

HISTÓRICO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Data de submissão: 02/05/2023

Data de aceite: 16/06/2023

Jamile Maria Figueiredo Furtado Bastos Calvelli

Graduada em Geografia Licenciatura, Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG, Alfenas - MG. <https://orcid.org/0000-0003-1204-2892>

Monique Tereza Azola

Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG, Alfenas - MG. <https://orcid.org/0009-0001-5064-3616>

Victória Alice Divino Dias

Universidade Federal de Alfenas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Alfenas - MG. <https://orcid.org/0009-0007-9233-0267>

Antonio Rodrigues da Cunha Neto

Universidade Federal de Alfenas, Programa de Pós-graduação em biotecnologia, Alfenas - MG <https://orcid.org/0000-0001-7107-2755>

RESUMO: A industrialização iniciada no século XIX tem causado um aumento significativo da poluição, levando a necessidade crescente de estratégias eficazes de gestão ambiental para mitigar os efeitos negativos da industrialização

sobre o meio ambiente e a saúde humana. Nesse contexto, a ecotoxicologia surgiu como resultado da necessidade de abordar essas preocupações e identificar estratégias eficazes para atenuar os riscos ambientais. As preocupações atuais com os contaminantes emergentes, que incluem medicamentos, produtos de cuidados pessoais e outros produtos químicos, foram identificados como potenciais poluentes ambientais. À medida que o campo da saúde ambiental continua a evoluir, a identificação e o gerenciamento de contaminantes emergentes continuarão a ser uma área de foco crítico.

PALAVRAS-CHAVE: Industrialização; Ecotoxicologia; Contaminantes emergentes; Gestão ambiental; Efeitos na saúde

ABSTRACT: The industrialization that began in the 19th century has led to a significant increase in pollution, resulting in a growing need for effective environmental management strategies to mitigate the adverse effects of industrialization on the environment and human health. In this context, ecotoxicology has emerged as a response to address these concerns and identify effective strategies to mitigate environmental risks. Current concerns

about emerging contaminants, including pharmaceuticals, personal care products, and other chemicals, have been identified as potential environmental pollutants. As the field of environmental health continues to evolve, the identification and management of emerging contaminants will remain a critical area of focus.

KEYWORDS: Industrialization; Ecotoxicology; Emerging contaminants; Environmental management; Health effects

INTRODUÇÃO

A revolução industrial marcou um ponto de virada na história da contaminação ambiental. O uso de produtos químicos e combustíveis em fábricas levou a um aumento na poluição do ar, da água e do solo, bem como a um aumento no uso de combustíveis fósseis. A rápida industrialização e urbanização durante este período teve um impacto significativo no meio ambiente, causando danos aos recursos naturais e ecossistemas. A ausência de regulamentação e conscientização sobre o uso sustentável dos recursos naturais, levou a impactos ambientais negativos durante o período de industrialização. Esta poluição precoce teve um impacto duradouro no meio ambiente, produzindo um grande volume de novas substâncias que, acumuladas a longo prazo, representam risco à saúde humana e ao meio ambiente. Atualmente, os gastos globais com saúde duplicaram, alcançando 9,8% do produto interno bruto global. O aumento da contaminação por fármacos está ligado diretamente ao consumo de medicamentos, impulsionado de acordo com o nível de desenvolvimento do país e melhores condições de acesso da população aos medicamentos. Assim, o acúmulo desses compostos no meio ambiente vem acontecendo há décadas, com pouco entendimento do seu potencial impacto nos ecossistemas e na saúde humana. As emissões industriais de resíduos de medicamentos têm sido relacionadas a uma série de efeitos negativos na saúde, associados à exposição a tais efluentes. Apesar do conhecido impacto negativo causado pela presença de compostos farmacêuticos no ambiente, as regulamentações para abordar esta questão ainda permanecem amplamente não regulamentadas. Preocupações com o meio ambiente aumentaram, como resultado de múltiplas catástrofes ambientais com efeitos generalizados, e vários movimentos ambientais destacaram os perigos de novos compostos utilizados na indústria ou em ambientes domésticos. A história das ciências farmacêuticas é uma história de sucesso, mas o surgimento de novos contaminantes e possíveis riscos à saúde, associados aos produtos farmacêuticos, destacou a necessidade de melhores práticas de regulação e gestão. A presença de produtos farmacêuticos em ambientes aquáticos e água potável tem despertado significativo interesse público em relação a possíveis efeitos ecológicos adversos. Portanto, a busca por informações sobre os potenciais efeitos causados por formulações farmacêuticas no meio ambiente é essencial para o controle dos impactos ambientais negativos que podem ser causados pelos referidos compostos. Assim, a pesquisa acadêmica interdisciplinar se mostra como uma alternativa capaz de desenvolver

estratégias para prevenir e mitigar danos ambientais causados por contaminantes emergentes, incluindo produtos farmacêuticos.

Surgimento da consciência ambiental

Desde os primórdios da humanidade, há indícios de degradação ambiental causada pelo lançamento indevido de resíduos no meio ambiente. Com a Revolução Industrial do século XVIII, que levou a criação da indústria mecanizada resultando em aumento da produção, novas tecnologias e mudanças no estilo de vida foram observadas. Embora a evolução da medicina tenha levado a um tratamento melhorado de doenças e a uma maior expectativa de vida, foi somente no final dos anos 1960 e início dos anos 1970 que questões ambientais começaram a ser levantadas. Antes disso, incidentes como poluição do ar e contaminação da água eram considerados um mal necessário para o progresso. O desenvolvimento industrial atrelado ao crescimento econômico mundial, especialmente nos países industrializados, foi acompanhado por um aumento vertiginoso na geração de resíduos e poluição ambiental.

Dentre os principais incidentes desses períodos, apresentados na figura 1, o *smog* de Londres foi o primeiro acidente ambiental a mobilizar as autoridades de saúde e a ampliar a atenção quanto à qualidade do ar, fazendo com que em 1956 fosse aprovada a Lei do Ar Puro na Inglaterra. Essa legislação reduziu a queima de carvão e outras fontes poluidoras com o objetivo de melhorar a qualidade do ar. Novas Leis foram aprovadas na América do Norte e em diversos países da Europa Ocidental, além do Japão, propiciando a criação de agências de monitoramento, regulamentação e avaliação da qualidade ambiental (POTT; ESTRELA, 2017).

1769
1830

Revolução Industrial

Iniciada na Grã-Bretanha, levou a um aumento exponencial da industrialização, gerando impactos ambientais como: **poluição do ar e da água**, devido a queima intensiva de carvão e a liberação de poluentes como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, problemas respiratórios e de saúde para a população, além de contaminar rios e corpos d'água; **Desmatamento e perda de habitat**, devido à crescente demanda por madeira para construção e energia, e pela expansão agrícola e industrial, o que levou à diminuição da biodiversidade e à destruição de ecossistemas; **Consequências na saúde humana**, a exposição a poluentes provocou aumento de doenças respiratórias, intoxicação por metais pesados e problemas relacionados à água contaminada.

1812

Poluição do Rio Tâmisa

O crescimento industrial em Londres contribuiu para a poluição do Rio Tâmisa, com despejo de resíduos industriais e esgoto, resultando em problemas de saúde pública e danos ao ecossistema aquático.

1914
1918

Primeira Guerra Mundial

Marcada pelo uso em larga escala de agentes químicos de guerra, como gás cloro e gás mostarda. Esses produtos químicos causaram não apenas danos significativos aos soldados, mas também aos ambientes em que foram expostos, permanecendo por longos períodos nas zonas de guerra.

1930

Tempestade de Poeira (Dust Bowl)

Uma severa seca combinada com práticas agrícolas inadequadas nas Grandes Planícies dos Estados Unidos levou a tempestades de poeira massivas durante 10 dias. A devastação ecológica causada pela erosão do solo e o deslocamento de milhões de pessoas demonstrou a necessidade de melhores práticas de manejo da terra.

1939
1945

Segunda Guerra Mundial

Conflito global com impactos ambientais significativos devido à intensificação da atividade industrial para produção em larga escala de armamentos e munições causando emissão de substâncias tóxicas, prejudicando ecossistemas e a qualidade do ar. O uso generalizado de agentes químicos, como gás mostarda e gás nervoso, assim como o diclorodifeniltricloroetano (DDT) resultou em danos ambientais, contaminando solo, água e vida selvagem.

1945

DDT - diclorodifeniltricloroetano

Pesticida sintético, persistente e com potencial bioacumulador, ganhou popularidade após a Segunda Guerra Mundial por sua eficácia contra insetos, especialmente mosquitos. Seu uso generalizado levou a consequências não intencionais para ecossistemas e vida selvagem, contaminando também os mananciais

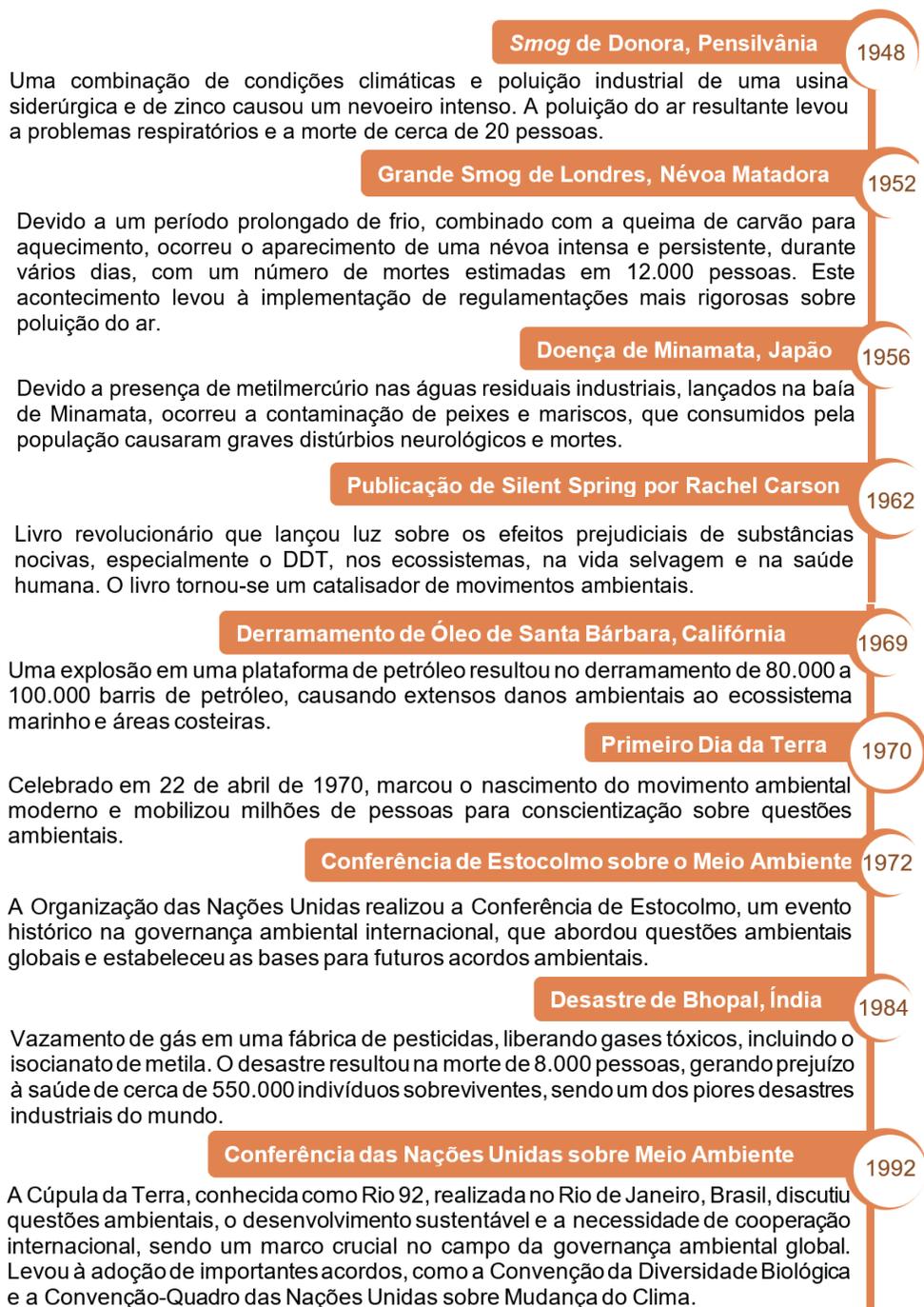


Figura 1. Linha do tempo com relato dos principais acontecimentos de tomada de consciência ambiental entre a Revolução Industrial e a Conferência das Nações Unidas.

Esses eventos chamaram a atenção para os impactos ambientais prejudiciais à saúde humana e à natureza, surgindo diversos movimentos ambientais que denunciaram o uso de substâncias nocivas ao meio ambiente.

O livro “Primavera Silenciosa” de Rachel Carson foi um marco de virada que denunciou o impacto de substâncias nocivas nos ecossistemas. O movimento *hippie* e a contracultura também contribuíram para a conscientização ambiental, enfatizando a importância de viver em harmonia com a natureza e promover o uso de fontes de energia alternativas.

Em 1962, Rachel Carson, serviu como catalisadora para a separação da toxicologia clássica da ecotoxicologia. A ideia inovadora proposta por Rachel Carson foi a generalização dos impactos em um único organismo para um ecossistema inteiro. Incorporando de forma mais ampla, os elementos da ecologia, toxicologia, fisiologia, biologia molecular, química analítica e outras áreas para estudar os efeitos dos xenobióticos em um ecossistema (SOUZA; MARTINS, 2020). Essa abordagem sistemática difere da natureza antropocêntrica da toxicologia clássica.

Em meados do século XX, os primeiros impactos ambientais irreversíveis se tornaram evidentes devido ao crescente consumo de bens decorrente da industrialização, avanços médicos e melhoria da qualidade de vida (GIL *et al.*, 2007).

Medicamentos e os danos ambientais

O desenvolvimento industrial ocasionou o lançamento de novas substâncias no meio ambiente, acúmulo de resíduos industriais e alteração no microclima de diversas regiões, o que levou a alterações toxicológicas em diversos compartimentos ambientais. Como resultado de todas essas alterações, os gastos globais com saúde crescem anualmente, entre 2000 e 2019, atingindo 9,8% do produto interno bruto global (WHO, 2022). Os setores de oncologia, imunologia e antidiabéticos são estimados como os maiores setores de gastos até 2027 (IQVIA, 2023).

O aumento dos gastos em saúde destaca a necessidade urgente de medidas para reduzir o impacto dos contaminantes emergentes na saúde humana e no meio ambiente. Os contaminantes emergentes referem-se a produtos químicos que foram recentemente detectados e que ainda não são regulamentados, e têm potencial para causar danos ao ambiente e à saúde humana (YAP *et al.*, 2018). Esses contaminantes podem vir de diversas fontes, como produtos farmacêuticos, produtos de cuidado pessoal e práticas agrícolas.

A receita anual do mercado farmacêutico mundial é projetada na casa de bilhões de dólares e nesse cenário tanto a quantidade quanto a variedade de medicamentos estão aumentando. À medida que a pandemia de COVID-19 supera o seu terceiro ano, a indústria de saúde e a fabricação de medicamentos começam a projetar com mais clareza o futuro. Apesar da pandemia, o *Institute for Human Data Science* (IQVIA, 2023) prevê

que as vacinas da COVID-19 continuarão sendo o principal impulsionador dos gastos médicos nos próximos cinco anos em todo o mundo. Os gastos globais com medicamentos ainda são principalmente impulsionados pela inovação, enquanto têm sido parcialmente compensados por medicamentos de baixo custo, como os medicamentos genéricos e biossimilares e perdas na exclusividade.

O mercado global de medicamentos foi significativamente impactado pela pandemia da COVID-19. Desde seu início, em 2019, a demanda por medicamentos e terapias complementares para tratar a doença aumentou consideravelmente, o que impactou nos gastos para aquisição global de fármacos. Embora haja uma tendência mundial de aumento no consumo de medicamentos, especialmente devido à pandemia, mercados dominantes como América do Norte e a Europa apresentam tendência de expansão lenta (IQVIA, 2023). Por outro lado, regiões da América Latina, Ásia e África terão maior crescimento de volume, devido a uma combinação de crescimento populacional e aumento do acesso. A partir disso, pode ser estimado um volume aproximado de 3.000 compostos diferentes utilizados como princípios ativos de fármacos no mundo (RICHARDSON; KIMURA, 2015).

Segundo o último anuário estatístico divulgado pela CMED (2021), o Brasil alcançou o faturamento de R\$85,9 bilhões em 2019, com 5.897 produtos registrados com variações de 1.935 princípios ativos e matérias-primas identificadas na produção de medicamentos em 13.888 apresentações distintas. Nesse cenário, o Brasil figura entre os principais produtores e consumidores de medicamentos da América Latina, com uma estimativa de crescimento para 2027 entre 57-77 bilhões de dólares.

As tendências mencionadas levantam uma série de preocupações ambientais e de saúde pública. Embora o acesso aprimorado a medicamentos seja crucial para o desenvolvimento de um país, também pode contribuir para práticas de automedicação, levando ao descarte inadequado de medicamentos e ao aumento de sua presença nos sistemas de coleta de águas residuais e águas de abastecimento. É bem conhecido que aproximadamente 90% dos medicamentos ingeridos são excretados de forma inalterada, assim, caso não se apliquem técnicas de tratamento de efluentes domésticos que sejam efetivas na remoção destes compostos, os mesmos poderão ser lançados em rios ou outros ambientes aquáticos e bioacumularem. Dessa forma, a demanda por medicamentos pode resultar em aumento da poluição ambiental pelo princípio ativo ou por seus metabólitos. Portanto, é essencial considerar quaisquer efeitos negativos potenciais que a criação e uso de medicamentos possam ter no ambiente e criar ou adaptar as tecnologias de tratamento de água e efluentes, de modo a obter um tratamento que seja satisfatório não somente no atendimento aos valores preconizados pelas diferentes resoluções presentes, mas também na remoção efetiva dos compostos emergentes. Uma pesquisa global sobre poluição farmacêutica em rios constatou que 65% dos locais de amostragem continham níveis detectáveis de produtos farmacêuticos (WILKINSON *et al.*, 2022).

Dentre os medicamentos com maior crescimento no consumo, encontram-

se os analgésicos, antitérmicos, antibióticos e aqueles usados continuamente, como reguladores lipídicos, contraceptivos e antidepressivos. Com sua presença nas diferentes esferas globais, já são observadas consequências ambientais por conta do aumento das concentrações e pela biomagnificação (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). De forma geral, essas consequências são projetadas para induzir mudanças fisiológicas e biológicas no organismo receptor, podendo causar efeitos toxicológicos graves quando ingeridas em concentrações não prescritas (MENON *et al.*, 2020), tendo seu impacto ecotoxicológico como uma preocupação crescente para pesquisadores nessa área.

Ecotoxicologia para prevenção de danos ambientais

Após observações pontuais de causa e efeito, nas últimas décadas, a preocupação com os contaminantes emergentes tem ganhado novas proporções (MENON *et al.*, 2020). Observações de reversão sexual em comunidades de peixes (ARLOS *et al.*, 2018) e a saúde reprodutiva das populações de animais selvagens (MCCALLUM *et al.*, 2019; NASH *et al.*, 2004) foram relacionadas a proximidade de efluentes com descarga de estações de tratamento de esgoto (ETEs). Essa relação de causa/efeito de substâncias químicas e despejos líquidos, só podem ser determinados após a implementação de testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos.

Estudos das últimas décadas comprovaram que os efeitos dos compostos presentes em concentrações consideradas irrelevantes nas águas superficiais devido à alta diluição, podem ser mais abrangentes (MOHAPATRA; PADHYE; MUKHERJI, 2018). Embora os métodos analíticos tenham avançado, ainda são limitados para detectar compostos específicos em baixa concentração, porém, aliados aos ensaios ecotoxicológicos, são fundamentais para descrever os efeitos tóxicos e caracterizar os compostos emergentes (MCCALLUM *et al.*, 2019). É importante destacar a relevância dos ensaios ecotoxicológicos como ferramenta complementar aos métodos analíticos, para a avaliação do risco ambiental de compostos emergentes em baixas concentrações, procedimento previsto pela resolução CONAMA nº 430 de 2011.

Historicamente, o termo ecotoxicologia foi introduzido por Truhalt em 1969, sendo a junção das palavras ecologia e toxicologia. Sua introdução reflete a crescente preocupação sobre o efeito de compostos químicos ambientais sobre as espécies e o homem (CHACCA; MALDONADO; VILCA, 2022). Há relatos de que Aristóteles (384-322 a.C.), submeteu peixes de água doce à água do mar para estudar suas reações. O primeiro teste de toxicidade com organismos aquáticos que se tem notícia foi realizado em 1816 com insetos aquáticos (SILVA; POMPÊO; PAIVA, 2015). Na década de 1970, os estudos de ecotoxicologia se expandiram para incluir uma ampla gama de poluentes químicos, incluindo metais pesados, hidrocarbonetos e compostos orgânicos voláteis, investigando o efeito desses poluentes sobre a fauna e a flora, bem como sobre a qualidade da água e do solo.

A partir da década de 1980, a ecotoxicologia tornou-se cada vez mais interdisciplinar, incorporando métodos de análise química, estudos de toxicologia molecular e modelagem matemática. A pesquisa também se expandiu para incluir questões relacionadas à bioacumulação e biomagnificação de poluentes, bem como o papel dos organismos como bioindicadores da saúde ambiental.

Atualmente, a ecotoxicologia é uma disciplina estabelecida, com uma vasta gama de aplicações práticas em gestão ambiental, avaliação de riscos e tomada de decisões regulatórias. Os estudos de ecotoxicologia continuam a evoluir, incorporando novas tecnologias e abordagens para compreender e gerenciar os impactos ambientais dos produtos químicos e outros poluentes.

Eles possuem características como toxicidade de exposição em baixo nível, bioacumulação e persistência (MENON *et al.*, 2020). É importante destacar que nem todos os poluentes emergentes são contaminantes, mas todos os contaminantes são poluentes, ou seja, os contaminantes possuem potencial de causar poluição ao ambiente, gerando a necessidade de constante avaliação.

Identificar e monitorar os contaminantes emergentes é fundamental para proteger a saúde pública e o ecossistema. Portanto, para evitar consequências negativas ao meio ambiente e na saúde humana, paralelamente ao avanço tecnológico e industrial, deve-se avançar na melhoria dos procedimentos para identificar, monitorar e tratar os contaminantes emergentes, fomentando o planejamento e a redução de risco ambiental desses compostos.

REFERÊNCIAS

ARLOS, M. J.; PARKER, W. J.; BICUDO, J. R.; LAW, P.; HICKS, K. A.; FUZZEN, M. L. M.; ANDREWS, S. A.; SERVOS, M. R. Modeling the exposure of wild fish to endocrine active chemicals: Potential linkages of total estrogenicity to field-observed intersex. **Water Research**, v. 139, p. 187–197, 1 ago. 2018.

BARRIENTOS-PARRA, J.; SILVA, A. C. C. da. Os impactos dos avanços tecnológicos, a poluição marinha por petróleo e as repercussões no Direito do Mar. **Revista de informação legislativa: RIL**, v. 54, n. 213, p. 135–157, 2017. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/ril/-edicoes/54/213/ril_v54_n213_p135>. Acesso em: 28 abr. 2023.

CHACCA, D. E. M.; MALDONADO, I.; VILCA, F. Z. Environmental and ecotoxicological effects of drugs used for the treatment of COVID 19. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 1287, 10 ago. 2022.

GIL, E. de S.; GARROTE, C. F. D.; CONCEIÇÃO, E. C. da; SANTIAGO, M. F.; SOUZA, A. R. de. Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 1, p. 19–29, 2007. Disponível em: <www.iso.org/iso/en/ISOonline.frontpage>. Acesso em: 15 set. 2022.

IQVIA. **The Global Use of Medicines 2023 - IQVIA**. Report by the IQVIA Institute for Human Data Science, 2023. 59 p. Disponível em: https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports/the-global-use-of-medicines-2023?utm_campaign=2023_GlobalUseofMedicinesOutlookto2027-_Institute_TC&utm_medium=email&utm_source=Eloqua

WILKINSON, J. L.; BOXALL, A. B. A.; KOLPIN, D. W.; LEUNG, K. M. Y.; LAI, R. W. S. et al. Pharmaceutical pollution of the world's rivers. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 119, n. 8, p. e2113947119, 22 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.2113947119>>. Acesso em: 6 maio. 2023.

MCCALLUM, E. S.; SUNDELIN, A.; FICK, J.; ALANÄRÄ, A.; KLAMINDER, J.; HELLSTRÖM, G.; BRODIN, T. Investigating tissue bioconcentration and the behavioural effects of two pharmaceutical pollutants on sea trout (*Salmo trutta*) in the laboratory and field. **Aquatic Toxicology**, v. 207, p. 170–178, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.11.028>>. Acesso em: 16 set. 2022.

MENON, N. G.; MOHAPATRA, S.; PADHYE, L. P.; TATIPARTI, S. S. V.; MUKHERJI, S. Review on Occurrence and Toxicity of Pharmaceutical Contamination in Southeast Asia. p. 63–91, 2020.

MOHAPATRA, S.; PADHYE, L. P.; MUKHERJI, S. Challenges in Detection of Antibiotics in Wastewater Matrix. **Energy, Environment, and Sustainability**, p. 3–20, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7332-8_1>. Acesso em: 16 set. 2022.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094–1110, 2017.

NASH, J. P.; KIME, D. E. VAN DER VEN, L. T. M. WESTER, P. W.; BRION, F.; MAACK, G.; STAHLSCHMIDT-ALLNER, P.; TYLER, C. R. Long-term exposure to environmental concentrations of the pharmaceutical ethynylestradiol causes reproductive failure in fish. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 17, p. 1725–1733, dez. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 16 set. 2022.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271–283, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/ea/a/pL9zbDbZCwW68Z7-PMF5fCdp/?lang=pt&for>>. Acesso em: 5 maio. 2023.

SILVA, D. C. V. R. da; POMPÊO, M.; PAIVA, T. C. B. de. A ECOTOXICOLOGIA NO CONTEXTO ATUAL NO BRASIL. In: POMPÊO. **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015. p. 340–353.

SOUZA, A. T. F. de; MARTINS, A. F. P. Pós-verdade e a potência dos afetos: um resgate da vida e obra de Rachel Carson para um saber sobre ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, ISSN-e 2175-7941, Vol. 37, Nº. 3, 2020, págs. 1147-1172**, v. 37, n. 3, p. 1147–1172, 2020. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085780&info=resumen&idioma=POR>>. Acesso em: 6 maio. 2023.

WHO, W. H. O. **World health statistics 2022 (Monitoring health of the SDGs)**. Geneva: World Health Organization, 2022. 1–131 p.

YAP, H. C.; PANG, Y. L.; LIM, S.; ABDULLAH, A. Z.; ONG, H. C.; WU, C. H. A comprehensive review on state-of-the-art photo-, sono-, and sonophotocatalytic treatments to degrade emerging contaminants. **International Journal of Environmental Science and Technology 2018 16:1**, v. 16, n. 1, p. 601–628, 18 ago. 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-1961-y>>. Acesso em: 5 maio. 2023.