Posteriormente foram retiradas da estufa e ainda aquecidas, foram maceradas com auxílio de cadinho e pistilo de cerâmica até transformar-se em pó. Novamente a amostra foi submetida a 24 horas de secagem na estufa para perder por completo a umidade. Retiradas da estufa no dia seguinte, as amostras foram peneiradas em uma peneira com malha de 80 mesh. Em seguida, uma quantia de 0,6 gramas de cada amostra seca peneirada foi misturada a 1 grama de ácido bórico, e submetida à prensadas em uma prensa hidráulica juntamente com mais 2 gramas de ácido bórico, com uma pressão de 3 toneladas e posteriormente analisadas pelo ED-XRF (Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia) e por TXRF (Reflexão Total). Os elementos pesquisados foram Mg, Mn, Na, Cl, K, Fe, Cu, Zn, Se, I, As, Hg e Ca. A construção da curva analítica foi feita pela regressão linear com padrão

BB422 fish muscle da Merck® e para correção do efeito da matriz usou-se o método de parâmetro fundamental.

5- REFERÊNCIAS

ALVES, J.P.H. & GARCIA, C.A.B. **O rio Sergipe no entorno de Aracaju: Qualidade da água e poluição orgânica.** In: J.P.H. Alves (org.). Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação. Aracaju, SE: Ós Editora, p. 87-109. 2006.

ANDERSON, R.C. Nematode transmission patterns. **J. Parasitol.**, 74: 30-45, 1988.

ARAÚJO, H.M.P. **Estuário do rio Sergipe: Importância e vulnerabilidade.** In: J.P. Hora Alves (org.). Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação. Aracaju, SE: Ós Editora, p.65-85. 2006.

AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. *BioEstat 5.0: Statistical applications in biomedical sciences.* Sociedade Civil Mamirauá. Imprensa Oficial do Estado do Pará, Belém. 324p. 2007.

BERTOLETTI, E. & ZAGATTO, P.A. Aplicação dos ensaios ecotoxicológicos e legislação pertinente. In: Zagatto, P.A. & Bertoletti, E. (eds), **Ecotoxicologia aquática: Princípios e aplicações.** São Carlos: RIMA Ed. p. 347-382, 2008.

BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M. & SHOSTAK, A.W. Parasitology meet ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. **J. Parasitol.**, 83: 575-583, 1997.

CARVALHO, M.E.S. & FONTES, L. Estudo Ambiental da Zona Costeira Sergipana como Subsídio ao Ordenamento Territorial. **Geonordeste** (UFS), 1: 10-40, 2006.

CHUBB, J.C. Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes. Part III. Larval Cestoda and Nematoda. **Adv. Parasitol.**, 18: 1-120, 1980.

CHUBB, J.C. Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes. Part IV. Adult Cestoda, Nematoda and Acanthocephala. **Adv. Parasitol.**, 20: 1-292, 1982.

CORTECCI, G. Geologia e saúde. 30 p. 2007. Disponível em: <www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf>.

CRUZ, M.A.S. **Caracterização da bacia do rio Japarutuba em Sergipe com auxílio de geotecnologias**. Anais do II Seminário de Recursos Hídricos da bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade. Taubaté, 617-624. 2009.

Disponível em: < <http://www.ipabhi.org/serhidro2009/anais/anais2009/doc/pdfs/p86.pdf> >
Acesso em 04 de abril de 2012.

EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. **Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes**. Maringá/PR: Editora Universidade Estadual de Maringá, 2006.

FAGERHOLM, H.P. Nematode length and preservatives, with a method for determining the length of live specimens. **J. Parasitol.**, 65: 334-335, 1979.

FEITOSA, C.O. Reflexões Acerca do Urbano em Sergipe. **Rev. Econ. do Nordeste, Fortaleza**, 37(3): SP, 2006.

Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/Publicacoes/REN-Numeros_Publicados/docs/ren2006_v37_n3_a3.pdf> Acesso em 04 de abril de 2012.

PEDREIRA FILHO, W.R.; RIBEIRO, E.F; LIZARTE NETO, F.S. Elementos metálicos em pescados comercializados na cidade de São Paulo. Conscientia e Saúde. **Rev. Cient., UNINOVE**, 2: 61-65, 2003.

FREITAS, C.M.; PORTO, M.F. **Saúde, Ambiente e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2006.

GALLI, P.; CROSA, G.; MARINIELLO, L.; ORTIS, M.; D'AMELIO, S. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. **Hydrobiologia**, 452: 173-179, 2001.

GERMANO, P.M.L. & GERMANO, M.I.S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentação**. São Paulo: Varela, São Paulo, 2001.

GODINHO, A. L. & GODINHO, H.P. **Breve visão do São Francisco**. In: Godinho, H.P. & Godinho, A. L. (org). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003.

HUSS, H.H. **Garantia da qualidade dos produtos da pesca**. FAO Documento técnico sobre as pescas nº 334. Roma: FAO, 1997.

IBGE Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades @, 2013** <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=280030&search=sergipe|aracaju>> Acesso em 17 de setembro de 2013.

IBAMA - MMA. **Estatística da Aqüicultura e Pesca no Brasil – ano 2005** (tabelas). – Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca 115p. 2006.

KARA, Y. & ZEYTUNLUOGLU, A. Bioaccumulation of Toxic Metals (Cd and Cu) by *Groenlandia densa* (L.) Fourr. **Bull. Environ. Contam.Toxicol.**, 79: 609-612, 2007.

KHAN, R.; ISRAILI, S.H.; AHMAD, H. & MOHAN, A. Heavy Metal Pollution Assessment in Surface Water Bodies and its Suitability for Irrigation around the Neyevli Lignite Mines and Associated Industrial Complex, Tamil Nadu, India. **Mine Water and the Environ.**, 24: 155-161, 2005.

KNAP, A; DEWAILLY, E; FURGAL, C; GALVIN, J; BADEN, D; BOWEN, R. E.; DEPLEDGE, M; DUGUAY, L; FLEMING, L. E.; FORD T; MOSER,F; OWEN,R; SUK, W. A.; UNLUATA U. Indicators of Ocean Health and Human Health: Develop. **Res. and Monit. Framework. Environ. Health Persp.**, 110(9): 839-845, 2002.

LICHT O.A.B. **A Geoquímica multielementar na região ambiental: Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná**. 2001. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

LORENZON, C.S.; JUNIOR, P. G.; PINTO, R.F.; SCHOLTEN,C.; HONDA,S.N.; AMARAL,A.L. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do estado de São Paulo. **Arq. Inst. Biol.**, 77(4): 617-624, 2010.

LUQUE, J.L. Parasitologia de peixes marinhos na América do Sul: estado atual e perspectivas. In: Ranzani-Paiva, M.J.T.; Takemoto, R.M. & Lizama, M.A.P. (Eds.) **Sanidade de organismos aquáticos**. Maringá: Editora Varela, 2004.

LUQUE, J.L.; MOUILLOT, D.; POULIN, R. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. **Parasitol.**, 128: 671-682, 2004.

MACHADO, I.; MAIO, F.D.; KIRA, C.S.; CARVALHO, M.F.H. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 61(1): 13-18, 2002.

MADI, R.R. **Utilização dos helmintos parasitos de *Geophagus brasiliensis* (Quoy e Gaimard, 1824) (Cichlidae; Perciformes) como indicadores ambientais**. Campinas, São Paulo. 2005, 121 p. Tese (Doutorado em Parasitologia) - Universidade Estadual de Campinas.

MADI, R.R. & SILVA, M.S.R. *Contraecaecum* Railliet & Henry, 1912 (Nematoda, Anisakidae): o parasitismo relacionado à biologia de três espécies de peixes piscívoros no reservatório do Jaguari, SP. **Rev. Bras. Zootecias**, 7: 15-24, 2005.

MARCOGLIESE, D.J. Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health. **Inter. J. for Parasitol.**, 35: 705-716, 2005.

MEDEIROS, P.R.P.; OLIVEIRA, A.M.; LIMA, E.L.R.; HERNANDEZ, A.O.; SILVA, W.F. **Abordagem preliminar da intrusão salina no estuário do Rio São Francisco (AL/SE)**. Anais III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO. 2008. I Congresso Ibero-Americano de Oceanografia – I CIAO Fortaleza (CE).

MENDONÇA, M.C.F.B. **Autoecologia do Camorim, *Centropomus undecimalis* (BLOCH, 1792), (PERCIFORMES: CENTROPOMIDAE) em ambiente hipersalino em galinhos, RN, Brasil**. 2005. São Carlos, RJ. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos.

MERICO, L.F. K. **Economia e sustentabilidade: O que é, como se faz**. 2ª ed. São Paulo: Editora Loyola, 2009.

OVERSTREET, R.M. Parasitological data as monitors of environmental health. **Parasitol.**, 39: 169-175, 1997.

ROBALDO, R.B & PADOVAN I.P. *Acanthocollaritrema umbilicatum* Travassos, Freitas & Bürn heim, 1965 (Digenea: Acanthocollaritrematidae) from the common snook, *Centropomus undecimalis*, from Itamaracá, State of Pernambuco, Brazil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 93: 303-307, 1988.

ROCHA, A.F. **Caracterização da bacia hidrográfica do Rio Sergipe**. Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação. Aracaju: Ós Editora, 2006.

RÜBENSAM, G. **Revisão em geoquímica e ecotoxicologia dos metais chumbo, cobre, cromo e zinco**. 2004. Periódico Tchê Química, 1(1) 37-53, 2004.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Situação atual do grupo de ecossistemas: “manguezal, marisma e apicum” incluindo os principais vetores de pressão e as perspectivas para sua conservação e usos sustentáveis**. São Paulo, Brasil. P.155. s/d. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round8/round8/guias_r8/perfuracao_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/manguezal_marisma_apicum.pdf> Acesso em 04 de abril de 2012.

SUPES. Secretaria de Estado de Planejamento. Governo Estadual de Sergipe. 2009. **Diagnostico socioeconômico do município de Brejo Grande**. Superintendência de Estudos e Pesquisas – Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=1330.>>

SERGIPE. Secretaria de estado do planejamento e da Ciência e Tecnologia. SEPLANTEC. Superintendência de estudos e pesquisas – SUPES. **Perfis municipais: Brejo Grande**. 2009. Disponível em: <cprm.gov.br/pub/pdf/dehid/Sergipe/Brejogrande.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2012.

SURES, B.; TARASCHEWSKI, H.; JACKWERTH, E. Comparative study of lead accumulation in different organs of perch (*Perca fluviatilis*) and its intestinal parasite *Acanthocephalus lucii*. Bull. of Environ. **Contamin. and Toxicol.**, 52: 269-273, 1994.

TAVARES, L.E.R. & LUQUE, J.L. Aspectos quantitativos das infrapopulações de *Caligus praetextus* Bere, 1936 (Copepoda, Caligidae) parasitos do robalo *Centropomus undecimalis*

(Bloch, 1792) (Osteichthyes, Centropomidae) no litoral do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Bras. **Zoociências**, 3: 253-258, 2001.

TAVARES, L.E.R. & LUQUE, J.L. A New Species of *Acantholochus* (Copepoda: Bomolochidae) Parasiticon *Centropomus undecimalis* (Osteichthyes: Centropomidae) from the Coastal Zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, 98(2): 241-245, 2003.

TAVARES, L.E.R. & LUQUE, J.L. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. **Zootaxa**, 1579: 1–39, 2007.

VIANNA, R.T.; BOEGER, W.A.; SILVA-SOUZA, A.T. Neotropical Monogenoidea. 52. *Diechodactylusjoaberi* n. g., n. sp. from the banded knife fish *Gymnotuscarapo* (Gymnotiformes: Gymnotidae) in southeastern Brazil. **Syst. Parasitol.**, 69:45–50, 2008.

6 – ARTIGO

**ANÁLISE DE METAZOÁRIOS PARASITAS E DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO
EM FILÉ E FÍGADO DE *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Pisces:
Centropomidae) PROVENIENTES DA REGIÃO ESTUARINA DA COSTA SERGIPANA,
SERGIPE – BRASIL.**

Artigo formatado e enviado à Revista: “Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e
Zootecnia”

Análise de metazoários parasitas e determinação de elementos traço em filé e fígado de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Pisces: Centropomidae) provenientes da região estuarina da costa sergipana, Sergipe – Brasil.

(Analysys of the metazoan parasites and assessment of the trace elements in the *Centropomus undecimalis* from the estuarine coast of the state of Sergipe – Brazil).

Santos, L.X.C.¹ Eckert, N.O.S.¹ Madi, R.R.¹ Ferreira, A.B.² Alves, J. P.H.² Marques, M.N.¹
Jeraldo, V.L.S.¹

¹Instituto de Tecnologia e Pesquisa-ITP - Aracaju/SE

²Instituto de Tecnologia e Pesquisa de Sergipe-ITPS – Aracaju, SE

RESUMO

Centropomus undecimalis (robalo) é um peixe estuarino, importante recurso pesqueiro na costa do Nordeste do Brasil e, portanto, na costa do estado de Sergipe. O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento da fauna de metazoários parasitas do robalo e avaliar os elementos traço encontrados na musculatura e no fígado de peixes provenientes dos estuários dos rios Sergipe e São Francisco, no estado de Sergipe/Brasil. No período de novembro de 2012 a setembro de 2013, foram avaliados 124 exemplares do robalo fornecidos por pescadores artesanais das áreas de estudo, sendo 83 exemplares oriundos do estuário de rio Sergipe e 41 do rio São Francisco. Os exemplares coletados foram submetidos à biometria e à necropsia, para coleta dos parasitas utilizando técnicas padrões em ictioparasitologia. Após análise parasitológica, foi realizada a filetagem da musculatura e a retirada total do fígado para posterior análise dos elementos traço. A quantificação de elementos traço do fígado e da musculatura (filé) foi realizada utilizando a técnica analítica nuclear de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF). Foram encontrados três espécies de parasitas nos exemplares avaliados: o monogenóide *Rhabdosynochus nigrescens*, com prevalência de 4,03% e intensidade de infecção de 1,2; o copépoda *Lernanthropus gisleri*, com prevalência de 32% e intensidade de infecção de 1; e larvas do anisaquídeo

Hysterothylacium sp, com prevalência de 75,8% e intensidade de infecção 16,33. De acordo com a portaria 685/08 da ANVISA foram encontrados valores acima dos limites máximos permissíveis para a presença de Se e As na musculatura do pescado, entretanto não houve correlação com a presença de parasitas.

Palavras Chave: Robalo, parasitismo, ecotoxicologia.

ABSTRACT

The common snook *Centropomus undecimalis* is an estuarine fish and important fishery resource on the coast of Northeast Brazil and therefore on the coast of the state of Sergipe. The aim of this work was to collect and collate data on the metazoan parasites present in the bass from the estuarine rivers Sergipe and São Francisco, in the state of Sergipe, and to evaluate the trace elements in its muscles and liver. From November 2012 and September 2013, 124 bass samples, supplied by native fishermen of the studied area, were analysed: 83 coming from River Sergipe, and 41 from River San Francisco. The collected samples were submitted to biometrics, for the measurement of their average weight, total length and standard length, and to necropsy, for the collection of parasites through typical techniques in ichthyoparasitology. After the ichthyoparasitological analysis, this study proceeded to CUT the muscles and to remove the liver of the fish for the assessment of trace elements. The quantity of trace elements in the liver and the muscles of the fish was assessed through the Energy Dispersive X-ray Fluorescence (ED-XRF) analytical technique and the Total X-ray Fluorescence (TXRF) technique. Three species of parasites were found in the samples: the monogenoidea *Rhabdosynochus nigrescens*, accounting for 4,03% of the total and for 1,2 of the total infection intensity; the copepod *Lernanthropus gisleri*, accounting for 32% of the total and for 1 of the infection intensity; and larvae of the anisakidae *Hysterothylacium* sp, accounting for 75,8% of the total and for 16,33 of the infection intensity. According to the decree 685/08 of ANVISA above the permissible values for the presence of Se and As in fish muscle were found, although there was no correlation with the presence of parasites.

Keywords: Common snook, parasitism, ecotoxicology.

INTRODUÇÃO

Para Mendonça (2005) a monitoração de algumas espécies da fauna aquática é um importante ponto de partida para a realização de estudos sobre a possível contaminação

causada por esgotamento doméstico e/ou industriais inadequados mediante a investigação da qualidade dos pescados utilizados como fonte de alimentação. Por sua vez, a fauna parasitária de peixes pode refletir a exposição a estes poluentes em relação ao tempo e espaço, bem como indicar diversos estressores como estresse térmico, acidificação, mudanças hidrológicas e eutrofização (Marcogliese 2005).

O estuário do Rio Sergipe, recebe despejos de indústrias de diversos segmentos além de receber o efluente da estação de tratamento de efluentes de Aracaju e uma importante parcela de esgoto “in natura” da cidade da Barra dos Coqueiros e de vários conjuntos habitacionais da região metropolitana (Araújo, 2006; Alves, 2006).

O estuário do rio São Francisco por sua vez, localizado entre os estados de Sergipe e Alagoas, sofre impacto proveniente das atividades econômicas como a cultura do arroz e fazendas de coco. A agropecuária no entorno do estuário do rio São Francisco constitui em uma potencial fonte de poluição, bem como a falta de infraestrutura sanitária adequada (Sergipe, 2009).

Dentre estes elementos poluentes, os elementos traço que apesar de exercer papel fundamental do ponto de vista biológico e são considerados elementos essenciais, sob condições específicas, podem tornar-se contaminantes e causar impactos negativos aos ecossistemas aquáticos e terrestres, além de comprometer a saúde humana (Cortecci, 2007). De acordo com Licht (2001), águas superficiais, subsuperficiais, solos e sedimentos podem conter elementos traço. Processos naturais como o intemperismo em rochas e a lixiviação do solo podem influenciar no aparecimento de elementos traço em ambientes aquáticos. Entretanto, ações antropogênicas como a mineração, despejos de esgotos domésticos e o de efluentes industriais também podem contribuir para o aumento da concentração destes elementos nos ecossistemas aquáticos (Cortecci, 2007).

A espécie *Centropomus undecimalis*, conhecido como camorim ou robalo, é um peixe bastante utilizado para consumo e comercialização, especialmente pela qualidade da sua carne que é branca, delicada e com pouca gordura. Preferem frequentar áreas rasas com substrato mole permanecendo no fundo, onde mostra-se um excelente predador (Cerqueira, 2005). Desta forma à contaminação por elementos traço em *C. undecimalis* pode ser utilizado como indicador ambiental de contaminação. Através de uma compilação de estudos sobre a utilização de parasitas como bioindicadores de impacto ambiental, Lafferty (1997), avaliou o impacto das interações antrópicas em parasitas e como eles podem responder as alterações do habitat devido a mudanças fisiológicas e/ou de composição química. O presente trabalho teve

como objetivo analisar amostras do *C. undecimalis* coletados em duas áreas estuarinas do litoral sergipano em relação à parasitofauna e presença de elementos traço em filés e fígado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram adquiridos no período de novembro de 2012 a setembro de 2013, 124 exemplares de *C. undecimalis* de pescadores artesanais das regiões estuarinas dos rios Sergipe (83) e do rio São Francisco (41). Os exemplares foram acondicionados em caixas isotérmicas e transportados para o Laboratório de Biologia Tropical do Instituto de Tecnologia e Pesquisa (LBT/ITP). Foram obtidos dados biométricos (comprimento total, padrão e peso) (Eiras *et al.* 2006).

Para a pesquisa de helmintos e artrópodes parasitos, foi observada a superfície externa do peixe, incluindo as nadadeiras, para a verificação da presença e contagem de ectoparasitos presentes. Durante a necropsia foram examinados em busca de parasitos as seguintes partes do pescado: musculatura, cavidade geral e opercular, e demais órgãos internos, com a utilização de microscópio estereoscópico e microscópio óptico.

Os monogênóides encontrados foram isolados e corados usando técnicas padrão e a identificação realizada pela avaliação morfológica das partes esclerotizadas (Eiras *et al.* 2006; Vianna *et al.* 2008).

As larvas de nematódeos foram relaxadas em solução salina 0,15M quente e conservados em solução de álcool 80% glicerinado a 10%, para posterior identificação foram clarificados em lactofenol. Os exemplares de copépodos foram preservados em álcool 70% e posteriormente clarificados em ácido láctico 85% para identificação (Eiras *et al.* 2006).

Para a quantificação de elementos traço, foram utilizadas amostras do filé do pescado, baseando a análise nas partes comestíveis do mesmo e do fígado. As amostras congeladas de filé e de fígado foram desidratadas por aquecimento em estufa. Posteriormente macerados e peneirados em malha de 80 mesh. Em seguida, uma quantia de 0,6 gramas de cada amostra foi misturada com ácido bórico, e submetida à pressão para formação de uma pastilha. As pastilhas foram prensadas em uma prensa hidráulica, com uma pressão de 3 toneladas e submetidas a análise pelo ED-XRF (Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia) e por TXRF (Reflexão Total), e utilizadas para determinação dos elementos traço Mn, Ca, Hg, Mg, Cd, Na, Cl, K, Fe, Cu, Zn, Se, I e As. A construção da curva analítica foi feita pela regressão linear com padrão BB422 fish muscle da Merck® e para correção do efeito da matriz usou-se o método de parâmetro fundamental.

Foram aplicados os testes estatísticos “U” de Mann-Whitney para avaliar a intensidade de infecção por sexo de larvas de *Hysterothylacium* e a abundância média por sexo de larvas de *Hysterothylacium* em espécimes de *Centropomus undecimalis* provenientes de ambos os estuários. O teste X^2 com correção de Yates foi utilizado para comparar a prevalência de indivíduos parasitados por sexo. O teste de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a existência de correlação entre prevalência, peso e comprimento. Para verificar a existência de correlação entre comprimento do peixe versus intensidade de infecção e abundância parasitária por *Hysterothylacium*, utilizou-se o teste de Spearman. Todos os testes foram aplicados com intervalo de confiança igual a 5%, para isto foi utilizado o programa BioEstat 5.0 (AYRES et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados biométricos das amostras coletadas de ambos os estuários entre o período de novembro de 2012 a setembro de 2013 foram os seguintes: peso médio de 146,52 g, com desvio padrão de 34,93 e intervalo de 75-236; comprimento total médio de 24,29 cm \pm 2,09 com intervalo de 19,3-31,5. Observou-se durante todo o período de coleta uma maior oferta do robalo no estuário do Rio Sergipe se comparado às coletas realizadas no Rio São Francisco. Em ambos os estuários, os peixes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas de peso e comprimento.

Foram encontrados três espécies de parasitas, sendo que nos peixes provenientes do rio São Francisco não houve ocorrência de copépodos. Os ectoparasitas encontrados foram o monogenóide *Rhabdosynocus nigrescens* e o copépoda *Lernanthropus gisleri*. O endoparasita encontrado de forma abundante nas amostras de ambos os estuários foi representado pelas larvas do nematoda anisquídeo *Hysterothylacium* sp. A tabela 1 mostra a abundância média, a prevalência, a intensidade de infecção e o respectivo sítio de infecção das amostras avaliadas em ambos os estuários.

Não foram observadas diferenças significativas em relação à prevalência de parasitas por sexo dos espécimes de *C. undecimalis* ($P > 0,05$).

O índice de agregação (k) para a larva do nematódeo *Hysterothylacium* sp. foi calculado de acordo com Von Zuben (1997), onde o $K=0,599$. Foi realizado o teste de correlação de Mann-Whitney entre as variáveis sexo e distribuição de parasitismo e sexo versus intensidade de infecção, em ambos os casos foram observadas diferenças significativas

em relação à abundância média e a intensidade de infecção pelo nematoda *Hysterothylacium* sp. (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 1. Distribuição de parasitas, prevalência, abundância, intensidade e sítio de infecção em *Centropomus undecimalis* proveniente de áreas estuarinas da costa de Sergipe, Brasil.

| Parasitas | Prevalência % | Abundância Média | Intensidade média de Infecção | Sítio de Infecção |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|
| <i>Lernanthropus gisleri</i> | 32 | 0,03 ± 0,18 | 1 | Brânquias |
| <i>Hysterothylacium</i> sp. | 75,8 | 12,51 ±16,53 | 16,33 | Estômago Intestino |
| <i>Rhabdosynocus nigrescens</i> | 4,03 | 0,05 ±0,25 | 1,2 | Brânquias |

Tabela 2. Teste de Correlação (Mann-Whitney) entre abundância média por sexo de larvas de *Hysterothylacium* em espécimes de *Centropomus undecimalis* provenientes de áreas estuarinas da costa de Sergipe, Brasil.

| Sexo | Abundância Média | Intervalo de confiança* |
|--------------|-------------------------|--------------------------------|
| Fêmea | 16,46 | P<0,05 |
| Macho | 10,18 | |

Tabela 3. Teste de Correlação de Mann-Whitney equivalente à intensidade de Infecção por sexo de larvas de *Hysterothylacium* em espécimes de *Centropomus undecimalis* provenientes de áreas estuarinas da costa de Sergipe, Brasil.

| Sexo | Intensidade de Infecção | Desvio Padrão | Intervalo de confiança* |
|--------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Fêmea | 20,46 | 19,90 | P= 0,015 |
| Macho | 13,69 | 14,75 | |

Quando avaliada a prevalência em relação ao peso e comprimento, não foram encontrados resultados significativos. No entanto, quando avaliada a intensidade de infecção com peso e comprimento, os resultados mostraram que quanto maior o peixe maior foi a intensidade de infecção. Da mesma forma, quanto maior o tamanho do peixe, maior a

abundância de parasitas. Este fato pode indicar que o aumento da intensidade de infecção relacionada ao peso pode estar relacionado à dieta - bem como ao comprimento, que por sua vez, pode estar associado ao tempo de vida do peixe.

A literatura aponta a ocorrência de larvas de anisquídeo que parasitam peixes marinhos no Brasil. Um estudo de Luque e Poulin (2004) relata a ocorrência de 44 espécies de peixes marinhos coletados no litoral do Rio de Janeiro parasitados com larvas de anisquídeos distintas, entre eles *C. undecimalis*.

As larvas de *Hysterothylacium* sp. (NEMATODA: ANISAKIDAE) encontradas neste trabalho possuem: morfologia, comprimento total e tamanho de esôfago condizentes com *Hysterothylacium* KB sensu Petter e Sey, (1997).

De acordo com Khaleghzadeh-Ahangaret *et al.* (2011) o estudo de larvas do anisquídeo *Hysterothylacium* sp. pode ser uma ferramenta importante para verificar a presença de Pb e Cd. Após estudo realizado pelo autor, foi verificado que as larvas do anisquídeo continham concentração de cádmio e chumbo maior que a concentração encontrada nos tecidos do peixe hospedeiro.

Pouco citada em estudos brasileiros, o copépoda *L. gisleri* é uma espécie amplamente distribuída em mares e oceanos do mundo, ocorrendo registros em peixes no oceano Atlântico, mar Mediterrâneo e costa da Bélgica, sendo *C. undecimalis* um dos principais hospedeiros de *L. gisleri* na América do Norte (Fonseca, 2003).

A espécie de monogênea encontrada nas brânquias de peixes provenientes de ambos os estuários foi *R. nigrescens*. De acordo com estudo realizado por Kritsky *et al.* (2010), *Rhabdosynocus* sp. costuma parasitar algumas espécies de *Centropomus* sp., a exemplo de *C. parallelus*, *C. undecimalis* e *C. pectinatus*. Para Domingues e Boeger (2008), *R. nigrescens* é um parasita comum encontrado nas brânquias de peixes da família Centropomidae.

As análises químicas realizadas nas amostras de *C. undecimalis* com o intuito de verificar a quantificação de elementos traço determinaram valores elevados quando comparados aos valores que a legislação brasileira permite para alimentação humana. A ANVISA através da Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998, determina valores máximos permitidos (VPM) para concentração de alguns contaminantes químicos com toxicidade para seres humanos, afim de que se possa garantir, através de fiscalização constante, uma alimentação saudável. Porém, pode-se observar que foram quantificadas em partes comestíveis das amostras do robalo, níveis acima dos VMP controlados pela legislação brasileira para selênio e arsênico. Os resultados das amostras de filé de robalo oriundos do rio

Sergipe apresentaram valores cinco vezes maiores para o selênio e treze vezes maiores para o arsênico (Tabela 4).

O acúmulo de elementos químicos no ecossistema aquático pode levar a exposição de peixes e resultar em alterações que podem prejudicar as funções fisiológicas e até causar danos letais, dependendo da sua concentração (Jobling, 1995). Quando disponíveis nos ambientes aquáticos, os poluentes podem ser absorvidos pela fauna, tratando-se de peixes, podem acumular-se no fígado, importante órgão metabolizador destes elementos.

Tabela 4. Concentração de elementos traço no filé do *Centropomus undecimalis* da região estuarina do rio Sergipe, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA.

| Elementos Traço | Faixa de Concentração (mg.kg⁻¹) | Média Concentração (mg.kg⁻¹) | Desvio Padrão | ANVISA Portaria nº 685/89 |
|----------------------------|---|--|--------------------------|--|
| Na | 1,796 - 1,948 | 1,871 | 0,046 | - |
| Cl | 0,000 – 1,226 | 0,810 | 0,472 | - |
| K | 1,898 – 4,786 | 4,019 | 0,842 | - |
| Mn | ND* | ND | - | - |
| Fe | 3,722 – 18,876 | 12,263 | 5,295 | - |
| Cu | 1,201 – 2,516 | 1,615 | 0,417 | 30 |
| Zn | 16,254 – 7,150 | 16,816 | 0,316 | 50 |
| Se | 1,454 – 1,548 | 1,495 | 0,034 | 0,3 |
| I | 1,688 – 12,898 | 1,831 | 0,092 | - |
| As | 1,959 – 14,152 | 13,583 | 0,092 | 1,0 |

*Não detectado

Da mesma forma nas amostras de filé de robalos provenientes do estuário do rio São Francisco, foram observados valores acima de aqueles estabelecidos pela ANVISA (Tabela 5).

Tabela 5. Concentração de elementos traço em filé de *Centropomus undecimalis* da região estuarina do Rio São Francisco, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA.

| Elementos Traço | Faixa de Concentração (mg.kg⁻¹) | Média Concentração (mg.kg⁻¹) | Desvio Padrão | ANVISA Portaria nº 685/89 |
|----------------------------|---|--|--------------------------|--|
| Na | 1,799 – 1,866 | 1,833 | 0,033 | - |
| Cl | 1,058 – 1,115 | 1,092 | 0,023 | - |
| K | 4,046 – 4,885 | 4,354 | 0,348 | - |
| Mn | ND | ND | - | - |
| Fe | 9,522 – 16,735 | 9,522 | 5,616 | - |
| Cu | 1,497 – 2,115 | 1,538 | 0,373 | 30 |
| Zn | 16,148 – 16,617 | 16,148 | 0,386 | 50 |
| Se | 1,416 - 1,474 | 1,416 | 0,048 | 0,3 |
| I | 1,717 - 1,78 | 1,717 | 0,076 | - |
| As | 12,939 - 13,387 | 12,939 | 0,362 | 1,0 |

O fígado é o primeiro órgão responsável pela biotransformação de poluentes e xenobióticos nos peixes, responsável pela metabolização e excreção destes elementos. A bioacumulação hepática ocorre devido à exposição dos hepatócitos a agentes químicos presentes no ambiente ou mesmo através da cadeia alimentar, onde peixes predadores, como o robalo, ao alimentar-se de organismos menores e também contaminados bioacumulam tais toxinas. A sensibilidade hepática dos peixes tem sido utilizada em estudos toxicológicos como um importante bioindicador de poluentes ambientais, assim, os efeitos hepatotóxicos podem ser utilizados como biomarcadores de poluição aquática (Hinton *et al.* 1992).

As concentrações de elementos traço no fígado do robalo provenientes dos estuários dos rios Sergipe e São Francisco mostraram-se mais altas quando comparadas as concentrações encontradas no filé. Como não existem parâmetros para medir concentrações toleráveis no fígado não é possível definir se estas são ou não prejudiciais à saúde do peixe e/ou do homem.

Tabela 6. Concentração média de Se e As em filé e fígado de *Centropomus undecimalis* da região estuarina dos rios Sergipe e São Francisco, bem como os limites estabelecidos pela Portaria 685/89 da ANVISA (VMP).

| Estuário | Selênio* | | Arsênico** | |
|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Filé | Fígado | Filé | Fígado |

| | | | | |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Rio Sergipe | 1,495 | 1,696 | 13,583 | 15,091 |
| Rio São Francisco | 1,416 | 1,727 | 12,939 | 15,210 |

* VMP Selênio = 0,3

** VMP Arsênio = 1,0

Os altos valores de As e Se encontrados no fígado podem ser interpretados como parte do processo de metabolização, já que esse órgão é responsável pelo processamento de xenobióticos. Acredita-se que o modo de incorporação hepática ocorre devido à exposição ambiental, através da água. Por outro lado, os valores elevados no filé indicam a bioacumulação destes elementos via cadeia alimentar, devido ao hábito predador do *C. undecimalis* (Seixas *et al.* 2006).

Os elementos químicos são chamados de elementos traço quando se apresentam em baixas concentrações ($< 1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), podendo ser encontrados livres nos ambientes e nos organismos biológicos. Podem ser biologicamente essenciais nestas condições para os organismos vivos, porém quando em concentrações acima da quantidade necessária as funções metabólicas, podem tornar-se completamente dispensáveis aos organismos e tornarem-se tóxicos mesmo em baixas concentrações, como o caso do arsênio (Garcia, 2011).

Os sistemas aquáticos podem ser considerados a principal via de intoxicação de seres humanos por poluentes, tornando-se muito comum pelo consumo de pescados contaminados. Entre os vários fatores que podem influenciar no grau de exposição de seres humanos a determinados poluentes de origem alimentar destaca-se a frequência da ingestão de pescados e a preferência por determinadas espécies predadoras. A ingestão de pescado contaminado pode elevar de 20 a 40 vezes os riscos a saúde se comparado à ingestão de água contaminada. Este fator deve-se a capacidade que os organismos aquáticos possuem em concentrar os elementos traço até dez vezes mais que as concentrações observadas no meio ambiente (Mackay, 1991).

A importância de compreender as causas da bioacumulação do selênio em organismos aquáticos envolve o entendimento de processos fisiológicos e toxicológicos. O ambiente contaminado, proporciona impregnação do selênio em produtores primários e aos seus respectivos consumidores, iniciando um processo de contaminação para a biota aquática, por meio da cadeia alimentar. A fauna bentônica por sua vez, torna-se uma importante fonte de contaminação por Se. Os moluscos bivalves filtradores assim como os peixes, tornam-se biomonitores de selênio nestes ambientes (Seixas *et al.* 2007). A contaminação por selênio

impacta os sistemas aquáticos podendo causar danos cumulativos consideráveis a biota, podendo por fim resultar na mortalidade de peixes.

O arsênico possui apresentações químicas inorgânicas e orgânicas, onde os mecanismos de ação tóxica causados por este elemento químico será determinado pela exposição às determinadas espécies arsênicas, podendo estas interagir com proteínas e enzimas de organismos vivos, alterando-os. Dentre as formas inorgânicas do arsênico, destacam-se por grau de toxicidade as formas As (III) e As (V), sendo as mais tóxicas encontradas em pescados, espécies metiladas (ácido monometilarsônico e ácido dimetilarsínico, óxido de trimetilarsina e tetrametilarsônio) são consideradas moderadamente tóxicas. Algumas espécies arsênicas consideradas não tóxicas também descritas em pescados consistem na arsenocolina e arsenobetaína, bem como os arsenoaçúcares, encontrados apenas em moluscos bivalves e gastrópodes. Porém, é válido salientar que a possibilidade de toxicidade não é descartada, devendo existir estudos investigativos adicionais (Nascimento, 2008).

De acordo com Nascimento (2008) 80% das espécies arsênicas encontradas em peixes e crustáceos esta associada a presença de arsenobetaína, a forma que acredita-se ser menos tóxica para o homem. O restante das espécies arsênicas não são detectadas em todas as amostras, apresentando na maioria das vezes concentrações inferiores.

A IARC – International Agency for Research on Cancer (1987) e EPA – Environmental Protection Agency (1988) classificam a forma do arsênio inorgânico como um potencial carcinógeno humano de Classe I. A exposição crônica ao arsênio inorgânico afeta a pele, o fígado, o trato gastrointestinal, respiratório, cardiovascular, hematopoiético e nervoso.

Em relação ao efeito do cozimento em peixes contaminados e teores do arsênio, o protocolo EPA (1989) considera que o nível do elemento não varia devido ao processo de cozimento. Ao observar uma possível interferência nos teores de As total em cação após cocção em microondas, Almeida (2005) concluiu que as perdas durante o procedimento não foram significativas.

Os fatores de bioacumulação pelo selênio consistem na exposição ao químico via água, sedimento e alimentação. A espécie do peixe, hábito alimentar predatório, posição trófica da espécie, comprimento peso e a idade dos indivíduos analisados também são importantes fatores a se considerar (Besser *et al.* 1996).

O selênio é considerado um nutriente essencial para os seres humanos, entretanto, efeitos tóxicos são verificados quando os limites adquiridos via dieta ou intoxicação acidental extrapolam os valores recomendados pela ANVISA.

O estudo de Seixas (2007) sugere que quando os metaloides selênio e o arsênio são juntamente acumulados pelos organismos aquáticos, pode existir uma redução na toxicidade destes elementos quando ingeridos na forma do composto arsênio-selênio. Os organismos marinhos tendem a acumular arsênico ao longo de sua existência. A toxicidade causada por este elemento pode variar de acordo com a sua forma química orgânica ou inorgânica, sendo esta a forma mais tóxica para seres humanos. De acordo com WHO (2000), a população nipônica, devido a hábitos alimentares tradicionais encontra-se mais exposta à intoxicação por arsênico do que a população europeia.

De acordo com Kuniyoshi *et al.* (2011), a maior parte dos compostos arsênicos presentes nos organismos aquáticos não possuem a apresentação tóxica do arsênico inorgânico, e sim a forma orgânica oferecendo baixo risco de intoxicação em seres humanos. Porém, a legislação brasileira em vigor estabelece um limite total para tal composto que é o de $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, não levando em consideração especiações químicas, devendo os valores encontrados em estudos deste tipo, ser observados cuidadosamente e obedecer ao limite da ANVISA.

A exposição crônica de seres humanos ao arsênico acarreta em consequências sérias para a saúde com importantes efeitos patológicos. Pode-se citar o aumento de formas diversificadas de cânceres, doenças gastrointestinais, vasculares, neuropatias periféricas, a contribuição para o desencadeamento do diabetes melitus e doenças cutâneas como a hiperqueratose e a hiperpigmentação. Alterações no sistema imunológico também podem ser observadas (Rodrigues e Malafaia, 2010).

Verificou-se que não há correlação entre as variáveis intensidade de infecção por larvas do nematoda *Hysterothylacium* sp. e concentração dos elementos químicos aplicando-se o teste de Spearman, mostrando que o parasitismo ou ausência deste não influenciou na concentração de elementos traço no pescado avaliado.

CONCLUSÃO

Dentre as três espécies parasitárias encontradas em *C. undecimalis* observadas houve uma maior ocorrência de larvas do anisacuídeo *Hysterothylacium* sp que teve como principal sítio de infecção, o estômago do robalo. Não houve diferença significativa nos parasitos entre robalos provenientes dos sistemas estuarinos do Rio Sergipe e Rio São Francisco.

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam a presença de selênio e arsênico nas partes comestíveis (filé) do robalo, muito acima dos valores máximos permitidos pela ANVISA, órgão regulamentador brasileiro responsável pela qualidade e fiscalização destes

alimentos. A ANVISA, porém, deve considerar a possibilidade de desenvolver um novo padrão de limites VPM para análise de pescados, que leve em consideração as variações das formas tóxicas do arsênico para ingestão humana, evidenciando a necessidade de estudos adicionais sobre perigos químicos e controle dos pescados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.C.S. Avaliação dos teores de arsênio total em cação, por meio de técnicas espectrofométricas. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2005.
- ALVES, J.P.H.; C.A.B. GARCIA. O rio Sergipe no entorno de Aracaju: Qualidade da água e poluição orgânica. In: J.P.H. Alves (org.). *Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação*. Aracaju/SE: Ós Editora, 2006.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 1998. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998.
- ARAÚJO, H.M.P. Estuário do rio Sergipe: Importância e vulnerabilidade. In: J.P. Hora Alves (org.). *Rio Sergipe: Importância, vulnerabilidade e preservação*. Aracaju/SE: Ós Editora, 2006.
- BESSER, J.M.; GIESY, J.P.; BROWN, R.W.; BUELL, J.M.; DAWSON, G.A. Selenium Bioaccumulation and Hazards in a Fish Community Affected by Coal Fly Ash Effluent. 1996. *Ecotoxicol. environ. saf.*, v.35, p.7–15, 1996.
- CERQUEIRA, V.R. Cultivo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*. In: Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria/RS: Ed. da UFSM, 2005.
- CORTECCI, G. *Geologia e Saúde*. Tradução Wilson Scarpelli. PGAGEM. São Paulo. Disponível em: www.cprm.gov.br/pgagem/geosaude.pdf Acesso em 15 de janeiro de 2014.
- DOMINGUES, M.; BOEGER, W. Phylogeny and revision of *Diplectanidae monticelli*, 1903 (Platyhelminthes: Monogeneoidea). *Zootaxa*, v.1698, p.1–40, 2008.
- EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. 2 ed. Maringá/PR: Editora UEM, 2006. 199p.
- EPA. Special Report on Ingest Inorganic Arsenic. Skin Cancer; nutritional essentiality, US Environmental Protect Agency, EPA/625/p.3-87. 1988.
- EPA. US Environmental Protect Agency, EPA/1989.
- FONSÊCA, F.T.B. *Copépodos parasitas de peixes Mugilidae, Centropomidae e Gerreidae do Canal de Sta. Cruz e Suape (PE-Brasil)*. 2003. 159f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco.

- GARCIA, J. G. *Acumulação de elementos traço em organismos no estuário da Lagoa dos Patos*. 2003. 105f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande.
- HEATH, A. G. *Water Pollution and Fish Physiology*. C.R.C. Press, 1987.
- HINTON, D.E.; BAUMANN, P.C.; GARDNER, G.R.; HAWKINS, W.E.; HENDRICKS, J.D.; MURCHELANO, R.A.; OKIHIRO, M.S. Histopathologic Biomarkers. In: HUGGETT R. J.; KIMERLI, R. A.; MEHRLE Jr, P. M.; BERGMAN, H. L. *Biomarkers biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1992.
- IARC. Monographs on the Evaluation of the carcinogenic risk to Humans: Arsenic and arsenic compounds (Group 1). Supplement 7, International Agency for Research on Cancer, Lyon, p.100-103, 1987.
- JOBLING, M. *Environmental biology of fishes*. London: Chapman & Hall, 1995.
- KHALEGHZADEH-AHANGAR, H., MALEK, M., MCKENZIE K. The parasitic nematodes *Hysterothylacium* sp. type MB larvae as bioindicators of lead and cadmium: a comparative study of parasite and host tissues. *Parasitol.*, v.11,p.1400-1405, 2011.
- KRITSKY, D.C.; BAKENHASTER, M.D.; FAJER-AVILA, E.J.; BULLARD, S.A. *Rhabdosynochus* spp. (Monogenoidea: Diplectanidae) infecting the gill lamellae of snooks, *Centropomus* spp. (Perciformes: Centropomidae), in Florida, and redescription of the type species, *R. rhabdosynochus*. *J. Parasitol.*, v.96, n.5, p.879-86, 2010.
- KUNIYOSHI, L. S.; BRAGA, E. S.; FAVARO, D. I. T., 2011. Uso do arsênio na avaliação da qualidade do pescado: necessidade de adequação da legislação ambiental. V Simpósio brasileiro de Oceanografia. Oceanografia e Políticas Públicas. 2011. Santos, SP, Brasil.
- LAFFERTY, K.D. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitol. Today* 13, 251–255, 1997.
- LUQUE, J. L.; POULIN, R. Use of fish as intermediate hosts by helminth parasites: A comparative analysis. *Acta Parasitol.*, v. 49, n. 4, p.353-359, 2004.
- LICHT O.A.B. *A Geoquímica multielementar na região ambiental: Identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná*. 2001. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MACKAY, D.; CLARK, K.E. Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota. In: JONES, K. C. (Ed.). *Organic Contaminants in the Environment*. New York: Elsevier (Environmental Management Series), 1991.

MARCOGLIESE, D.J. Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health. *International Journal for Parasitol.*, v.35, p.705-716, 2005.

MENDONÇA, M.C.F.B. *Autoecologia do Camorim, Centropomus undecimalis (BLOCH, 1792), (Perciformes: Centropomidae) em ambiente hipersalino em galinhos, RN, Brasil.* 2005. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos.

NASCIMENTO, E.S. Perigos Químicos em Pescados. III Simpósio de controle do pescado. FCF/USP. São Paulo, 2008. Disponível em ftp://ftp.sp.gov.br/ftpesca/3simcope/3simcope_mini-curso3.pdf

PETTER, A.J.; SEY, O. Nematode parasites of Marine fishes from Kuwait, with a description of *Cucullanus trachinoti* n. sp. from *Trachinotus*. *Zoosystema*, v.19, p.35-39, 1997.

RODRIGUES, A.S.L.; MALAFAIA, G.A. Importância dos estudos sobre a contaminação por arsênio na saúde pública. 2010. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v.5, n.2, p.34-38, 2010.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; MOREIRA, I.; MALM, O. Selênio em tecidos de organismos marinhos da Baía de Guanabara, Brasil. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 1, n. 1, 2006, 21-25, 2006.

SEIXAS, T. G.; KEHRIG, H. A.; MOREIRA, I.; MALM, O. Distribuição de selênio em organismos marinhos da Baía de Guanabara/ R.J. *Quimica Nova*, v.30, n.3, p. 554-559, 2007.

SEIXAS, T.G.; KEHRIG, H.A. O Selênio no meio ambiente. *Oecol. Bras.*, v.11, n.2, p.264-276, 2007.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. Seplantec. Superintendência de estudos e pesquisas – SUPES. Perfis municipais: Brejo Grande. 2009.

VIANNA, R.T.; BOEGER, W.A.; SILVA-SOUZA, A.T. Neotropical Monogenoidea. 52. *Diechodactylusjoaberi* n. g., n. sp. from the banded knife fish *Gymnotus carapo* (Gymnotiformes: Gymnotidae) in southeastern Brazil. *Syst. Parasitol.*, v.69, p.45–50, 2008.

VON ZUBEN, C.J. Implications in the spacial aggregation of parasites for the population dynamics in the host-parasite interation. *Rev. Saúde Pública*, v.31, p.523-530, 1997. *Quality Guidelines*. 2.ed. Denmark: Who, 2000.

WHO – Regional Office for Europe, Copenhagen; *Air*. Disponível em: < http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf > Acesso em 29 de maio de 2013.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados parasitológicos encontrados neste estudo apontam um baixo índice de espécies de parasitas no robalo, sendo que dentre as três espécies observadas houve uma maior ocorrência das larvas do anisacuídeo *Hysterothylacium sp* que teve como principal sítio de infecção, o estômago do robalo. Esse dado significa que a principal via de contaminação ocorrida deu-se por via digestiva, onde o robalo enquanto peixe predador contaminou-se a partir da alimentação de peixes menores, já parasitados com a larva do anisacuídeo *Hysterothylacium sp* no estágio inicial. Não houve diferença significativa entre a ocorrência de parasitas entre o robalo proveniente dos sistemas estuarinos do Rio Sergipe e Rio São Francisco, indicando que as amostras de ambos os estuários da costa sergipana apresentam resultados semelhantes no que diz respeito ao parasitismo por estes metazoários.

No entanto, deverá ser realizada uma investigação mais aprofundada e novos estudos devem ser realizados a fim de se estabelecer o motivo pela baixa oferta de parasitas nestes estuários, pois este evento pode estar relacionado a impactos ambientais como a contaminação das águas com conseqüente diminuição da fauna característica de ecossistemas aquáticos.

Já em relação aos elementos traço, é importante observar que no Brasil existem poucos dados referentes à quantificação de sua presença em peixes de importância comercial. As espécies biológicas comprovadamente expostas a poluentes químicos e a xenobióticos podem ser utilizadas como organismos sentinelas em relação à existência desses elementos em sistemas estuarinos.

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam a presença de selênio e arsênico nas partes comestíveis (filé) do robalo (*Centropomus undecimalis*), muito acima dos valores máximos permissíveis pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão regulamentador brasileiro responsável pela qualidade e fiscalização destes alimentos. Sendo assim, faz-se necessário uma investigação mais aprofundada sobre os teores de selênio e arsênico nas demais espécies de peixes dos sistemas estuarinos sergipanos, pois estes alimentos, importantes fontes de proteína animal e vitaminas e tão utilizadas especialmente nas regiões litorâneas do estado, não devem fazer parte da alimentação da população humana se novamente for comprovados nos estudos entre as demais espécies, teores elevados como estes encontrados nesta pesquisa.

Trabalhos que busquem monitorar espécies aquáticas consumidas por seres humanos são essenciais para avaliar a qualidade do pescado utilizado como fonte alimentar

bem como avaliar a saúde dos ecossistemas estuarinos. Estudos científicos dessa natureza servem para encorajar as autoridades locais encarregadas a desenvolver estratégias de preservação e vigilância ambiental, estabelecendo regulamentações referentes ao tratamento devido de efluentes domésticos e industriais, a fim de se manter a saúde dos alimentos e da população que as consome, e o equilíbrio do ecossistema.