

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

OCORRÊNCIA DE FÁRMACOS, CAFEÍNA E NUTRIENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRANEAS NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ EM LONDRINA/PR

Luiza Teodoro Leite¹ ; Thiago Henrique da Silva¹; Marcia Cristiane Kravetz Andrade¹; Barbara Alves de Lima¹; Edson Fontes de Oliveira¹; Mauricio Moreira da Silva¹; Júlio Cesar Rodrigues de Azevedo¹

Abstract: The presence of emerging contaminants (ECs), such as pharmaceuticals and caffeine, in water bodies has become a growing concern, especially in view of the continuous exposure to low concentrations of these compounds, often outside the classic toxicity standards. This study investigated the spatial and temporal occurrence of pharmaceuticals and caffeine in surface and groundwater from the Ribeirão Cambé microbasin, in Londrina (PR), during the winter and spring seasons of 2024. Samples were collected from 13 points, including urban streams and wells (shallow and deep), with nutrient and contaminant analyses performed by colorimetric methods and liquid chromatography coupled to mass spectrometry (UHPLC-MS/MS). The results revealed significant contamination in some points of the surface water, especially P8, which exceeded the legal limits for nitrate and nitrite in the spring. Compounds such as caffeine, isoniazid, ketoprofen, diclofenac, trimethoprim and atenolol were detected, with emphasis on caffeine, present in almost all points analyzed, indicating a strong influence of domestic sewage. In groundwater, a lower concentration of ECs was observed, attributed to natural soil attenuation, although the presence of caffeine and ketoprofen in shallow wells suggests possible infiltration from anthropogenic sources. The study reinforces the need for continuous monitoring and public policies aimed at managing ECs, especially in urban areas and near potential sources of contamination, such as cemeteries and precarious sewage networks, highlighting the urgency of preventive and corrective actions to protect water resources.

Resumo: A presença de contaminantes emergentes (CEs), como fármacos e cafeína, em corpos d'água tem se tornado uma preocupação crescente, especialmente diante da exposição contínua a baixas concentrações desses compostos, frequentemente fora dos padrões clássicos de toxicidade. Este estudo investigou a ocorrência espacial e temporal de fármacos e cafeína em águas superficiais e subterrâneas da microbacia do Ribeirão Cambé, em Londrina (PR), durante as estações de inverno e primavera de 2024. Foram coletadas amostras em 13 pontos, abrangendo córregos urbanos e poços (rasos e profundos), com análises de nutrientes e contaminantes realizadas por métodos colorimétricos e cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (UHPLC-MS/MS). Os resultados revelaram contaminação significativa em alguns pontos da água superficial, especialmente o P8, que excedeu os limites legais para nitrato e nitrito na primavera. Compostos como cafeína, isoniazida, cetoprofeno, diclofenaco, trimetoprima e atenolol foram detectados, com destaque para a cafeína, presente em quase todos os pontos analisados, indicando forte influência de esgoto doméstico. Em águas subterrâneas, observou-se menor concentração de CEs, atribuída à atenuação natural do solo, embora a presença de cafeína e cetoprofeno em poços rasos sugira possível infiltração de fontes antrópicas. O estudo reforça a necessidade de monitoramento contínuo e políticas públicas

1) Afiliação: Times New Roman, 8 pt com endereço completo, fone, fax e e-mail

voltadas à gestão dos CEs, principalmente em áreas urbanas e próximas a fontes potenciais de contaminação, como cemitérios e redes de esgoto precárias, destacando a urgência de ações preventivas e corretivas na proteção dos recursos hídricos.

Palavras-Chave – Contaminação ambiental; Aquíferos; Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

Existem inúmeros fatores que levam a poluição hídrica, mas uma nova categoria de poluentes tem estado atualmente em evidência no contexto ambiental, são os contaminantes emergentes, entre eles os hormônios, fármacos, produtos de cuidados pessoais, detergentes, pesticidas e a cafeína (Kolpin et al., 2002; Fontenelle et al., 2019).

A poluição ambiental provocada por contaminantes emergentes (CEs) é um desafio global crescente, preocupando especialistas em saúde pública e meio ambiente, embora ainda subestimada pela população quanto aos riscos à saúde humana e aos ecossistemas (Bunke et al., 2019). Patel et al. (2020) consideram que a liberação contínua de CEs em corpos d'água e aquíferos tornou-se uma questão urgente, agravada pela exposição crônica a baixas concentrações, muitas vezes fora dos padrões convencionais de toxicidade (Freitas et al., 2021).

O Brasil está entre os países que mais consomem CEs, sobretudo fármacos (Aragão et al., 2020), o que contribui para sua disseminação ambiental (Marson et al., 2022). As principais fontes incluem o descarte inadequado de medicamentos, hospitais, criação animal, efluentes domésticos e industriais, além de estações de tratamento de esgoto ineficientes (Stefanakis et al., 2016). Também há mobilização por escoamento agrícola e lixiviação de solos contaminados, ameaçando aquíferos (Lee et al., 2019). Apesar da capacidade de atenuação química e biológica dos solos (Peixoto et al., 2019), estudos confirmam a presença frequente de CEs em águas subterrâneas (Lee et al., 2019; Marsala et al., 2020).

Portanto, a urbanização, industrialização e o avanço do agronegócio têm sido responsáveis por parte da degradação dos ecossistemas aquáticos (Bellon et al., 2020; Sundar et al., 2020), com relatos de efeitos tóxicos genéticos em rios associados aos CEs (Sposito et al., 2019), comprometendo a qualidade da água (Vieira et al., 2022). Dentro desse contexto, embora a preocupação esteja aumentando, há escassez de estudos sobre a presença de fármacos e cafeína em corpos d'água do Paraná. Dessa forma, este estudo investigou esses contaminantes em águas superficiais e subterrâneas da bacia do Ribeirão Cambé, no Município de Londrina (PR).

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

O Município de Londrina (PR) está localizado no norte do Estado do Paraná e possui 555.595 habitantes (IBGE, 2022), apresentando clima subtropical úmido (Cfa), temperatura média anual de 20,7°C e precipitação média anual de 1.615 mm (Tagima et al., 2005). Os solos predominantes são Latossolos Vermelhos Distroférricos, seguidos por Nitossolos e Neossolos (Tagima et al., 2005).

A área de estudo é a bacia do Ribeirão Cambé, com 76 km² (sendo 50 km² urbanos), composta pelo ribeirão e afluentes como os córregos Leme e Água Fresca. A Estação de Tratamento de Esgoto da SANEPAR do Município (ETE Sul) está localizada próximo à foz do Ribeirão Cambé, com uma vazão afluente 353,6 L/s, sendo composta por reator anaeróbio, filtro aeróbio e decantador. A geologia local é dominada pela Formação Serra Geral, com ocorrência de dois sistemas aquíferos: o

freático (superficial e poroso, altamente vulnerável à contaminação) e o fraturado da Formação Serra Geral (mais profundo e heterogêneo) (Santos, 2005).

Na bacia em estudo localizam-se dois cemitérios centrais, São Pedro e João XXIII, ambos com poços de monitoramento rasos utilizados na amostragem. Esses locais representam potenciais fontes de contaminação devido à atividade contínua de sepultamentos e à ausência de impermeabilização nas áreas de enterramento, uma vez que foram implantados antes da exigência de medidas ambientais, o que os torna suscetíveis à infiltração de necrochorume (Stipp et al., 2011).

2.2. Amostragem de dados

Amostras de água do Ribeirão Cambé foram coletadas em 13 pontos no inverno e na primavera de 2024: oito em córregos e cinco em poços (três rasos em poços de monitoramento de cemitérios com 12 m de profundidade e dois profundos em propriedades privadas com 130 m de profundidade). Foram utilizados frascos âmbar esterilizados (1 L) para a análise de emergentes e garrafas plásticas descontaminadas de (0,5 L) para coleta de nutrientes, mantidos em caixas térmicas no deslocamento até o laboratório. Para a realização das análises de nutrientes, as amostras foram filtradas com membranas Millipore de éster de celulose, 0,45 μm . Foram analisados o N-nitrito (método colorimétrico), o N-nitrato (método da redução do Cádmio), o N-amoniaco (método de fenato) e o ortofosfato (método do ácido ascórbico) (Apha, 1998).

Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem na bacia do Ribeirão Cambé com destaque para os poços de água subterrânea



2.3. Extração e cromatografia

O protocolo de Kramer (2012) foi adaptado para extração dos contaminantes emergentes (CEs). As amostras filtradas (0,45 μm) foram acidificadas (pH 3–3,5) e submetidas à extração em fase sólida (SPE) com cartuchos C18, previamente condicionados com hexano, acetona, metanol e água acidificada. Após secagem, os cartuchos foram eluídos com acetonitrila, evaporados e redissolvidos em 1 mL de água ultrapura para análise cromatográfica.

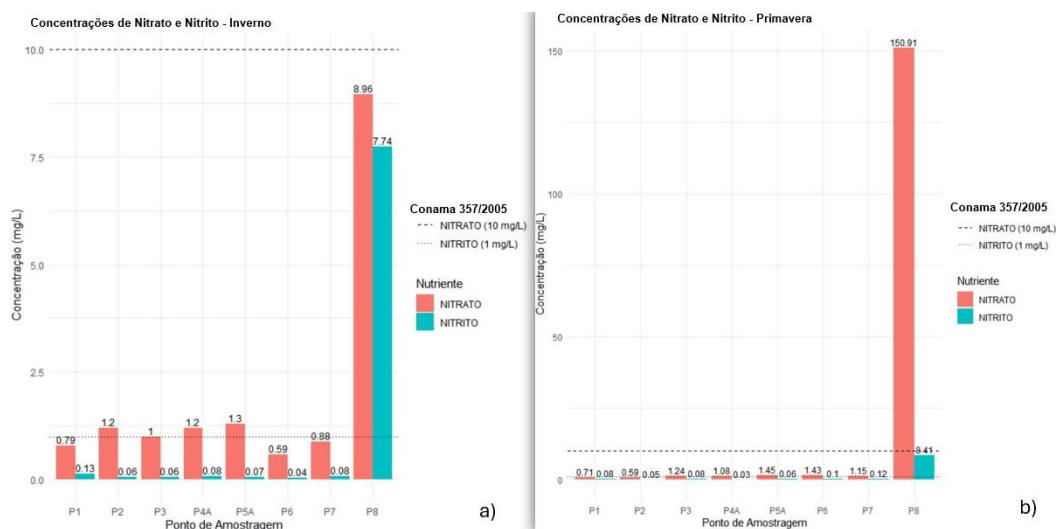
As análises foram realizadas por cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas (UHPLC-MS/MS, Shimadzu 8045), com coluna Shim-pack XR-ODS III (150 \times 2,0 mm, 2.2 μm). O método MRM foi aplicado para fármacos e hormônios, sob as seguintes condições: gás nitrogênio a 350°C, injeção de 10 μL , pressão de 35 psi e voltagem de $\pm 3000\text{V}$.

3. RESULTADOS

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados obtidos em relação às concentrações de nutrientes como nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, ortofosfato e carbono orgânico dissolvido (COD) nos diferentes pontos de amostragem ao longo do corpo hídrico, durante as duas estações analisadas (inverno e primavera).

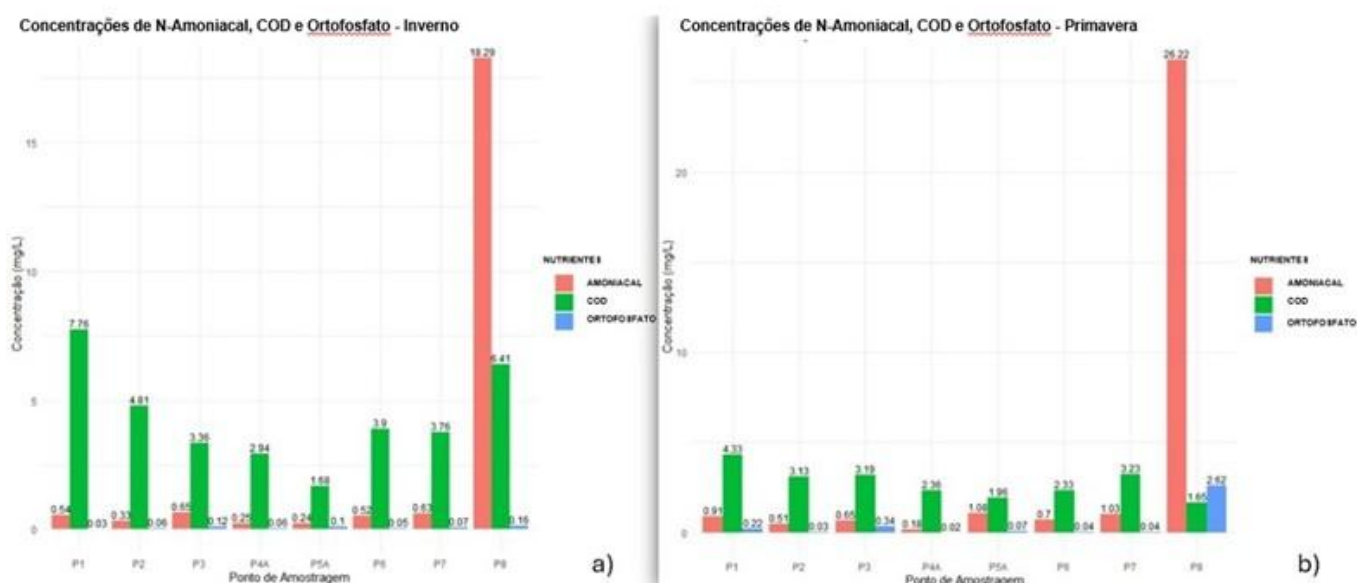
Nos pontos P1 a P7, os valores de nitrato e nitrito permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 1 (10 mg/L para nitrato e 1 mg/L para nitrito), em ambas as estações. Já no ponto P8, classificado como classe 2, observou-se uma alteração significativa da qualidade da água na primavera, com concentração de nitrato (150,91 mg/L) mais de 15 vezes superior ao limite permitido (10 mg/L), bem como do nitrito (1,41 mg/L) também acima do valor legal (1 mg/L). No inverno, os valores no P8 estavam elevados, porém ainda dentro dos limites estabelecidos (8,96 mg/L para nitrato e 0,98 mg/L para nitrito). Esses dados indicam possível contaminação pontual, associada ao lançamento de efluentes domésticos ou industriais, especialmente na primavera. Há a possibilidade desses resultados serem influenciados pelo efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto da Empresa de Saneamento do Paraná, pois o P8 está localizado imediatamente a jusante do ponto de descarte da ETE.

Figura 2 – Concentrações de Nitrato e Nitrito para águas superficiais



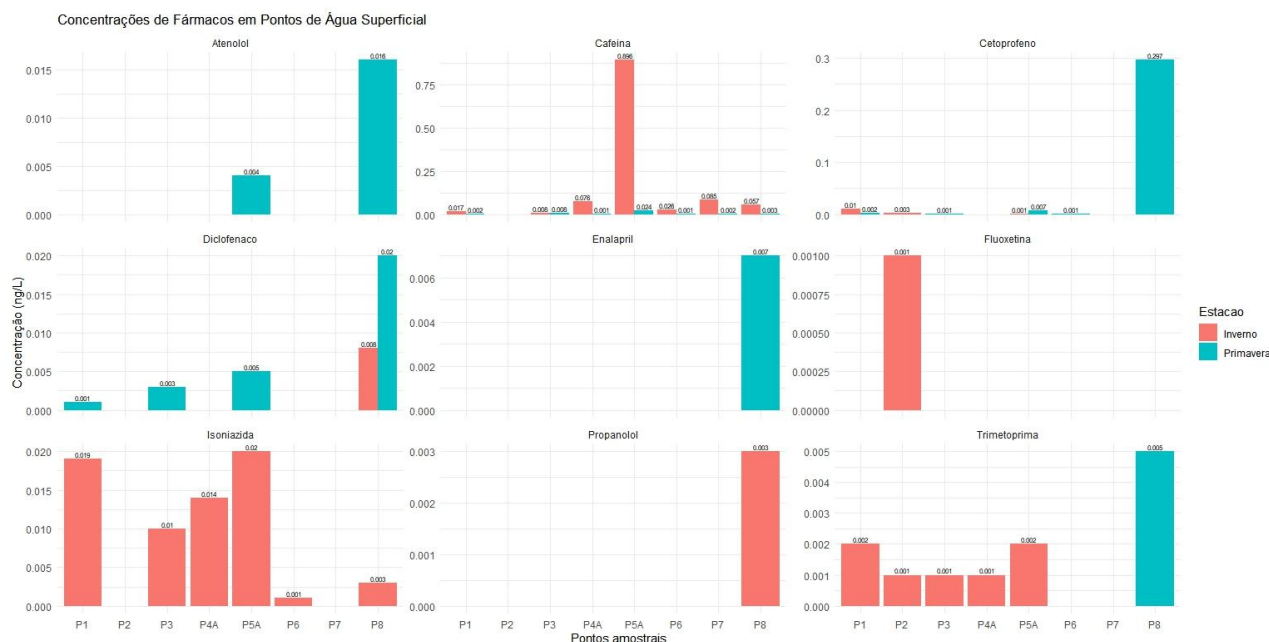
Quanto ao COD, nitrogênio amoniacal e ortofosfato, observou-se variação sazonal e espacial. O ponto P8 foi o mais impactado, apresentando altas concentrações de nitrogênio amoniacal em ambas as estações (18,29 mg/L no inverno e 26,22 mg/L na primavera), além dos maiores valores de COD (5,41 mg/L no inverno) e ortofosfato (2,62 mg/L na primavera), indicando intensa carga poluidora. O ponto P1 apresentou redução no COD entre as estações (de 7,76 mg/L no inverno para 4,33 mg/L na primavera), possivelmente devido ao aumento da diluição hídrica em razão do aumento da precipitação pluviométrica média observada na região. Na primavera, observou-se elevação do nitrogênio amoniacal em diversos pontos, como no P7 (de 0,07 para 1,65 mg/L), provavelmente em razão do aumento da temperatura fator que tendem a intensificar a decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, o COD variou mais no inverno, o que pode estar relacionado ao acúmulo de matéria orgânica em períodos de menor precipitação, especialmente naqueles mais próximo à cabeceira e à foz do Ribeirão. A queda de COD nos pontos associados à cadeia de reservatórios do Igapó (P4 e P5), pode estar relacionada à tendência natural desses ambientes de maior deposição da matéria orgânica no sedimento, por efeito do barramento.

Figura 3 – Concentrações de Nitrogênio amoniacal, COD e Ortofosfato em águas superficiais



Na Figura 4 demonstra as concentrações de nove compostos, incluindo fármacos e cafeína, em diferentes pontos (P1 a P8) nas estações de inverno e primavera. Esses compostos, frequentemente associados ao consumo humano e à eliminação de esgoto doméstico ou hospitalar sem tratamento adequado, são considerados poluentes emergentes devido à sua persistência e efeitos potenciais no ambiente aquático.

Figura 4 – Concentrações de Fármacos e Cafeína em águas superficiais



O atenolol, um beta-bloqueador, foi detectado apenas no P5A (0,004 ng/L) no inverno e no P8 (0,016 ng/L) na primavera, sugerindo aumento no uso ou mudanças no descarte sazonal. A cafeína, indicador conhecido de contaminação por esgoto doméstico, teve sua maior concentração em P5A no inverno (0,896 ng/L), estando presente em vários pontos. O cetoprofeno (anti-inflamatório não esteroide - AINE) foi identificado em diversos locais, com destaque para P8 na primavera (0,297 ng/L) e P1 no inverno (0,01 ng/L). O diclofenaco, outro AINE, foi detectado em P1, P3, P5A e P8, com maiores concentrações no inverno (até 0,02 ng/L).

Os AINEs, como cetoprofeno e diclofenaco, são amplamente utilizados para o tratamento de inflamações, dores e doenças reumáticas (Elshikh et al., 2022; Mohd et al., 2022; Musa et al., 2007). Estudos apontam baixa eficiência de remoção desses compostos nas estações de tratamento de esgoto, resultando em sua liberação no ambiente aquático e potencial bioacumulação em organismos (Broseus et al., 2009).

O enalapril, um anti-hipertensivo, foi identificado apenas na primavera em P8 (0,007 ng/L). A fluoxetina, antidepressivo ISRS, apareceu somente no inverno, em P2 (0,001 ng/L). A isoniazida (INH), antibiótico para tuberculose, foi amplamente detectada no inverno em P1, P3, P4, P5A, P6 e P8, com destaque para P5A (0,02 ng/L). Seu uso crescente e elevada taxa de excreção inalterada pelo organismo (75%) contribuem para sua presença nos corpos hídricos (Alshaikheid et al., 2020), representando risco à saúde pública, como toxicidade hepática (Guelfi et al., 2019). Portanto, é essencial tratar águas residuais contaminadas com ISN (Coronado-Castaneda et al., 2020).

O propranolol, também beta-bloqueador, foi identificado exclusivamente em P8 no inverno (0,003 ng/L). Já a trimetoprima, antibiótico comum no tratamento de infecções urinárias, foi detectada principalmente no inverno em pontos como P1, P2, P3, P4A e P5A (até 0,002 ng/L) e na primavera em P8 (0,005 ng/L).

A Figura 5 apresenta as concentrações de cafeína, cetoprofeno e isoniazida em diferentes pontos de amostragem de águas subterrâneas (P1SC a P5SP), durante as estações de inverno e primavera. De maneira geral, observou-se uma presença substancialmente menor de contaminantes emergentes

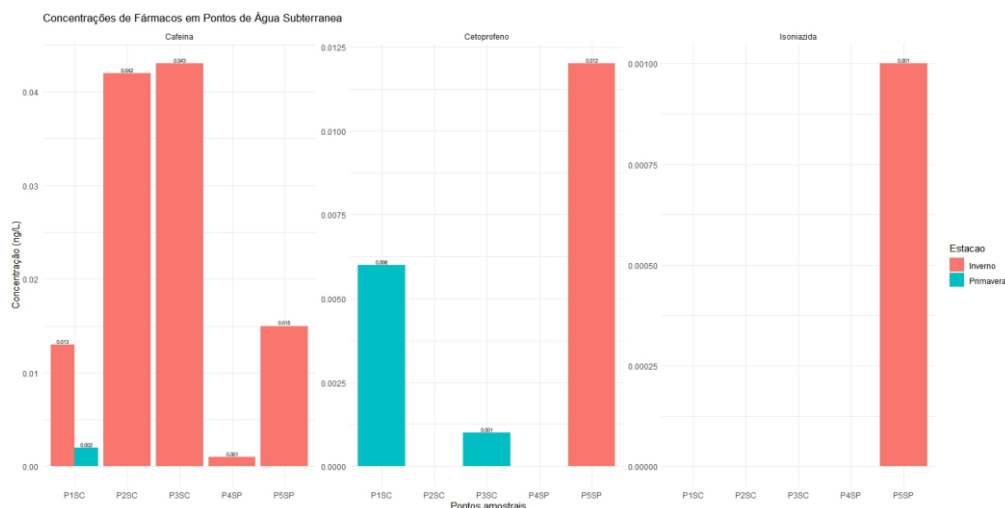
(CEs) em águas subterrâneas quando comparada às águas superficiais. Esse padrão pode ser atribuído, principalmente, aos processos naturais de atenuação promovidos pelo solo, como a filtração, adsorção e degradação biológica, bem como à menor influência direta de lançamentos pontuais de esgotos e efluentes hospitalares nesse compartimento ambiental. A permeabilidade do solo e a profundidade do lençol freático também atuam como barreiras físicas e biogeoquímicas, limitando a percolação de compostos orgânicos persistentes.

Apesar dessas barreiras naturais, a presença de cafeína em diversos pontos — com destaque para as elevadas concentrações observadas em P2SC (0,042 ng/L), P3SC (0,043 ng/L) e P5SP (0,015 ng/L) durante o inverno, sugerem possível infiltração de esgoto doméstico não tratado ou parcialmente tratado. A cafeína é amplamente utilizada como marcador de contaminação por esgoto doméstico devido à sua ubiquidade em produtos de consumo humano e à sua persistência relativa no ambiente. A detecção em águas subterrâneas pode estar relacionada à presença de fossas sépticas mal projetadas e com problemas de manutenção, vazamentos em sistemas de esgotamento sanitário ou recarga direta do aquífero em áreas urbanizadas.

O cetoprofeno, um anti-inflamatório não esteroide (AINE), foi detectado em concentrações moderadas nos pontos P1SC (0,006 ng/L, primavera), P3SC (0,001 ng/L, primavera) e P5SP (0,012 ng/L, inverno). A presença desse fármaco pode indicar a influência de fontes antrópicas associadas ao descarte inadequado de medicamentos, descarte indevido de resíduos sólidos urbanos ou escoamento de águas residuais contendo fármacos parcialmente degradados. A isoniazida, antibiótico amplamente utilizado no tratamento da tuberculose, foi identificada apenas em P5SP (0,001 ng/L, inverno). Sua presença pontual pode estar relacionada à proximidade de unidades de saúde ou à deposição de efluentes hospitalares que, por sua natureza, apresentam carga mais específica de compostos farmacêuticos.

A ocorrência esporádica e em baixas concentrações desses compostos nas águas subterrâneas reforça a eficácia natural dos solos como sistemas de contenção, mas também evidencia que esses ambientes não estão completamente protegidos contra a influência antrópica. A detecção de cafeína e fármacos sinaliza a importância de políticas públicas voltadas à gestão do uso do solo, à proteção das áreas de recarga de aquíferos e à melhoria na infraestrutura de saneamento básico, especialmente em áreas urbanas.

Figura 5 – Concentrações de Fármacos e Cafeína em águas subterrâneas



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a presença de contaminantes emergentes, especialmente fármacos e cafeína, nas águas superficiais e subterrâneas da microbacia do Ribeirão Cambé, em Londrina (PR), com variações sazonais e espaciais significativas. As concentrações elevadas de nutrientes e contaminantes, particularmente no ponto P8, sugerem forte influência antrópica, com destaque para o lançamento de efluentes domésticos e industriais, refletindo a pressão urbana sobre os corpos hídricos locais.

A detecção de compostos como atenolol, cetoprofeno, diclofenaco, fluoxetina, enalapril, isoniazida, trimetoprima e cafeína reforça a preocupação quanto à contaminação química difusa e à limitada capacidade das estações de tratamento de esgoto em remover completamente esses poluentes. A presença desses compostos, mesmo em baixas concentrações, aponta para potenciais riscos ecotoxicológicos e à saúde humana, especialmente considerando a exposição crônica.

Nas águas subterrâneas, embora as concentrações tenham sido menores, a detecção de cafeína e fármacos como cetoprofeno e isoniazida em diferentes pontos revela vulnerabilidades nos sistemas aquíferos, especialmente o freático, e reforça a necessidade de monitoramento contínuo e ações preventivas. A proximidade de cemitérios, a urbanização desordenada ou mesmo a ausência de revisão contínua do planejamento urbano, além de falhas na coleta de efluentes residuários podem contribuir para a percolação de contaminantes.

Dessa forma, os resultados deste trabalho demonstram a urgência em aprimorar políticas públicas voltadas ao monitoramento e controle de contaminantes emergentes, com foco na melhoria da infraestrutura de saneamento básico, na regulação do descarte de fármacos e na promoção de práticas agrícolas e urbanas mais sustentáveis. Além disso, destaca-se a importância da ampliação dos estudos regionais sobre a ocorrência e os impactos desses poluentes, visando uma gestão integrada e eficiente dos recursos hídricos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES- DS) – Processo nº 88887.801311/2023- 00. Gostaríamos ainda de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa de Bolsa-Sênior da Fundação Araucária e do Programa de Permanência de Docentes e Pesquisadores Sêniores da UTFPR.

REFERÊNCIAS

Alshaiked, M., Chaabane, A., Bem Fredj, N., Bem Brahim, H., bem Fadhel, N., Chadli, Z., Slama, A., Boughattas, N.A., Chakroun, M., Aouam, K., (2020). Limited sampling strategy for predicting isoniazid exposure in patients with extrap- ulmonary tuberculosis. Clin. Pharmacol, Ther. 45, 503-512.

APHA- American Public Health Association (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20 ed., Washington. D.C.

Aragão, RBA, Semensatto, D., Calixto, LA, & Labuto, G.,(2020). Mercado farmacêutico, políticas públicas ambientais e qualidade da água: o caso da Região Metropolitana de São Paulo,

Brasil. Cad. Saúde Pública 36(11), e00192319. PMid:33237204. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00192319>.

Bellón, B., Blanco, J., De Vos, A., Roque, FO, Pays, O., & Renaud, PC, (2020). Análise integrada de mudanças na paisagem de áreas protegidas e suas paisagens circundantes: aplicação no Cerrado brasileiro. *Remote Sens.* 12(1413), 2-36. Doi: <http://dx.doi.org/10.3390/rs12091413>.

Broseus, S. Vincent, K. Aboulfadl, A. Daneshvar, S. Sauve, B. Barbeau (2009). Ozone oxidation of pharmaceuticals, endocrine disruptors and pesticides during drinking water treatment. *Water Res.*, 43 (18) (2009), pp. 4707-4717.

Bunke, D., Moritz, S., Brack, W., Herráez, DL, Posthuma, L., & Nuss, M., (2019). Desenvolvimentos na sociedade e implicações para poluentes emergentes no ambiente aquático. *Environ. Sci. Eur.* 31(32), 1-17.

Coronado – Castaneda, R.R.S., Maya-Trevino, M.L., Garza – Gonzalez, E., Peral, J., Villanueva – Rodriguez, M., Henandez-Ramirez, A. (2020). Photocatalytic degradation and toxicity reduction of isoniazid using beta – Bi₂O₃ in real wastewater. *Catal, Today*, 341, 82-89.

Elshikh, D.S. Hussein, F.S. Al-Khattaf, R.A. Rasheed El-Naggar, K.S Almaary. (2022). Diclofenac removal from the wastewater using activated sludge and analysis of multidrug resistant bacteria from the sludge. *Environ. Res.*, 208 (2022), Article 112723.

Freitas, LAA, & Radis-Baptista, G., (2021). Poluição farmacêutica e descarte de medicamentos vencidos, não utilizados e indesejados no contexto brasileiro. *J. Xenobiota.* 11(2), 61-76. PMid:34069823. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jox11020005>.

Guelf, D.R.V., Gozzi, f., Sires, I., Brillas, E. Machulek, A., de Oliveira, S.c., (2019). Antituberculosis drug isoniazid degraded by electro – fenton and photoelectro – Fenton processes using a boron- doped Diamond anode and a carbon PTFE air diffusion cathode. *Environ, Sci, Pollut. Res.* 26, 4415-4425.

IBGE (2022). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/londrina.html>.

Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E. M., Zaugg, S.D., Barber, L.B., Buxton, H.T. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999– 2000: A national reconnaissance. *Environmental science & technology*, 36, 1202-1211.

Kramer, Rafael D. (2012) Bacia hidrográfica do Alto Iguaçu: caracterização física e química e determinação de diclofenaco, ibuprofeno e paracetamol. 2012. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba.

Lee, H. J., Kim, K. Y., Hamm, S. Y., Kim, M., Kim, H. K., Oh, J. E., (2019). Occurrence and distribution of pharmaceutical and personal care products, artificial sweeteners, and pesticides in groundwater from an agricultural area in Korea. *Sci. Total Environ.* 659, 168-176.

Marsala, R. Z., Capri, E., Russo, E., Bisagni, M., Colla, R., Lucini, L., Suciú, N.A., (2020). First evaluation of pesticides occurrence in groundwater of Tidone Valley, an area with intensive viticulture. *Sci. Total Environ.* 736, 139730.

Marson, EO, Paniagua, CES, Gomes Júnior, O., Gonçalves, BR, Silva, VM, Ricardo, IAVM, Starling, MC, Amorim, CC, & Trovó, AG, (2022). Uma revisão sobre contaminantes de interesse emergente no Brasil: Ocorrência, impacto e sua degradação por processos de oxidação avançada em matrizes aquáticas. *Sci. Total Environ.* 836, 155605. PMid:35504382. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155605>.

Mohd, W.H.M. Wan M, T.S.B. Abd M, N.A. Bachi, N.A. Abdullah, H.H. Abd Hamid, et al. (2022). The occurrence of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in Malaysian urban domestic wastewater *Chemosphere*, 287 (2) (2022), Article 132134.

Musa, J.M. Matxain, L.A. Eriksson (2007). Mechanism of photoinduced decomposition of ketoprofen. *J. Med. Chem.*, 50 (8) (2007), pp.1735-1743.

Patel, N., Khan, MDZA, Shahane, S., Rai, D., Chauhan, D., Kant, C., & Chaudhary, VK, (2020). Poluentes emergentes em ambientes aquáticos: fonte, efeito e desafios em biomonitoramento e biorremediação: uma revisão. *Poluição* 6(1), 99-113.

Peixoto, F. S.; CAVALCANTE, I. N. Vulnerabilidade aquífera e risco de contaminação da água subterrânea em meio urbano (2019). *Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo*, v. 19, n. 2, p. 29-40. 2019. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v19-142384.

Santos, M. M. Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do Aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR). Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005. 130p.

Sposito, J.C.V., Montagner, CC, Casado, M., Navarro-Martín, L., Jut Solórzano, J.C., Piña, B., & Grisolia, A.B., (2018). Contaminantes emergentes em rios brasileiros: ocorrência e efeitos na expressão gênica em embriões de peixe-zebra (*Danio rerio*). *Quimoscera* 209, 696-704. PMID:29960196. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.046>.

Stipp, M. E. F.; Arfelli - Silva, M.; Bertachi, M. H. (2011). Caracterização de impactos ambientais causados por cemitérios em cidades de médio porte: Estudo de caso do cemitério São Pedro na cidade de Londrina-PR. *Revista Geografia e Pesquisa*. v. 5. n. 2. 99-118 p. Ourinhos.

Stefanakis, AI, & Becker, JA, (2016). Uma revisão de contaminantes emergentes na água: classificação, fontes e riscos potenciais. Em: McKeown, AE & Bugyi, G., orgs. *Impacto da poluição da água na saúde humana e na sustentabilidade ambiental*. Hershey: IGI Global, 55-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-9559-7.ch003>.

Sundar, S., Heino, J., Roque, FO, Simaika, JP, Melo, AS, Tonkin, JD, Nogueira, DG, & Silva, DP, (2020). *Água. Conservar*. 30(6), 1-1. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.3326>.

Tagima, N.; Terabe, N. I. Minibacia do Riacho Cambé. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2005.

Vieira, LR, Soares, AMVM, & Freitas, R., (2022). Cafeína como contaminante preocupante: uma revisão sobre concentrações e impactos em sistemas costeiros marinhos. *Chemosphere* 286 (Pt. 2), 131675. PMID:34358890. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131675>.