

## IV – 464 – AVALIAÇÃO DO CONTAMINANTE EMERGENTE BISFENOL A E DA ATIVIDADE ESTROGÊNICA NO RIO PARAÍBA DO SUL, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

### **Cely Roledo<sup>(1)</sup>**

Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita” - UNESP. Mestra em Ciências pelo programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – FSP-USP (2016). Engenheira Química pela Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo – EEL-USP (2007). Gerente da Divisão de Laboratório de Taubaté da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

### **Daniela Dayrell França<sup>(2)</sup>**

Mestra em Toxicologia e Análises Toxicológicas pela Universidade de São Paulo (2006). Graduação em Farmácia-Bioquímica pela Universidade de São Paulo (2003). Gerente do Setor de Análises Toxicológicas da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

### **Gilson Alves Quináglia<sup>(3)</sup>**

Doutorado em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (2006). Mestrado em Saúde Ambiental (2001) e Pós-graduação em Engenharia de Controle da Poluição pela Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo – FSP-USP (1996). Química Industrial pela Universidade de Guarulhos (1994). Assessor da Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

### **Ingrid Ruanna dos Santos<sup>(4)</sup>**

Doutoranda em Química pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Mestra em Química pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (2021). Graduação em Química pela Universidade Nove de Julho (2018).

### **Adriano Gonçalves dos Reis<sup>(5)</sup>**

Livre docente em Operações Unitárias Aplicadas ao Saneamento pelo ICT/Unesp (2024). Pós-Doutorado pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN (2015-2017). Doutorado (2015) e Mestrado (2012) em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. Graduação em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena - EEL/USP (1999). Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e na Graduação em Engenharia Ambiental pelo ICT/Unesp de São José dos Campos.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Iambé, 38 – Bairro Santa Luzia – Taubaté - SP - CEP: 12091-200 - País - Tel: +55 (12) 3634-8222 - e-mail: [celv.roledo@gmail.com](mailto:celv.roledo@gmail.com)

## **RESUMO**

Nas últimas décadas, os contaminantes emergentes (CEs) em ambientes aquáticos têm atraído atenção significativa devido aos seus efeitos adversos nos ecossistemas e na saúde humana. Entre estes CEs, o bisfenol A (BPA) é uma grande preocupação devido ao seu uso generalizado e às suas propriedades desreguladoras do sistema endócrino. A urbanização e o crescimento industrial do Brasil levaram a desafios significativos de poluição, principalmente devido à infraestrutura de esgoto inadequada e ao lançamento de águas residuais domésticas não tratadas nos rios, contribuindo para a presença de contaminantes emergentes nas águas superficiais. Este estudo avaliou a contaminação por BPA e a atividade estrogênica no rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo, Brasil. O BPA foi detectado em 50% das amostras, com concentrações variando de 11,1 a 116,9 ng L<sup>-1</sup>. O ensaio de atividade estrogênica também apresentou resultados positivos em 50% das amostras, variando de 0,12 a 1,36 ng L<sup>-1</sup> de equivalente estradiol, indicando a presença de múltiplos compostos que contribuem para os efeitos estrogênicos. Estes resultados enfatizam a necessidade de uma abordagem holística para monitorar a qualidade da água. No que diz respeito à contaminação por BPA, é necessário continuar os estudos para rastrear as fontes de poluição. Em resumo, o estudo aborda a presença de contaminantes de preocupação emergente no Rio Paraíba do Sul, enfatizando a importância do monitoramento contínuo, medidas regulatórias e conscientização pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** contaminante emergente, desregulador endócrino, qualidade da água, BPA, BLYES.



## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a questão dos contaminantes emergentes em ambientes aquáticos tem ganhado atenção significativa em todo o mundo devido aos seus potenciais efeitos adversos nos ecossistemas e na saúde humana.

Os poluentes classificados como contaminantes emergentes (CEs) são substâncias naturais ou artificiais encontradas no ambiente que podem causar efeitos adversos em humanos ou animais, mas não são comumente monitorados (MADEIRA *et al.*, 2023). Geralmente, os sistemas convencionais de tratamento de efluentes domésticos não conseguem remover satisfatoriamente esses contaminantes (RIBEIRO *et al.*, 2015).

Entre os CEs estão os desreguladores endócrinos, que são compostos que podem interferir na produção ou ação de hormônios, podendo causar danos aos sistemas reprodutivo e imunológico de organismos superiores, especialmente organismos aquáticos. Estas substâncias podem bloquear ou imitar a atividade dos hormônios naturais, o que pode interferir nos sistemas reprodutivos de humanos e animais (JOSEPH *et al.*, 2013).

A substância 2,2-bis (4-hidroxifenil) propano, conhecida como bisfenol A (BPA), emergiu como uma preocupação importante entre estes contaminantes devido ao seu uso generalizado em diversas aplicações industriais e às suas propriedades desreguladoras do sistema endócrino. Ele é usado para produzir resinas epóxi e plásticos de policarbonato, resinas fenólicas, poliácridatos e poliésteres e embalagens de alimentos (OHORE; SONGHE, 2019).

Os corpos hídricos enfrentam desafios substanciais de poluição no Brasil, devido a urbanização e industrialização crescentes. A infraestrutura inadequada de coleta e tratamento de esgotos contribui significativamente para o surgimento de contaminantes nas águas superficiais brasileiras. Apenas 51,2% de todo o esgoto doméstico é tratado no Brasil (SNIS, 2022). A maior parte do restante é lançada sem tratamento nos rios, que são as principais fontes de água da população.

Em relação ao monitoramento de CEs em estações de tratamento de águas residuais brasileiras, estudos têm mostrado que estações de tratamento convencionais (até a fase de tratamento secundário), mesmo quando existem, são inadequadas para remover esses compostos (STARLING *et al.*, 2019). Em relação à contaminação por BPA em águas doces utilizadas como fonte de água potável após tratamento no Brasil, estudos mostram sua ocorrência, principalmente nos estados mais industrializados e urbanizados, como São Paulo (MADEIRA *et al.*, 2023; MARTINI *et al.*, 2021), Rio de Janeiro (LOPES *et al.*, 2016; SABINO *et al.*, 2021) e Minas Gerais (CORRÊA *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2021).

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Figura 1) é altamente urbanizada e industrializada, e fornece 85% da água para a região metropolitana do Rio de Janeiro (atendendo mais de 12 milhões de pessoas). Há também uma transferência recente de água do rio Jaguari (afluente do Paraíba do Sul) para as barragens do Sistema Cantareira, responsável pelo abastecimento de água na região metropolitana de São Paulo. Devido à importância desta bacia, que também enfrenta outras questões relacionadas com a poluição da água e conflitos sobre múltiplos usos da água (ANA, 2016), é imperativo realizar mais estudos para compreender a qualidade da água utilizada para o abastecimento de água potável das duas mais importantes regiões metropolitanas do Brasil.



**Figura 1: Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul.** Fonte: (CEIVAP, [s. d.]).

Apesar de alguns estudos anteriores indicarem a presença de BPA no rio Paraíba do Sul, faltam pesquisas abrangentes para avaliar a extensão da contaminação, as variações sazonais e sua correlação com outros parâmetros de qualidade da água.

## OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo avaliar a contaminação por Bisfenol A (BPA), por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa (LC-MS/MS), e a presença de atividade estrogênica, pelo ensaio BLYES, no Rio Paraíba do Sul, localizado na região Sudeste do Brasil, especificamente no Estado de São Paulo, por um período hidrológico completo para possibilitar a avaliação da sazonalidade dos resultados e a sua correlação com outros parâmetros de qualidade da água.

## METODOLOGIA

As amostras de água foram coletadas em seis pontos de amostragem. Cinco deles são utilizados como captação de água para abastecimento público dos municípios de Santa Branca, Jacareí, São José dos Campos, Tremembé e Aparecida. O sexto local, no município de Queluz, é o local mais próximo da divisa do estado do Rio de Janeiro. A tabela 1 mostra os dados dos municípios e as coordenadas dos pontos de amostragem.

As amostras foram coletadas em fevereiro, maio, agosto e outubro de 2022 e foram preservadas de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24ª edição (APHA, 2023).

As amostras para análise de BPA e ensaio de atividade estrogênica foram previamente enriquecidas por extração em fase sólida utilizando um sistema de extração automatizado (SPE DEX 4790, Horizon Technology, Salem, NH) utilizando discos HLB baseados no método USEPA 1694 (U.S. EPA, 2008).

**Tabela 1: Dados municipais e coordenadas dos pontos de coleta.**

| Município           | População <sup>1</sup> | Área urbanizada <sup>1</sup> (km <sup>2</sup> ) | Serviço de saneamento <sup>2</sup> |                | Carga Orgânica <sup>2</sup> (kg DBO dia <sup>-1</sup> ) |              | Coordenadas dos pontos de coleta |
|---------------------|------------------------|---|------------------------------------|----------------|---|--------------|----------------------------------|
|                     |                        |   | Coleta (%)                         | Tratamento (%) | Potencial   | Remanescente |                                  |
| Santa Branca        | 13975                  | 5,78  | 64,0                               | 5,0            | 711   | 697          | 23° 22' 32" S<br>45° 53' 12" W   |
| Jacareí             | 240275                 | 50,33   | 98,2                               | 99,1           | 12628   | 3108         | 23° 18' 48" S<br>45° 58' 20" W   |
| São José dos Campos | 697054                 | 128,94  | 94,4                               | 99,2           | 39005   | 7243         | 23° 11' 16" S<br>45° 55' 04" W   |
| Tremembé            | 51173                  | 10,85   | 98,6                               | 100            | 2347  | 79           | 22° 57' 40" S<br>45° 33' 10" W   |
| Aparecida           | 32569                  | 6,26  | 70,0                               | 0,0            | 1927  | 1927         | 22° 50' 40" S<br>45° 14' 04" W   |
| Queluz              | 9159                   | 2,42  | 77,2                               | 85,0           | 611   | 238          | 22° 32' 32" S<br>44° 46' 26" W   |

<sup>1</sup> (IBGE, 2022) <sup>2</sup> (CETESB, 2023)

A atividade estrogênica foi determinada usando linhagem BLYES (Bioluminescent Yeast Estrogen Screen) de *Saccharomyces cerevisiae*. As células de levedura foram cultivadas e o ensaio foi realizado conforme descrito por Sanseverino et al. (2005). Os resultados são expressos quantitativamente através da atividade estrogênica equivalente (equivalente E2 ou EEQ) por meio de curvas de efeito produzidas com as concentrações testadas de 17- $\beta$ -estradiol (CETESB, 2020).

A análise de BPA por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa (LC-MS/MS) utilizou o sistema cromatográfico 1200 da Agilent (Santa Clara, CA, EUA) conectado com um espectrômetro de massa triplo quadrupolo 6410 da Agilent (Santa Clara, CA, EUA). Exatamente 10  $\mu$ L de amostras foram injetadas na coluna ZORBAX SB-C18 (30 mm x 2,1 mm, tamanho de partícula 3,5  $\mu$ m) da Agilent (Santa Clara, CA, EUA) a 30°C. A fase móvel utilizada para a análise consistiu em hidróxido de amônio 0,01% (v/v) em água e metanol, previamente filtrada com membrana porosa de 0,2  $\mu$ m, com vazão de 0,3 mL min<sup>-1</sup>. Foi utilizado o seguinte gradiente: 0 min 30%; 3 minutos 70%; 6 minutos 90%; 12 minutos 90%; 13 min 30% de metanol. O efluente da coluna cromatográfica foi direcionado ao espectrômetro de massas através da fonte de ionização por eletrospray e monitorado por SRM (Selected Reaction Monitoring). A fonte de ionização operou em modo íon negativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade estrogênica foi detectada em 50% das amostras, variando de 0,12 a 1,36 ng eq. E2 L<sup>-1</sup>, não sendo detectada em Santa Branca (Fig. 2). Os maiores resultados foram observados em outubro, em Tremembé e Aparecida apresentando resultados acima de 1 ng eq. E2 L<sup>-1</sup>, o que poderia ser esperado efeitos adversos dos desreguladores endócrinos (DIAS *et al.*, 2015).

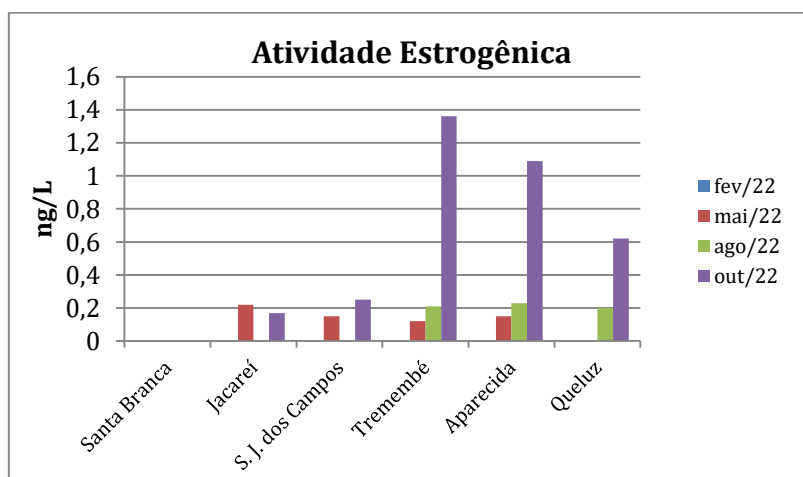


Figura 2: Resultados de atividade estrogênica no trecho paulista do rio Paraíba do Sul.

O BPA foi detectado em 50% das amostras, variando de 11,1 a 116,9 ng L<sup>-1</sup>, não sendo detectado em Santa Branca, uma área menos urbanizada e praticamente sem indústria (Fig. 3). Resultados semelhantes foram relatados por Czarzyńska-Goślińska et al. (2017).

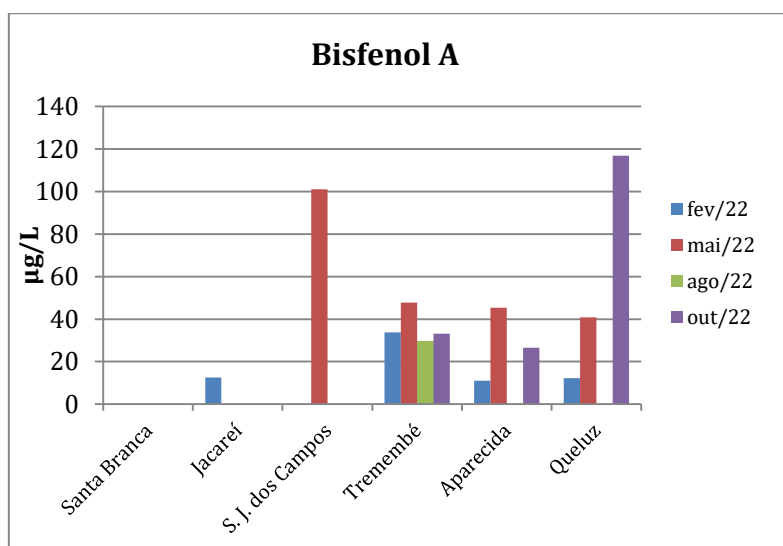


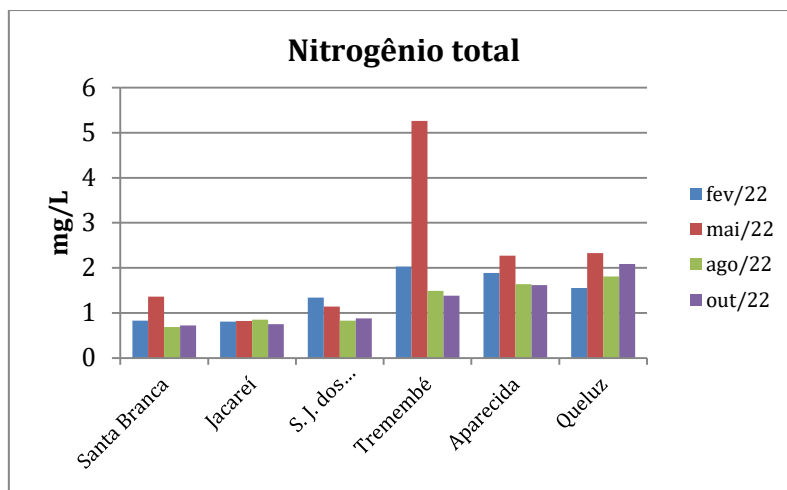
Figura 3: Concentração de bisfenol A (BPA) no trecho paulista do rio Paraíba do Sul.

As maiores concentrações de BPA (116,9 ng L<sup>-1</sup>) ocorreram em Queluz. Apesar de ser uma cidade pequena e sem atividade industrial relevante, está localizada a jusante de municípios industrializados e com menores níveis de tratamento de efluentes na região como Guaratinguetá e Cruzeiro, que apresentam cargas remanescentes de matéria orgânica com 4,9 e 4,2 toneladas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>) por dia, respectivamente (CETESB, 2023).

Já Tremembé apresentou resultados positivos em 100% das amostras, variando de 29,5 a 47,7 ng L<sup>-1</sup>, provavelmente por estar localizado a jusante de São José dos Campos, que é o município mais populoso, urbanizado e industrializado da região, apresentando carga remanescente de matéria orgânica de 7,2 toneladas de DBO<sub>5,20</sub> por dia (CETESB, 2023).

Dos 27 locais do programa de monitoramento do estado de São Paulo onde a atividade estrogênica foi avaliada em 2022, 14 apresentaram atividade estrogênica média anual superior a 1,0 EEQ, considerada alta atividade

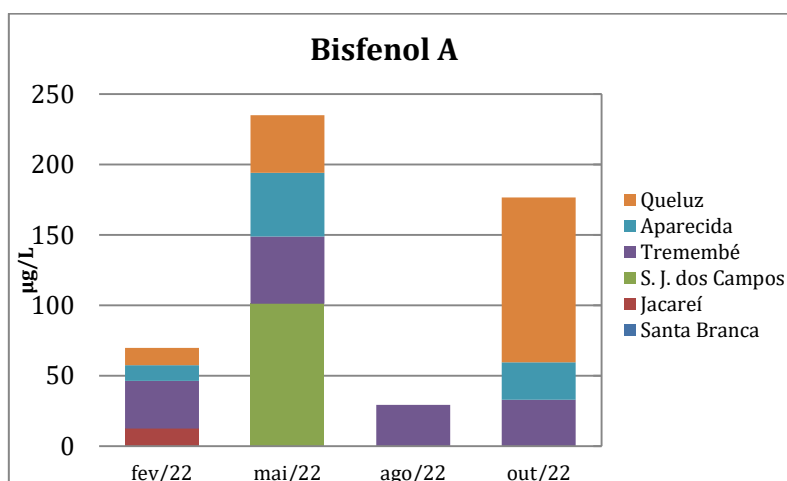
(CETESB, 2023). Estudos anteriores constataram que a atividade estrogênica pode ser correlacionada ao nitrogênio total, indicando que o ensaio detecta compostos de origem no esgoto doméstico, como hormônios naturais ou sintéticos. Comparando as concentrações de nitrogênio total e a atividade estrogênica, pode-se inferir que a maior atividade estrogênica encontrada em Tremembé se correlaciona com a maior concentração de nitrogênio no mesmo local (Fig. 4).



**Figura 4:** Concentração de nitrogênio total no trecho paulista do rio Paraíba do Sul. Fonte: (CETESB, 2023).

Dias et al. (DIAS *et al.*, 2015) avaliaram a atividade estrogênica no Rio Paraíba do Sul, no trecho do Estado do Rio de Janeiro, e segundo eles, a estrogenicidade das amostras de água do rio parece aumentar à medida que o Rio Paraíba do Sul flui pelo Estado do Rio de Janeiro. Esse comportamento também é observado nesse estudo, quanto mais próximo o rio se aproxima do Rio de Janeiro, maior é a atividade estrogênica observada.

As maiores concentrações de BPA ocorreram nas campanhas de maio e outubro (Fig. 5) e demonstram que não há influência sazonal evidente, pois em maio (outono) e agosto (inverno) são estações secas (menos de 100 mm de chuva mensalmente), e em fevereiro (verão) e outubro (primavera) são estações chuvosas (mais de 100 mm de chuva mensalmente) (CETESB, 2023).



**Figura 5:** Resultados de bisfenol A no trecho paulista do rio Paraíba do Sul nos diferentes períodos.





Czarczyńska-Goślińska et al. (2017) também não encontraram correlação entre concentrações de BPA e influência sazonal em seu estudo na Polônia, com concentração entre 5 e 95 ng L<sup>-1</sup>, resultados semelhantes aos do rio Paraíba do Sul, variando entre 11,1 e 116,9 ng L<sup>-1</sup>.

Montagner et al. (2019) avaliaram a presença de 58 contaminantes emergentes no Estado de São Paulo, entre 2006 e 2015, e segundo os autores, os níveis mais elevados de BPA foram observados em locais de amostragem influenciados por áreas industriais e densamente povoadas. Em seu estudo, Martini et al. (2021) também concluíram que regiões com maior atividade industrial apresentam concentrações consideravelmente maiores de BPA.

## CONCLUSÃO

Este estudo ressalta a questão urgente da poluição da água, concentrando-se principalmente no contaminante emergente Bisfenol A (BPA) e na presença de atividade estrogênica no rio Paraíba do Sul, São Paulo, Brasil. Foram discutidas as implicações do BPA para a saúde, agindo como um desregulador endócrino com efeitos que imitam o estrogênio, lançando luz sobre os riscos potenciais associados à sua presença em corpos de água.

O Brasil, especialmente em regiões como São Paulo, enfrenta sérios desafios na gestão da poluição da água, agravados pela infraestrutura inadequada de tratamento de esgoto e pelo aumento da urbanização. A falta de regulamentação e monitoramento específicos para desreguladores endócrinos, incluindo o BPA, na legislação brasileira agrava ainda mais o problema. O estudo quantificou as concentrações de BPA (11,1 até 116,9 ng L<sup>-1</sup>) e avaliou a atividade estrogênica (0,12 até 1,36 ng L<sup>-1</sup>) por meio do ensaio BLYES, ambos com 50% de amostras positivas.

Os resultados indicaram a presença de múltiplos compostos que contribuem para a atividade estrogênica, enfatizando a necessidade de uma abordagem holística para monitorar a qualidade da água. No que diz respeito à contaminação por BPA, é necessário continuar os estudos para rastrear as fontes de poluição. Em resumo, o estudo aborda a presença de contaminantes de preocupação emergente no Rio Paraíba do Sul, enfatizando a importância do monitoramento contínuo, medidas regulatórias e conscientização pública.

As descobertas contribuem para o conhecimento crescente dos contaminantes emergentes, incitando os tomadores de decisão e as agências ambientais a tomarem medidas proativas para salvaguardar os recursos hídricos e a saúde pública.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. **Background report on setting and governing economic instruments for water policy in Brazil.** Brazil: [s. n.], 2016.
2. APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 24th eded. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2023. 2023.
3. CEIVAP. **Dados Gerais.** [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível a: <https://www.ceivap.org.br/dados-gerais>. Acredit a: 18 ago. 2023.
4. CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relatório da qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019 [recurso eletrônico].** Sao Paulo: [s. n.], 2020.
5. CETESB, C. A. do E. de S. P. **Relatório da qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2022 [recurso eletrônico].** Sao Paulo: [s. n.], 2023. Disponível a: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>.
6. CORRÊA, J. M. M.; SANSON, A. L.; MACHADO, C. F.; AQUINO, S. F.; AFONSO, R. J. C. F. Occurrence of contaminants of emerging concern in surface waters from Paraopeba River Basin in Brazil: seasonal changes and risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], vol. 28,



- núm. 23, p. 30242-30254, 2021.
7. CZARCZYŃSKA-GOŚLIŃSKA, B.; ZGOŁA-GRZEŚKOWIAK, A.; JESZKA-SKOWRON, M.; FRANKOWSKI, R.; GRZEŚKOWIAK, T. Detection of bisphenol A, cumylphenol and parabens in surface waters of Greater Poland Voivodeship. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], vol. 204, p. 50-60, 2017.
  8. DIAS, A. C. V.; GOMES, F. W.; BILA, D. M.; SANT'ANNA, G. L.; DEZOTTI, M. Analysis of estrogenic activity in environmental waters in Rio de Janeiro state (Brazil) using the yeast estrogen screen. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], vol. 120, p. 41-47, 2015. Disponível a: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.013>.
  9. IBGE. **Panorama do Censo 2022**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível a: [https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm\\_source=ibge&utm\\_medium=home&utm\\_campaign=portal](https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal). Acessado a: 7 nov. 2023.
  10. JOSEPH, L.; BOATENG, L. K.; FLORA, J. R. V.; PARK, Y. G.; SON, A.; BADAWY, M.; YOON, Y. Removal of bisphenol A and 17 $\alpha$ -ethinyl estradiol by combined coagulation and adsorption using carbon nanomaterials and powdered activated carbon. **Separation and Purification Technology**, [s. l.], vol. 107, p. 37-47, 2013. Disponível a: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2013.01.012>.
  11. LOPES, V. S. A.; RIENTE, R. R.; DA SILVA, A. A.; TORQUILHO, D. F.; CARREIRA, R. da S.; MARQUES, M. R. da C. Development of a solid-phase extraction system modified for preconcentration of emerging contaminants in large sample volumes from rivers of the lagoon system in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], vol. 110, núm. 1, p. 572-577, 2016. Disponível a: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.059>.
  12. MADEIRA, C. L.; ACAYABA, R. D. A.; SANTOS, V. S.; VILLA, J. E. L.; JACINTO-HERNÁNDEZ, C.; AZEVEDO, J. A. T.; ELIAS, V. O.; MONTAGNER, C. C. Uncovering the impact of agricultural activities and urbanization on rivers from the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí basin in São Paulo, Brazil: A survey of pesticides, hormones, pharmaceuticals, industrial chemicals, and PFAS. **Chemosphere**, [s. l.], vol. 341, núm. September, 2023.
  13. MARTINI, G. de A.; MONTAGNER, C. C.; VIVEIROS, W.; QUINAGLIA, G. A.; FRANÇA, D. D.; MUNIN, N. C. G.; LOPES-FERREIRA, M.; ROGERO, S. O.; ROGERO, J. R. Emerging contaminant occurrence and toxic effects on zebrafish embryos to assess the adverse effects caused by mixtures of substances in the environment. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], vol. 28, núm. 16, p. 20313-20329, 2021.
  14. MONTAGNER, C. C.; SODRÉ, F. F.; ACAYABA, R. D.; VIDAL, C.; CAMPESTRINI, I.; LOCATELLI, M. A.; PESCARA, I. C.; ALBUQUERQUE, A. F.; UMBUZEIRO, G. A.; JARDIM, W. F. 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**, [s. l.], vol. 30, núm. 3, p. 614-632, 2019.
  15. OHORE, O. E.; SONGHE, Z. Endocrine disrupting effects of bisphenol A exposure and recent advances on its removal by water treatment systems. A review. **Scientific African**, [s. l.], vol. 5, 2019.
  16. RAMOS, R. L.; LEBRON, Y. A. R.; MOREIRA, V. R.; DE SOUZA SANTOS, L. V.; AMARAL, M. C. S. Phenolic compounds in surface water: methodology and occurrence in Doce River, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], vol. 193, núm. 10, 2021. Disponível a: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09420-4>.
  17. RIBEIRO, A. R.; NUNES, O. C.; PEREIRA, M. F. R.; SILVA, A. M. T. An overview on the advanced oxidation processes applied for the treatment of water pollutants defined in the recently launched Directive 2013/39/EU. **Environment International**, [s. l.], vol. 75, p. 33-51, 2015.
  18. SABINO, J. A.; DE SÁ SALOMÃO, A. L.; DE OLIVEIRA MUNIZ CUNHA, P. M.; COUTINHO, R.; MARQUES, M. Occurrence of organic micropollutants in an urbanized sub-basin and ecological risk assessment. **Ecotoxicology**, [s. l.], vol. 30, núm. 1, p. 130-141, 2021. Disponível a: <http://dx.doi.org/10.1007/s10646-020-02304-2>.
  19. SANSEVERINO, J.; GUPTA, R. K.; LAYTON, A. C.; PATTERSON, S. S.; RIPP, S. A.; SAIDAK, L.; SIMPSON, M. L.; SCHULTZ, T. W.; SAYLER, G. S. Use of *Saccharomyces cerevisiae* BLYES expressing bacterial bioluminescence for rapid, sensitive detection of estrogenic compounds. **Applied and Environmental Microbiology**, [s. l.], vol. 71, núm. 8, p. 4455-4460, 2005.





20. SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - Gestão Técnica de Água**. Brasília: [s. n.], 2022. Disponível a: [https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_GESTAO\\_TECNICA\\_DE\\_AGUA\\_AE\\_SNIS\\_2022.pdf](https://arquivos-snis.mdr.gov.br/DIAGNOSTICO_TEMATICO_GESTAO_TECNICA_DE_AGUA_AE_SNIS_2022.pdf).
21. STARLING, M. C. V. M.; AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D. Occurrence, control and fate of contaminants of emerging concern in environmental compartments in Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], vol. 372, núm. October 2017, p. 17-36, 2019. Disponível a: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.043>.
22. U.S. EPA. Method 1694: Pharmaceuticals and Personal Care Products in Water, Soil, Sediment, and Biosolids by HPLC/MS/MS December 2007. [s. l.], núm. December, p. 1-77, 2008. Disponível a: [papers3://publication/uuid/8462D238-5C90-421C-8FA0-A233B9F0720E](https://www.epa.gov/publication/uuid/8462D238-5C90-421C-8FA0-A233B9F0720E).