

Avaliação de Contaminantes Orgânicos em Peixes e seus Riscos Associados no Rio Poti (Ceará/Brasil)

Ana Clara Rosendo de Sousa [1]; Francisco Emerson Ferreira de Macêdo [2]; ; Luísa Gardênia Alves Tome Farias [3]; Rivelino Martins Cavalcante [4], Janaína Lopes Leitinho [5]

ABSTRACT

This study evaluated the contamination by persistent organic substances (POPs) in fish from the Poti River, in the municipality of Crateús (CE), comparing samples collected inside and outside the Boqueirão do Poti Environmental Protection Area (APA). Forty-seven specimens of 11 different species were analyzed, with muscle samples prepared according to the QuEChERS method and subjected to gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS/ECD/NPD). Compounds of the classes OCPs, PCBs, PBDEs and PPs were identified, some with carcinogenic potential and neuroendocrine effects. The assessment of the risk to human health was carried out based on data on the intake of the local population, obtained through fish questionnaires applied in the districts of Ibiapaba and Oiticica. The results indicated greater contamination in fish collected outside the APA, especially by pyrethroids, reflecting greater anthropogenic pressure in the region. Although the estimated non-carcinogenic risks are below levels of concern, carcinogenic risk values considered unacceptable were observed for some consumed species. The study reinforces the need for continuous monitoring and environmental management actions aimed at protecting water resources and public health.

Keywords – Cancer risk; Organic pollutants; Poti River.

RESUMO

Este estudo avaliou a contaminação por poluentes orgânicos persistentes (POPs) em peixes do Rio Poti, no município de Crateús (CE), comparando amostras coletadas dentro e fora da Área de Proteção Ambiental (APA) Boqueirão do Poti. Foram analisados 47 exemplares de 11 espécies diferentes, com amostras musculares preparadas segundo o método QuEChERS e submetidas à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS/ECD/NPD). Identificaram-se compostos das classes OCPs, PCBs, PBDEs e PPs, alguns com potencial cancerígeno e efeitos neuroendócrinos. A avaliação do risco à saúde humana foi realizada com base em dados de ingestão de peixe pela população local, obtidos por meio de questionários aplicados nos distritos de Ibiapaba e Oiticica. Os resultados indicaram maior contaminação em peixes coletados fora da APA, especialmente por piretróides, refletindo maior pressão antrópica na região. Embora os riscos não-cancerígenos estimados estejam abaixo dos níveis de preocupação, foram observados valores de risco cancerígeno considerados inaceitáveis para algumas espécies consumidas. O estudo reforça a necessidade de monitoramento contínuo e de ações de gestão ambiental voltadas à proteção dos recursos hídricos e da saúde pública.

Palavras-Chave – Risco de câncer; Poluentes orgânicos; Rio Poti.

1. Universidade Federal do Ceará- Campus Crateús- rosendoana2018@gmail.com
2. Universidade Federal do Ceará- Campus Crateús- emeinfoquim@gmail.com
3. Universidade Federal do Ceará- Campus Crateús- luisa@crateus.ufc.br
4. Universidade Federal do Ceará- Campus Crateús- janaina@crateus.ufc.br,
5. Universidade Federal do Ceará- Campus Crateús- LABOMAR- rivelino@ufc.br

INTRODUÇÃO

O Rio Poti tem sua nascente no Estado do Ceará, formada pela confluência dos riachos Santa Maria e Algodões, sobre rochas cristalinas pré-cambrianas, na localidade de Algodões, próxima à cidade de Quiterianópolis. Segue em direção ao norte por aproximadamente 105 km, a montante de Crateús-CE (Damasceno *et al.*, 2008). Ao chegar em Crateús, o rio se bifurca, formando uma ilha, e posteriormente se reúne novamente na saída da cidade, continuando seu percurso pelo distrito de Ibiapaba, margeando a serra, até alcançar o povoado de Oiticica. Nesse ponto, atravessa uma fenda conhecida popularmente como Boqueirão ou Cânions, ingressando no território piauiense. No Piauí, o Rio Poti integra a bacia do Longá, passando por Teresina e, a jusante, unindo-se ao Delta do Parnaíba.

Parte da extensão do rio Poti no Ceará sofre com a seca. A escassez acentuada no segundo semestre do ano e elevadas médias de temperatura, o rio, tem seu nível de água cada vez mais baixo, tornando-se um conjunto de lagoas. Estas lagoas tornam-se verdadeiros oásis o que atraem diversas transformações antropogênicas incluindo a supressão da mata ciliar para construção de residências e atividades agrícolas, descartes de efluentes domésticos e queimadas.

As modificações antropogênicas ao longo do rio Poti fazem dele um receptor de contaminantes emergentes (CE) e poluentes orgânicos persistentes (POPs). Os POPs são compostos sintéticos e tóxicos, como hidrocarbonetos aromáticos (HPAs), pesticidas organoclorados (POCs) e bifenilas policloradas (PCBs), que se acumulam nos tecidos adiposos dos organismos (Kumar *et al.*, 2022).

A proximidade das áreas de cultivo com as margens do rio, favorecida pela disponibilidade de solo fértil e facilidade de irrigação, tem levado à intensificação de práticas prejudiciais, como as queimadas, que comprometem a vegetação nativa e destroem a mata ciliar.

Uma vez que estes contaminantes chegam nas águas do rio Poti é questão de tempo para que possam entrar na cadeia alimentar. A bioacumulação e a biomagnificação no decorrer da cadeia alimentar pode afetar a saúde dos animais aquáticos e dos seres humanos. Doenças como câncer de mama e de próstata vem crescendo rapidamente na região, sendo a região de Crateús umas com os maiores índices de óbitos por doenças cancerígenas (*Boletim Epidemiológico do Ceará-Nº 01-2022*)

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo de comparar os níveis de contaminação por poluentes orgânicos em peixes coletados em pontos localizados dentro e fora da Área de Proteção Ambiental (APA) do Boqueirão do Poti no Ceará. e avaliar risco cancerígeno associado ao consumo de peixes, fornecendo subsídios para futuras estratégias de monitoramento e conservação da qualidade da água na região.

METODOLOGIA

Área de estudo

A seleção dos pontos de coleta considerou critérios técnicos e estratégicos, visando avaliar o impacto de atividades humanas sobre a contaminação por agrotóxicos. Foram definidos dois locais no Rio Poti, um dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) Boqueirão do Poti, no distrito de Oiticica ($5^{\circ}02'33"S$ $41^{\circ}05'04"W$), e outro em sua zona de entorno, no distrito de Ibiapaba

($5^{\circ}02'52"S$ $40^{\circ}55'17"W$), com intensa atividade agrícola.

Coleta das amostras

Foram coletados 47 peixes de 11 espécies distintas, representando diferentes nichos ecológicos e alimentares. Os espécimes apresentaram peso entre 29 e 368 g e comprimento entre 115 e 290 mm. O tecido muscular foi selecionado por ser o principal consumido pela população e por refletir de forma confiável a bioacumulação de contaminantes. As amostras foram armazenadas sob refrigeração e enviadas ao Laboratório de Contaminantes Orgânicos (LACOr), da UFC/LABOMAR, para análise cromatográfica.

Preparação das amostras

As amostras de tecido muscular dos peixes foram preparadas seguindo o método QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe) desenvolvido em 2003 por Anastassiades e colaboradores, adaptado pelo LACOr, com base em protocolos avaliados pelo programa europeu QUASIMEME (Quality Assurance of Information in Marine Environmental Monitoring). Essa metodologia foi escolhida por sua eficácia na extração de resíduos químicos, especialmente compostos orgânicos como pesticidas, e por fornecer resultados consistentes em análises ambientais e biológicas.

Análise cromatográfica

As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS/ECD/NPD), com coluna Agilent J&W DB-5. A quantificação foi baseada em curvas analíticas com padrões internos (PCB-103 e nitrobenzeno-d5). Foram identificados pesticidas organoclorados (OCPs), PCBs, PBDEs e piretróides (PPs), alguns com potencial cancerígeno ou efeitos endócrinos.

Avaliação de risco à saúde

- Taxa de ingestão de peixe:** Determinada por meio de questionários aplicados aos moradores dos distritos de Oiticica e Ibiapaba, coletando dados sobre frequência e quantidade de consumo de peixes do Rio Poti.
- Risco cancerígeno:** Avaliado por meio da Dose Média Diária ao Longo da Vida (LADD) e do Risco de Câncer (CR), utilizando os fatores de inclinação (CSFo) fornecidos pela USEPA. Considerou-se uma expectativa de vida de 76 anos e exposição contínua por 70 anos.

Para estimar os impactos crônicos desses contaminantes, calcula-se inicialmente a dose média diária ao longo da vida (LADD) (Equação 1).

$$LADD = C * \frac{IR * EF * ED}{BW * L_t} \quad (1)$$

Onde, C é a concentração do contaminante (mg/kg); IR é a taxa de ingestão (kg/dia) usando as mesmas estimativas de ingestão anteriores; EF é a frequência (dias/ano); BW (kg) é o peso de um adulto (70 kg); ED (anos) é a exposição crônica (70 anos); Lt a medida da expectativa de vida de um indivíduo (76 anos).

$$CR = LADD \times CSFo \quad (2)$$

Em que, LADD é a dose média diária ao longo da vida (mg/kg/dia) e o CSFo é uma medida da potência de carcinogenicidade, também chamada de fator de inclinação do câncer oral (mg/kg/dia) (*Universidade de Wisconsin-Usepa, 1989*).

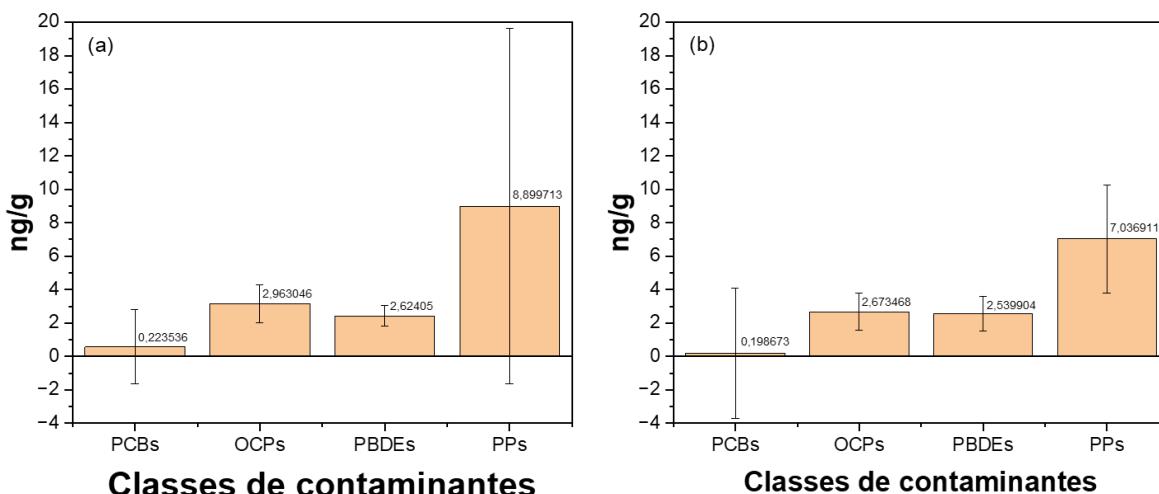
RESULTADOS

A Figura 1 (a-b) apresenta a concentração em ng/g de contaminantes presentes nos peixes coletados. Os valores são grafados com uma barra de erro que apresenta valores elevados para os contaminantes da classe PPs, pois dentro das mesmas espécies observa-se uma variação da concentração, o que pode ser justificado pela idade, habitat, preferências alimentares e disponibilidade do contaminante no meio aquático.

A análise dos níveis de contaminação nos peixes coletados nos pontos Ibiapaba e Oiticica revelou diferenças na concentração das classes de contaminantes analisadas (PCBs, OCPs, PBDEs e PPs). Observa-se que os contaminantes da classe PPs apresentaram as maiores concentrações em ambos os pontos, sendo significativamente mais elevados em Ibiapaba, onde os valores atingiram em média aproximadamente 12 ng/g, enquanto em Oiticica foram em torno de 7 ng/g. Essa diferença sugere uma maior influência de fontes de contaminação por PPs na região de Ibiapaba. Deve-se ressaltar, ainda, que as classes OCPs e PBDEs também encontram-se presentes em quantidades significativas, em ambos distritos.

Os PCBs têm concentrações similares nos dois distritos, sendo o da Ibiapaba levemente maior que o verificado para Oiticica. Tendo em vista que os contaminantes da classe PCBs são oriundos de plastificantes e tintas esta contaminação pode advir dos resíduos sólidos descartados de forma irregular na calha do rio.

Figura 1. Concentração de PCBs, OCPs, PBDEs e PPs. a) Distrito de Ibiapaba- Crateús-Ce; b) Distrito de Oiticica- Crateús-Ce.



Avaliação de Risco de câncer

Risco cancerígeno

Para avaliar os riscos cancerígenos (RCs) associados ao consumo dos peixes usa-se a classificação segundo a USEPA, valores de RC abaixo de 10^{-6} são considerados insignificantes, enquanto valores entre 10^{-6} e 10^{-4} são considerados aceitáveis. Acima de 10^{-4} , o risco é considerado inaceitável. O RC foi calculado com base nos valores de doses orais de referência (CSFo).

Os valores RC apresentados para o distrito de Ibiapaba variaram de $2,78 \times 10^{-7}$ a $3,8 \times 10^{-3}$ enquanto que no distrito de Oiticica os valores variaram de $9,26 \times 10^{-6}$ a $3,68 \times 10^{-3}$. Entre as 15 substâncias estudadas estão 3 poluentes, sendo 1 da classe PCBs (PCB 52) e 2 da classe OCPs (α -BHC e Heptachlor).

Em Ibiapaba as espécies que apresentaram valores inaceitáveis de RC foram a branquinha, a curimatã e bodó. E em Oiticica foram a piranha, piau, tucunaré, cangati e bodó.

Esses resultados indicam que, em ambos os distritos, há espécies de peixes cujo consumo pode representar um risco à saúde devido à presença de contaminantes com potencial cancerígeno. A presença de PCBs e OCPs entre os compostos analisados reforça a preocupação com a contaminação ambiental, visto que esses poluentes são conhecidos por sua persistência no meio ambiente e bioacumulação na cadeia alimentar.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar que a área de Ibiapaba, localizada fora da APA do Boqueirão do Poti e com atividade agrícola, apresentou as maiores concentrações de contaminantes nos peixes analisados. Esse achado reforça a influência das práticas agrícolas na contaminação dos recursos hídricos e da biota aquática, especialmente pelo uso intensivo de agrotóxicos.

Além disso, a avaliação do risco cancerígeno, baseada nos critérios da USEPA, indicou que a ingestão dos peixes contaminados pode representar um risco significativo para a saúde humana. A exposição contínua a esses compostos pode estar associada ao desenvolvimento de doenças graves, como câncer, além de outros efeitos adversos, incluindo disfunções hormonais e neurológicas.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- ANASTASSIADES, M. et al. **Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and dispersive solid-phase extraction for the determination of pesticide residues in produce.** Journal of AOAC International, v. 86, p. 412-431, 2003.
- DAMASCENO, L. M. O. et al. **Qualidade da água do rio Poti para consumo humano, na região de Teresina, PI.** Rev. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável v.3, n.3, p.116-130. Mossoró, 2008.
- KUMAR, Rohitashw; QURESHI, Mahrukh; VISHWAKARMA, Dinesh Kumar; AL-ANSARI, Nadhir; KURIQI, Alban; ELBELTAGI, Ahmed; SARASWAT, Anuj. **A review on emerging water contaminants and the application of sustainable removal technologies.** Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, v. 6, p. 100219, 2022.
- SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ. **Boletim epidemiológico – Registro de câncer 2009-2022.** Fortaleza: Sesa-CE, 20 set. 2022. [pdf]. Disponível em: acesso via site da Secretaria da Saúde do Ceará.
- USEPA, 1989. **Orientação de avaliação de risco para superfund.** Em: Avaliação de Saúde Humana Manual Parte A, Final Interino, 1. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), Washington, DC, EUA. EPA/540/1- 89/002.
- USEPA, 2000. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. **Orientação para avaliação de dados de contaminantes químicos para uso em peixes, Avisos, Volume 1: Amostragem e Análise de Peixes, terceira edição.** Estados Unidos.
- USEPA, 2023. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. **Contaminantes de preocupação emergente, incluindo produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais.** <https://www.epa.gov/wqc/contaminantes-preocupacao-emergente-incluindo-produtos-farmaceuticos-e-productos-de-cuidados-pessoais>. Acesso em 05 de fev de 2025