



Evento XXX Jornada de Pesquisa ▾

COMPOSTOS DISRUPTORES ENDÓCRINOS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: IMPACTOS SOBRE A ICTIOFAUNA E MÉTODOS DE REMOÇÃO ¹

Rafael Schneider Costa ², Rafaela Bellé ³, Juliana Maria Fachinetto ⁴

¹ Resumo expandido desenvolvido na disciplina de Qualidade Ambiental e Gestão de Recursos do Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI).

² Bacharel em Ciências Biológicas, bolsista CAPES do Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da UNIJUI. E-mail: rafael.costa@sou.unijui.edu.br

³ Bacharel em Ciências Biológicas. E-mail: bellerafaela15@gmail.com

⁴ Professora da UNIJUI e do Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade. E-mail: juliana.fachinetto@sou.unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

A crescente contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos resultante de atividades antrópicas tem gerado preocupação mundial. Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de técnicas mais sensíveis, tornou-se possível identificar substâncias na água em pequenas concentrações (Santos *et al.*, 2023). Dentre elas, destacam-se os micropoluentes disruptores endócrinos, contaminantes detectados em níveis traços (ng/L ou µg/L), que podem afetar tanto o ecossistema quanto a saúde e a qualidade de vida humana (Lima *et al.*, 2017).

Os compostos disruptores endócrinos (CDEs) representam uma ameaça emergente à saúde ambiental por sua capacidade de alterar a sinalização hormonal dos organismos (Bila, Dezotti, 2007). Conforme definição da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), tratam-se de substâncias exógenas que podem interferir no sistema endócrino mesmo quando presentes em concentrações muito baixas. Entre os principais exemplos de CDEs estão agrotóxicos, metais-traço, plastificantes, hormônios naturais e sintéticos, além de certos fármacos (Lima *et al.*, 2017).

Na literatura são citados efeitos negativos da exposição aos disruptores endócrinos em várias espécies da biodiversidade aquática, especialmente em peixes, capazes de provocar a feminização de machos, indução ao hermafroditismo, inibição no desenvolvimento das gônadas e declínio na reprodução (Van Aerle *et al.*, 2002; Matthiessen, 2003; Milla, 2011). Diante da problemática exposta, o presente artigo, alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14 - Vida na água, objetivou realizar uma revisão da literatura acerca dos



principais impactos gerados pelos disruptores endócrinos na ictiofauna e as alternativas utilizadas para a eliminação desses compostos nos sistemas aquáticos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão narrativa dos impactos dos contaminantes disruptores endócrinos na ictiofauna. A pesquisa foi realizada por meio da busca de artigos científicos nas plataformas digitais *Web of Science*, *SciELO* e *PubMed*. As palavras-chave utilizadas incluíram: “contaminantes emergentes”, “compostos disruptores endócrinos”, “ictiofauna”, “contaminação hídrica” e “remoção de micropoluentes”. No total, foram selecionados 18 artigos. A busca de dados ocorreu em abril de 2025, considerando os artigos do ano de 2002 a 2023. Como critério de exclusão, foram descartados estudos que não abordassem diretamente os efeitos dos compostos disruptores endócrinos (CDEs) na ictiofauna ou alternativas para a remoção desses compostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compostos como os hormônios naturais Estrona (E1), 17 β -estradiol (E2), Estriol (E3) e o sintético 17 α etinilestradiol (EE2), agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas), metais-traço (cádmio, mercúrio, chumbo, cromo, entre outros), plastificantes (bisfenol-A e ftalatos) e alguns fármacos (antibióticos, anti-inflamatórios, antilipêmicos, contraceptivos) estão entre os químicos disruptores endócrinos (Lima *et al.*, 2017; Santos, 2022b). Esses compostos têm como fontes principais as águas residuais descartadas diretamente sem tratamento (doméstica, hospitalar ou industrial), quanto por efluentes de estações com baixa ou moderada eficiência de remoção (Bottoni, 2010; Melo *et al.*, 2009).

Os efeitos de muitos CDEs são frequentemente mediados por receptores nucleares, como os receptores de estrogênio (ER) e de androgênio (AR). Além de induzirem a expressão desses receptores, alguns CDEs podem imitar estrogênios naturais, interferindo diretamente na sinalização hormonal. Como consequência, as alterações na expressão gênica podem comprometer a regulação neuroendócrina da homeostase reprodutiva e metabólica (Ferreira *et al.*, 2021). Na literatura, os CDEs são amplamente estudados devido aos seus impactos na fisiologia dos peixes, sendo a vitelogenina (VTG) um importante biomarcador para a exposição a xenoestrogênios em diversas espécies (Bila e Dezotti, 2007).



A ação desses compostos está fortemente associada à feminilização de peixes machos, manifestada tanto pela presença de VTG quanto por alterações mais severas, como o desenvolvimento de ovotestes, uma condição hermafrodita onde as gônadas apresentam características tanto masculinas quanto femininas. Esses efeitos são particularmente evidentes em áreas altamente contaminadas, como regiões próximas a estações de tratamento de esgoto, onde predominam estrogênios naturais e sintéticos, e fábricas de papel e celulose, onde compostos como o β -sitosterol, um esteroide vegetal, desempenham papel significativo (Pait, Nelson, 2002). Para além dos poluentes industriais e esgotos urbanos, os fármacos também emergem como uma importante classe de contaminantes capazes de impactar a biologia dos peixes. Exposições a determinados medicamentos têm sido associadas a diversos efeitos adversos, como a maturação tardia da morfologia sexual em ambos os sexos de *Gambusia affinis* (peixe-mosquito) (Henry *et al.*, 2008).

Frente a essa problemática, a mitigação da exposição a CDEs exige o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias eficazes para a remoção dessas substâncias em sistemas de tratamento de esgoto e abastecimento de água potável (Almeida; Weber, 2005). No entanto, estudos indicam que os processos convencionais empregados nas estações de tratamento não são totalmente eficazes na remoção desses CDEs, tornando essencial a busca por abordagens avançadas que sejam capazes de eliminar os compostos (Bila e Dezotti, 2007). Neste sentido, a utilização dos processos oxidativos avançados (POAs) que utilizam formação de radicais, produzidos por diferentes agentes e materiais, como radiação UV (Acero *et al.*, 2018), peróxido de hidrogênio (Liu *et al.*, 2021), ozônio (Xiang *et al.*, 2021), demonstram-se eficazes. Assim como processos biológicos, que utilizam microalgas, também demonstraram ser úteis no tratamento de efluentes por meio de processos de biorremediação e bioabsorção (Silva *et al.*, 2019).

Um estudo conduzido pela USEPA avaliou diferentes processos de tratamento de água para a remoção de compostos disruptores endócrinos e concluiu que a filtração com Carvão Ativado Granular (CAG) é a tecnologia mais eficiente para remover pesticidas (como metoxicloro, endossulfano e DDT), ftalatos (DEHP e DEP), alquilfenóis, alquilfenóis etoxilados (ex.: nonilfenol) e PCB (Bila e Dezotti, 2007). Contudo, alguns contaminantes só atingem taxas de remoção superiores a 90% após um longo tempo de tratamento (Huang *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2010).



Portanto, é fundamental investigar se os tratamentos empregados na remoção de CDEs da água potável e dos efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) são eficazes não apenas na eliminação química desses compostos, mas também na neutralização de seus efeitos adversos sobre os organismos aquáticos (Bila e Dezotti, 2007). Além disso, estratégias preventivas, como a redução da liberação desses contaminantes no meio ambiente, são essenciais para minimizar os impactos ecológicos imediatos e proporcionar tempo para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento mais eficientes e sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os compostos disruptores endócrinos representam uma ameaça significativa para a ictiofauna, causando alterações hormonais, feminização de machos e redução do potencial reprodutivo. As estratégias atuais de tratamento de água ainda apresentam limitações na remoção completa desses contaminantes, destacando a necessidade de pesquisas que aprimorem as tecnologias existentes. O desenvolvimento de processos mais eficazes e acessíveis é essencial para mitigar os impactos ambientais dos CDEs e preservar a biodiversidade aquática.

Palavras-chave: Micropoluentes. Peixes. Contaminação Hídrica. Tratamento de Água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa e ao Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade da UNIJUÍ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO, J. L. *et al.* Degradation of selected emerging contaminants by UV-activated persulfate: Kinetics and influence of matrix constituents. *Separation and Purification Technology*, v. 201, p. 41–50, 2018. doi: 10.1016/j.seppur.2018.02.055.
- ALMEIDA, G. A.; WEBER, R. R. Fármacos na represa Billings. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 7–13, 2005.
- BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 651–666, 2007.
- BOTTONI, P.; CAROLI, S.; CARACCILO, A. B. Pharmaceuticals as priority water contaminants. *Toxicological & Environmental Chemistry*, v. 92, n. 3, p. 549–565, 2010.
- FERREIRA, M. F. *et al.* Endocrine disruption in the sub-Antarctic fish *Patagonotothen tessellata* (Perciformes, Notothenidae) from Beagle Channel associated to anthropogenic impact. *Marine Environmental Research*, v. 171, 2021. doi: 10.1016/j.marenvres.2021.105478.



- HENRY, T. B.; BLACK, M. C. Acute and Chronic Toxicity of Fluoxetine (Selective Serotonin Reuptake Inhibitor) in Western Mosquitofish. *Arch Environ Contam Toxicol*, v. 54, p. 325–330, 2008. doi: 10.1007/s00244-007-9018-0.
- HUANG, L. *et al.* Adsorption of tetracycline and ciprofloxacin on activated carbon prepared from lignin with H₃PO₄ activation. *Desalination and Water Treatment*, v. 52, n. 13–15, p. 2678–2687, 2014. doi: 10.1080/19443994.2013.833873.
- LIMA, D. R. S. *et al.* Fármacos e DISRUPTORES endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 6, p. 1043–1054, nov. 2017.
- LIU, Y., ZHAO, Y., & WANG, J. Fenton/Fenton-like processes with in-situ production of hydrogen peroxide/hydroxyl radical for degradation of emerging contaminants: Advances and prospects. *Journal of Hazardous Materials*, 2021. 404, 124191. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124191.
- MATTHIESSEN, P. Endocrine disruption in marine fish. *Pure and Applied Chemistry*, v. 75, n. 11-12, p. 2249–2261, 2003. doi: 10.1351/pac200375112249.
- MELO, S. A. S. *et al.* Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. *Química Nova*, v. 32, n. 1, p. 188–197, 2009.
- MILLA, S.; DEPIEREUX, S.; KESTEMONT, P. The effects of estrogenic and androgenic endocrine disruptors on the immune system of fish: a review. *Ecotoxicology*, v. 20, n. 2, p. 305–319, 2011. doi: 10.1007/s10646-010-0588-7.
- PAIT, A.; NELSON, J. Endocrine disruption in fish: An assessment of recent research and results. 2002.
- RUIZ, B. *et al.* Surface heterogeneity effects of activated carbons on the kinetics of paracetamol removal from aqueous solution. *Applied Surface Science*, v. 256, n. 17, p. 5171–5175, 2010. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.12.086.
- SANTOS, M. M. F. M. Efeito toxicológico de disruptores endócrinos: um enfoque da relação saúde e ambiente. 2022. 87 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.
- SANTOS, R. M. S. *et al.* Contaminação dos recursos hídricos por micropoluentes emergentes e os possíveis métodos de tratamento para sua remoção. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 8, n. 2, p. 070–085, 2023.
- SILVA, A. *et al.* The Use of Algae and Fungi for Removal of Pharmaceuticals by Bioremediation and Biosorption Processes: A Review. *Water*, v. 11, n. 8, p. 1555, 2019. doi: 10.3390/w11081555.
- USEPA. Endocrine Disruptor Screening Program: second list of chemicals for tier 1 screening, 2010.
- VAN AERLE, R. *et al.* Janela de sensibilidade para os efeitos estrogênicos do etinilestradiol em estágios iniciais de vida do peixinho-cabeça-gorda, *Pimephales promelas*. *Ecotoxicologia*, v. 11, p. 423–434, 2002. doi: 10.1023/A:1021053217513.
- XIANG, L. *et al.* Efficient removal of emerging contaminant sulfamethoxazole in water by ozone coupled with calcium peroxide: Mechanism and toxicity assessment. *Chemosphere*, v. 283, p. 131156, 2021. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131156.