



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

KEVIN LUIZ CORDEIRO FERRER DO CARMO

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO (Hg) EM PESCADO
COMERCIALIZADO NO MERCADO DE PEIXES DE SÃO LUÍS (MA) E A
POTENCIAL EXPOSIÇÃO DOS CONSUMIDORES INFANTIS

FORTALEZA

2023

KEVIN LUIZ CORDEIRO FERRER DO CARMO

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO (Hg) EM PESCADO COMERCIALIZADO NO
MERCADO DE PEIXES DE SÃO LUÍS (MA) E A POTENCIAL EXPOSIÇÃO DOS
CONSUMIDORES INFANTIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Oceanografia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Rozane Valente Marins
Coorientador Dr. Moisés Fernandes Bezerra

Fortaleza

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C819c Cordeiro Ferrer, Kevin Luiz Cordeiro Ferrer do Carmo.
CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO (HG) EM PESCADO COMERCIALIZADO NO MERCADO DE
PEIXES DE SÃO LUÍS (MA) E A POTENCIAL EXPOSIÇÃO DOS CONSUMIDORES INFANTIS /
Kevin Luiz Cordeiro Ferrer do Carmo Cordeiro Ferrer. – 2023.
57 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do
Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Rozane Valente Marins.

Coorientação: Prof. Dr. Moisés Fernandes Bezerra.

1. Contaminação. 2. Peixes. 3. Exposição humana. 4. Avaliação de risco. I. Título.

CDD 551.46

KEVIN LUIZ CORDEIRO FERRER DO CARMO

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO (Hg) EM PESCADO COMERCIALIZADO NO
MERCADO DE PEIXES DE SÃO LUÍS (MA) E A POTENCIAL EXPOSIÇÃO DOS
CONSUMIDORES INFANTIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Oceanografia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Oceanografia.

Aprovada em: xx/xx/xxxx.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Rozane Valente Marins (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Moisés Fernandes Bezerra (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Rozane Valente Marins pela oportunidade de trabalhar no Laboratório de Biogeoquímica Costeira (LBC) ao lado de profissionais extremamente notáveis, o aprendizado acadêmico e profissional, além da disciplina adquirida será levada em muitos eixos da minha vida, obrigado pela orientação dentro e fora do LBC.

Ao Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda pelo aprendizado ao longo desses 3 anos de análises e pesquisas no LBC. Obrigado pelos projetos e trabalhos realizados.

Ao Prof. Dr. Victor Moura, que pacientemente se disponibilizou a me orientar no começo da minha jornada, obrigado pela amizade e paciência. ARRIVEDERCI!!.

Ao Dr. Moisés Bezerra, meu co-orientador neste trabalho, muito obrigado pela paciência, análises, sugestões e diversas correções realizadas ao longo do meu perfil profissional, eu o admiro muito e espero um dia ser um cientista tão bom quanto.

Aos meus colegas mestres e doutores Igor Hamid, Andréia Campos, Thays Luz, César Barrios, Wesleandro Vasconcelos e outros nomes de excelentes profissionais que se disponibilizaram a me ensinar tudo sobre quantificação de mercúrio e trabalho laboratorial. Sou grato por todo o aprendizado, gentileza, didática e principalmente pela paciência (sempre a paciência). Todos vocês contribuíram de maneira absurda para meu crescimento e disciplina, sou muito grato por isso.

Aos meus companheiros bolsistas Marcus, Andreia e Isaura, foi um prazer fazer parte disso ao lado de vocês.

À Instituição Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos professores participantes da banca examinadora, Moisés Fernandes Bezerra, Luiz Drude de Lacerda, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus pais, Francisco José Ferrer do Carmo e Luciana Cordeiro de Lima, eu literalmente não seria nada sem vocês. Obrigado por me fazerem ser a pessoa que sou hoje, espero que possam sentir o mesmo orgulho que sinto em ser filho de vocês.

Aos meus amigos da turma, JF, Gustavo, Rebeca, Lucas, Rose, Beou, foi um prazer crescer junto com vocês. Aos colegas do PET (e agregados), pela companhia, espaço e por todas as risadas nesse último ano de graduação.

Aos meus queridos amigos que de peixe só gostam de comer, obrigado por me acompanharem nessa trajetória.

A Marina, que provavelmente tomaria todo esse tópico do trabalho então vou dedicar algumas palavras que traduzem bem o que eu sinto e quem ela representa pra mim: quando eu digo que você é o sol pra mim, eu não me refiro ao sol na primavera, quando tudo já é quentinho e você fecha levemente os olhos. Eu quero dizer, o sol no inverno frio, quando eu já não via as nuvens se abrirem por semanas, quando eu venho sentido frio há tanto tempo que eu não consigo lembrar como é se sentir aquecido e de repente você chega, atravessa meu céu nublado e me lembra de como é sentir a luz.

“Um sonho vazio

Uma egoísta e horrenda visão

Passada adiante como o mais mortal dos
vírus” (Rage against the machine,
Snakecharmer, 1996)

RESUMO

O pescado é um recurso alimentar bastante reconhecido por seus benefícios à saúde humana devido à quantidade e à qualidade das suas proteínas, vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais. Entretanto, o consumo de peixes, sobretudo espécies carnívoras, é a principal rota de exposição humana ao mercúrio (Hg) que, em níveis excessivos, pode afetar negativamente a saúde. Dessa forma, o trabalho terá como objetivo principal quantificar as concentrações de mercúrio nos principais tipos de pescados comercializados no Mercado de Peixes de São Luís (MA), além de estimar o nível de exposição humana ao Hg, com ênfase no público infantil da região que é considerado uma categoria mais sensível aos efeitos tóxicos deste elemento. As concentrações médias de Hg foram mais altas em espécies de carnívoras, incluindo a pescada amarela, *Cynoscion acoupa* ($0,926 \pm 0,241$ mg kg⁻¹) e a corvina, *Micropogonias undulatus*, ($0,263 \pm 0,089$ mg kg⁻¹). As menores concentrações médias foram registradas na tainha *Mugil curema*, ($0,021 \pm 0,009$ mg kg⁻¹) e Boca-mole, *Larimus breviceps* ($0,025 \pm 0,009$ mg kg⁻¹). Foram observadas correlações significativas entre as concentrações de Hg e comprimento total em duas espécies: o bagre bandeirado (*Bagre bagre*) e a palombeta (*Chloroscombrus crysurus*), mas não nas demais espécies, devido ao tamanho relativamente uniforme de indivíduos e ao pequeno número de amostras. Apesar das concentrações relativamente baixas de Hg, os coeficientes de risco (IDE > RfD e CTP >1) para a pescada amarela e a corvina sugerem que os consumidores infantis devem restringir o consumo desse tipo de pescado. Levando em consideração o peso corporal médio (15kg) das crianças e as quantidades máximas seguras de consumo mensal, foi desenvolvido recomendações de consumo para esse tipo de público consumidor.

Palavras-chave: Contaminação; Peixes; Exposição humana; Avaliação de risco.

ABSTRACT

Seafood is a food resource widely recognized for its benefits to human health due to its nutritional content that includes high quality proteins, vitamins, minerals and essential fatty acids. However, the consumption of seafood, especially of carnivorous species, is the main route of human exposure to mercury (Hg) which can negatively affect human health. Therefore, the main objective of this work is to quantify Hg concentrations in the nine most consumed species in the São Luís Fish Market (MA) and to estimate the exposure risk to Hg through seafood consumption, with emphasis on children consumers. Average Hg concentrations were highest in carnivore species, including the yellow hake, *Cynoscion acoupa* ($0.296 \pm 0,241$ mg kg⁻¹) and the croaker, *Micropogonias undulatus* ($0.263 \pm 0,089$ SD mg kg⁻¹). The lowest average Hg concentrations were recorded in the mullet, *Mugil curema* ($0.021 \pm 0,009$ mg kg⁻¹) and the shorthead drum, *Larimus breviceps* ($0.025 \pm 0,009$ mg kg⁻¹). Significant correlations were observed between Hg concentrations and fish total length in two species: the banded catfish (*Bagre catre*) and the pompano catfish (*Chloroscombrus crysurus*), but not in the other species, due to the relatively uniform size of individuals and the small number of samples. Despite the relatively low concentrations of Hg, the estimated risk coefficients (IDE > RfD and CTP >1) estimated for yellow hake and croaker indicate that children's consumers should restrict their consumption of these species. Considering the body weight of children (15 kg) and the estimated maximum safe fish amounts that can be ingested we developed consumption recommendations for this type of consumer.

Keywords: Contamination; Fish; Human exposure; Risk assessment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Esquema do ciclo do Hg na natureza, indicando as principais reações que podem ocorrer no sedimento ou solo, água e atmosfera.....	16
Figura 2	- <i>Bagre bagre</i>	28
Figura 3	- <i>Micropogonias furnieri</i>	29
Figura 4	- <i>Micropogonias undulatus</i>	30
Figura 5	- <i>Chloroscombrus chrysurus</i>	30
Figura 6	- <i>Larimus breviceps</i>	31
Figura 7	- <i>Scomberomorus regalis</i>	32
Figura 8	- <i>Mugil curema</i>	32
Figura 9	- <i>Arius proops</i>	33
Figura 10	- <i>Cynoscion acoupa</i>	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Nomes comuns, científicos e número de indivíduos analisados das espécies mais comercializadas no Mercado de São Luís do Maranhão, norte do Brasil.....	38
Tabela 2	- Valores médios, desvio padrão e percentil 95 de CTP para cada espécie de peixe.....	39
Tabela 3	- Média (desvio padrão) e percentis 95 de Hg (mg kg^{-1}) e IDE ($\text{mg kg PC 1 dia}^{-1}$) para cada espécie de peixe.....	39
Tabela 4	- Refeições semanais e mensais para cada espécie de peixe.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Relação exponencial entre as concentrações de Hg e a posição trófica das espécies de pescado mais comercializadas no Mercado de Peixes de São Luís, Norte do Brasil.....	35
Gráfico 2	- Curva de bioacumulação encontrada na espécie <i>Bagre bagre</i>	36
Gráfico 3	- Curva de bioacumulação encontrada na espécie <i>Chloroscombrus chrysurus</i>	35
Gráfico 4	- Curva de bioacumulação encontrada na espécie <i>Mugil curema</i>	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Ciclo e fontes de Hg	20
2.2	Hg na saúde humana	21
3	HIPÓTESE	23
4	OBJETIVOS	23
4.1	Objetivo Geral	23
4.2	Objetivos Específicos	23
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	Área de estudo	24
5.2	Coleta e Laboratório	24
5.3	Avaliação da exposição humana	26
5.4	Análise estatística	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.2	Caracterização dos consumidores	28
6.3.1	<i>Bagre bagre</i>	28
6.3.2	<i>Micropogonias furnieri</i>	28
6.3.3	<i>Micropogonias cndulatus</i>	30
6.3.4	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	30
6.3.5	<i>Larimus breviceps</i>	31
6.3.6	<i>Scomberomorus regalis</i>	31
6.3.7	<i>Mugil curema</i>	32

6.3.8	<i>Arius proops</i>	33
6.3.9	<i>Cynoscion acoupa</i>	34
6.3.10	Relação dos teores de Hg no pescado com dados biológicos das espécies avaliadas.	34
6.4	Avaliação do risco de exposição	38
6.5	Recomendação de consumo	43
7	CONCLUSÕES	44
8	REFERÊNCIAS	45

ácidos graxos essenciais. O consumo de peixes e mariscos, sobretudo espécies de carnívoros, é bastante popular em São Luís do Maranhão, localizado ao sul da Baía de São Marcos. Entretanto, o consumo de pescados é o principal caminho de exposição humana ao Hg, com ênfase em sua forma mais tóxica, o metilmercúrio (CH_3Hg^+), ou dimetil mercúrio ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) (OETTERER *et al.*, 2012; SHEENAN *et al.*, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2019).

A Baía de São Marcos (MA) representa o segundo maior complexo portuário da América Latina e fornece à população local uma diversidade significativa de peixes fluviais e estuarinos, o que torna o estudo da contaminação do pescado dessa região, ainda pouco estudada, inovador e em atendimento à questão da segurança alimentar, segundo objetivo do desenvolvimento sustentável (ODS 14) e aos objetivos da Década da Ciência do Oceano: um oceano saudável e resiliente; um oceano produtivo e explorado sustentavelmente (MCTI, 2019).

De acordo com Santos *et al.* (2019), a matéria orgânica, associada a elevados teores de carbonato de cálcio na Baía de São Marcos (São Luís, MA) em função de efluentes domésticos, atua como principal transportador geoquímico de metais, enquanto os carbonatos atuam como transportadores secundários. Dessa forma, foi identificado que a associação de metais com as formas de carbono disponíveis na região pode causar a mobilização de diversos contaminantes metálicos na região, justificando concentrações elevadas apresentadas em outros estudos de avaliação da biota local da baía (CARVALHO *et al.*, 2000, ROJAS *et al.*, 2014). Oliveira (2018) encontrou concentrações medianas de Hg nos músculos das espécies analisadas na Baía. Entretanto, nenhum dos valores medianos excedeu o limite estabelecido pela ANVISA (2021), embora ao analisar as espécies individualmente, alguns indivíduos atingiram o limite máximo permitido, segundo a Legislação da ANVISA (2021), que é para Hg total em pescado carnívoro de 1.000 ng.g^{-1} . Vale ressaltar que, segundo USEPA (2001) o risco de exposição crônica ao Hg existe mesmo em concentrações abaixo desses limites. Desse modo, Oliveira (2018) reforçou a necessidade de um monitoramento das concentrações de Hg nos peixes locais, devido à forte influência industrial presente na região costeira norte-nordeste da Baía, e a consequente tendência de exposição humana das populações da região. Cerca de 52% dos consumidores locais consomem pescado aproximadamente de 2 a 3 vezes por semana, expressando um consumo médio semanal variando entre 1 e 2 kg, com uma média de 0,142 kg por dia, esse valor expressa a ingestão estimada para uma população em consumo de subsistência de pescado segundo estudo de SILVA *et al.*, (2012.) que avaliou o perfil dos consumidores de pescado comercializado em mercados do município de São Luis (MA). Essa taxa de consumo é aproximadamente 5 vezes maior em relação ao consumo

médio per capita da população brasileira ($0,027 \text{ kg dia}^{-1}$) e três vezes o valor da taxa média de consumo de pescado da região nordeste (SARTORI *et al.*, 2012).

A avaliação do impacto da ingestão de Hg em pescados é essencial para compreender os riscos à saúde humana, especialmente em grupos populacionais mais suscetíveis, como crianças. Nesse contexto, diversos índices foram desenvolvidos para quantificar e caracterizar os riscos associados a essa exposição. O Índice de Ingestão Diária Estimada (IDE) é um indicador que expressa a ingestão diária de Hg, refletindo a concentração desse metal nos peixes consumidos, levando em consideração uma ou mais taxas de consumo. O número máximo mensal de refeições (NMR), por sua vez, desempenha um papel fundamental ao estimar o número máximo de refeições de cada espécie que podem ser consumidas sem restrição e riscos à saúde. Além disso, o coeficiente de perigo total para a Saúde (CTP) avalia o risco crônico não carcinogênico associado à exposição ao Hg por meio do consumo de peixes (USEPA, 2000). Esses índices desempenham um papel crucial ao avaliar o potencial impacto da ingestão de mercúrio em diferentes grupos populacionais, como mostrado em diferentes estudos (Costa *et al.*, 2014).

Acerca dos resultados de estudos já realizados na região da Baía de São Marcos sobre o consumo de peixes, este trabalho enfatiza a concentração de Hg em peixes comercializados no Mercado de Peixes de São Luís, com ênfase no grupo infantil da população, tendo em vista a vulnerabilidade desses indivíduos ao Hg, uma vez que estão em fase de desenvolvimento, tendem a possuir taxa metabólica mais alta em relação ao seu peso corporal, dessa forma refletindo numa absorção e eliminação rápida de substâncias, incluindo o mercúrio, que pode aumentar a exposição (Benford *et al.*, 2012).

Logo, é fundamental a realização de estudos investigativos das concentrações desse metal no pescado comercializado no Mercado de Peixe de São Luís, por meio de índices de risco como o IDE, NMR e CTP (USEPA, 2000), levando em consideração a proporção dos peixes comercializados de importante valores econômico e alimentício do local, conferindo maior número de espécimes amostrados com variações de tamanho e peso, considerando pesquisas já realizadas como a de Oliveira (2018).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ciclo e fontes de Hg

O Hg se caracteriza por possuir um ciclo biogeoquímico complexo devido às suas diferentes partições químicas (Figura 1), levando em consideração a emissão antropogênica deste metal proveniente de atividades como o garimpo, que gera o vapor de mercúrio (Hg^0), quando oxidado com o ozônio e outros radicais livres forma o mercúrio inorgânico (Hg^{2+}). Essas duas configurações são predominantemente encontradas na atmosfera. Dessa forma, este metal é transportado para o solo e para os corpos hídricos através da deposição atmosférica. Em contato com o solo ou sedimento, pode ocorrer sorção do Hg na forma insolúvel seguida da metilação e desmetilação (BISINOTI *et al.*, 2014). Nos ambientes aquáticos, o Hg^{2+} é transformado em metilmercúrio (CH_3Hg^+), por bactérias metiladoras em condições anaeróbicas, metilmercúrio (CH_3Hg^+), caracterizando-se uma espécie-extremamente tóxica e facilmente absorvida pelos organismos marinhos devido ao seu alto tempo de residência que propicia elevadas taxas de bioacumulação (BECKERS & RINKLEBE, 2017; WANG *et al.*, 2019; VERHAERT *et al.*, 2019). O ciclo é finalizado pelas rotas de precipitação, bioconversão em formas voláteis e solúveis, reintegração deste na atmosfera ou bioacumulação na cadeia alimentar aquática ou terrestre. Esse processo de formação ocorre sob condições aeróbicas e anaeróbicas (sendo mais intensa sob condições anaeróbicas), a partir do Hg^0 ou Hg^{2+} , indicando que o Hg^0 proveniente da atividade garimpeira pode ser um bom substrato para a formação posterior de metil Hg. (BISINOTI *et al.*, 2014).

O aumento das atividades antrópicas, resulta indiretamente na maior disponibilidade de Hg^0 e conseqüentemente haverá maior deposição de Hg^{2+} , aumentando sua liberação para metilação bacteriana (Lacerda *et al.*, 2007). Logo, compreender o ciclo biogeoquímico do Hg é de suma importância para avaliar seu grau de toxicidade ao ambiente e compostos associados.

A dinâmica do Hg na biota marinha é caracterizada pelos processos de bioacumulação e biomagnificação. Corresponde à bioacumulação, um processo que ocorre quando organismos absorvem certas substâncias ou compostos químicos e não excretam esses compostos. Este processo pode ocorrer de forma direta quando são inseridos no contexto do ambiente em questão (sedimentos, água, solo, ar) e indireta quando ocorre ingestão de alimentos com esses compostos, o Hg por possuir características lipossolúveis, uma vez que intercalado na biota marinha, pode adentrar com facilidade em tecidos e músculos dos

organismos presentes no ambiente (U.S. Environmental Protection Agency, 2010). Com isso, o processo de biomagnificação acontece por existir acúmulo progressivo dessas substâncias de um nível trófico para o outro ao longo da teia alimentar. Além de fatores como idade, sexo, comprimento, peso, “status” nutricional e genética serem considerados parâmetros que influenciam a acumulação de mercúrio em peixes.

2.2 Hg na saúde humana

Para as populações ribeirinhas, o pescado é a base da subsistência alimentar e consequentemente, essas comunidades são expostas rotineiramente às concentrações de metil-Hg associado ao consumo de peixe (OLIVEIRA *et al.*, 2010) que em níveis excessivos pode afetar negativamente a saúde humana. Souza (2020), afirma que a preocupação com a exposição ao Hg, vai além das comunidades ribeirinhas. Todos os indivíduos que consomem peixe regularmente estão sob o risco de exposição ao Metil-Hg (CH_3Hg^+), uma vez ingerido, ele tende a se acumular no sistema nervoso central e em órgãos como fígado e rins. Além disso, sistemas como o cardiovascular, gastrointestinal e imunológico podem ser impactados, resultando em manifestações clínicas que muitas vezes são difíceis de atribuir a uma causa específica (SOUZA, 2020; AKAGI *et al.*, 1995; MALM *et al.*, 1998; HARADA *et al.*, 2001; GRANDJEAN *et al.*, 2010). No entanto, os efeitos clínicos não são imediatos, para exposição ambiental o período latente pode chegar a 10 anos, e, é inversamente proporcional ao nível de exposição (YALLOUZ *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2018) Após ser absorvido pelas vias de inalação, cutânea ou oral, o Hg tende a estar presente na corrente sanguínea e ser distribuído pelo organismo. Essa distribuição pode chegar a um estado de equilíbrio, levando em consideração fatores como: grau de oxidação do Hg, duração da exposição, dose e concentração dos compostos de Hg nos distintos compartimentos sanguíneos, causando danos irreversíveis e em alguns casos, a morte. (ESPANOL, 2001; SOUZA *et al.*, 2020).

Contudo, a exposição a concentrações elevadas de mercúrio pode resultar em efeitos adversos, especialmente em grupos vulneráveis, como crianças. O grupo infantil, em virtude de seu estágio de desenvolvimento em crescimento, é altamente suscetível aos efeitos tóxicos do mercúrio, uma vez que estão sob rápido desenvolvimento celular e orgânico, tornando seus sistemas biológicos mais sensíveis aos danos causados pelo mercúrio (Grandjean *et al.*, 1997). Por exemplo, na região da Bacia amazônica, crianças que vivem próximas às operações de mineração de ouro apresentaram concentrações de Hg no cabelo acima do limite estabelecido,

expressando uma faixa de risco para possíveis distúrbios no neurodesenvolvimento (Grandjean *et al.*, 1999). Segundo GEIR (2003), a exposição ao metilmercúrio pode induzir deficiências neurológicas para as crianças contaminadas, como atraso na linguagem, transtorno de déficit de atenção, hiperatividade e em alguns casos espectro do autismo. O grupo infantil, de maneira geral, consome quantidades maiores de alimento por kg de peso corporal do que em relação ao grupo dos adultos, logo a carga por kg de peso corporal geralmente é maior nas crianças (Ronchetti *et al.*, 2006). Segundo os autores, crianças de 4 a 6 anos na Alemanha e na França possuem cerca de 0,061 mg/kg de peso corporal/dia e na França crianças de 3 a 14 anos possuem 0,059 mg/kg peso corporal/dia, mediante esses dados, é possível observar que a ingestão diária de MeHg de crianças europeias é semelhante ou superior ao valor geral de adultos, de 0,05 mg/kg de peso corporal/dia. Além disso, como as crianças tendem a consumir maiores quantidades de alimento por kg do que em relação aos adultos, a carga de MeHg é potencialmente maior. Uma estimativa de exposição ao Hg para uma criança europeia com peso de 20 kg levando em consideração uma taxa de ingestão diária de 100g de peixe local, pode variar de 0,02 a 1,6 mg/kg de peso corporal/dia. Diante dessa variação, é necessário aprofundar a compreensão das variáveis que influenciam os níveis de Hg em diferentes espécies de peixes, bem como averiguar os padrões alimentares específicos de grupos populacionais, como as crianças para uma avaliação mais precisa acerca dos riscos à saúde.

3 HIPÓTESE

Espécies do topo de cadeia alimentar tendem a possuir maiores concentrações de Hg, devido à bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Entretanto, embora estudos com peixes carnívoros costeiros no Estado do Maranhão mostrem que, na maioria dos casos, essas concentrações não ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação, o risco de exposição crônica ao Hg existe mesmo em concentrações abaixo desses limites (USEPA, 2001). A frequência de consumo de pescado controla fortemente os riscos de exposição e, portanto, deve ser considerado. Dessa forma, minha hipótese de trabalho é que as maiores concentrações serão encontradas em espécies de peixes carnívoras e que os níveis de exposição ao Hg em crianças consumindo o pescado de São Luís (MA), classificados neste estudo como menores de 6 anos de idade, podem ultrapassar os limites de segurança levando em consideração a frequência e quantidades de pescado consumidas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar o nível de exposição ao Hg em crianças através do consumo de pescado, bem como estimar os índices de risco e quantidades seguras de consumo levando em consideração a taxa de ingestão e as concentrações de Hg em nove espécies de pescado mais comercializados no mercado de peixes de São Luís (MA).

4.2 Objetivos específicos

- Identificar as espécies de pescado de maior relevância comercial no mercado de peixes de São Luís, através do uso de questionários com os consumidores, e, posterior análise dessas espécies.
- Calcular diferentes índices, incluindo o Índice de Ingestão Diária Estimada (IDE), o número máximo mensal de refeições (NMR), coeficiente de perigo total para a saúde (CTP).
- Estimar as quantidades máximas seguras de ingestão semanal e mensal, junto com o número de refeições seguras para cada espécie de pescado consumida por crianças.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A região costeira do Maranhão é caracterizada pelo seu clima tropical, quente e úmido (SOARES *et al.*, 2014) e possui 640 km de extensão, marcada por uma plataforma larga associada a águas costeiras rasas sob a influência de descarga de vários rios como o Anil, Bacanga e Pindaré. Essa configuração geográfica resulta na rica diversidade de estuários e baías conectados através de manguezais (ARAUJO *et al.*, 2009), favorecendo o crescimento de diversas espécies marinhas, contando com 113 pontos de desembarque em 20 municípios costeiros.

O maior mercado consumidor e distribuidor de pescado capturado do Estado do Maranhão é pertencente a capital de São Luís, com uma extensa e complexa rede de comercialização de pescados, onde grandes volumes são comercializados, segundo a Associação de distribuidores de pescado e marisco de São Luís (ADPMSL), este volume em questão chega a 20 toneladas por dia. Desta maneira, a pesca artesanal na região compreende desde pequenas espécies de cardumes costeiros até os grandes animais pelágicos, agregando importante valor econômico e fazendo parte da dieta dos consumidores de pescado da região. O Estado é o quinto colocado no ranking, com consumo de 10,61 quilos per capita por ano (IBGE, 2012). Os peixes e mariscos correspondem a 69% do consumo total de proteínas dessa população, sendo 85% desse total de peixes (SILVA *et al.*, 2012).

O trabalho foi realizado a partir de coletas feitas no Mercado de Peixes de São Luís no estado do Maranhão, localizado na região litorânea da capital, sendo um dos patrimônios públicos da cidade com aproximadamente mais de 200 anos de existência, representado umas das áreas mais frequentadas por consumidores de pescado, contando com 64 boxes para comercialização de vários tipos de espécies disponíveis na região onde mais de 200 pessoas tiram seu sustento de suas famílias (STRIDE, 1992; OLIVEIRA, 2018).

5.2 Coleta e Laboratório

As espécies de pescado com maior relevância comercial no mercado de São Luís foram amostradas com sucesso neste estudo, usando como base a pesquisa de Silva *et al.* (2012) sobre caracterização dos consumidores de São Luís (MA), além dos questionários

aplicados por Oliveira (2018) para complementar este estudo acerca da caracterização das espécies de interesse.

Neste estudo, foram selecionados cento e dezoito (118) indivíduos dentre as nove (9) espécies de peixes: *Bagre bagre* (Linnaeus, 1767), *Mugil curema* (Linnaeus, 1758), *Chloroscombrus crysurus* (Linnaeus, 1766), *Micropogonias undulatus*, (Linnaeus, 1766), *Arius proops* (Valenciennes, 1840), *Scomberomorus regalis* (Bloch, 1793), *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823), *Cynoscion acoupa* (Lacépède, 1802), *Larimus breviceps* (Cuvier, 1830). A determinação das espécies de interesse considera a ocorrência no mercado de peixes de São Luís, e a presença dessas na dieta dos consumidores locais, determinada através do uso de questionários já aplicados, como é o caso de Silva *et al.* (2012) e recentemente aplicados na região entre 2017 e 2019 por Oliveira (2018) (Anexo A) (n = 574). Foram obtidos dados de peso individual do consumidor, número de refeições semanais contendo pescado e espécies mais consumidas mediante resultados dos questionários aplicados. A identificação a nível taxonômico e informações de nível trófico e hábitos alimentares das espécies selecionadas foi averiguada no Guia de Identificação de Peixes Marinhos da Região Nordeste (Lessa & Nóbrega *et al.*, 2000), Peixes Estuarinos da Costa Semiárida do Brasil Guia Ilustrado (Botero *et al.*, 2023). Após a realização dos questionários e seleção das espécies alvo, foram realizadas aquisição de amostras diretamente nas bancas de pescado do mercado de peixes de São Luís.

As espécies coletadas foram acondicionadas em caixas térmicas e levadas ao Laboratório de Biogeoquímica Costeira (UFC-LABOMAR) para determinação dos dados biométricos como comprimento e peso. O peso individual foi determinado pela balança digital, com precisão de 0,1 g e fita métrica, com precisão de 0,1 cm, respectivamente (Tabela 1).

Após as medições, as amostras foram preparadas de acordo com a metodologia descrita por Bezerra *et al.* (2023) onde pequenas amostragens de musculatura foram individualmente liofilizadas. O peso foi quantificado antes e após a liofilização, visando quantificar o teor de umidade, calculado para cada espécie e utilizado para converter os resultados de peso seco para peso úmido. A quantificação de Hg total nas amostras foi feita, em duplicata, em tubos de teflon contendo 10 mL de ácido nítrico (HNO₃) 65% em temperatura ambiente por cerca de uma hora e, após isso, foram colocadas em um digestor de microondas MARS CEM a 200°C durante trinta minutos. Após a digestão foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em cada tubo, transferido e diluído em balões volumétricos para 100 mL. As concentrações totais de Hg foram mensuradas por

espectrometria de absorção atômica a vapor frio (CV-AAS) num espectrômetro NIC RA-3 (NIPPON). O limite médio de detecção (LOD) foi de 0,001 mg kg⁻¹ww. A validação do método foi obtida de maneira simultânea em cada análise da duplicata, com material de referência certificado (Tecido de mexilhão ERM-CE 278K) com uma recuperação média de 91,5. Por conseguinte, para estimar o risco de exposição, o tamanho do peixe não foi considerado, também não foram observadas diferenças estatísticas nas concentrações de Hg entre os sexos das espécies amostradas, portanto, o sexo não foi levado em consideração.

5.3 Avaliação da exposição humana

A partir dos resultados de quantificação de Hg foi realizada a estimativa dos índices para as crianças, definidas neste estudo como indivíduos menores de 6 anos, com um tamanho médio de refeição de peixe cru de 75g, correspondendo a metade do valor para um adulto. Posteriormente, o nível seguro local de consumo de peixes (NLSP_{local}), que consiste na concentração máxima de Hg em tecido de peixe comestível (mg kg⁻¹ de peso úmido), levando em consideração a taxa de consumo local de peixe (CR_{local}) e a dose de referência (RfD) referente ao Hg (0,0001 mg.kg de peso corpóreo⁻¹.day⁻¹). A avaliação do NLSP_{local} foi estimada utilizando a equação 1, conforme preconizado por USEPA (2001) e adaptada neste estudo, onde o termo PC refere-se ao peso corporal do consumidor em kg, CR_{local} corresponde a taxa de consumo diário local de peixe (kg dia⁻¹) e RfD indica a dose de referência de 0,0001 mg kg pc⁻¹ dia⁻¹.

$$NLSP_{local} = \frac{PC \times RfD}{CR_{local}} \quad (1)$$

Para estimar o número máximo de refeições (NMR) de cada espécie de peixe que pode ser consumida sem risco de efeitos deletérios a saúde, foi necessário modificar a equação 1 proposta por USEPA (2001) e adaptada neste estudo, para determinar a taxa máxima segura de consumo de pescado (CR_{max}), expressa a ingestão máxima segura de Hg em mg/kg dia⁻¹, como mostra na equação 2, em que C_{peixe} (mg kg⁻¹) representa a concentração de Hg no pescado comercializado, onde CR_{max} expressa o número máximo de refeições seguras, Tap corresponde ao período (30 dias para mês ou 7 dias para semana) e MS corresponde ao tamanho médio da porção (75g).

$$NMR = \frac{CR_{max} \times Tap}{MS} \quad (2)$$

A equação 3 foi utilizada para estimar a ingestão diária de Hg (IDE Hg mg kgPC⁻¹ dia⁻¹) considerando o consumo diário (CR_{local} kg dia⁻¹) de 0,075 kg dia⁻¹, estimativa obtida através de questionários (Silva et al. 2012), o C_{peixe} (mg kg⁻¹) que expressa a concentração de Hg no pescado e PC corresponde ao peso corporal dos consumidores infantis (definidos como 15 kg) de acordo com dados biométricos obtidos através da aplicação de questionários Oliveira (2018) .

$$IDE_{Hg} = \frac{C_{peixe} \times CR_{local}}{PC} \quad (3)$$

Ademais, também foi estimado o Coeficiente total de perigo (CTP) como mostra equação 4, conforme USEPA, (2022), em que FE é a frequência de exposição (365 dias.ano⁻¹), DE é a duração dessa exposição (definida neste estudo como 6 anos para crianças) e TME é o tempo médio de exposição (FE x DE). O coeficiente total de perigo (CTP) expressa o perigo crônico não carcinogênico à saúde humana causado pela exposição do Hg, por meio da ingestão de pescado. Se inferior a 1, o CTP indica que possivelmente não ocorreram efeitos adversos. Em contrapartida, se superior a 1, as concentrações sugerem que a exposição ao metal excede a concentração de referência (RfD), indicando riscos ao consumidor de pescado.

$$CTP = \frac{FE \times CR_{local} \times DE \times C_{fish}}{RfD \times PC \times TME} \quad (4)$$

5.4 Análise estatística

Os outliers foram identificados e excluídos da análise subsequente. O teste de Shapiro-Wilk foi empregado para verificar a normalidade dos pressupostos. Utilizou-se testes não paramétricos para comparar o comprimento, peso e concentração de Hg entre as espécies (Kruskal-Wallis,1952). As curvas de bioacumulação foram feitas para investigar a relação entre o tamanho e as concentrações de Hg bem como a influência da ecologia alimentar das espécies amostradas (com n ≥10) em relação ao teor de Hg. A criação dos gráficos e testes estatísticos foram realizados usando o Microsoft Office 2016 e Copyright© StatSoft. Inc. (1984-2011).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização dos consumidores

Os dados analisados neste trabalho foram oriundos das aplicações dos 574 questionários, dos quais 501 foram respondidos sobre a quantidade de refeições de peixe por semana. Aproximadamente 50,5% de consumidores fazem pelo menos uma refeição de peixe por semana, 27,1% responderam duas refeições e 12,4% responderam três refeições, considerando como variável além do pescado, o peso corporal médio dos consumidores infantis locais, que resultou em valores de 15,5 kg. Cerca de 10% das respostas obtidas sobre o consumo indicaram quatro a sete refeições de pescado por semana, onde 14,4% dos entrevistados responderam "sempre", pois não souberam datar um número preciso. Esses valores refletem as taxas de consumo relativamente altas sugeridas nos estudos de Silva *et al.* (2012).

6.2 Caracterização das espécies de interesse para consumo

6.2.1 *Bagre bagre*

O *B. bagre* (LINNAEUS, 1766), popularmente conhecido como bandeirado, é caracterizado por possuir pares de barbilhões no formato de fita, similar ao de uma bandeira. Essa espécie é considerada um peixe marinho com ciclo migratório e reprodutivo em estuários, constatando em um ciclo sensível, influenciado por variáveis oceanográficas como temperatura de salinidade (Pinheiro-Sousa *et al.*, 2015). Essa espécie é conhecida por se alimentar de uma ampla gama de presas, incluindo pequenos peixes, crustáceos como camarões e caranguejos, moluscos e outros organismos aquáticos, o que o torna um predador oportunista.

Figura 2: *B. bagre*. Fonte: Adaptado de Botero *et al* (2023, p.54)



6.2.2 *Micropogonias furnieri*

A *M. furnieri* conhecida popularmente como Corvina é uma espécie da família Sciaenidae, pertencente à ordem dos Perciformes, com ampla distribuição geográfica do Atlântico Oeste à Costa Rica e Argentina (Botero *et al.*, 2023). Caracterizada por ser carnívora, possui crustáceos, moluscos, poliquetas e outros pequenos peixes em sua dieta.

Figura 3: *M. furnieri*. Fonte: Adaptado de Botero J. I. S *et al* (2023, p 125).



6.2.3 *Micropogonias undulatus*

A Corvina do Atlântico (*M. undulatus*), também conhecida popularmente como Corvina é uma espécie da família Sciaenidae, caracterizada por ser um peixe demersal que se alimenta principalmente de organismos bentônicos como vermes e amêijoas, que são indivíduos extremamente suscetíveis à exposição ao MeHg devido a ingestão de alimentos e sedimentos contaminados (Hall *et al.*, 1997, Hanson *et al.*, 1999,) Esses indivíduos podem chegar a medir aproximadamente 80 cm de comprimento e possuem o dorso dourado com estrias negras.

Figura 4: Fonte: AS - Nonindigenous Aquatic Species, *M. undulatus*.



6.2.4 *Chloroscombrus chrysurus*

A *C. chrysurus*, popularmente conhecida como Palombeta, é uma espécie da família Carangidae, pertencente da ordem Carangiformes, habita águas litorâneas e possui extensa distribuição geográfica desde o Atlântico Oeste, de Massachusetts (EUA) a Argentina. Caracterizado por se alimentar de zooplâncton e invertebrados bentônicos. Esses indivíduos podem ter de 6,24 a 7,33 cm (Botero *et al.*, 2023).

Figura 5: *C. chrysurus*. Fonte: Adaptado de Botero *et al.* (2023, p 70).



6.2.5 *Larimus breviceps*

A espécie *L. breviceps*, popularmente conhecida como Pescada-boca-mole, é uma espécie que ocorre em ecossistemas aquáticos costeiros, associada a fundos lamosos ou areno-lamosos, com distribuição ao longo da Costa Rica a Santa Catarina, Brasil. Esses

indivíduos podem chegar de 2,51 cm a 11,94 cm de comprimento, caracterizada por ser uma espécie carnívora, que consome crustáceos e outros peixes pequenos (Botero *et al.*, 2023).

Figura 6: *L. breviceps*. Fonte: Adaptado de Botero *et al.* (2023, p 123).



6.2.6 *Scomberomorus regalis*

A *S. regalis*, popularmente conhecida como Pintado, é caracterizado por ser um peixe ósseo com nadadeiras raiadas da família Scombridae que vive associado a recifes, com distribuição desde o Atlântico Oeste, do Caribe até o Rio Grande do Sul, Brasil, podendo possuir tamanho aproximado de 12,20 cm. É uma espécie estritamente carnívora (Botero *et al.*, 2023).

Figura 7: *S. regalis*. Fonte: Adaptado de Botero *et al.* (2023, p 63).



6.2.7 *Mugil curema*

A *M. curema*, comumente conhecida como Tainha é uma espécie pelágica que ocorre em águas da plataforma continental, ecossistemas costeiros como lagoas e estuários, podendo também adentrar em rios. Possui ampla distribuição do Pacífico Leste, do Golfo da Califórnia ao Chile. Atlântico Oeste, de Massachusetts (EUA) a Argentina, Atlântico Leste, de Senegal e a Namíbia, pode possuir de 1,64 cm a 23,50 cm de comprimento. É uma espécie caracterizada comercialmente, capturada pela pesca artesanal e sendo item da piscicultura de engorda (Botero *et al.*, 2023).

Figura 8: *M. curema* Fonte: Adaptado de Botero *et al.* (2023, p 115).



6.2.8 *Arius proops*

O *A. proops*, comumente chamado de Uritinga, é uma espécie pertencente dos Siluriformes, que se distribuem em áreas costeiras tropicais e subtropicais, com águas de baixa profundidade associadas a fundos fangosos. Sua dieta é essencialmente composta por pequenos crustáceos e moluscos.

Figura 9: *A. proops*. Fonte: Oppdag Fisk. *A. proops*/Crucifix Sea Catfish/*Sciades proops*.



6.2.9 *Cynoscion acoupa*

A *C. acoupa*, popularmente conhecida como Pescada Amarela é uma espécie é caracterizada por uma alimentação baseada em um hábito de forrageamento noturno, predando principalmente peixes e crustáceos (Ferreira, 2019). Ocorre em ecossistemas costeiros com fundos lamosos e arenosos e adentram em rios, possuindo distribuição geográfica do Atlântico Oeste, do Panamá à Argentina, podendo atingir de 5,03 cm a 9,35 cm. É uma espécie especialmente importante para fins comerciais, pois é alvo da pesca comercial e esportiva. Além disso, sua bexiga natatória é usada para extração de substâncias usadas na produção de cola e bebidas (Botero *et al.*, 2023).

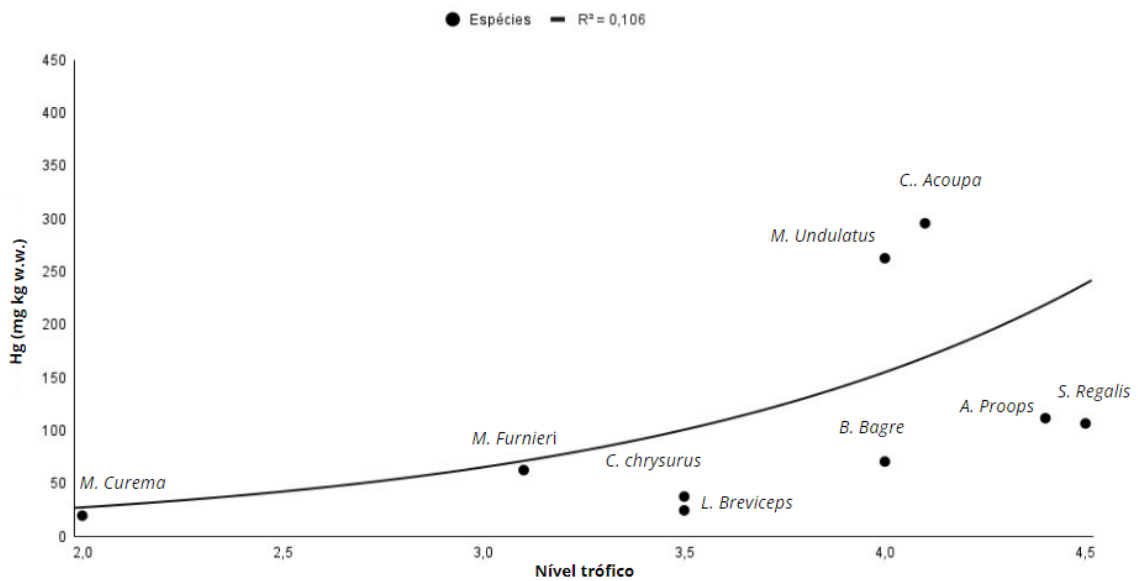
Figura 10: *C. acoupa*. Fonte: Adaptado de Botero *et al.* (2023).



6.2.10 Relação dos teores de Hg no pescado com dados biológicos das espécies avaliadas

A correlação dos teores de Hg com o comprimento individual nas seguintes espécies de pescados levando em consideração suas respectivas posições tróficas (Gráfico 1) mostrou que: *S. regalis*, apresentou uma correlação significativa positiva (0,969) (coeficiente de Pearson) entre o tamanho e a concentração de Hg. Isso significa que, à medida que os indivíduos dessa espécie crescem em tamanho eles tendem a apresentar maiores concentrações de Hg. Devido sua posição trófica (PT) de consumidor secundário (PT = 4,5), essa espécie se alimenta de outros peixes menores o que contribui com uma maior incorporação de Hg. O *B. bagre* (Gráfico 2) também mostra uma correlação positiva significativa (0,614). A espécie *C. chrysurus* (0,971), possui uma posição trófica (3,5) que sugere um nível ligeiramente mais baixo em comparação com o *S. regalis* (Gráfico 3).. A *M. curema* (0,998), ocupa uma posição trófica (2) abaixo das espécies anteriores, indicando que se alimenta de organismos em um nível trófico mais baixo na cadeia alimentar. No entanto, a correlação significativa sugere que, mesmo em níveis tróficos mais baixos, o tamanho ainda é um fator importante na acumulação de mercúrio (Gráfico 4). Todas as espécies, com exceção da *S. regalis*, apresentaram concentrações de Hg baixas a intermediárias, representando um percentual pequeno na dieta dos consumidores locais. Devido ao tamanho uniforme dos indivíduos da maioria das outras espécies e/ou o pequeno número de amostras, não foi possível encontrar a relação entre Hg e tamanho para todas as amostras.

Gráfico 1: Relação exponencial entre as concentrações de Hg (ng.g-1, peso úmido) e a posição trófica das espécies de pescado mais comercializadas no Mercado de Peixes de São Luís, Norte do Brasil.



Segundo MOURA (2017), a maneira como cada espécie se alimenta e sua posição na cadeia alimentar são influenciadas por uma combinação de fatores, como sua estrutura bucal, dentição, tamanho dos indivíduos, características fisiológicas e ambientais, incluindo o ciclo migratório, idade, atividade reprodutiva, sexo, ciclo de vida, distribuição geográfica e disponibilidade de alimentos. Dessa forma, é possível concluir que os hábitos alimentares desses organismos são um fator relevante na determinação das concentrações de Hg, como mostrado no Gráfico 1. Contudo, os maiores valores de concentrações de Hg foram observados nas espécies carnívoras com maior porte e elevado nível trófico (>4,0) como o *B. bagre*, em contraste, espécies de menor porte e ilíofagas e onívoras, como a *M. curema* e *L. breviceps* tiveram valores menores de Hg. Esse tipo de distribuição de concentrações de Hg (maiores taxas em carnívoros e menos em onívoros ou herbívoros) é descrita em diversos estudos (Oliveira, 2018; Bastos *et al.*, 2015; Lacerda *et al.*, 2016; Moura *et al.*; 2018, Moura & Lacerda, 2022).

Devido ao tamanho uniforme dos indivíduos da maioria das espécies e/ou o pequeno número de amostras, não foi possível encontrar a relação entre Hg e tamanho para todas as amostras. Entretanto foi possível observar correlações significativas entre as concentrações de Hg e os dados biológicos para: *B. bagre*, *C. chrysurus*, *M. curema* (Gráficos 2, 3 e 4).

Gráfico 2: Curva de bioacumulação encontrada na espécie *B. bagre*, comercializada no Mercado de Peixes, São Luís, MA.

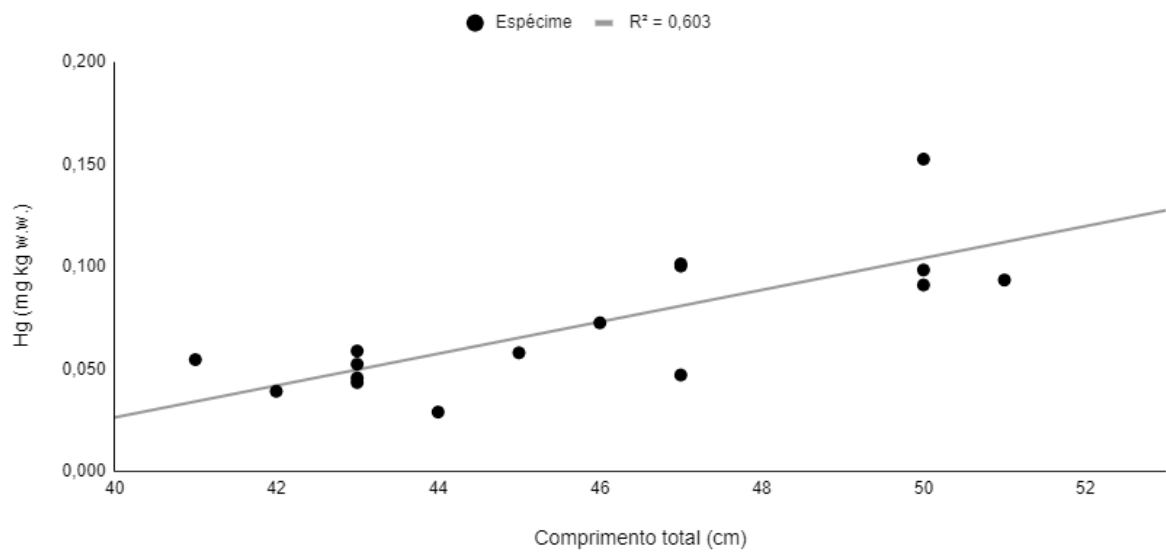


Gráfico 3: Curva bioacumulação encontrada na espécie *C. chrysurus*, comercializada no Mercado de Pescado, São Luís, MA.

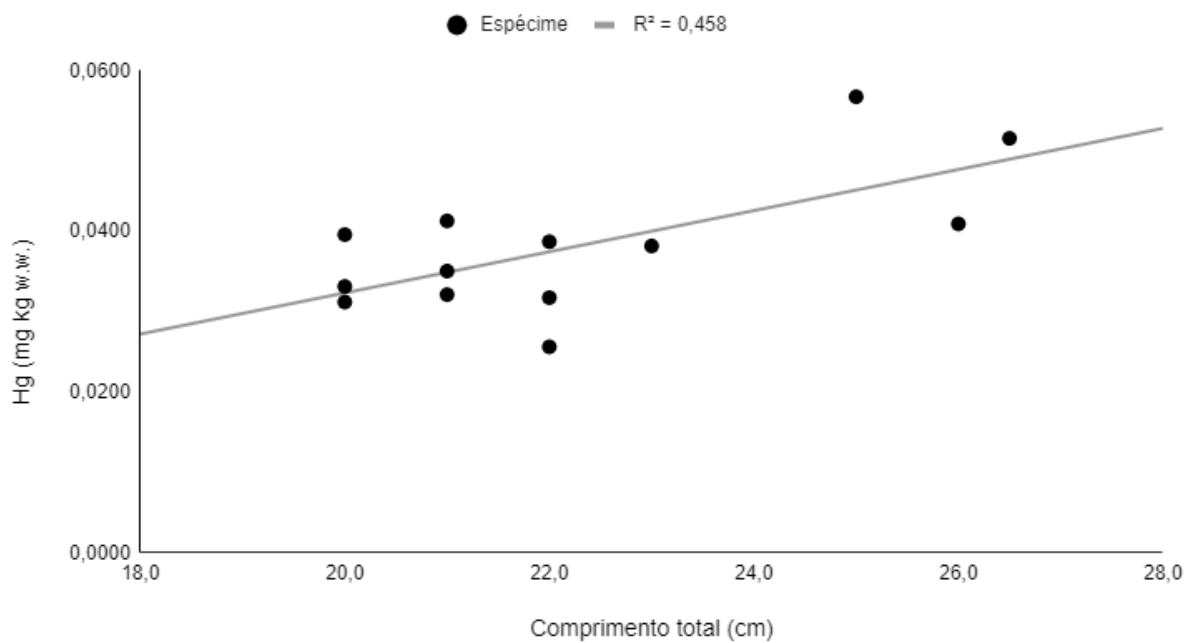
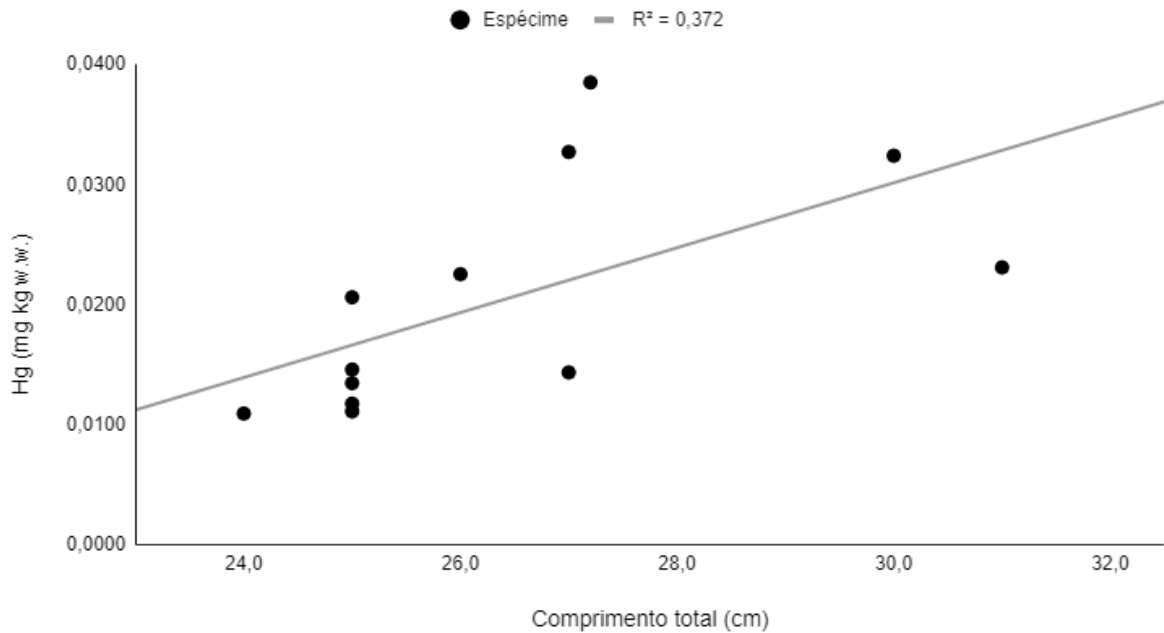


Gráfico 4: Curva bioacumulação encontrada na espécie *M. curema*, comercializada no Mercado de pescado, São Luís, MA.



A correlação entre comprimento e concentração dos peixes, como mostrada em *B. bagre*, *C. chrysurus* e *M. curema* (Gráficos 2, 3 e 4) mostra a importância do tamanho no efeito das concentrações de Hg. Dessa forma, o risco de exposição ao Hg através do consumo de pescado variou levando em consideração a espécie e os consumidores infantis.

6.4 Avaliação do risco de exposição

Todas as espécies amostradas apresentaram um teor de umidade médio de $74 \pm 7,2\%$. Foram coletadas ao todo nove (9) espécies da biota aquática local comercializada na região. As identificações de nome popular, científico, número de indivíduos capturados (número total de 118 organismos), posição trófica, preferência e participação na dieta dos consumidores, de acordo com os questionários realizados por Oliveira (2018) e dados biométricos (tamanho e peso) foram organizadas na tabela 1 respectivamente.

Tabela 1. Nomes comuns, científicos e número de indivíduos analisados das espécies mais comercializadas no Mercado de São Luís do Maranhão, norte do Brasil. Posição trófica segundo literaturas. Preferência e participação na dieta de acordo com questionários locais respondidos (n = 501).

Nome popular (n)	Espécie	Preferência (% na dieta)	Posição trófica	Tamanho (cm)	Peso (g)	Referências
Peixe gato (16)	<i>Bagre bagre</i>	6,8	4,0	45,8 ± 3,2	540 ± 110	Linnaeus (1767)
Cascudo (5)	<i>Micropogonias furnieri</i>	7,5	3,1	60 ± 6,9	1,560 ± 470	Desmarest (1823)
Corvina (4)	<i>Micropogonias undulatus</i>	1,5	4,0	43,8 ± 4,6	700 ± 200	Linnaeus (1766)
Palombeta (13)	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	5,0	3,5	22,3 ± 2,2	110 ± 20	Linnaeus (1766)
Pintado (8)	<i>Scomberomorus regalis</i>	22,5	4,5	58,4 ± 2,1	890 ± 200	Bloch (1793)
Pescada - boca - mole (5)	<i>Larimus breviceps</i>	12,9	3,5	33,6 ± 1,7	320 ± 50	Cuvier (1830)
Tainha (12)	<i>Mugil curema</i>	8,7	2,0	26,4 ± 2,2	170 ± 50	Linnaeus (1758)
Uritinga (5)	<i>Arius proops</i>	6,8	4,4	65,2 ± 3,6	2,180 ± 530	Valenciennes (1840)
Pescada amarela (50)	<i>Cynoscion acoupa</i>	28,1	4,1	73,1 ± 3,3	4,680 ± 510	Lacépède (1802)

As concentrações de Hg total e os parâmetros de avaliação de risco à saúde infantil são mostrados nas tabelas 2, 3 e 4. Nenhuma espécie com concentrações de Hg superiores aos limites brasileiros de segurança para consumo humano (1,0 mg/kg) para carnívoros e (0,5 mg/kg) para herbívoros (ANVISA, 2021) foi encontrada neste estudo, assim como a diferença significativa entre os sexos das espécies amostradas.

Tabela 2: Valores médios, desvio padrão e percentil 95 de Coeficiente Total de Perigo para cada espécie de peixe. CTP inferior a 1 indica que não há risco aparente de exposição dos consumidores ao Hg (USEPA 2022).

Coeficiente Total de Perigo (CTP)		
Espécies	CTP Médias e Desvio Padrão	CTP (95)
<i>Bagre Bagre</i>	1,47 ± 0,6	2,3
<i>Micropogonias Furnieri</i>	1,3 ± 0,4	1,8
<i>Micropogonias Undulatus</i>	5,3 ± 1,8	7,3
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0,77 ± 0,178	1,1
<i>Scomberomorus Regalis</i>	2,07 ± 0,8	3,2
<i>Larimus Breviceps</i>	0,5 ± 0,2 (<1)	0,8 (<1)
<i>Mugil Curema</i>	0,4 ± 0,1 (<1)	0,7 (<1)
<i>Arius Proops</i>	2,0 ± 0,5	2,8
<i>Cynoscion Acoupa</i>	5,9 ± 4,8	15

Tabela 3: Média (desvio padrão) e percentis 95 de Hg (mg kg⁻¹.ww) e Ingestão Diária Estimada (mg kg PC 1 dia⁻¹) para espécies de peixe. A dose de referência (Rfd) para o Hg é de 0,0001 mg kg PC⁻¹ dia⁻¹.

Espécies	Hg (mg kg ⁻¹)		IDE Criança (mg kg PC 1 dia ⁻¹)	Razão IDE/Rfd*	
	Nomes Científicos	Média ± Desvio Padrão	P95		Média ± Desvio Padrão
<i>Bagre Bagre</i>		0,071 ± 0,032	0,0114	0,0004 ± 0,0001	Rfd ≥
<i>Micropogonias Furnieri</i>		0,063 ± 0,019	0,088	0,0003 ± 0,00008	Rfd ≥
<i>Micropogonias Undulatus</i>		0,263 ± 0,089	0,356	0,0013 ± 0,0003	Rfd ≥
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>		0,038 ± 0,008	0,053	0,0002 ± 0,00004	≤ Rfd
<i>Scomberomorus Regalis</i>		0,107 ± 0,038	0,0158	0,0005 ± 0,0001	Rfd ≥
<i>Larimus Breviceps</i>		0,025 ± 0,009	0,039 (<1)	0,0001 ± 0,00004	≤ Rfd
<i>Mugil Curema</i>		0,020 ± 0,009	0,035 (<1)	<Rfd	≤ Rfd
<i>Arius Proops</i>		0,112 ± 0,024	0,141	0,0006 ± 0,0001	Rfd ≥
<i>Cynoscion Acoupa</i>		0,926 ± 0,241	0,751	0,0015 ± 0,0012	Rfd ≥

Tabela 4: Refeições semanais e mensais para cada espécie de peixe. O número de refeições superior a 16 refeições por mês indica que não existe risco evidente para a saúde humana devido ao consumo da respectiva espécie de peixe (USEPA, 2000).

Número máximo de refeições para crianças (NMR)		
Espécies	NMR p/semana	NMR p/mês
<i>Bagre bagre</i>	5	10
<i>Micropogonias furnieri</i>	1	5
<i>Micropogonias undulatus</i>	1	2
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	7	14
<i>Scomberomorus regalis</i>	1	5
<i>Larimus breviceps</i>	3	7
<i>Mugil curema</i>	3	7
<i>Arius proops</i>	1	5
<i>Cynoscion acoupa</i>	1	4

Foram observados valores médios mais elevados de Hg na pescada-amarela (*C. acoupa*), com 50 exemplares ao todo, possuindo $0,296 \pm 0,241$ mg kg⁻¹ de concentração de Hg e aproximadamente $45,8 \pm 3,2$ cm de tamanho médio e constituindo 28,1% como item alimentar na dieta dos consumidores de acordo com os resultados dos questionários aplicados. A Corvina do Atlântico (*M. undulatus*), com 4 exemplares analisados, possui a segunda maior taxa de concentração de Hg, expressando cerca de $0,263 \pm 0,089$ mg kg⁻¹, contribuindo 1,5% de preferência na dieta dos consumidores com valores médios de $43,8 \pm 4,6$ cm, enquanto a *S. regalis*, com 8 indivíduos amostrados, apresentou concentração média de $0,107 \pm 0,039$ mg kg⁻¹ e $58,4 \pm 2,1$ cm com aproximadamente com 22,5% das escolhas alimentares da população.

Em contraste, as menores taxas de concentração foram registradas nas Tainhas (*M. curema*), com 12 indivíduos analisados expressando aproximadamente $26,4 \pm 2,2$ cm, com $0,021 \pm 0,010$ mg kg⁻¹, possuindo 8,7% da preferência, dessa forma a Pescada-boca-mole (*L. breviceps*), com 5 exemplares analisados apresentou valor de $0,025 \pm 0,009$ mg kg⁻¹ e $33,6 \pm 1,7$ cm, com 12,9% de preferência na dieta (tabela 1). Enquanto outras espécies apresentam concentrações intermediárias de Hg, que juntas expressam menos de 26% de participação na dieta dos consumidores locais levando em consideração a posição trófica desses indivíduos, justificando menores taxas de exposição a processos de biomagnificação, devido a menor probabilidade de predarem outros peixes menores.

Os índices CTP, IDE e NMR foram estimados para crianças, utilizando os valores médios e o percentil de 95, que representa o cenário de maior exposição (USEPA, 2000), das

concentrações de Hg para cada espécie (Tabela 3), considerando uma taxa de consumo média de peixe de 75 g/dia para a população, com base nos resultados dos questionários aplicados (Silva *et al.*, 2012) (taxa de consumo do mercado de peixe de São Luiz). Além disso, para fornecer informações precisas sobre os potenciais riscos do Hg em peixes é necessário considerar diferentes variáveis como a sazonalidade, como visto em Mergler (2000), pode-se visualizar um cenário potencialmente crônico na região amazônica, porém as suposições demonstraram pouco adequadas devido aos fortes padrões na exposição ao metilHg (Passos *et al.*, 2008).

As espécies, *B. bagre*, *M. furnieri*, *M. undulatus*, *S. regalis*, *A. props* e *C. acoupa* apresentaram um CTP > 1, indicando risco potencial à saúde das crianças (tabela 2). Enquanto *L. Breviceps* e *M. Curema* possuía valores próximos ou < 1 (Tabela 2), sugerindo que não há risco de exposição ao Hg, dessa forma é possível afirmar que 77% das espécies apresentaram um CTP maior que 1.

No trabalho de Rivera *et al.* (2011) foram encontrados valores similares de CTP em um estudo de níveis de metais e risco de exposição de Hg em crianças no Porto Rico para *M. undulatus* e *S. Regalis* acima dos valores de referência, levando em consideração uma taxa de ingestão de 0,1135 mg.kg⁻¹ por dia com níveis médios de Hg de 0,83 a 2,49 µg/g peso úmido. Na pesquisa de You *et al.* (2018), realizada com crianças na Tailândia, ressalta que crianças de 3 a 6 anos, possuem restrição a 88% dos peixes de águas salgadas, enquanto que para espécies de águas doces essa restrição é de 10% de acordo com CTP também utilizado. Neste estudo, 60% das espécies constituem marinhos e 40% pertencentes a águas doce. Desta maneira, tendo em vista as limitações alimentícias desse grupo etário, é importante destacar a avaliação do índice diário de exposição (IDE).

Considerando o índice IDE, foi possível obter valores acima da dose de referência para *C. acoupa*, *M. undulatus*, *A. props*, *S. regalis*, *B. bagre* e *M. furnieri* (Tabela 3), o que indica que crianças que consomem essas espécies de pescado podem estar expostas a níveis não seguros de Hg sendo importante restringir o consumo. Em contrapartida, apenas *M. Curema*, *C. Chrysurus* e *L. Breviceps* tiveram valores de IDE abaixo da dose de referência e, portanto, são consideradas fora da categoria de risco (Tabela 3). No trabalho de Souza *et al.* (2022), que realizou um estudo de avaliação de risco humano a elementos tóxicos em peixes amazônicos, obteve também valores de IDE superiores em relação a dose de referência para a espécie *B. bagre* e ligeiramente próximo para *M. Furnieri*, enquanto que neste estudo, os valores para estas mesmas espécies foram ligeiramente maiores, levando em consideração o grupo populacional avaliado.

6.5 Recomendação de consumo

As concentrações de Hg equivalente aos percentis 95 resultam em um IDE acima da dose de referência para *A. proops*, *S. regalis*, *B. bagre* e *M. furnieri* indicando que essas espécies devem ser consumidas com restrição, essas concentrações significativas de Hg desencadeiam limites de restrição quanto a ingestão desses organismos, os quais em excesso podem apresentar risco significativo à saúde infantil. Espécies como *C. acoupa* e *M. undulatus* que apresentaram CTPs superiores a 1 e valores de IDE substancialmente maiores, devem ser estritamente monitoradas e seu consumo também deve ser limitado. Por outro lado, *M. Curema* e *L. Breviceps* representam opções mais seguras para o consumo infantil, pois essas espécies contêm baixos níveis de Hg e, portanto, resultam em menores exposições diárias para crianças. Dessa forma, fica nítido que o risco de exposição ao Hg nos grupos mais sensíveis como é o caso dos consumidores infantis, pode ser mais expressivo mesmo em pequenas dosagens e por isso é importante fornecer aos consumidores o número máximo de refeições (NMR) que podem ser ingeridas com segurança para cada um das espécies marinhas amostradas (Tabela 4), sendo assim, para crianças que potencialmente podem ingerir pescados, (neste estudo considerados como indivíduos com peso médio de 15 kg e 6 anos de idade) foram consideradas apenas sete das nove espécies analisadas das quais entram na categoria de restrição de consumo, são estas; *M. undulatus*, *C. acoupa*, *A. proops*, *S. regatta*, *M. furnieri*, *B. bagre* e *C. chrysurus*. Os cálculos de NMR foram realizados para semana e mês (tabela 4).

Considerando uma porção média de 75 g para as crianças neste estudo, a tabela 4 expressa o número recomendado de refeições realizadas por crianças para cada espécie em dois espaços de tempo distintos, levando em consideração as concentrações de Hg analisadas, o peso corporal (15 kg) e a dose de referência. Conforme mostrado (Tabela 4) as espécies que desencadearam recomendações de consumo mais restritas para desfechos não prejudiciais à saúde foram *M. undulatus* e *C. acoupa*, uma criança não deve exceder mais de 2 e 4 refeições por mês, respectivamente (definida como uma porção média de 75g). Já o contrário pode ser descrito para *M. Curema*, *L. Breviceps*, pois apresentaram níveis menores de Hg com CPTs abaixo de 1, sugerindo que essas espécies podem ser opções seguras para alimentação e portanto, apresentaram número máximo de refeições acima de 16 ao mês. A Food and Drug Administration dos EUA e a EPA (2004) recomendam que crianças consumam até 4 refeições por semana de pescado com baixos níveis de MeHg, e o Comitê Consultivo de Diretrizes

Dietéticas e a American Heart Association recomendam o consumo de pelo menos 4 a 5 refeições de peixe por semana para manter uma dieta saudável e equilibrada (Nesheim & Yaktine, 2007).

O nível seguro local de consumo de peixes (NLSP) constitui uma medida que determina a concentração máxima de uma substância em um organismo aquático que pode ser consumida de forma segura sem causar riscos significativos à saúde, é calculado levando em consideração o peso médio dos consumidores, a dose de referência e a taxa de consumo local (Bezerra *et al.*, 2023). Esse parâmetro pode ser utilizado como uma avaliação *a priori* pois fornece um nível de referência de contaminação com a finalidade de avaliar um determinado conjunto de espécies, ou corpo hídrico, considerando o nível de consumo local. Os resultados obtidos no presente estudo mostram uma concentração de $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ como nível máximo de contaminação. Essa concentração em peixes é considerada segura para as crianças, pois é um nível comparável aos estabelecidos como protetores pela USEPA, entretanto, caso ultrapassada, pode colocar esses consumidores em uma condição de risco aos efeitos deletérios à saúde, motivando estudos para evitar a exposição em excesso do Hg através do consumo de pescado. Esse valor expressa níveis de segurança de Hg bem baixos para crianças quando comparados com outros estudos, uma vez que foi considerada a ingestão de 75 g.dia^{-1} . Bezerra *et al.* (2023) obteve um NLSP de $0,06 \text{ mg.kg}^{-1}$ para crianças do estado do Ceará, considerando uma taxa de consumo de $24,5 \text{ g. dia}^{-1}$. Enquanto USEPA (2001) utilizando uma taxa de ingestão de $17,5 \text{ g. dia}^{-1}$ observou um valor de $0,09 \text{ mg/kg}^{-1}$. De acordo com a *Recommended for health benefits from seafood* (2010), considerando uma taxa de $32,9 \text{ g. dia}^{-1}$, foi possível obter um NLSP no valor de $0,05 \text{ mg/kg}^{-1}$ para crianças de 7 a 9 anos. Em Bezerra *et al.* (2023) , no estado do Ceará foi assumido uma condição similar a este estudo, com crianças menores de 6 anos em consumo de subsistência de peixe, pesando um valor médio de 15 kg , considerando uma taxa de ingestão de $0,0245 \text{ kg dia}^{-1}$, no qual foi possível obter uma restrição muito maior com relação a quantidades de refeições seguras com as espécies amostradas. Todos esses resultados expressam uma faixa de consumo de peixes a qual não é recomendável ser excedida para evitar efeitos deletérios à saúde humana a depender do consumo da criança.

7 CONCLUSÕES

Os resultados dos índices IDE, NLPS e CTP, foram fundamentais para reconhecer que a escolha de espécie de pescado desempenha função extremamente relevante na minimização dos riscos associados à exposição ao Hg em crianças, além de estimar quantidades seguradoras para consumo levando em consideração parâmetros de ingestão e concentração de Hg. Com os questionários, foi possível identificar as espécies de pescado de maior relevância comercial no mercado de peixes de São Luís e desta maneira, inferir que o risco de exposição ao consumo de pescadas com contaminantes, como o Hg, é bem maior para crianças do que para adultos se tratando desta temática nesta região levando em consideração determinadas espécies. Isso é preocupante pois as crianças se caracterizam por serem um grupo mais vulnerável a substâncias tóxicas devido ao seu desenvolvimento ainda em curso. É importante ressaltar que a quantidade de peixe que esse grupo consome varia consideravelmente de um lugar para outro, logo é interessante a continuidade de estudos nesta temática em outras regiões. Logo, optar por espécies de peixe com concentrações mais baixas de Hg pode contribuir para maximizar melhores escolhas alimentares promovendo segurança e reduzindo os riscos relacionados à contaminação por Hg. Vale ressaltar que apesar dos índices utilizados no presente estudo serem excelentes, para obter melhor gama e precisão de resultados na avaliação de risco, como sugerido em outros estudos, deve-se realizar novos estudos para cada grupo populacional em diferentes regiões. Portanto, é importante fornecer às crianças e/ou responsáveis o número máximo de refeições (NMR) que podem ser consumidas com segurança para cada um dos tipos de frutos do mar mais consumidos, tendo em vista que a *M. Curema*, *C. Chrysurus* e *L. Breviceps*, podem ser consumidas sem efeitos adversos à saúde por crianças de cerca de 15 kg até cinco vezes por semana, dessa forma é eficiente divulgar informações específicas sobre as espécies comercializadas para conhecimento dos consumidores para que possam escolher conscientemente sobre a quantidade e qual pescado é recomendável para o consumo seguro.

8 REFERÊNCIAS

Associação dos Distribuidores de Pescados e Mariscos de São Luis (ADPEMASL. 2000. Disponível em: <http://cnpj.info/Associacao-dos-Distribuidores-de-Pescados-e-Mariscos-de-Sao-Luis-Adpemasl>. Acesso em 19 dez 2023.

ANVISA. **Regulamento Técnico MERCOSUL, sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. 2013.** Disponível online em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html. Acesso em 28 jul 2023.

Bastos, W. R.; Dórea, J. G.; Bernadi, J. V.; Lautharttel, L. C.; Mussy, M. H.; Lacerda, L. D.; MALM, O. **Mercury in fish of the Madeira river (temporal and spatial assessment), Brazilian Amazon. Environmental Research**, v. 140, p. 191–197, jul. 2015.

Beckers, F.; Rinklebe, J. **Cycling of mercury in the environment: Sources, fate, and human health implications: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 9, p. 693-794, 2017.

Bezerra, F. M; Goyanna, A. F; Lacerda, D .L. **Risk assessment of human Hg exposure through consumption of fishery products in Ceará, state, northeastern Brazil.** Marine Pollution Bulletin. Fortaleza, CE, Brazil, 2023.

Bisinoti, M. C.; Jardim, W. F. **O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente.** Química Nova, v. 27, n. 4, ago. 2004.

Botero, J. I. S; Lourenço, R. C. G; Pinto, L. M. **Peixes Estuarinos da Costa Semiárida do Brasil Guia Ilustrado.** Universidade Federal do Ceará – UFC., 2023.

Carvalho, G. P.; Cavalcante, P. R. S.; Castro, A. C. L.; Rojas, M. O. A. I. **Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcata* (*Bivalvia, Mytilidae*) from Bacanga River estuary, São Luis, State of Maranhão, Northeastern Brazil.** Revista Brasileira de Biologia, v. 60, p. 11–16, fev. 2000.

Costa, B. G. B.; Lacerda, L. D. Mercury (Hg) in fish consumed by the local population of the Jaguaribe River lower basin, Northeast Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 23, p. 13335-13341, 2014.

Espanol Cano, S. **Toxicologia do mercúrio. Ações preventivas em saúde ocupacional e ambiental. In: Conferência Internacional sobre o impacto ambiental de mercúrio usado pela mineração de ouro artesanal em Iberoamérica**, 2001.

Ferreira, G. V. B.; Barletta, M.; Lima, A. R. A.; Morley, S. A.; Costa, M. F. **Dynamics of Marine Debris Ingestion by Profitable Fishes Along The Estuarine Ecocline**. Sci Rep. 2019 Sep 18;9(1):13514. doi: 10.1038/s41598-019-49992-3. PMID: 31534161; PMCID: PMC6751158.

FISHBASE. Disponível online em: <https://fishbase.mnhn.fr/search.php>. Acesso em 21 nov 2022.

Grandjean, P; Weihe, Pal; W; Roberta F; Frodi, D; Shunichi, A; Kazuhito, Y; Katsuyuki, M; Nicolina, S; Rasmus, D; Paul, J. **Cognitive Deficit in 7-Year-Old Children with Prenatal Exposure to Methylmercury. Neurotoxicology and Teratology**, v. 19, n. 6, p. 417–428, 1997.

Grandjean, P.; Budtz-Jorgensen, E. **An ignored risk factor in toxicology: The total imprecision of exposure assessment. Pure and Applied Chemistry**, v. 82, n. 2, p. 383–391, 25 jan. 2010.

Grandjean, P.; Budtz-Jorgensen, E.; White, R. F.; *et al.* **Methylmercury Exposure Biomarkers as Indicators of Neurotoxicity in Children Aged 7 Years**. American Journal of Epidemiology, v. 150, n. 3, p. 301–305, 1999.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares: Diagnóstico da pesca artesanal marinha do Estado do Maranhão - IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=224156&view=detalhes>. Acesso em 3 ago 23.

Instrução Normativa - In N° 88, de 26 de Março de 2021 Regoola. Disponível em: <https://legislacao.regoola.io/instrucao-normativa-in-n-88-de-26-de-marco-de-2021-anvisa>. Acesso em: 15 nov. 2023.

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP). (Ano não especificado). Biomagnificação. Disponível em:

<https://www.io.usp.br/index.php/ocean-coast-res/31-portugues/publicacoes/series-divulgacao/poluicao/811-bioacumulacao-e-biomagnificacao.html>. Acessado em 21 ago 23.

Lacerda, L. D.; Santos, A. F.; Marins, R. V. **Emissão de mercúrio para a atmosfera pela queima de gás natural no Brasil.** Química Nova, v. 30, p. 366–369, abr. 2007.

Lacerda, L. D.; Bezerra, M. F.; Costa, B. G. B.; Braga, T. M.; Goyanna, F. A. A. **Mercury Distribution in fish commercialized at the Mucuripe Market. 2016. Arquivos de ciências do mar,** 2526-7639. Disponível online em:

<http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/6159>. Acesso em 28 de jul 2023.

Lacerda, L. D.; Bezerra, M. F.; Goyana, F. A. A.; Costa, B. G. B.; Braga, T. M. **Mercury distribution in fish commercialized at the Mucuripe Market,** Fortaleza, Ceará State, Brazil. jan. 2016.

Lessa, R.; Nóbrega, F. M.; Santana, M., F.; Souto, S., G.; Balensifer, P.; Duque, P.; Charles, D. W. **Guia de Identificação de Peixes Marinhos da Região Nordeste. Laboratório de dinâmica de populações marinhas.** Recife, 2000.

Marins, R. V.; de Paula Filho, F. J.; Maia, S. R. R.; Lacerda, L. D.; Bezerra, M. F.; Marques, S. W. **Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira.** Química Nova, v. 27, p. 763–770, 2004.

Mergler, D.; Passos, C. J. S.; Morais, S. S.; Lebel, J. **Methyl mercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajós River, Brazilian Amazon.** Int Arch Occup Environ Health 2000; 73: 195–203.

Malm, O.; Branches, F. J.; Akagi, H.; Castro, M. B.; Pfeiffer, W. C.; Harada, M.; Bastos, W. R.; Kato, H. **Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil.** Sci. Total Environ. 1995, 175, 141.

Mansilla-Rivera, I.; Rodríguez-Sierra, C. J. **Metal Levels in Fish Captured in Puerto Rico and Estimation of Risk from Fish Consumption.** Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 60, n. 1, p. 132–144, 1 jan. 2011.

Mendes, F. L. S.; Barthem, R. B. **Hábitos alimentares de bagres marinhos (Siluriformes: Ariidae) do estuário amazônico**. *Amazônia: Ci. & Desenv.*, Belém, v. 5, n. 10, jan./jun. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277033764_Habitos_alimentares_de_bagres_marinhos_Siluriformes_Ariidae_do_estuario_amazonico. Acesso em: 3 ago 2023.

MCTI. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. A ciência que precisamos para o oceano que queremos**. Setembro, 2019. Disponível em: <https://ciencianomar.mctic.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/265198por.pdf>

Moura, V. L. **Bioacumulação de Mercúrio no gradiente Estuarino do Rio Jaguaribe**, CE. 2017. Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Biologia Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Fortaleza, 2017.

Moura, V. L.; Lacerda, L. D. Mercury Sources, **Emissions, Distribution and Bioavailability along an Estuarine Gradient under Semiarid Conditions in Northeast Brazil**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 24, p. 17092, jan. 2022.

Nelson, P. F.; Morrison, A. L.; Malfroy, H. J.; Cope, M.; Lee, S.; Hibberd, M. L.; Meyer, C. P.; McGregor, J. **Atmospheric mercury emissions in Australia from anthropogenic, natural and recycled sources**. *Atmospheric Environment*, v. 62, p. 291-302, 2012.

Nonindigenous **Aquatic Species, *Micropogonias undulatus***. Disponível em: <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?SpeciesID=957>. Acesso em 5 nov 2023.

Nutrition, C. For F. S. And A. FDA/EPA 2004 **Advice on What You Need to Know About Mercury in Fish and Shellfish**. FDA, 30 mar. 2020. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/environmental-contaminants-food/fdaepa-2004-advice-what-you-need-know-about-mercury-fish-and-shellfish>. Acesso em: 5 nov 2023.

Oetterer, M.; Savay-Da-Silva, L. K.; Galvão, J. A. **Uso do gelo é peça chave na conservação do pescado**. *Visão Agrícola*, v. 8, n. 11, p. 134- 136, 2012 Disponível online em: <https://repositorio.usp.br/item/002350071>. Acesso em: 15 jul 2022.

Oliveira, R. C.; Dórea, J. G.; Bernardi, J. V.; Bastos, W. R.; Almeida R.; Manzatto, A. G. **Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): Impact on hair mercury.** *Annals of Human Biology*, v. 37, n. 5, p. 629– 642, out. 2010.

Oliveira, S. W. R, **Concentração de mercúrio total e avaliação de risco do consumo de peixes comercializados em São Luís, Maranhão** (Dissertação de mestrado), Programa de Pós- Graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

Oppdag **Fisk. Arius Proops/Crucifix Sea Catfish/Sciades Proops (Ferskvann/Brakkvann/Saltvann).** 2020. Disponível em: <https://oppdagfisk.blogspot.com>. Acesso em 1 nov 2023.

Pinheiro, S. D. B.; Silva, N. K.; Pioski, M. N.; Rocha, G. C.; Neta, C. F. N. R.; Almeida, S. Z. **Aspectos alimentares e reprodutivos de *Bagre Bagre* (pisces, ariidae) em um estuário da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil.** *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*. v. 8, n. 2, p. 01–12, 2015.

Passos, C. J. S.; Da Silva, D. S.; Lemire, M.; Fillion, M.; Guimarães, J. R. D.; Lucotte, M.; Mergler, D. 2008. **Daily mercury intake in fish-eating populations in the Brazilian Amazon.** *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 18(1), 76-87.

Pirrone, N.; Cinnirella, S.; Feng, X.; Finkelman, R. B.; Friedli, H. R.; Leaner, J.; Manson, R.; Mukherjee, A. B.; Stracher, G. B.; Streets, D. G.; Telmer, K. **Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources,** *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 5951–5964, Disponível em: <https://doi.org/10.5194/acp-10-5951-2010>, 2010.

Report of the joint FAO/WHO. **Expert consultation on the risks and benefits of fish consumption,** 25-29 January 2010, Rome, Italy. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241564311>. Acesso em: 15 nov. 2023.

Rojas, M. O. A. I.; Cavalcante, P. R. S.; Souza, R. C.; Dourado, E. C. dos S. **Teores de zinco e cobre em ostra (*Crassostrea Rhizophorae*) E Sururu (*Mytella Falcata*) do Estuário Do Rio Bacanga, em São Luís (MA).** *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, São Luís, v. 20, n. 1, 2014. DOI: 10.18764/. Disponível em: <http://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/view/2025>. Acesso em: 3 ago 2023.

Ronchetti, R.; Zuurbier, M.; Jesenak, R.; G.Koppe, J.; Ahmed, U. F.; Ceccatelli, S.; Villa, M. P. **Children's health and mercury exposure. Acta Paediatrica**, v. 95, n. 0, p. 36–44, 1 out. 2006.

Santos, T. T. L.; Marins, R. V.; Da Silva Dias, F. J. **Carbon influence on metal distribution in sediment of Amazonian macrotidal estuaries of northeastern Brazil. Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 9, p. 552, set. 2019.

Sartori, A. G. de O.; Amancio, R. D. **Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. Segurança alimentar e nutricional**, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

Seafood Choices: Balancing Benefits and Risks - Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, Committee on Nutrient Relationships in Seafood: Selections to Balance Benefits and Risks - Google Livros. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=xCWdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT15&dq=Nesheim+e+Yaktine+2007\)&ots=js5oSIFi1J&sig=hK4rh81ECTwbACRTW4dqYmjFE#v=onepage&q=Nesheim%20e%20Yaktine%202007\)&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=xCWdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT15&dq=Nesheim+e+Yaktine+2007)&ots=js5oSIFi1J&sig=hK4rh81ECTwbACRTW4dqYmjFE#v=onepage&q=Nesheim%20e%20Yaktine%202007)&f=false). Acesso em: 5 nov 2023.

Shetty, S. K.; Lin, C. J.; Streets, D. G.; Jang, C. **Model estimate of mercury emission from natural sources in East Asia. Atmospheric Environment**, v. 42, n. 37, p. 8674–8685, 1 dez. 2008.

Silva, F. S.; Oliveira, J. O.; Oliveira, I. C. S. C.; Rodrigues, M. T. F.; Araújo, R. R. **Comportamento térmico no Centro Histórico e Comercial De São Luís-Ma.** 2009. Disponível:https://www.researchgate.net/publication/338847143_COMPORTAMENTO_TERMICO_NO_CENTRO_HISTORICO_E_COMERCIAL_DE_SAO_LUIS-MA. Acesso em: 1 ago 2023.

Silva, I. A.; Lima, M. F. V.; Brandão, V. M.; Dias, I. C. L.; Silva, M. I. S.; Lacerda, L. M. **Perfil de consumidores do pescado comercializado em mercados do município de São Luís, Maranhão, Brasil. Cadernos de Pesquisa**, 22 jun. 2012.

Soares, E. G.; De Castro, A. C. L.; Silva-Júnior, M. G. **Características Operacionalidade e Produção da Frota Serreira no Município da Raposa- MA. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís v.19, n.1, 2014. Acesso em: 2 ago 2023.

SOUZA, S. M. S. **Exposição mercurial e a relação do perfil hepático e renal de indivíduos do município de Santarém**, Pará .Universidade Federal do Oeste do Pará pró-reitoria de pesquisa pós-graduação e inovação tecnológica centro de formação interdisciplinar. Programa de pós-graduação em biociências. Dissertação. 2020.

Souza-Araújo, J. Davis, H. A. R.; Rosa, H. A.; Lima, O. M.; Giarizzo, T. **Human risk assessment of toxic elements (As, Cd, Hg, Pb) in marine fish from the Amazon**. *Chemosphere*, v. 301, p. 134575, 1 ago. 2022.

STRIDE, R. K. **Diagnóstico da pesca Artesanal Marinha do Estado do Maranhão**. São Luís: CORSUP/EDUFMA, v. 2. 1992.

Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites USEPA - United States Environ. Prot. Agency, 2002.

U.S. Environmental Protection Agency, 2010, **Solid waste and emergency response glossary--Bioaccumulation**: U.S. Environmental Protection Agency, acesso em 28 de maio de 2015.

USEPA. 2000. **Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish** 549 Advisories. Vol. 1: Fish Sampling and Analysis. EPA 823-B-00-007. Office of Science 550.

USEPA. 2000. **United States Environmental Protection Agency. Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories**. v. 1. Fish sampling and analysis. Office of Science and Technology Office of Water, USEPA, Washington, DC.

USEPA. 2001. **United States Environmental Protection Agency. Water quality criterion for the protection of human health: Methylmercury final**. EPA-823- R-:303. USEPA, Washington, DC.

USEPA. 2022. **United States Environmental Protection Agency. Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites**. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide>. Acesso em 3 jul 2022.

Verdouw J. J.; Macleodo, C. K.; Nowak, B. F.; Lyle, J. M. **Implications of Age, Size and Region on Mercury Contamination in Estuarine Fish Species**. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 214, n. 1–4, p. 297–306, jan. 2011.

Verhaert, V.; Teuchies, J.; Vlok, W.; Wepener, V.; Addo-Bediako, A.; Jooste, A.; Blush, R.; Bervoets, L. **Bioaccumulation and trophic transfer of total mercury in the subtropical Olifants River Basin**, South Africa. *Chemosphere*, v. 216, p. 832–843, 1 fev. 2019.

Wang, W. J. I. A. Q.; Mukerje, S.; CHEN, S. **Recent Insights into the Oxygen-Reduction Electrocatalysis of Fe/N/C Materials**. *ACS Catalysis*, v. 9, n. 11, p. 10126–10141, 1 nov. 2019.

You, S. H.; Wang, L. S.; Pan, H. W.; Chan, C. W.; Fan, M. A.; Lin, P. **Risk assessment of methylmercury based on internal exposure and fish and seafood consumption estimates in Taiwanese children**. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 221, n. 4, p. 697–703, 1 mai 2018.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO SOBRE CONSUMO DE PEIXE



QUESTIONARIO SOBRE ALIMENTAÇÃO / CONSUMO DE PEIXES



Sexo: () M ou () F

Idade: _____; Peso (kg): _____; Altura (m): _____;

Bairro _____ que
reside: _____;

Quantas pessoas moram na sua residência: _____;

Quantas vezes consomem peixe na semana: () 1 vez; () 2 vezes; () 3 vezes; () 4 vezes; () 5 vezes; () 6 vezes; () 7 vezes;

() Não consome peixe.

Quantos quilos (kg) de peixe você adquire por semana: Até 1 kg (); de 2 a 5 Kg (); de 5 -10 kg (); Mais de 10 kg ();

Quais desses peixes são consumidos: (1) Bagre Bandeirado; (2) Corvina;

(3) Cururuca; (4) Palombeta; (5) Peixe-serra; (6) Pescada Boca Mole;

(7) Tainha Pitui; (8) Uritinga; (9) Pescada Amarela;

(_____) Nenhum das alternativas*:

_____.