

# CONTAMINANTES EMERGENTES

*Data de submissão: 02/05/2023*

*Data de aceite: 16/06/2023*

### **Thaina Menegheti Nehme**

Universidade Federal de Alfenas,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais, Alfenas - MG. <https://orcid.org/0000-0001-7993-0144>

### **Gabriela Ezequiel Costa Martins**

Universidade Federal de Alfenas, Instituto  
de Ciências da Natureza, Alfenas - MG.  
<https://orcid.org/0000-0002-6074-447X>

### **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>

### **Lucilaine Valéria de Souza Santos**

Universidade Federal de Minas Gerais,  
Departamento de Engenharia Sanitária e  
Ambiental, Belo Horizonte - MG. <https://orcid.org/0000-0001-9002-3297>

**RESUMO:** Os contaminantes emergentes são substâncias presentes no meio ambiente que representam desafios para a saúde humana e aos ecossistemas. Esses compostos, como fármacos, produtos de cuidados pessoais e pesticidas, podem persistir, bioacumular e apresentar efeitos

tóxicos mesmo em concentrações mínimas. Sua detecção requer métodos avançados, enquanto sua remoção eficaz é um desafio para os sistemas de tratamento de água e esgoto. A avaliação e o gerenciamento desses contaminantes exigem abordagens multidisciplinares e a implementação de regulamentações adequadas. A pesquisa constante é fundamental para identificar e avaliar os riscos associados. Com esforços contínuos, é possível avançar na detecção, remoção e gerenciamento adequado dessas substâncias, protegendo a saúde pública e os ecossistemas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústrias farmacêutica e química; Impactos ambientais; Diversidade de substâncias; Riscos à saúde humana; Métodos de tratamento avançados

**ABSTRACT:** Emerging contaminants are substances present in the environment that pose challenges to human health and ecosystems. These compounds, such as pharmaceuticals, personal care products, and pesticides, can persist, bioaccumulate, and exhibit toxic effects even at minimal concentrations. Their detection requires advanced methods, while their effective removal is a challenge for water and

wastewater treatment systems. The assessment and management of these contaminants require multidisciplinary approaches and the implementation of appropriate regulations. Continuous research is essential to identify and evaluate associated risks. With ongoing efforts, it is possible to advance in the proper detection, removal, and management of these substances, safeguarding public health and ecosystems.

**KEYWORDS:** Pharmaceutical and chemical industries; Environmental impacts; Diversity of substances; Risks to human health; Advanced treatment methods.

## INTRODUÇÃO

Os contaminantes emergentes, um conjunto de compostos potencialmente prejudiciais, representam riscos para a saúde humana e o meio ambiente. Esses poluentes incluem uma ampla variedade de substâncias, como microplásticos, nanomateriais, produtos químicos industriais e itens de cuidados pessoais. Eles podem ter origem em diferentes fontes, como urbanização, instalações de tratamento de águas residuais e atividades industriais e agrícolas. A presença desses contaminantes no ambiente suscita preocupações significativas, devido à possibilidade de bioacumulação e exposição a longo prazo. A bioacumulação e a persistência dos contaminantes emergentes são particularmente preocupantes, uma vez que podem permanecer no meio ambiente por longos períodos de tempo e afetar adversamente a sobrevivência e a saúde dos organismos vivos. Por exemplo, microplásticos têm sido identificados em diversas espécies aquáticas e comprovadamente causam danos físicos, como ingestão e obstrução. Além disso, a exposição a contaminantes emergentes pode acarretar graves consequências para a saúde humana, incluindo distúrbios endócrinos, anomalias no desenvolvimento e câncer. Nos compartimentos aquáticos e terrestres a presença desses poluentes tem resultado em alterações no comportamento e na fisiologia dos organismos. Portanto, é essencial continuar monitorando e regulamentando a presença de tais poluentes emergentes, a fim de minimizar seu potencial impacto negativo a saúde humana e ao meio ambiente. Nesse contexto, devem ser implementadas medidas eficazes para reduzir a liberação desses poluentes no ambiente e desenvolver tecnologias adequadas de tratamento para removê-los das águas residuais antes de sua liberação.

### Fontes de contaminantes emergentes

Dentre os compostos identificados nos diferentes compartimentos ambientais, ou seja, detectados no solo, água e ar, estão os contaminantes emergentes, que são substâncias potencialmente tóxicas e pouco compreendidas em termos de efeitos e presença no ambiente (FEITOSA; SODRÉ; MALDANER, 2013). Esses poluentes são definidos como substâncias naturais, sintéticas ou químicas com baixa degradabilidade, pouco monitoradas e altamente persistentes, capazes de causar efeitos adversos em organismos vivos (ALMEIDA *et al.*, 2007; MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017).

As indústrias farmacêutica e química são importantes recursos nacionais, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de substâncias que suprem demandas contemporâneas (SALES *et al.*, 2012). Contudo, esse tipo de produção gera um grande volume de descarte, o qual aumentou ao longo dos anos devido a evolução dos setores industriais (CARVALHO *et al.*, 2022). Por exemplo, a indústria farmacêutica especializada em síntese orgânica, estima que para se produzir 1kg de produto final, são gerados de 25 a 100 kg de resíduo químico (CORREIA; COSTA; FERREIRA, 2002). Os resíduos gerados configuram um desafio para o setor industrial, pois demandam por área de estocagem e de tecnologia para o adequado tratamento e disposição final, caso contrário, podem trazer riscos à saúde humana e animal, impactando negativamente no meio ambiente.

Apesar das empresas geradoras de resíduos aderirem às regulamentações locais e boas práticas de gestão ambiental, as preocupações persistem em relação aos impactos ambientais. Além disso, as indústrias farmacêuticas e químicas não são as únicas rotas de entrada destes compostos para o meio ambiente. A Figura 1 apresenta as principais rotas de entradas desses compostos no meio ambiente.

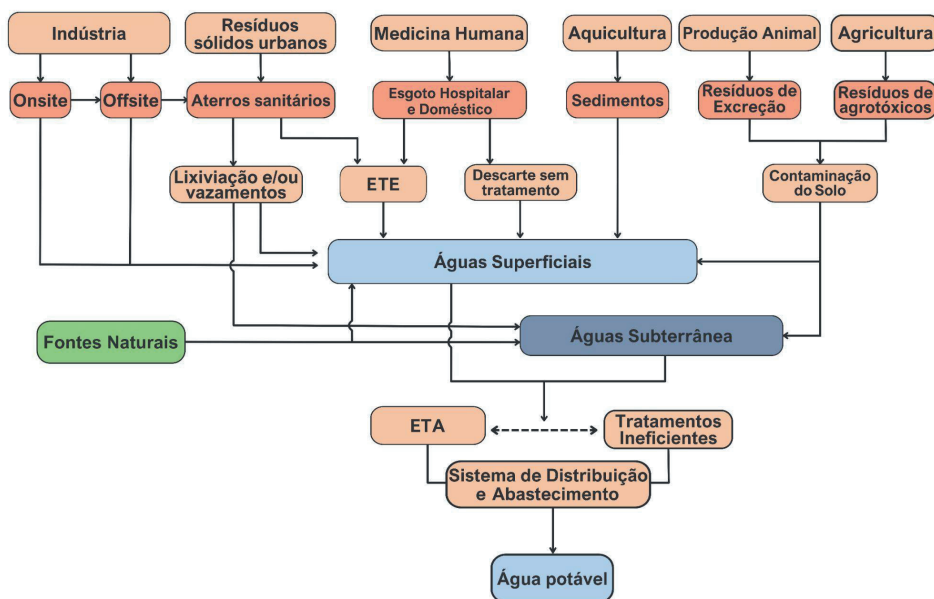


Figura 1. Vias de entrada de contaminantes emergentes no ambiente. ETE, estação de tratamento de esgoto; ETA, estação de tratamento de água.

As formas de entrada dos compostos emergentes no meio ambiente são diversas e podem ter contribuição antrópica ou natural (DAS CHAGAS; MANGAS; DA SILVA, 2023). Os efluentes industriais, provenientes de setores como a indústria farmacêutica e química, contêm uma ampla variedade de produtos químicos sintéticos. Além disso,

atividades agrícolas e pecuárias podem liberar pesticidas e produtos químicos utilizados na produção intensiva de alimentos. Resíduos urbanos de modo geral também são uma fonte significativa de contaminação. Algumas espécies de algas e microrganismos liberam toxinas no ambiente que também são consideradas como contaminantes emergentes (FEITOSA; SODRÉ; MALDANER, 2013; MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017).

Compostos farmacêuticos foram encontrados em solos e águas potáveis, mas pouco se sabe sobre os riscos reais de cada substância para organismos e seres humanos expostos a essas substâncias (KÜMMERER, 2000; SILVA *et al.*, 2023). Além disso, a interação dessas substâncias pode gerar uma resposta sinérgica, isto é, a resposta observada é maior que a resposta simples de cada substância individualmente (FAZOLIN *et al.*, 2017; VARGAS *et al.*, 2018).

## **Variedade e monitoramento dos contaminantes**

De acordo com a *Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances*, existem mais de 100.000 substâncias, tidas como poluentes e/ou contaminantes emergentes listados em seu banco de dados (NORMAN, 2022). Essas substâncias são classificadas como emergentes porque ainda estão em processo de regulamentação ambiental e suas estruturas legais e diretrizes ambientais ainda não estão totalmente definidas. Podem representar potenciais riscos ao ecossistema e, atualmente, não são contempladas pelos programas de monitoramento de rotina ou regulamentados por legislações específicas. A implementação de regulamentações adequadas, estabelecimento de limites de segurança e adoção de práticas de gestão de resíduos químicos são passos importantes para mitigar a presença dessas substâncias nos ecossistemas e proteger a saúde pública (SILVA *et al.*, 2023; TORRES *et al.*, 2012).

Em geral, são considerados contaminantes emergentes: fármacos, produtos destinados a cuidados pessoais (PPCPs), drogas ilícitas, pesticidas, produtos químicos desreguladores endócrinos (EDCs), compostos perfluorados (PFCs), surfactantes, aditivos de gasolina, subprodutos do processo de desinfecção de águas (DPB), toxinas de plantas aquáticas e cianobactérias, contaminantes patogênicos, compostos organometálicos, retardadores de chama, bromados, organofosforados, plastificantes e nanopartículas (LIN *et al.*, 2020; MARYJOSEPH; KETHEESAN, 2020).

Microplásticos e nanomateriais apresentam efeitos abrangentes e causam sérias preocupações. Os microplásticos são partículas plásticas que resultam da decomposição de produtos plásticos maiores e são comumente encontrados em ambientes aquáticos (MAITY *et al.*, 2021). Os nanomateriais, que são utilizados em uma variedade de produtos de consumo, também podem persistir no ambiente e podem representar riscos para a saúde humana e o ambiente (LAMBERT; WAGNER, 2018). A co-exposição de

microplásticos e outros poluentes emergentes no ambiente é uma preocupação crescente. Os riscos potenciais associados à exposição a estes contaminantes emergentes destacam a necessidade de investigação e monitoramento contínuos (MARTÍN *et al.*, 2022).

Os fármacos são uma parcela significativa de contaminantes emergentes e, por isso têm recebido atenção em diversos estudos (MASELLI *et al.*, 2015; PALUMBO *et al.*, 2022; SILVA *et al.*, 2021). A principal origem destes rejeitos são as redes de esgoto domésticas, que frequentemente possuem sistemas de tratamento inadequados ou ausentes (CARVALHO *et al.*, 2022), bem como o descarte de resíduos industriais. Os disruptores endócrinos, que se encontram em uma variedade de produtos de consumo, são outra classe com efeitos adversos na saúde humana e no ambiente (GINEBREDA, 2021).

Contaminantes emergentes podem afetar diretamente a qualidade da água, consequentemente a vida aquática e os ecossistemas, por exemplo, desencadeando alterações no comportamento, na reprodução e na sobrevivência das espécies (CARTAXO *et al.*, 2020; MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). Existem muitos estudos sobre os diversos efeitos de desreguladores endócrinos em seres humanos e na fauna. Um dos exemplos mais bem documentados é a feminização de peixes machos expostos a efluentes urbanos, devido à exposição a estrógenos (TORRES *et al.*, 2012).

A detecção e análise dos contaminantes emergentes exigem uma solução complexa devido à sua diversidade estrutural e às baixas concentrações em que são encontradas no meio ambiente. Os métodos tradicionais de análise nem sempre são adequados para identificar essas substâncias que estão presentes em concentrações traço. Por isso, técnicas analíticas avançadas, como a espectrometria de massa de alta resolução, cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massa e biossensores, têm sido desenvolvidas e aprimoradas para a identificação e quantificação de contaminantes emergentes. A utilização de testes ecotoxicológicos também se faz relevante para detecção de tais contaminantes, como previsto nas Resoluções Conama 430/2011 (CONAMA, 2011), que prevê o emprego de *“ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes”* para águas residuárias. Enquanto que a Conama 357/2005 (CONAMA, 2005) apresenta um conjunto de parâmetros para avaliar a qualidade da água, pressupondo que:

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

Conama 357/2005, Art 8º

Essas tecnologias permitem um melhor entendimento da presença dessas substâncias no meio ambiente e auxiliam na avaliação de riscos e na implementação de estratégias de mitigação.

A remoção eficaz dos contaminantes emergentes representa um desafio para os sistemas de tratamento de água e esgoto. Muitos desses compostos são resistentes aos métodos convencionais de tratamento, como filtração e desinfecção com cloro, o que significa que podem permanecer nos recursos hídricos e afetar a qualidade da água potável. Portanto, são necessárias a implementação de novas abordagens, tais como processos avançados de oxidação, adsorção em carvão ativado, filtração por membranas e tratamentos baseados em tecnologias emergentes, como a ozonização e a fotocatalise. Além da implementação destes avanços tecnológicos em estações de tratamento de água e esgoto, são necessárias regulamentações adequadas para minimizar a presença desses contaminantes nos ecossistemas aquáticos (VELOSA, 2015; LIMA *et al.*, 2017).

A avaliação e o gerenciamento dos contaminantes emergentes apresentam complexidades devido à diversidade de substâncias e à falta de dados abrangentes sobre seus efeitos, exigindo uma abordagem multidisciplinar que envolva governos, pesquisadores, indústrias e a sociedade como um todo. A pesquisa científica e a monitorização contínua são fundamentais para identificar e avaliar os riscos associados desses contaminantes. Adquirir conhecimento sobre os perigos envolvidos na exposição a uma vasta gama de novos contaminantes, possibilita antecipar e mitigar potenciais danos que poderão ser causados às gerações futuras.

No Brasil, o monitoramento se torna ainda mais complexo devido às dimensões territoriais, diferenças climáticas e desigualdade econômica que favorece a localização de diversas endemias que são tratadas com fármacos próprios. Assim, os fármacos a serem monitorados no sul do país podem ser diferentes daqueles a serem monitorados na região norte ou nordeste. Além disso, podem ocorrer variações em função da sazonalidade também devido às diferentes doenças que aparecem em épocas diferentes. Devido também a desigualdade econômica, a maior quantidade de medicamentos encontrados nos efluentes são os disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), pois estão disponíveis para uma maior parcela da população, os quais variam de acordo com o município.

## **Bioacumulação e biomagnificação de contaminantes emergentes**

Com poluentes e produtos químicos contaminando nosso ar, água e solo, a poluição ambiental é uma preocupação crescente no mundo moderno. Os mecanismos de biomagnificação e bioacumulação são duas maneiras pelas quais esta poluição ocorre. Para localizar as origens da contaminação e reduzir suas consequências, é essencial compreender esses processos.

A preocupação com os contaminantes emergentes se deve ao seu potencial de

bioacumulação, residindo em sua característica de persistência e lipofilicidade, podendo bioacumular e permanecer inalterado durante os processos de tratamento convencionais. Além disso, substâncias precursoras que são parcialmente metabolizadas pelo corpo e seus metabólitos, também podem ser tóxicas e causar efeitos sobre a biota e os seres humanos (MENON *et al.*, 2020; MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017). Muitos dos efeitos tóxicos são atribuídos à exposição crônica, encontrados em concentrações ínfimas, da ordem de  $\text{ng.L}^{-1}$  a  $\mu\text{g.L}^{-1}$  (CARTAXO *et al.*, 2020).

A sua persistência e bioacumulação podem ser afetados por diversos fatores, incluindo suas propriedades químicas, condições ambientais e as características biológicas dos organismos expostos a eles (MARTÍN *et al.*, 2022). Por exemplo, os microplásticos podem acumular nos tecidos dos organismos e aumentar a biodisponibilidade e toxicidade de outros poluentes que foram previamente absorvidos (LAMBERT; WAGNER, 2018). Além disso, muitos contaminantes emergentes, como produtos de cuidados pessoais e produtos químicos industriais, são caracterizados como persistentes, representando uma ameaça tanto para o ecossistema como para a saúde humana (JULIANO; MAGRINI, 2017).

Esse processo de bioacumulação, descreve o acúmulo de substâncias tóxicas em um organismo ao longo do tempo, onde a taxa de absorção de uma substância tóxica é maior do que a taxa de eliminação do organismo, resultando no seu acúmulo e em efeitos secundários, devido ao armazenamento em seus tecidos (CIMI, 2023; DROUILLARD, 2008). A bioacumulação pode ocorrer em qualquer nível trófico, desde os produtores (como plantas) até os consumidores primários (como pequenos animais) e os consumidores secundários (como predadores) (BJT, 2018; NETO *et al.*, 2020).

À medida que os contaminantes migram pela cadeia alimentar, o processo de tornar essas substâncias mais concentradas em níveis tróficos mais altos é chamado de biomagnificação. (ZHANG *et al.*, 2009). Isso ocorre porque os organismos menores em níveis tróficos mais baixos absorvem essas toxinas e, em seguida, servem como alimento para predadores. Consequentemente, os contaminantes se acumulam nos tecidos dos predadores, elevando os níveis tóxicos em seus corpos (ZHU *et al.*, 2022). Como as espécies no topo da cadeia alimentar são expostas a quantidades consideravelmente maiores dessas toxinas através deste processo, elas podem causar sérios efeitos (DROUILLARD, 2008). Por exemplo, substâncias químicas como o DDT podem se acumular em corpos de aves, levando a cascas de ovos enfraquecidas e diminuição da capacidade reprodutiva (CIMI, 2023).

Assim, a biomagnificação é o processo pelo qual contaminantes ambientais e poluentes entram na cadeia alimentar aquática por meio do fitoplâncton, que são então consumidos pelo zooplâncton, peixes microscópicos e assim por diante (BJT, 2018). A biomagnificação também pode ocorrer em ambientes terrestres quando os herbívoros consomem plantas contaminadas, que são então consumidas pelos carnívoros. Estes habitats podem ser severamente afetados, levando ao desequilíbrio do ecossistema e

declínio populacional (HU *et al.*, 2023; ROODT *et al.*, 2023).

Essa característica pode ter implicações significativas, levando a uma série de efeitos adversos para a saúde, incluindo distúrbios de desenvolvimento e reprodução, disfunção do sistema imunológico e câncer (GATZ, 2021). Além disso, também podem ser observadas consequências ambientais a longo prazo, como modificações na dinâmica dos ecossistemas e perturbação das redes alimentares (MARTÍN *et al.*, 2022).

Estratégias de mitigação e prevenção são cruciais para lidar com a persistência e bioacumulação de poluentes emergentes. Essas estratégias podem incluir a redução da utilização e liberação de contaminantes emergentes, a implementação de processos eficazes de tratamento de águas residuais e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a detecção e remoção desses contaminantes (GATZ, 2021). Além disso, as campanhas de educação pública e de conscientização podem promover o comportamento responsável dos consumidores e reduzir o uso de produtos de cuidados pessoais e outros contaminantes emergentes (MARTÍN *et al.*, 2022).

A abordagem da persistência e bioacumulação de poluentes emergentes requer uma abordagem multidisciplinar que envolva a colaboração entre cientistas, formuladores de políticas e o público (MENÉNDEZ-PEDRIZA; JAUMOT, 2020). Ao implementar estratégias eficazes de mitigação e prevenção, reduz-se o impacto dos poluentes emergentes na saúde humana e no ambiente.

## REFERENCIAL

ALMEIDA, F. V.; CENTENO, A. J.; BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 1976–1985, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/f/jqn/a/TZJRD6kLCZx5VQC--pBk9mZ3s/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

BJT, B. J. T. **Biological Magnification: Definition, Examples, and Practice**. Disponível em: <[https://biologyjunction.-com/biological-magnification/#google\\_vignette](https://biologyjunction.-com/biological-magnification/#google_vignette)>.

CARTAXO, A. da S. B.; ALBUQUERQUE, M. V. da C.; PAULA E SILVA, M. C. C. de; RODRIGUES, R. M. M.; RAMOS, R. de O.; SÁTIRO, J. R.; LOPES, W. S.; LEITE, V. D. Contaminantes Emergentes Presentes Em Águas Destinadas Ao Consumo Humano: Ocorrência, Implicações E Tecnologias De Tratamento. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61814–61827, 2020.

CARVALHO, T. P. de; NETO, I. F. da S.; RAISSA, Y. dos S. A.; GABRIELY ARAÚJO MAGALHÃES, R. de C. M.; MOURA, R. B. de. Impacts and advantages of waste management in the pharmaceutical industries: an integrative literature review. *Revista Ciência (In) Cena.*, v. 1, n. 15, 2022.

CIMI. **Bioaccumulation and Biomagnification: Increasingly Concentrated Problems! - Catalina Island Marine Institute**. Disponível em: <<https://cimi.org/blog/bioaccumulation-and-biomagnification-increasingly-concentrated-problems/>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CONAMA. **RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005** *Diário Oficial da União* Brasília. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, 2005.



CONAMA. **RESOLUÇÃO No 430, DE 13 DE MAIO DE 2011** ZABELLA TEIXEIRA, 2011. Disponível em: <[https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Resolucao CONAMA 430 de 13 de maio de 2011.pdf](https://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/Resolucao_CONAMA_430_de_13_de_maiode_2011.pdf)>.

CORREIA, C. R. D.; COSTA, P. R. R.; FERREIRA, V. F. Vinte e cinco anos de reações, estratégias e metodologias em Química Orgânica. **Química Nova**, v. 25, n. SUPPL. 1, p. 74–81, jul. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/~qn/a/lySK36jXGwkZDq4G3jsW4pWS/?lang=pt>>. Acesso em: 17 set. 2022.

DAS CHAGAS, F. W. M.; MANGAS, M. B. P.; DA SILVA, J. G. Determination of Emerging Contaminants in Water Samples in Brazil by Voltammetric Techniques: A Literature Review. **Rev. Virtual Quim**, v. 15, n. 1, p. 92–121, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220100>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

DROUILLARD, K. G. Biomagnification. *In: Encyclopedia of Ecology*. [s.l.] Elsevier, 2008. p. 353–358.

FAZOLIN, M.; VIDAL ESTRELA, J. L.; MONTEIRO MEDEIROS, A. F.; DA SILVA, I. M.; GOMES, L. P. Sinérgico alternativo para inseticidas inibidores de acetilcolinesterase. **Revista Agro@Mbiente on-Line**, v. 11, n. 3, p. 232, 2017.

FEITOSA, R. S.; SODRÉ, F. F.; MALDANER, A. O. Drogas de abuso em águas naturais e residuárias urbanas: ocorrência, determinação e aplicações forenses. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 291–305, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/KHWMYxmpBjXbPccZpKW7gfj/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GATZ, L. **Contaminants of Emerging Concern Under the Clean Water Act**. 3. ed. [s.l.: s.n.]24 p.

GINEBREDA, A. Emerging contaminants and nanoplastics in the water environment: a matter of rising concern. **Water Emerging Contaminants & Nanoplastics**, v. 1, n. 1, p. 1, 2021. Disponível em: <<https://www.oaepublish.com/wecn/article/view/4455>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

HU, T.; ZHANG, J.; XU, X.; WANG, X.; YANG, C.; SONG, C.; WANG, S.; ZHAO, S. Bioaccumulation and trophic transfer of antibiotics in the aquatic and terrestrial food webs of the Yellow River Delta. **Chemosphere**, v. 323, p. 138211, 1 maio 2023.

JULIANO, C.; MAGRINI, G. A. Cosmetic Ingredients as Emerging Pollutants of Environmental and Health Concern. A Mini-Review. **Cosmetics 2017**, Vol. 4, Page 11, v. 4, n. 2, p. 11, 5 abr. 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/-2079-9284/4/2/11/htm>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

KÜMMERER, K. Drugs, diagnostic agents and disinfectants in wastewater and water--a review. **Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene**, v. 105, p. 59–71, 1 jan. 2000. Disponível em: <<https://europepmc.org/article/med/10842795>>. Acesso em: 17 set. 2022.

LAMBERT, S.; WAGNER, M. Microplastics are contaminants of emerging concern in freshwater environments: An overview. *In: WAGNER, M.; LAMBERT, S. Freshwater Microplastics . The Handbook of Environmental Chemistry*. [s.l.] Springer Verlag, 2018. p. 1–23.

LIMA, D. R. S.; TONUCCI, M. C.; LIBÂNIO, M.; DE AQUINO, S. F. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1043–1054, 1 nov. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/esa/a/d3VdtTVcSScq8SLm93tPYqR/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 17 set. 2022.

LIN, X.; XU, J.; KELLER, A. A.; HE, L.; GU, Y.; ZHENG, W.; SUN, D.; LU, Z.; HUANG, J.; HUANG, X.; LI, G. Occurrence and risk assessment of emerging contaminants in a water reclamation and ecological reuse project. **Science of The Total Environment**, v. 744, p. 140977, nov. 2020.

MAITY, S.; GUCHHAIT, R.; CHATTERJEE, A.; PRAMANICK, K. Co-occurrence of co-contaminants: Cyanotoxins and microplastics, in soil system and their health impacts on plant – A comprehensive review. **Science of the Total Environment**, v. 794, p. 148752, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148752>>.

MARTÍN, J.; SANTOS, J. L.; APARICIO, I.; ALONSO, E. Microplastics and associated emerging contaminants in the environment: Analysis, sorption mechanisms and effects of co-exposure. **Trends in Environmental Analytical Chemistry**, v. 35, p. e00170, 1 set. 2022.

MARYJOSEPH, S.; KETHEESAN, B. Microalgae based wastewater treatment for the removal of emerging contaminants: A review of challenges and opportunities. **Case Studies in Chemical and Environmental Engineering**, v. 2, p. 100046, 1 set. 2020.

MASELLI, B. de S.; LUNA, L. A. V.; PALMEIRA, J. de O.; TAVARES, K. P.; BARBOSA, S.; BEIJO, L. A.; UMBUZEIRO, G. A.; KUMMROW, F. Ecotoxicity of raw and treated effluents generated by a veterinary pharmaceutical company: a comparison of the sensitivities of different standardized tests. **Ecotoxicology**, v. 24, n. 4, p. 795–804, 1 maio 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-015-1425-9>>. Acesso em: 16 set. 2022.

MENÉNDEZ-PEDRIZA, A.; JAUMOT, J. Interaction of Environmental Pollutants with Microplastics: A Critical Review of Sorption Factors, Bioaccumulation and Ecotoxicological Effects. **Toxics**, v. 8, n. 2, 1 jun. 2020. Disponível em: <<https://pmc/articles/PMC7355763/>>. Acesso em: 2 jun. 2023.

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.

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.

NETO, A. R. da C.; AMBRÓSIO, A. D. S.; WOLOWSKI, M.; WESTIN, T. B.; GOVÊA, K. P.; CARVALHO, M.; BARBOSA, S. Negative effects on photosynthesis and chloroplast pigments exposed to lead and aluminum: a meta-analysis. **CERNE**, v. 26, n. 2, p. 232–237, 30 set. 2020. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/cerne/a/cFBKz-KqpqHmffgVBbYZ4tDd/abstract/?lang=en>>. Acesso em: 13 mar. 2023.

NORMAN. **Emerging substances**. Disponível em: <<http://www.norman-network.net/?q=node/19>>. Acesso em: 17 set. 2022.

PALUMBO, M. T.; RUSSO, S.; POLESSELLO, S.; GUZZELLA, L.; ROSCIOLI, C.; MARZIALI, L.; VALSECCHI, L.; CAPPELLI, F.; PASCARIELLO, S.; TASSELLI, S.; VILLA, S.; PERUZZO, M.; CULATINA, S.; BELLOTTI, G.; TUROLLA, A.; ANTONELLI, M.; MALPEI, F.; VALSECCHI, S. Integrated Exposure and Algal Ecotoxicological Assessments of Effluents from Secondary and Advanced-Tertiary Wastewater-Treatment Plants. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 00, p. 0–1, 24 ago. 2022. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/etc.5424>>. Acesso em: 16 set. 2022.

ROODT, A. P.; HUSZARIK, M.; ENTLING, M. H.; SCHULZ, R. Aquatic-terrestrial transfer of neonicotinoid insecticides in riparian food webs. **Journal of Hazardous Materials**, v. 455, p. 131635, 5 ago. 2023.

SALES, P. de T. F.; CAMPOS, L. C.; SCHIMIDT, F.; VALADARES, M. C.; SANTIAGO, M. F. Estudo da tratabilidade de efluente da indústria farmacêutica por meio dos fungos *Pycnoporus sanguineus*, *Schizophyllum commune* e fotocatalise. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 5, n. 1, p. 1, 17 out. 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/20257>>. Acesso em: 15 set. 2022.

SILVA, N. P. C. da; BITTENCOURT, T. Q. da M.; SANTOS, T. P.; MAGNABOSCO, A. R. dos S.; SILVA, M. C. G. da; SILVA, J. F. da; BASTOS, P. E. da S.; PADILHA, R. M. O.; CADENA, M. R. S.; CADENA, P. G. Efeitos tóxicos de fármacos antidiabéticos como poluentes sob os parâmetros biológicos do peixe zebrafish (*Danio rerio*). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 8, p. e7559, 2021.

SILVA, V. W. P. da; FIGUEIRA, K. L.; SILVA, F. G. da; ZAGUI, G. S.; MESCHEDE, M. S. C. Descarte de medicamentos e os impactos ambientais: uma revisão integrativa da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 1113–1123, 7 abr. 2023. Disponível em: <<http://www.scielo.br/j/csc/a/6wySXdtDxp3vjcnxM8sWyH/abstract-/?lang=pt>>. Acesso em: 3 maio. 2023.

TORRES, N.; AMÉRICO, J.; FERREIRA, L.; NAZATO, C.; MARANHO, L.; VILCA, F.; TORNISIELO, V. Fármacos No Ambiente. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 4, p. 67–75, 2012. Disponível em: <<file:///C:/Users/ASUS/Downloads/3100-13289-1-PB.pdf>>.

VARGAS, V. M. M.; DALMOLIN, C.; PEZZIN, S. H.; OLIVEIRA, M. M.; PERALTA-ZAMORA, P. A POLIANILINA NO CENÁRIO AMBIENTAL: UMA ABORGAGEM SOBRE FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA. **Química Nova**, v. 41, n. 3, p. 315–325, 1 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/Zbmm99ZPdz9yjMKXH5HVZRr/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

VELOSA, A. C. de. Avanços Tecnológicos No Tratamento De Águas De Mananciais. **Holos Environment**, v. 15, n. 2, p. 194, 2015.

ZHANG, S.; ZHANG, H.; QIN, R.; JIANG, W.; LIU, D. Cadmium induction of lipid peroxidation and effects on root tip cells and antioxidant enzyme activities in *Vicia faba* L. **Ecotoxicology**, v. 18, n. 7, p. 814–823, 26 out. 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-009-0324-3>>. Acesso em: 13 mar. 2023.

ZHU, M.; CHEN, J.; PEIJNENBURG, W. J. G. M.; XIE, H.; WANG, Z.; ZHANG, S. Controlling factors and toxicokinetic modeling of antibiotics bioaccumulation in aquatic organisms: A review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 53, n. 13, p. 1431–1451, 2022. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2022.2142033>>. Acesso em: 2 jun. 2023.