

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

PANORAMA DA PESQUISA SOBRE DROGAS ILÍCITAS EM RECURSOS HÍDRICOS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Heloíse Angélica Giacobbo¹; Júlio César Rodrigues de Azevedo²

Abstract: The presence of illicit drugs in water resources has become an increasingly relevant scientific topic, encompassing environmental, social, and public health issues. Aquatic systems can be considered one of the main pathways for contaminants to enter the environment, where they tend to accumulate and resist traditional treatment methods. Due to advances in analytical techniques, it has become possible to detect these substances in water resources, even at low concentrations, contributing to the growing number of studies on the subject worldwide in recent years. This study aimed to conduct a literature analysis on this topic using the Scopus database. A total of 956 articles were analyzed, assessing the research landscape in terms of the number of publications over the years, leading authors, most relevant studies, and the most frequent keywords, with the help of VOSviewer and Microsoft Excel 365. The results indicate a significant increase in publications in recent decades, with a predominance of studies conducted mainly in developed countries. Additionally, Brazil stands out as the eighth-largest producer of scientific research in the field, revealing a promising national outlook for this area of study. The provided overview contributes to understanding the current state of research and reinforces the need for more localized studies, particularly in developing countries, where monitoring of these substances is almost nonexistent.

Resumo: A presença de drogas ilícitas em recursos hídricos tem se tornado uma temática de crescente relevância científica, abrangendo problemáticas ambientais, sociais e de saúde pública. Os sistemas aquáticos podem ser considerados como uma das principais vias de entrada de contaminantes no meio ambiente, que tendem a se acumular e a resistir aos métodos tradicionais de tratamento. Em virtude de avanços de técnicas analíticas tornou-se possível detectar essas substâncias nos recursos hídricos, mesmo em baixas concentrações, o que contribui para o aumento no número de estudos relacionados a área em todo o mundo nos últimos anos. Este estudo teve como objetivo realizar uma análise da literatura sobre essa temática a partir da base de dados *Scopus*. Foram analisados 956 artigos, avaliando o panorama dos trabalhos quanto ao número de publicações ao longo dos anos, principais autores, estudos de maior relevância e as palavras-chave mais recorrentes, com auxílio dos softwares *VOSviewer* e *Microsoft Ecel365*. Os resultados apontam para um crescimento significativo das publicações nas últimas décadas, com predominância de estudos realizados principalmente em países desenvolvidos. Além disso, o Brasil se destaca como o oitavo país que mais produz pesquisas científicas na área, revelando um panorama nacional promissor a esse campo de estudo. O panorama fornecido contribui para a compreensão do estado atual da pesquisa e reforça a necessidade de ampliação de estudos mais localizados, principalmente em países em desenvolvimento, onde o monitoramento dessas substâncias é quase inexistente.

Palavras-Chave – Drogas ilícitas. Contaminantes Emergentes. Recursos Hídricos.

1) Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná. Centro Politécnico, Bloco V – Jardim das Américas, Curitiba, Paraná. (46)999241907. heloisegiacobbo@ufpr.br

2) Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Sede Ecoville, Bloco F – Cidade Industrial de Curitiba, Paraná. (41)88458607. jcrazevedo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O abuso de drogas representa um grande problema de saúde pública e tem apresentado crescimento significativo na última década. Segundo o último Relatório Mundial sobre Drogas, publicado em 2024, 1 em cada 18 pessoas usou drogas no mundo, o que representa aproximadamente 292 milhões de usuários com idades entre 15 e 64 anos, denotando um aumento de 20% com relação à década anterior. Além disso, de acordo com o mesmo relatório, a maconha é a droga mais consumida globalmente, seguida pelos opioides, estimulantes anfetamínicos, cocaína e ecstasy (UNODC, 2024).

As drogas ilícitas são substâncias altamente viciantes, capazes de inibir ou estimular a atividade do sistema nervoso central (SNC). Elas podem ser classificadas em depressoras (como os barbitúricos), narcóticos (como a heroína), estimulantes (como a cocaína) e alucinógenos (como o ácido lisérgico – LSD). Além disso, essas substâncias podem ter origem natural (extraídas de plantas), semissintética (derivadas de compostos químicos naturais) ou sintética (totalmente produzidas por síntese química) (Kim *et al.*, 2023).

Caracterizadas por apresentar propriedades semelhantes às dos fármacos, as substâncias ilícitas constituem um grupo heterogêneo de compostos com propriedades físico-químicas e estruturas distintas. Devido a isso, suas moléculas biologicamente ativas possuem comportamento semelhante no meio ambiente, enquadrando-se na classe dos contaminantes emergentes, compostos que, embora não estejam enquadrados em nenhuma legislação, estão presentes nos sistemas ambientais, como solo, sedimentos, corpos d'água e água do mar (Castiglioni e Zuccato, 2010; Krishnan *et al.*, 2023).

Assim como os fármacos, as drogas ilícitas, quando ingeridas, são metabolizadas pelo organismo humano e excretadas através das fezes e/ou urina em sua forma inalterada ou de seus metabólitos, representando a principal via de entrada dessas substâncias no meio ambiente. Estudos realizados em diferentes partes do mundo alertam sobre a ocorrência e a persistência desses contaminantes em efluentes e águas superficiais, sendo as substâncias mais comumente detectadas: anfetamina, metanfetamina, MDMA, morfina e cocaína e seus metabólitos. Embora tenham sido relatadas concentrações relativamente baixas, é importante considerar que essas substâncias estão presentes em conjunto com outras moléculas desconhecidas, criando uma mistura complexa no ambiente aquático que pode trazer riscos tanto para a saúde humana quanto para os ecossistemas (Ripanda *et al.*, 2022).

O estudo bibliométrico é uma ferramenta eficaz para avaliar a produção do conhecimento científico, sendo capaz de fornecer um panorama acerca do perfil de determinada área da ciência, fortalecendo-a e contribuindo para o desenvolvimento de novas pesquisas e da sociedade (Marques *et al.*, 2022). Nesse contexto, o artigo busca realizar uma análise bibliométrica abrangente sobre a ocorrência dessas substâncias nos recursos hídricos, considerando que a água é uma das principais vias de contaminação do meio ambiente. Além disso, o estudo visa identificar o panorama desse campo de pesquisa, tanto em nível global quanto nacional, contribuindo para o avanço científico.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu em uma análise bibliométrica dos artigos científicos relacionados à ocorrência de drogas ilícitas em recursos hídricos, empregando a base de dados *Scopus* como fonte de pesquisa. A busca se baseou em um conjunto de palavras-chave previamente definidas, conforme apresentado no Quadro 1, incluindo tanto artigos originais quanto artigos de revisão publicados entre os anos 2000 até o momento presente (maio/2025).

Quadro 1 – Critérios para busca na base de dados *Scopus*

Critérios	Descrição
Palavras-chave	" <i>illicit drugs</i> "; " <i>psychoactive substances</i> "; " <i>drugs of abuse</i> "; " <i>water resources</i> "; " <i>surface waters</i> "; " <i>river</i> "; " <i>lake</i> "; " <i>seawater</i> "; " <i>wastewater</i> "
Tipo de documentos	Artigos originais e artigos de revisão
Período de busca	2000 até o presente
Operadores lógicos	(" <i>illicit drugs</i> " OR " <i>psychoactive substances</i> " OR " <i>drugs of abuse</i> ") AND (" <i>water resources</i> " OR " <i>surface waters</i> " OR " <i>river</i> " OR " <i>lake</i> " OR " <i>seawater</i> " OR " <i>wastewater</i> ")

Fonte: Autoria própria (2025).

Em um primeiro momento, realizou-se uma análise temporal da produção científica global, investigando a evolução da quantidade de publicações ao longo dos anos. Além disso, foi feita uma análise das palavras-chave mais empregadas pelos autores, identificando as principais áreas de concentração, tendências temáticas e possíveis lacunas de pesquisa. Em seguida, foi realizada uma análise específica da produção científica no cenário brasileiro, observando os autores mais relevantes, palavras-chave mais recorrentes e temáticas contempladas. O intuito dessa etapa foi entender a contribuição da comunidade científica nacional para esse campo de estudo e estabelecer os principais desafios e oportunidades de pesquisa que abrangem o contexto brasileiro.

Os dados obtidos a partir da plataforma *Scopus* foram exportados em formato CSV e analisados com o auxílio de ferramentas como os softwares *VOSviewer* (versão 1.6.20) e *Microsoft Excel365*. Foi aplicada uma filtragem por frequência mínima de ocorrência de palavras-chave, permitindo uma análise mais compreensível e objetiva dos dados, e foram identificados os grupos temáticos (*clusters*) a partir da análise de similaridade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de publicações a nível global

A Tabela 1 traz a relação do número de artigos publicados na plataforma *Scopus*, em cinco diferentes faixas temporais de análise. Nota-se o crescimento no número de trabalhos ao longo dos anos voltados para a temática do estudo das drogas ilícitas nos recursos hídricos.

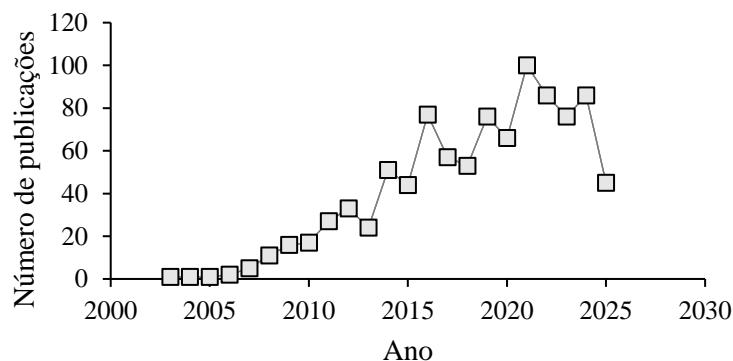
Tabela 1 – Artigos publicados por período no *Scopus*

Período de Publicação	Número de Artigos
2000 a 2005	3
2006 até 2010	51
2011 até 2015	179
2016 até 2020	329
2021 até 2025	394
Total	956

Fonte: Adaptado de *Scopus* (2025).

A Figura 1 representa o número de publicações por período na base de dados *Scopus*. Pode-se observar que no faixa temporal definida entre 2015 e 2021 houve um crescimento acentuado no número de trabalhos reportados. Além disso, o primeiro documento registrado no *Scopus* ocorreu em 2003.

Figura 1 – Número de publicações por ano na base de dados *Scopus*

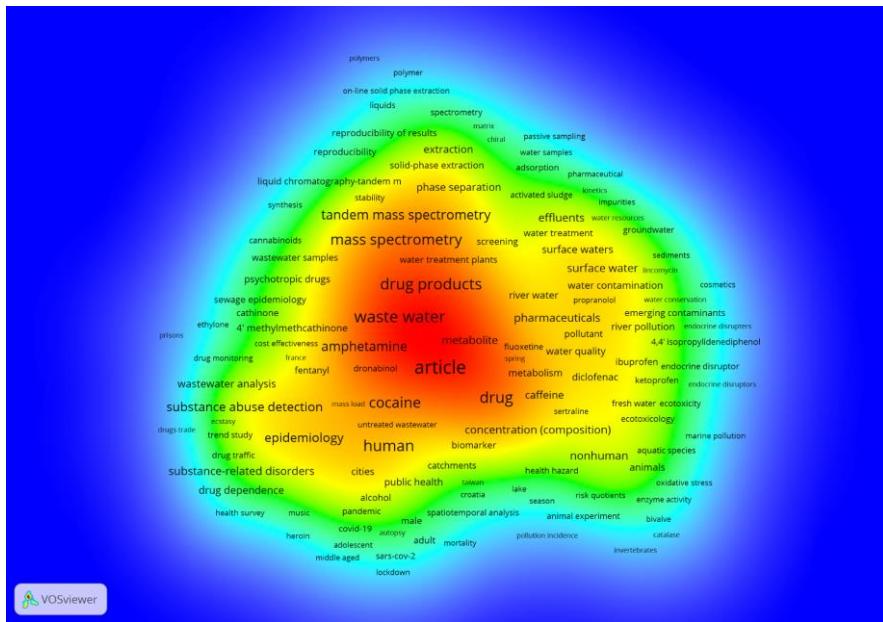


Fonte: Adaptado de *Scopus* (2025).

O aumento de estudos ao longo dos anos reflete a crescente preocupação com a qualidade da água, aliada ao crescimento populacional e ao uso cada vez mais intenso de substâncias pela população. Adicionalmente, o advento da classe de contaminantes emergentes, que abrange uma ampla variedade de compostos (incluindo as drogas ilícitas), acentuou a importância dessa área de pesquisa. Por fim, é importante considerar também o surgimento de novas tecnologias analíticas de detecção e quantificação desses contaminantes, que possibilitaram o avanço das pesquisas ao mesmo tempo em que melhoraram a sensibilidade e a precisão dos resultados (Farto *et al.*, 2021; Frias e Mol, 2022).

A análise das principais palavras-chave utilizadas pelos autores no período analisado de 2000 até o momento presente (maio/2025) está disposta na Figura 2. Ela ocorreu a partir do modo *Density Visual* e aplicou um critério mínimo de ocorrência no valor de 8, para uma melhor visualização dos termos mais relevantes dentro do universo amostral de artigos.

Figura 2 – Palavras-chave utilizadas pelos autores entre os anos 2000 até o presente



Fonte: Autoria própria (2025).

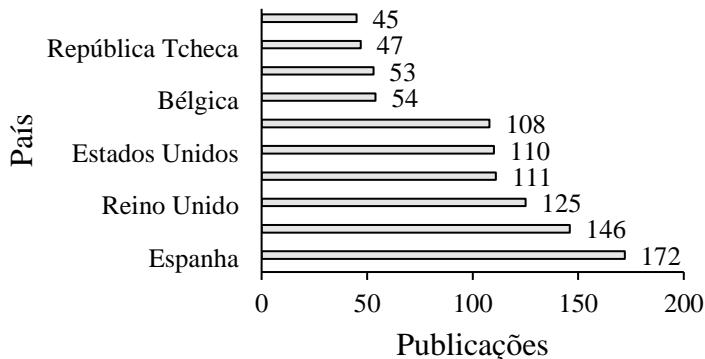
O mapa de palavras gerado traz as regiões centrais mais avermelhadas como aquelas que contêm os termos mais frequentemente empregados nos documentos e, em contrapartida, as regiões mais periféricas e azuladas indicam palavras que aparecem com menor frequência. Pode-se observar a partir do mapa que os termos de maior destaque são “águas residuais”, “produtos farmacêuticos”, “drogas”, “cocaína”, “anfetamina”, “humano”, “espectrometria de massas” e “epidemiologia”.

É notável que o campo da pesquisa sobre drogas ilícitas nos recursos hídricos é multidisciplinar e envolve tanto questões ambientais quanto questões sociais e de saúde pública, fato evidenciado pelas palavras-chave empregadas na literatura. Além disso, é possível identificar pelo menos três grandes grupos temáticos: o primeiro, relacionado a técnicas analíticas voltadas à detecção e dessas substâncias, com destaque para a espectrometria de massas e a extração em fase sólida; o segundo, representado pela problemática ambiental de poluição e pelos possíveis impactos causados aos sistemas aquáticos; e o terceiro, associado à saúde pública e à epidemiologia do esgoto, destacando o monitoramento de padrões de consumo da população.

Análise de publicações a nível nacional

A Figura 3 apresenta o número de publicações dos dez principais países envolvidos na pesquisa de drogas ilícitas nos recursos hídricos.

Figura 3 – Número de publicações por país na base de dados *Scopus*



Fonte: Adaptado de Scopus (2025).

Pode-se observar que os países que mais se destacam nessa temática de pesquisa são respectivamente a Espanha, China, Reino Unido, Austrália, Estados Unidos e Itália. Com relação ao Brasil, o país se encontra na 8º posição, possuindo 53 publicações. O Quadro 2 traz os cinco principais trabalhos de autores brasileiros mais citados na base de dados, em ordem decrescente.

Quadro 2 – Autores nacionais mais relevantes na base de dados *Scopus*

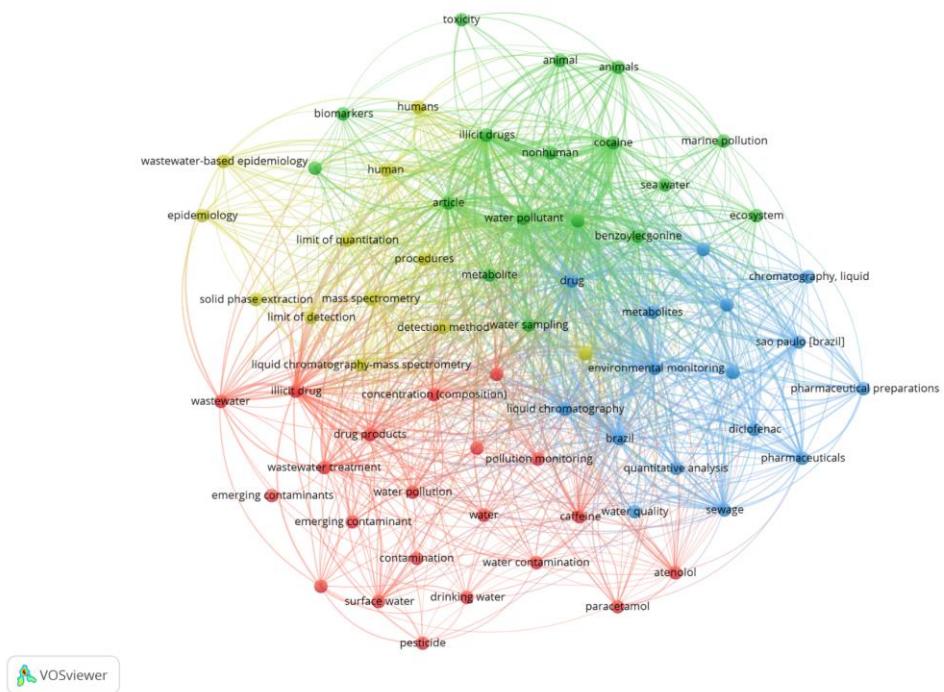
Item	Título	Autores	Periódico	Ano	Citações
1	Remoção de contaminantes emergentes de águas residuais usando tratamentos avançados. Uma revisão	Morin-Crini, N. et al.	Environmental Chemistry Letters	2022	256
2	Ocorrência, controle e destino de contaminantes de preocupação emergente em compartimentos ambientais no Brasil	Starling, M. C. V. M. et al.	Journal of Hazardous Materials	2019	198
3	Ocorrência de fármacos e cocaína em zona costeira brasileira	Pereira, C. D. S. et al.	Science of the Total Environment	2016	193
4	Dez anos de ocorrência de contaminantes emergentes em águas potáveis, superficiais e subterrâneas e águas residuais do estado de São Paulo, Brasil	Montagner, C. C. et al.	Journal of the Brazilian Chemical Society	2019	148
5	Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios	Montagner, C. C. et al.	Química Nova	2017	110

Fonte: Adaptado de Scopus (2025).

O artigo com o maior número de citações (256) aborda a temática com um enfoque na remoção de contaminantes emergentes, incluindo as substâncias ilícitas, a partir de tratamentos avançados. Os outros quatro trabalhos em destaque, tratam da ocorrência e destino de fármacos e drogas ilícitas nas matrizes ambientais, abrangendo diferentes tipos de sistemas aquáticos, como água subterrânea e água superficial. Adicionalmente, pode-se observar que dois dos cinco artigos são liderados por Montagner *et al.*, sendo o reflexo de um grupo de pesquisa relevante no país.

A análise das principais palavras-chave foi realizada novamente, mas nessa etapa dando enfoque somente para os artigos nacionais. A partir do modo *Network Visualization* foi possível obter o mapa de coocorrência disposto na Figura 4.

Figura 4 – Palavras-chave utilizadas pelos autores nacionais entre os anos 2000 até o presente



Fonte: Autoria própria (2025).

O mapa de palavras-chave gerado revelou quatro principais áreas de pesquisa contidas nos artigos. O *cluster* vermelho destaca termos como “contaminantes emergentes” e “poluição da água”, refletindo a problemática da presença desses compostos nos recursos hídricos. O *cluster* verde abrange palavras como “drogas ilícitas” e “biomarcadores”, indicando trabalhos que envolvem a epidemiologia baseada em águas residuais e o rastreamento dessas substâncias. O *cluster* azul associa termos como “fármacos” e “monitoramento ambiental”, destacando os produtos farmacêuticos também como contaminantes, sendo um grupo de moléculas amplamente estudadas no país. O *cluster* amarelo destaca as técnicas analíticas envolvidas na análise dessas substâncias como “espectrometria de massas” e “extração em fase sólida”, muito empregadas nos estudos brasileiros.

CONCLUSÕES

O estudo realizado revelou um crescimento expressivo das pesquisas sobre drogas ilícitas em recursos hídricos nas últimas décadas, principalmente em países desenvolvidos. No contexto brasileiro, apesar de o país apresentar poucos estudos em comparação com outras nações, observa-se um cenário promissor, com publicações relevantes e em periódicos de destaque. Em geral, os resultados fornecem um panorama abrangente da área, contribuindo para a organização do conhecimento já produzido e apontando lacunas a serem exploradas. O estudo também ressalta a importância do monitoramento ambiental e de políticas públicas voltadas à proteção das matrizes aquáticas contra a contaminação pelos contaminantes emergentes, em especial as substâncias ilícitas. Um estudo está sendo desenvolvido visando avaliar essa contaminação em águas superficiais de rios da Região Metropolitana de Curitiba.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Bolsa-Sênior da Fundação Araucária e ao Programa de Permanência de Docentes e Pesquisadores Sêniores da UTFPR. Além disso, cabe agradecimentos também ao programa institucional bolsa-técnico da Fundação Araucária/UFPR.

REFERÊNCIAS

- CASTIGLIONI, S.; ZUCCATO, E. (2010). “Illicit drugs as emerging contaminants”, in: Contaminants of emerging concern in the environment: ecological and human health considerations. Org. por Halden, R. U., ed. American Chemical Society, Washington – DC, pp. 119-136.
- FARTO, C. D., ATHAYDE JÚNIOR, G. B., SENA, R. F.; ROSENHAIM, R. (2021). “Contaminantes de preocupação emergente no Brasil na década 2010-2019 – Parte I: ocorrência em diversos ambientes aquáticos”. Revista de Gestão de Água da América Latina, 18, 6.
- FRIAS, M. T. C.; MOL, M. P. G. (2022). “Ocorrência, detecção e rota de tratamento de efluentes com contaminação por drogas ilícitas no Brasil: Uma revisão da literatura”. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, 15, 1, pp. 508-516.
- KIM, K.; STOLL, S.; SINGH, R.; LEE, W. H.; HWANG, J. (2023). “Recent advances in illicit drug detection sensor technology in water”. Trends in Analytical Chemistry, 168, p. 117295.
- KRISHNAN, R. Y.; MANIKANDAN, S.; SUBBAIYA, R.; BIRUNTHA, M.; BALACHANDAR, R.; KARMEGAM, N. (2023). “Origin, transport and ecological risk assessment of illicit drugs in the environment–A review”. Chemosphere, 311, p. 137091.
- MARQUES, F. B.; MACULAN, B. C. M. S.; SOUZA, R. R. (2022). “A bibliometria na pós-graduação brasileira: uma revisão integrativada literatura”. Transinformação, 35.
- MONTAGNER, C. C.; SODRÉ, F. F.; ACAYABAM, R. D.; VIDAL, C.; CAMPESTRINI, I.; LOCATELLI, M. A.; PESCARA, I. C.; ALBUQUERQUE, A. F.; UMBUZEIRO, G. A.; JARDIM, W. F. (2019). “Ten years-snapshot of the occurrence of emerging contaminants in drinking, surface and ground waters and wastewaters from São Paulo State, Brazil”. Journal of the Brazilian Chemical Society, 30, pp. 614-632.
- MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. (2017). “Emerging contaminants in aquatic matrices from Brazil: current scenario and analytical, ecotoxicological and legislative aspects. Química Nova, 40, 9, pp. 1094-1110.
- MORIN-CRINI, N.; LICHTFOUSE, E.; FOURMENTIN, M.; RIBEIRO, A. R. L.; NOUTSOPoulos, C.; MAPELLI, F.; FENYVESI, E.; VIEIRA, M. G. A.; PICOS-CORRALES, L. A.; MORENO-PIRAJÁN, J. C.; GIRALDO, L.; SOHAJDA, T. HUQ, M. M.; SOLTAN, J.; TORRI, G.; MAGUREANU, M.; BRADU, C. CRINI, G. (2022). “Removal of emerging contaminants from wastewater using advanced treatments. A review”. Environmental Chemistry Letters, 20, pp. 1333-1375.
- PEREIRA, C. D. S.; MARANHO, L. A.; CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H., SANTOS, A. R.; RIBEIRO, D. A., CESAR, A.; GUIMARÃES, L. L. (2016). “Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a Brazilian coastal zone”. Science of the Total Environment, 548, pp. 148-154.
- RIPANDA, A. S.; RWIZA, M. J.; NYANZA, E. C.; MACHUNDA, R. L.; VUAI, S. H. (2022). “Contribution of Illicit Drug Use to Pharmaceutical Load in the Environment: A Focus on Sub-Saharan Africa”. Journal of Environmental and Public Health, 2022.
- STARLING, M. C. V., AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D. (2019). “Occurrence, control and fate of contaminants of emerging concern in environmental compartments in Brazil”. Journal of hazardous materials, 372, pp. 17-36.
- UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME (UNODC). World Drug Report 2024. United Nations Publication. Disponível em: <<https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/world-drug-report-2024.html>>. Acesso em: 10 set. 2024.