

## CONTAMINANTES EMERGENTES EM ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E O REFLEXO NA SAÚDE COLETIVA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.16.25.VIII-005>

Alexandra Fatima Saraiva Soares (\*), Bernardo Saraiva de Assis Catão, Alexandre Senna de Araújo

\* Instituto de Educação Continuada da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (IEC-PUC/MINAS);  
Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG) – alexandra@mpmg.mp.br

### RESUMO

Os micropoluentes ou contaminantes de preocupação emergente (CEC) constituem poluentes que mesmo em baixas concentrações nas águas de abastecimento público podem causar efeitos deletérios à saúde humana. Entre essas substâncias destacam-se agrotóxicos, fármacos, hormônios, produtos de higiene e produtos químicos industriais. No Brasil, o monitoramento desses contaminantes ainda é incipiente e as tecnologias convencionais para potabilização da água demonstram baixa eficiência na remoção desses compostos. A norma de potabilidade vigente (Portaria GM/MS nº 888/2021) contempla um número restrito dessas substâncias, permitindo que a água considerada potável perante a legislação contenha micropoluentes potencialmente nocivos. Dessa forma, este estudo discute as vias de introdução desses contaminantes nos mananciais, os efeitos à saúde coletiva e ao Sistema Único de Saúde (SUS), e propõe estratégias normativas, tecnológicas e preventivas para mitigar tais riscos. O estudo demonstrou que o esgoto doméstico e industrial, lançado de forma inadequada, e o escoamento superficial em áreas agrícolas são fontes relevantes de CEC, os quais atingem diretamente os mananciais hídricos. A presença de micropoluentes nas águas destinadas ao abastecimento público constitui desafio ambiental, sanitário e regulatório, com impactos cumulativos sobre a saúde humana e no SUS. Esses contaminantes, embora presentes em baixas concentrações, têm o potencial de causar danos cumulativos à saúde humana, afetando diversos sistemas orgânicos. É urgente e necessário ampliar o escopo normativo da potabilidade da água, incorporando novos parâmetros relacionados a micropoluentes, investir em tecnologias avançadas de tratamento de água e esgoto e fortalecer a fiscalização ambiental e sanitária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Contaminantes de preocupação emergente, Saúde pública, Qualidade da água, Direito sanitário.

### INTRODUÇÃO

A presença de substâncias tóxicas em ecossistemas aquáticos é um dos principais fatores de degradação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público. Os micropoluentes, também denominados contaminantes de preocupação emergente (*contaminant of emerging concern* - CEC), incluem fármacos, hormônios, produtos de higiene pessoal, produtos de limpeza e outros produtos químicos, muitos provenientes de esgotos domésticos (ALVES *et al.*, 2021).

Esses compostos são classificados como emergentes porque sua ocorrência ambiental só passou a ser conhecida há, relativamente, poucos anos, graças ao aprimoramento das técnicas analíticas. Mesmo em baixas concentrações, essas substâncias podem causar efeitos adversos à saúde humana, como carcinogenicidade, disfunções endócrinas e impactos na fertilidade (LUO *et al.*, 2014; SARAIVA SOARES, 2015; SIFAKIS *et al.*, 2021).

A legislação brasileira, por meio da Portaria GM/MS nº 888/2021, contempla poucos micropoluentes, enquanto milhares de produtos químicos são utilizados no país. Esse cenário evidencia lacunas na proteção da saúde pública e reforça a necessidade de aprimoramento das estratégias de monitoramento, controle e tratamento da água.

### OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é apresentar uma discussão das vias de introdução desses micropoluentes nas águas de abastecimento público e como eles podem ocasionar danos à saúde humana e afetar a saúde coletiva e o Sistema Único de Saúde (SUS). O trabalho demonstrará também a restrição normativa relacionada ao tema e apresentará sugestões para mitigar esses danos.

### METODOLOGIA

O estudo foi realizado mediante revisão da literatura e legislação pertinentes, assim como análises de dados de forma qualitativa e exploratória. Foram realizadas consultas nas bases de dados Web of Science, Portal de Periódicos da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scopus e em outras bases. Os resultados encontrados foram comparados com informações de outras fontes.

A revisão da literatura foi realizada, principalmente, por meio de busca na biblioteca virtual de informação científica – revistas acadêmicas (portal de periódicos) e documentos entre capítulos de livros eletrônicos, relatórios e outros tipos de publicações – disponibilizada pela CAPES, fundação vinculada ao Ministério da Educação (MEC). Para isso, as buscas foram realizadas por assunto, periódico, livro e base. Foram utilizados os seguintes indexadores: SciELO (nacional), Web of Science e Scopus (internacionais).

Os termos para se realizar a busca por assunto contemplaram, principalmente: micropoluentes, poluente emergente, água e direito à saúde, direito sanitário e água potável, contaminação de mananciais, tratamento convencional de água, *contaminant of emerging concern*, *pesticide occurrence*, *micropollutant*, *water resource*, *drinking-water treatment*. Foram selecionados os trabalhos que abordaram as fontes dos micropoluentes nas águas, eficiência dos tratamentos de água para potabilização no que tange à remoção desses micropoluentes e legislação específica e não específica de direito sanitário. Realizou-se também busca em sites específicos, tais como da World Health Organization (WHO) e Comissão Interamericana de Direitos Humanos (CIDH).

As informações foram organizadas descritivamente e estruturadas segundo o modelo Pressão-Estado-Resposta, demonstrando a cadeia de contaminação das águas e seus efeitos sobre a sociedade e o SUS.

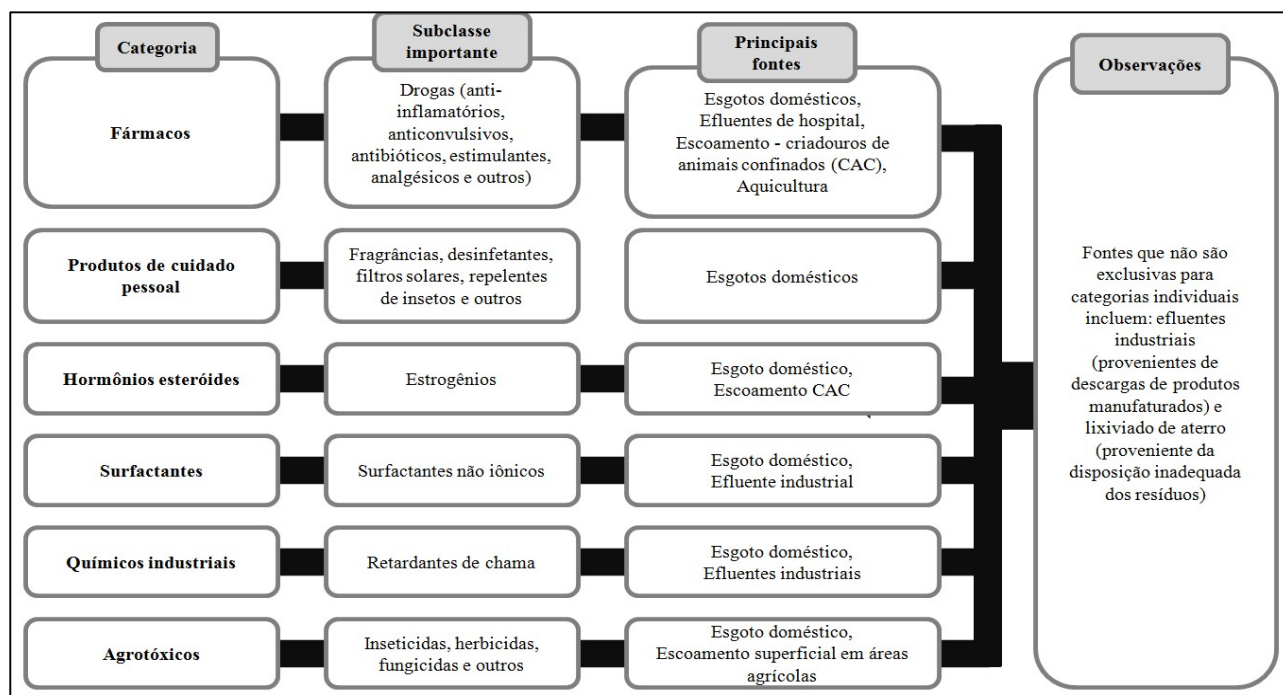
## RESULTADOS

Os micropoluentes são contaminantes presentes no meio ambiente em baixas concentrações (geralmente na faixa de microgramas por litro –  $\mu\text{g/L}$  ou nanogramas por litro –  $\text{ng/L}$ ), mas que podem causar efeitos significativos à saúde humana e aos ecossistemas. Os CEC incluem uma ampla variedade de substâncias químicas e biológicas, tais como:

- Fármacos (antibióticos, hormônios, analgésicos, antidepressivos, etc.);
- Produtos de cuidado pessoal (cosméticos, filtros solares, desodorantes, etc.);
- Agrotóxicos;
- Metais pesados (chumbo, mercúrio, cádmio, etc.);
- Compostos industriais (plásticos, solventes, retardantes de chama, etc.);
- Substâncias hormonais e disruptores endócrinos.

### Fontes de micropoluentes no ambiente e nas águas

As fontes de micropoluentes em ambientes aquáticos são diversas e muitos desses contaminantes se originam de produtos industrializados. A **Figura 1** apresenta algumas fontes de micropoluentes nos ambientes aquáticos.



**Figura 1. Fontes de micropoluentes em ambientes aquáticos. Fonte: Soares; Souza, 2020.**

Centenas de milhares de compostos químicos sintéticos são utilizados em uma grande variedade de produtos de uso doméstico, industrial e agrícola, e atingem as águas superficiais por lançamento de águas residuárias ou carreamento (escoamento superficial) em áreas agrícolas, com aplicação de agrotóxicos.

O lançamento de esgotos – *in natura* ou mesmo provenientes de estações de tratamento biológico, principalmente sistemas anaeróbios – nas águas superficiais (córregos, rios e outros) tem sido considerado como principal fonte de micropoluentes no ambiente aquático (KASPRZYK-HORDERN; DINSDALE; GUWY, 2009).

Luo *et al.* (2014), comparando a ocorrência de micropoluentes nas águas superficiais de diferentes países, relataram que, em geral, a poluição de contaminantes de preocupação emergente nos corpos hídricos das regiões densamente povoadas é maior, devido ao uso massivo desses contaminantes pela população e, consequente, na composição dos esgotos domésticos.

Esses contaminantes geralmente não são totalmente removidos por sistemas convencionais de tratamento de esgoto ou água, o que permite sua disseminação em rios, solos, sedimentos e até na água potável. Os micropoluentes afetam a saúde humana, principalmente por exposição crônica, mesmo em baixas concentrações, e seus efeitos podem ser sutis, acumulativos e de longo prazo.

Efluentes industriais e sanitários sem tratamento ou com tratamentos inadequados também são fontes de contaminação por micropoluentes dos recursos hídricos. Muitas vezes os corpos de água receptores de esgotos (tratados ou não) também são mananciais de abastecimento público de água e, dessa forma, inicia-se a rota de contaminação humana por essas substâncias. Isso pelo fato que as estações de tratamento de água (ETA) não foram projetadas para remover contaminantes complexos, especialmente os micropoluentes. O tratamento convencional, que inclui as etapas de coagulação-floculação e filtração da água, não é adequado para propiciar a remoção desses contaminantes nas águas.

A norma de potabilidade de água (Portaria GM/MS nº 888/2021) relaciona poucos contaminantes de preocupação emergente. A título de exemplificação, essa norma relaciona 27 agrotóxicos, enquanto existem mais de 3 mil agrotóxicos comercializados no Brasil, segundo dados do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT, 2025). Isso demonstra a fragilidade da norma e que uma água pode ser considerada potável (atender à exigência da norma de potabilidade), mas não estar isenta de substâncias com potencial danoso à saúde humana, como os micropoluentes.

### Efeitos na saúde coletiva

O instituto americano “Primavera Silenciosa” estudou a qualidade das águas de Cape Cod, Massachusetts, com o objetivo de compreender se havia relação entre fatores ambientais com a elevada incidência de câncer de mama na região. Os resultados sugeriram relação entre a exposição a certos micropoluentes (disruptores endócrinos) e doenças ativas hormonais, tais como o câncer de mama. Foram detectados fármacos e hormônios na água de Cape Cod, especialmente naquelas situadas em áreas mais densamente povoadas, indicando o esgoto sanitário (sistema séptico) como fonte desses contaminantes (SCHAIDER *et al.*, 2011).

Kristensen *et al.* (2011) demonstraram que o analgésico comum (*acetaminophen*) afeta a produção de testosterona em níveis 100 vezes mais baixos do que a dose típica e também relata problemas de reprodução em meninos cujas mães usaram analgésicos enquanto grávidas.

Há que se destacar que enquanto as pessoas estão expostas a complexas misturas de substâncias químicas, a maior parte dos estudos foca um químico de cada vez. Portanto, tem-se limitada a compreensão dos potenciais efeitos na saúde das misturas farmacêuticas (efeitos sinérgicos) e de outras substâncias químicas, em baixos níveis.

Por fim, pesquisa conduzida por Ghiselli; Jardim (2007) também apontam possíveis alterações na saúde humana – envolvendo câncer de mama e de testículo, além de infertilidade masculina – associadas à exposição aos micropoluentes.

O **Quadro 1** apresenta os principais impactos na saúde humana, divididos por mecanismo de ação.

**Quadro 1. Impactos na saúde humana, ação e efeitos dos micropoluentes. Fonte: Elaborado a partir de IUPAC, 2025; Saraiva Soares, 2025; Saraiva Soares; Leão, 2015; Soares; Souza, 2020.**

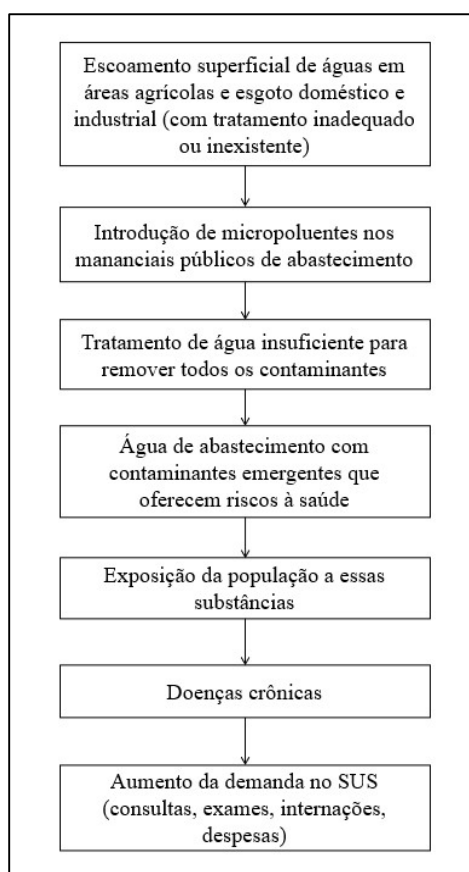
| IMPACTO NEGATIVO<br>NA SAÚDE | AÇÃO | EFEITOS |
|------------------------------|------|---------|
|------------------------------|------|---------|

|                                                 |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Disfunções endócrinas</b>                    | Micropoluentes como fármacos hormonais, agrotóxicos e compostos químicos industriais (ex: BPA, ftalatos) atuam como disruptores endócrinos, que podem inibir ou bloquear a ação de hormônios naturais. | Puberdade precoce ou atrasada; Infertilidade (masculina e feminina); Problemas na tireoide e Aumento do risco de cânceres hormônio-dependentes (mama, próstata). |
| <b>Efeitos genotóxicos e carcinogênicos</b>     | Alguns micropoluentes, como solventes industriais, metais pesados (chumbo, cádmio, arsênio) e agrotóxicos, têm potencial mutagênico.                                                                   | Alterações no DNA; Aumento do risco de desenvolvimento de câncer e Danos ao sistema imunológico.                                                                 |
| <b>Neurotoxicidade</b>                          | Micropoluentes como mercúrio, chumbo, solventes orgânicos e até alguns resíduos farmacêuticos afetam o sistema nervoso                                                                                 | Déficit de atenção; Problemas de memória; Alterações de comportamento e Risco aumentado de doenças neurodegenerativas (como Alzheimer e Parkinson)               |
| <b>Impactos no desenvolvimento infantil</b>     | O feto e a criança em formação são altamente sensíveis à exposição a micropoluentes                                                                                                                    | Malformações congênitas; Atraso no desenvolvimento cognitivo e motor e Distúrbios hormonais ou comportamentais.                                                  |
| <b>Resistência a antibióticos</b>               | O descarte inadequado de antibióticos no ambiente seleciona bactérias resistentes.                                                                                                                     | Dificuldade no tratamento de infecções comuns e Aumento da mortalidade por infecções hospitalares.                                                               |
| <b>Toxicidade hepática, renal e imunológica</b> | Substâncias como agrotóxicos, metais pesados e subprodutos industriais são tóxicas para órgãos de eliminação e defesa.                                                                                 | Doenças hepáticas (como esteatose); Comprometimento renal e Redução da imunidade.                                                                                |

#### Efeitos na saúde coletiva

A contaminação dos indivíduos e o desenvolvimento de doenças ocasionam aumento da demanda por atendimentos, custos hospitalares, sobrecarga da atenção primária e redução da qualidade de vida da população. Esse fato tem impacto negativo sobre o Sistema Único de Saúde (SUS), já que a contaminação das pessoas ocasiona: aumento da demanda por atendimentos ambulatoriais e hospitalares, maior custo com internações e tratamentos de doenças evitáveis, sobrecarga da atenção primária à saúde, redução da qualidade de vida da população, maior gasto público com campanhas e vigilância sanitária.

A **Figura 2** demonstra, a partir da contaminação dos mananciais, a rota de contaminação humana e interferência no SUS.



**Figura 2. Contaminação das águas por micropoluentes e reflexos na saúde humana e SUS. Fonte: Autores do Trabalho.**

## CONCLUSÕES

Traços de contaminantes de preocupação emergente em água potável têm se tornado uma preocupação global devido ao seu potencial de causar câncer, infertilidade e outros efeitos à saúde humana. A mitigação da contaminação dos mananciais é, portanto, essencial para reduzir riscos associados ao consumo de água. Mesmo quando considerada potável, a água pode conter micropoluentes não contemplados na legislação vigente.

A presença de micropoluentes nas águas destinadas ao abastecimento público constitui desafio ambiental, sanitário e regulatório, com impactos cumulativos sobre a saúde humana e, por consequência, no SUS. Esses contaminantes, embora presentes em concentrações extremamente baixas, têm o potencial de causar danos cumulativos à saúde humana, afetando diversos sistemas orgânicos, especialmente por meio de exposições crônicas e silenciosas. A atual incapacidade dos sistemas convencionais de tratamento de água em remover completamente essas substâncias evidencia uma lacuna tecnológica e normativa preocupante.

Com os avanços da química analítica, será possível identificar esses contaminantes de forma mais precisa, permitindo revisões normativas para maior controle. Enquanto isso, práticas como o uso indiscriminado de agrotóxicos, a flexibilização de normas para lançamento de esgotos e a captação de água em mananciais contaminados – como das bacias hidrográficas dos rios Paraopeba e Velhas, na região metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais – representam riscos significativos à saúde pública e devem ser evitadas.

A análise demonstrou que tanto o esgoto doméstico e industrial lançado de forma inadequada, assim como o escoamento superficial em áreas agrícolas são fontes relevantes de contaminantes de preocupação emergente, os quais atingem diretamente os mananciais hídricos. A Portaria GM/MS nº 888/2021 contempla um número limitado dessas substâncias, o que permite que a água considerada “potável”, de acordo a mesma, ainda contenha substâncias não regulamentadas e com potencial danoso à saúde humana.

Esse cenário acarreta impactos diretos no SUS, que absorve os efeitos do aumento de doenças crônicas e com tratamento oneroso, que são associadas à exposição a essas substâncias, gerando sobrecarga assistencial, aumento de

custos com internações e tratamentos, além de comprometer a qualidade de vida e capacidade laboral da população exposta.

Diante disso, conclui-se que é urgente e necessário ampliar o escopo normativo da potabilidade da água, incorporando novos parâmetros relacionados a micropoluentes; investir em tecnologias avançadas de tratamento de água e esgoto; fortalecer a fiscalização ambiental e sanitária; e promover ações educativas e preventivas integradas entre os setores ambiental, de saúde e saneamento.

Somente com ações articuladas e baseadas em evidências científicas será possível mitigar os riscos à saúde humana e proteger os recursos hídricos de forma eficaz e sustentável.

Os agentes públicos e a sociedade devem compreender que ao se preservar a qualidade dos mananciais de abastecimento público, estarão, consequentemente, promovendo saúde pública e desonerando o sistema de saúde. Para tanto, faz-se imprescindível a disseminação dos riscos potenciais existentes e associados à poluição das águas com a perda da qualidade de vida.

## AGRADECIMENTOS

Às agências de fomento FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo financiamento desta pesquisa e às instituições de ensino Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCM-MG) pelo apoio e infraestrutura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrofyt. **Consulta de produtos formulados**. 2025. Disponível em: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso: 11 de julho de 2025.
2. Alves, T. C.; Rozza, G.; Mota, J. A. X.; Pinheiro, A. Ocorrência e magnitude de micropoluentes orgânicos em águas residuárias urbanas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 24, 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]**. 2021.
3. Ghiselli, G.; Jardim, W. F. Interferentes endócrinos no ambiente. **Química nova**, v. 30, p. 695-706, 2007.
4. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). **The PPDB**. 2025. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/index.htm> Acesso em: 27 de julho de 2025.
5. Kasprzyk-Hordern, B.; Dinsdale, R. M.; Guwy, A. J. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. **Water research**, v. 43, n. 2, p. 363-380, 2009.
6. Kristensen, D. M.; Hass, U.; Lesné, L.; Lottrup, G.; Jacobsen, P. R.; Desdoits-Lethimonier, C.; Boberg, J.; Petersen, J. H.; Toppari, J.; Jensen, T. K.; Brunak, S.; Skakkebaek, N. E.; Nellemann, C.; Main, K. M.; Jégou, B.; Leffers, H. Intrauterine exposure to mild analgesics is a risk factor for development of male reproductive disorders in human and rat. **Human reproduction**, v. 26, n. 1, p. 235-244, 2011.
7. Luo, Y.; Guo, W.; Ngo, H. H.; Nghiem, L. D.; Hai, F. I.; Zhang, J.; Liang, S.; Wang, X. C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. **Science of the Total Environment**, v. 473-474, p. 619-641, 2014.
8. Saraiva Soares, A.F.; Leão, M. M. D. Contaminação dos mananciais por micropoluentes e a precária remoção desses contaminantes nos tratamentos convencionais de água para potabilização. **De Jure**, v. 14, p. 36-85, 2015.
9. Saraiva Soares, A. F.; Ramos, A. M.; Ribeiro, E. L.; Silva, F. R.; D'Ávila, L. S. A gestão pública e a participação privada no abastecimento de água e esgotamento sanitário em Minas Gerais: possíveis impactos da Lei nº 14.026/2020. **Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário**, v. 14, n. 1, p. 62-79, 2025.
10. Saraiva Soares, A. F. **Impacto do uso de agrotóxicos na qualidade da água**. Estudo de caso em região produtora de café. 1ª. ed. Berlim: Novas Edições Acadêmicas, 2015, v. 1, 295p.
11. Schaidt, L.; Ackerman, J.; Rudel, R.; Dunagan, S.; Brody, J. **Emerging contaminants in Cape Cod private drinking water wells**. Reserching the environment and women's health. Silent Spring Institute, 2011. 33p.
12. Sifakis, S.; Androutsopoulos, V. P.; Tsatsakis, A. M.; Spandidos, D. A. Human exposure to endocrine disrupting chemicals: effects on the male and female reproductive systems. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 51, p. 56-70, 2017.
13. Soares, A. F. S.; Souza, L. P. S. Contaminação das águas de abastecimento público por poluentes emergentes e o direito à saúde. **Revista de Direito Sanitário**, v. 20, p. 100-133, 2020.
14. Soares, A. F. S.; Vianna Neto, M. R.; Leão, M. M. D. Environmental Fate of Pesticides Applied in Coffee Crops in Southeast of Brazil. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, p. 103-112, 2017.