I-929 – OCORRÊNCIA DE FÁRMACOS E DESREGULADORES ENDÓCRINOS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

Mariana Corrêa Pessato Alves[(1)]
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (ProAmb/UFOP). Doutoranda em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (ProAmb/UFOP).
Andressa Rezende Pereira[(2)]
Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (ProAmb/UFOP). Doutora em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (ProAmb/UFOP). Pesquisadora no Laboratório de Química Tecnológica Ambiental.
Ananda Lima Sanson[(3)]
Farmacêutica generalista pela Universidade Alfenas. Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (ProAmb/UFOP). Doutora em Biotecnologia pelo Programa de Pós-graduação em Biotecnologia do Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas (NUPEB/UFOP). Técnica de nível superior no Laboratório de Caracterização Molecular e Espectrometria de Massas da UFOP.
Sérgio Francisco de Aquino[(4)]
Químico pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia Química pela Imperial College of Science Technology and Medicine (Imperial College London). Professor titular do Departamento de Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Endereço[(1)]**:** Laboratório de Química Tecnológica e Ambiental, Rua Onze, s/n – Campus Morro do Cruzeiro – Ouro Preto - MG - CEP: 35400-000 - Brasil - Tel: (34) 98849-0522 - e-mail: mariana.alves@aluno.ufop.edu.br

RESUMO

Esse estudo avalia a ocorrência de 24 compostos, entre fármacos e desreguladores endócrinos, em 13 mananciais localizados em todas as regiões do país. Os compostos avaliados foram 4-nonilfenol - 4NP, 4-octilfenol - 4OP, bisfenol A - BPA, 17α-etinilestradiol - EE2, 17β-estradiol - E2, estrona - E1, estriol - E3, diclofenaco sódico - DCF, diltiazem - DTZ e bezafibrato – BZF, genfibrozila - GEN, paracetamol - PCT, cafeína - CAF, ibuprofeno - IBU, naproxeno – NPX, metformina – MET, propranolol - PNL, losartan - LST e loratadina - LRT, aciclovir - ACV, prometazina - PTZ e linezolida - LNZ, dexametasona – DXM e sulfametoxazol – SMX. As amostragens foram realizadas uma vez por mês na entrada de 13 estações de tratamento de água, por um período de 10 a 13 meses. O desregulador endócrino BPA foi o composto mais frequentemente encontrado (79%) nas amostras de água, seguido pelo antilérgico LRT (72%). Os compostos BPA e LRT ocorreram em concentração mediana de, respectivamente, 27,7 µg/L e 15,6 µg/L. A análise dos dados por meio da Análise de Componente Principal (PCA) permitiu a avaliar a relação entre as concentrações dos compostos com o tipo de manancial, lêntico ou lótico, em que foram coletadas como também com o período, seco ou chuvoso. Foram observados dois *clusters* de amostras, um composto por amostras de ambiente lótico, coletadas no período seco com altas concentrações de E1 e E2. O outro *cluster*, mais heterogêneo, teve suas amostras coletadas principalmente em ambiente lêntico, em período chuvoso. Nesse caso altas concentrações de LST, 4OP, ACV, GEN e 4NP estão nesse grupo de amostras. Os hormônios E1 e E2 ocorreram em mananciais lênticos e lóticos com concentrações medianas de, respectivamente, 15,0 e 13,3 µg/L e 1,1 e 17,6 µg/L, com uma frequência de 65,6 e 92,9% para E1 e E2, respectivamente, em mananciais lóticos.

PALAVRAS-CHAVE: Microcontaminantes, fármacos, desreguladores endócrinos, qualidade de água.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água para abastecimento é de suma importância tanto no âmbito da saúde pública quanto por interesse econômico, político e ambiental. Ressalta-se que os mananciais de abastecimento, sejam estes superficiais ou subterrâneos, podem ser impactados pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais,

além de serem passíveis de contaminação por poluentes presentes em lixiviados de aterros não controlados, lixões e campos agrícolas (Di Bernardo; Dantas, 2005; Filizola *et al.*, 2002; Resende, 2002).

Fármacos e desreguladores endócrinos (DE) são poluentes potencialmente oriundos de tais fontes que têm sido encontrados em diversos ambientes aquáticos, em concentrações da ordem de nanograma ou micrograma por litro, sendo por isso conhecidos como microcontaminantes. O monitoramento de microcontaminantes, sobretudo em matrizes ambientais que são sabidamente complexas, como resíduos e efluentes, continua sendo um desafio, principalmente em países em desenvolvimento.

No contexto nacional, o monitoramento de fármacos e DE é incipiente, sendo a maioria dos trabalhos publicados resultado do monitoramento realizado em estados do Sudeste. Além disso, os trabalhos disponíveis não fazem relação a padrões de ocorrência, tais como condição climática (período seco e chuvoso) e tipo de manancial (lêntico ou lótico). A análise de dados por meio da Análise de Componente Principal (*Principal Component Analysis* - PCA) pode auxiliar na avaliação desta dinâmica, pois simplifica a visualização dos dados, evidenciando similaridades e diferenças entre estes.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a ocorrência de fármacos e desreguladores endócrinos em mananciais de abastecimento de água no Brasil, bem como utilizar a ferramenta da Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis* - PCA), buscando investigar a influência da sazonalidade e do tipo de manancial na concentração das substâncias quantificadas na água bruta.

METODOLOGIA

Este trabalho envolveu o estudo de treze mananciais de abastecimento de água situados nas cinco regiões do Brasil, mais especificamente nas regiões metropolitanas de Belém (PA), Belo Horizonte (MG), Goiânia (GO), Londrina (PR) e Natal (RN). Em cada campanha mensal, foi coletada uma amostra de água bruta (AB) na entrada das ETAs correspondentes a cada manancial, conforme Tabela 1. Mais detalhes sobre os mananciais, bem como os dados brutos dos microcontaminantes podem ser obtidos nos seguintes trabalhos publicados no âmbito do projeto Funasa "Avaliação da presença de fármacos e desreguladores endócrinos em águas para consumo humano e mananciais de abastecimento" que abrange a pesquisa: Alves *et al.*, 2022; Arruda, 2021; Fazolo *et al.*, 2021; Souza et al., 2021; Teixeira *et al.*, 2021. As amostras foram coletadas em frascos âmbar (1 L) contendo 10 mL de metanol e refrigeradas até o momento da análise.

Tabela 1 - Informações dos mananciais de abastecimento monitorados neste estudo, conforme Aquino (2020).

MANANCIAIS	REGIÃO DE LOCALIZAÇÃO	TIPO DE MANANCIAL	QUANTIDADE DE CAMPANHAS	CAMPANHAS PERÍODO SECO	CAMPANHAS PERÍODO CHUVOSO
1	Sudeste	Lótico	12	7	5
2	Sudeste	Lótico	12	7	5
3	Sudeste	Lêntico	10	5	5
4	Sudeste	Lótico	10	5	5
5	Sudeste	Lêntico	10	5	5
6	Sudeste	Lótico	10	5	5
7	Sudeste	Lêntico	10	5	5
8	Sudeste	Lêntico	10	5	5
9	Centro-oeste	Lótico	12	6	6
10	Norte	Lêntico	12	6	6
11	Nordeste	Lêntico	12	6	6
12	Nordeste	Lêntico	12	6	6
13	Sul	Lótico	13	6	7

No presente trabalho, foram monitorados os seguintes fármacos e DE: 4-nonilfenol - 4NP, 4-octilfenol - 4OP, bisfenol A - BPA, 17α-etinilestradiol - EE2, 17β-estradiol - E2, estrona - E1, estriol - E3, diclofenaco sódico - DCF, diltiazem - DTZ e bezafibrato – BZF, genfibrozila - GEN, paracetamol - PCT, cafeína - CAF,

ibuprofeno - IBU, naproxeno – NPX, metformina – MET, propranolol - PNL, losartan - LST e loratadina - LRT, aciclovir - ACV, prometazina - PTZ e linezolida - LNZ, dexametasona – DXM e sulfametoxazol – SMX.

Preparo e análises das amostras

As amostras foram filtradas à vácuo, com filtros faixa branca (25 µm) e azul (8 µm) (ambos J. Prolab, Brasil), e de fibra de vidro - 1,2 µm (Macharey Nagel, Alemanha). Para o ajuste do pH (2,0 ± 0,2), foi utilizada solução de HCl (50 % v/v), além da adição de 500 mg L^{-1} de EDTA, para quelação de metais.

Posteriormente, foi realizada extração em fase sólida com cartuchos Strata X 500 mg/6 mL (Phenomenex, EUA) em um sistema de extração com pressão positiva de nitrogênio (Sanson *et al.* (2014); Corrêa *et al.* (2021)). A eluição dos cartuchos foi realizada com acetato de etila (9 mL); os mesmos foram secos sob fluxo de nitrogênio gasoso e ressuspendidos com 500 µL de metanol. Os extratos das amostras foram divididos para serem analisados por cromatografia gasosa e líquida acoplada à espectrometria de massas (GC-MS e LC-MS/MS). O GC-MS foi utilizado para análise de 4NP, 4OP, BPA, EE2, E2, E1, E3, GEN, PCT e IBU, nas amostras derivatizadas. Já o LC-MS/MS foi utilizado para a quantificação de MET, ACV, CAF, LNZ, PNL, DTZ, PTZ, LST, BZF, DCF, DXM, LRT, SMX e NPX. Informações do procedimento de derivatização para análise em GC-MS, desenvolvimento das curvas analíticas, validação e condições gerais dos métodos (GC-MS e LC-MS/MS), incluindo correção do efeito matriz estão disponíveis em Alves *et al.* (2022).

O *software* Minitab® foi utilizado para a análise multivariada dos dados por meio da ferramenta *PCA – Principal Component Analysis*.

RESULTADOS OBTIDOS

Considerando todos os mananciais monitorados e todas as campanhas amostrais realizadas, foram coletadas 145 amostras. Dos 24 analitos quantificados, apenas o estimulante CAF não foi quantificada em nenhuma amostra. Os fármacos PTZ e DCF foram quantificados apenas 1 vez, enquanto EE2 e DTZ tiveram 2 quantificações cada um. O hormônio E3 e os fármacos MET, BZF, PNL, LNZ e SMX foram quantificados 3, 6, 7, 9 e 10 vezes (os dois últimos), respectivamente. Todos os outros analitos foram quantificados mais de 10 vezes, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Número de amostras em que a concentração do analito no manancial foi superior ao limite de quantificação do método de análise e os limites de detecção e quantificação do método.

ANALITO	Nº DE QUANTIFICAÇÕES	LIMITE DE DETECÇÃO LD (µg/L)	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO LQ (µg/L)
BPA – bisfenol-A	115	0,03	0,11
LRT – loratadina	105	1,90	6,30
LST – losartana	78	1,00	3,30
4OP – 4 octilfenol	69	0,20	0,50
DXM – dexametasona	45	2,90	9,50
GEN – genfibrozil	42	0,30	0,90
E1 – estrona	32	0,07	0,23
NPX – naproxeno	32	37,50	125,00
IBU – ibuprofeno	27	0,28	0,94
4NP – 4 nonilfenol	27	0,10	0,34
ACV – aciclovir	22	0,90	3,20
PCT – paracetamol	18	0,20	0,66
E2 – estradiol	14	0,25	0,83

As concentrações dos microcontaminantes nos treze mananciais investigados variaram de 0,03 µg/L para o BPA a 18098 µg/L para o NPX. Os analitos mais recorrentes foram BPA e LRT, sendo encontrados em todas os mananciais estudados quantificados em 79% e 72% das amostras, respectivamente. Outros analitos, GEN,

LST e 4OP, também foram quantificados em todos os mananciais, portanto em todas as regiões. Por sua vez, DXM foi quantificada 45 vezes apenas em mananciais das regiões sul e sudeste.

Previamente à elaboração da PCA a frequência dos analitos acima do limite de quantificação foi avaliada, sendo alguns não inclusos na PCA por terem recorrência menor ou igual à 10 em um total de 145 amostragens. Os referidos analitos são BZF, CAF, DCF, DTZ, EE2, E3, LNZ, MET, PNL, PTZ e SMX. Para que a PCA fosse possível, os dados censurados, ou seja, os valores de concentração de analito que foram inferiores aos limites de quantificação e detecção foram devidamente estimados. Para concentrações abaixo do limite de detecção, o valor foi estimado como sendo a metade do limite de detecção (LD/2), enquanto que as concentrações menores que o limite de quantificação, foram estimadas como sendo a metade da soma dos limites de detecção e quantificação [(LD+LQ)/2]. Para melhor interpretação dos resultados, a PCA foi elaborada de duas formas: na primeira, os resultados foram analisados em relação ao tipo de manancial - lêntico e lótico – e, na segunda, em relação aos períodos de amostragem - tempo seco e chuvoso.

O gráfico de *scores* das amostras classificadas entre lêntico e lótico (Figura 1) possibilita observar a distribuição espacial bidimensional das amostras, enquanto o gráfico de pesos (Figura 1) permite observar a distribuição das variáveis que possuem maior efeito sobre cada uma das componentes – a influência é tanto maior quanto maior for a distância desta ao ponto zero (LLC, 2020). Na Figura 2 os dados foram selecionados de acordo com o período de amostragem, seco ou chuvoso. A classificação dos dados se deu pela classificação de seca e chuva de cada região de acordo com a relação feita em Aquino (2020), estação chuvosa acima de 200 mm de chuva para a região Norte e acima de 60 mm de chuva para as demais regiões.

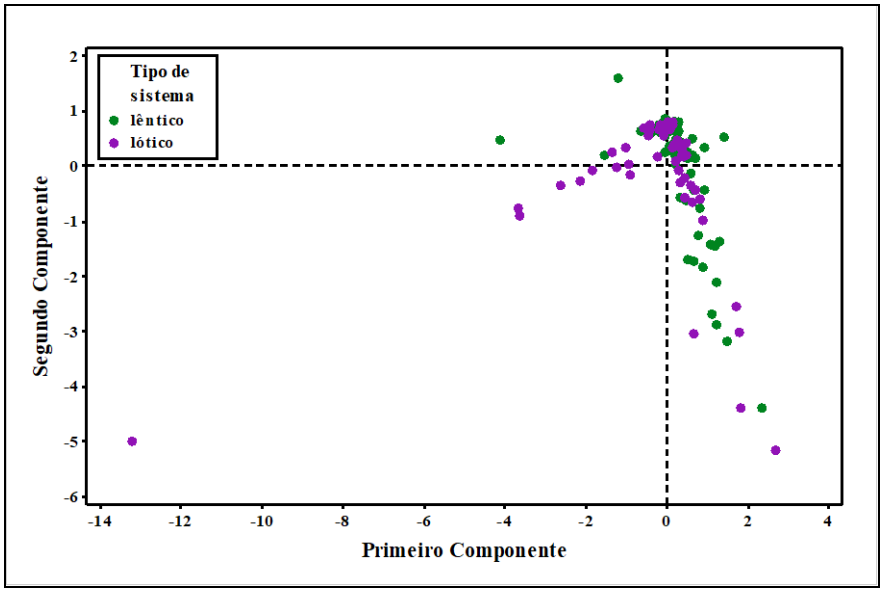

Figura 1: Gráfico de *scores* da análise de PCA com as amostras gerais de água bruta classificadas entre mananciais lênticos e lóticos.

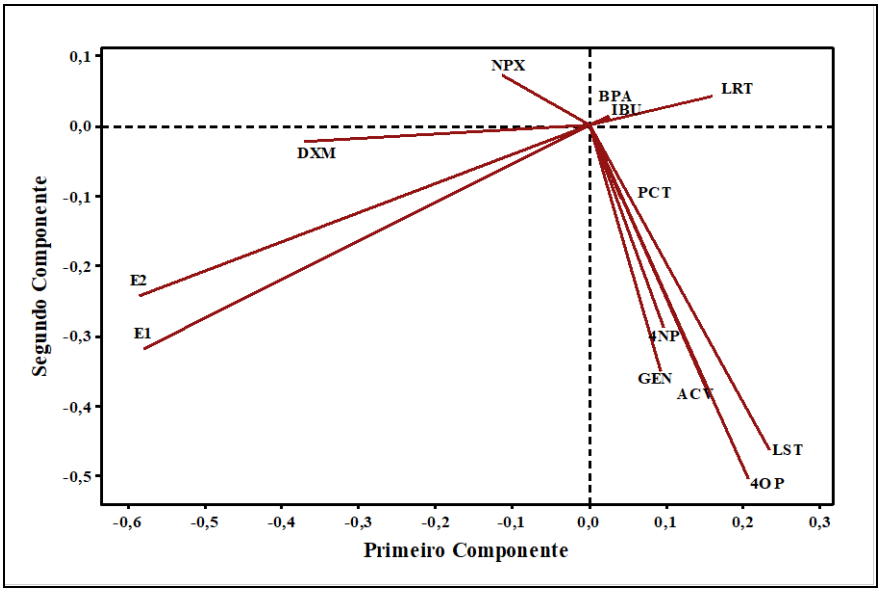

Figura 2: Gráfico de pesos da análise de PCA com as amostras gerais de água bruta classificadas tanto nos mananciais lênticos e lóticos quanto nos períodos de seca e chuva.

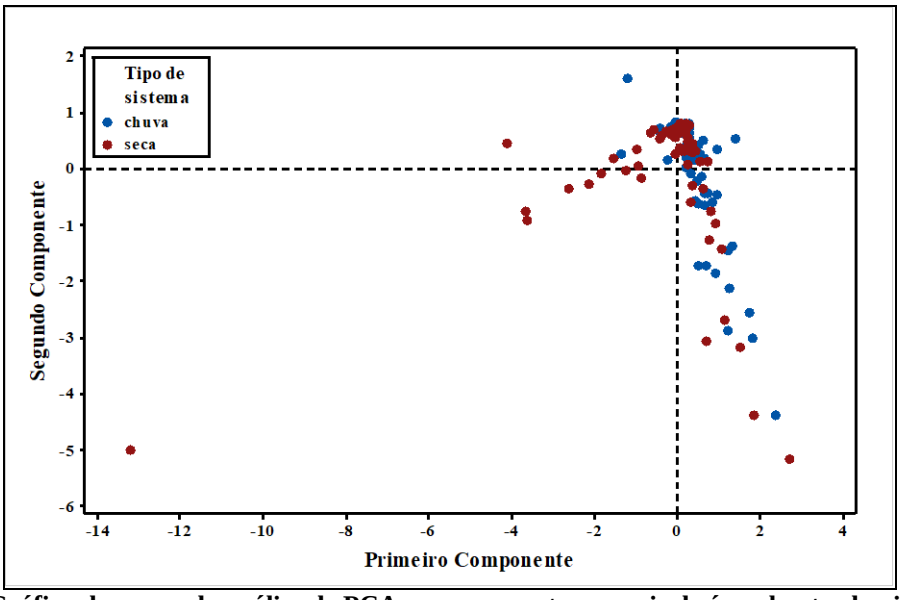

Figura 3: Gráfico de *scores* da análise de PCA com as amostras gerais de água bruta classificadas nos períodos de seca e chuva.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como foi citado anteriormente, o BPA e a LRT foram os analitos mais frequentemente quantificados além disso foram encontrados em todos os mananciais estudados. As concentrações medianas desses analitos foram 27,7 µg/L para BPA e 15,6 µg/L para LRT. A alta frequência de quantificação do plastificante BPA era prevista visto que esse é um composto amplamente utilizado, entretanto a alta frequência do anti-histamínico LRT foi inesperada porque apesar de ser um fármaco de venda livre, não é de uso contínuo. Estudos para verificar possíveis consequências para a frequente exposição da biota e dos ambientes aquáticos à esses compostos são relevantes.

Conforme o gráfico de *scores* (Figura 1), no qual as amostras foram classificadas entre "lêntico" e "lótico", de acordo com o tipo de manancial, observa-se que a maioria das amostras estão distribuídas na parte central do

gráfico, podendo indicar alguma homogeneidade, não sendo possível identificar *clusters.* Nota-se também uma sutil tendência das amostras de manancial lêntico se situarem preferencialmente no segundo e terceiro quadrantes, referindo-se ao eixo positivo da PC1 (primeiro componente), influenciadas especialmente pelas concentrações mais elevadas de 4OP, LST, ACV, GEN e 4NP em comparação aos mananciais lóticos. Uma possível explicação seria que apesar de nos mananciais lênticos os analitos dissolvidos tenham menos contato com os sedimentos, há uma possibilidade de interação do analito com a matriz sedimento devido ao tempo de contato entre ambos.

O *cluster* de amostras espacialmente distribuído no terceiro quadrante devido à influência das maiores concentrações dos compostos LST, 4OP, ACV, GEN e 4NP (Figura 2) teve suas maiores concentrações quantificadas em mananciais lênticos e lóticos, sobretudo em lênticos no período chuvoso (Figura 1 e 3). Ainda que a maioria dessas substâncias seja considerada muito hidrofóbica com log K_{ow} maior que 4 (LST = 4,01; 4OP = 5,5; ACV = -1,56; GEN = 4,7 e 4NP = 5,76), essas altas concentrações podem ser devido à eventos chuvosos com potencial de provocar a mistura de sedimentos. Todavia, esse grupo de amostras é muito heterogêneo, abrangendo coletas realizadas em todas as regiões do país, tanto nos períodos seco e chuvoso, dificultando assim a investigação das relações. Dentre essas amostras têm-se amostra do período chuvoso da região Norte, precipitação média mensal de 505 mm de chuva, e amostras da região Nordeste nos períodos seco e chuvoso.

No gráfico de pesos (Figura 2) é possível analisar como as concentrações dos fármacos e DE influenciam as componentes principais. As principais variáveis que afetam a PC1 são os estrogênios E1 e E2 e, em menor intensidade, o antiinflamatório corticóide DXM, cujas maiores concentrações são majoritariamente em manancial lótico no período seco. Em relação à PC2 os analitos mais influentes são 4OP, LST, ACV, GEN e 4NP, com maiores concentrações em mananciais do tipo lêntico e mais frequentemente no período chuvoso. A comparação das Figuras 1, 2 e 3 possibilita a verificação visual dessas informações.

Na Figura 3 é possível observar um *cluster* de amostras do período seco, no quarto quadrante, associadas com altas concentrações de E1, E2 e DXM. Destaque para a uma amostra situada no extremo do quarto quadrante, correspondente a uma amostra da região Sul, que contêm as maiores concentrações de E1 e E2 e a segunda maior concentração de DXM dentre todas as amostras, como indica a comparação entre os gráficos de scores e pesos. Ainda sobre o quarto quadrante, todos os pontos são pertencentes ao período seco e coletados em ambiente lótico apenas nas regiões Sul e Sudeste.

Ao comparar as Figuras 1 e 3 percebe-se que as amostras classificadas de acordo com o tipo de manancial estão ligeiramente melhor organizadas em *clusters*. Todavia percebe-se uma clara relação entre algumas amostras de manancial lótico do período seco com maiores concentrações dos hormônios E1 e E2, que estão relacionados entre si, possivelmente devido à possibilidade de degradação de estradiol (E2) em estrona (E1) (Queiroz *et al.*, 2014; Ribeiro *et al.*, 2010). As concentrações medianas de E1 em mananciais lênticos e lóticos foram 15,0 e 13,3 µg/L e, de E2 foram 1,1 e 17,6 µg/L, respectivamente. Ambos tiveram maiores frequências de quantificação em mananciais lóticos, 65,6 e 92,9% para E1 e E2, respectivamente.

A mobilidade dessas substâncias no solo é considerada baixa devido o valor de K_{oc} ser maior que 1000, sendo de 457 à 18000 para E1 e 30000 para E2; enquanto E1 (log K_{ow} 3,13), é considerada moderadamente hidrofóbica, E2 (log K_{ow} 4,01), é muito hidrofóbica de acordo com dados obtidos em PubChem. A relação entre as maiores concentrações esses hormônios principalmente em mananciais lóticos no período chuvoso, ainda que um seja considerado como muito hidrofóbico, pode estar relacionado ao fato de que em mananciais lóticos há o revolvimento de sedimentos e redissolução de compostos adsorvidos para a massa líquida, o que não ocorre em mananciais lênticos, exceto em condições de inversão térmica. Somado à isso, no período seco há menor volume nos corpos hídricos provocando a concentração de tais substâncias na água.

CONCLUSÕES

O presente estudo revelou que o plastificante BPA, com mediana de 27,7 µg/L, foi a substância encontrada em maior frequência (79%) nas amostras de água bruta das cinco regiões do Brasil, seguido pelo anti-histamínico LRT (72%), mediana de 15,6 µg/L. A alta frequência de exposição da biota dos mananciais à esses compostos possibilita estudos sobre possíveis consequências dessa exposição.

Ao comparar os dados em relação ao tipo de manancial percebe-se a formação de um *cluster* de amostras de ambiente lótico, no período seco, com maiores concentrações dos hormônios E1, E2 e do fármaco corticóide DXM. Outro *cluster* observado se refere principalmente às amostras de ambiente lêntico, sobretudo do período seco, com concentrações elevadas dos analitos LST, 4OP, ACV, GEN e 4NP. Porém, a maior parte dos dados se dispôs de forma homogênea, não sendo possível indicar claras relações entre os analitos e o tipo de manancial.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio das seguintes instituições: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem ainda aos professores Neyson Mendonça e Luiza C. G. M. Teixeira da UFPA; Hélio R. dos Santos e Juliana D. Tinôco da UFRN; Ajadir Fazolo da UTFPR e Paulo S. Scalize da UFG pela parceria na execução do projeto financiado via Edital FUNASA/DESAM 1/2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, M. C. P.; SANSON, A. L.; QUARESMA, A. V.; FREITAS, M. G.; AFONSO, R. J. C. F.; AQUINO, S. F. Occurrence and removal of drugs and endocrine disruptors in water supply systems in the metropolitan region of Belo Horizonte (Minas Gerais State, Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 194, n. 473, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10130-8>
2. AQUINO, S. F. Avaliação da presença de fármacos e desreguladores endócrinos em águas para consumo humano e mananciais de abastecimento. Ouro Preto/ MG.
3. ARRUDA, P. N. Ocorrência de contaminantes de preocupação emergentes em águas de abastecimento público no estado de Góias. 2021. Universidade Federal de Goiás, [s. l.], 2021.
4. 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.], v. 28, n. 23, p. 30242–30254, 2021.
5. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.
6. FAZOLO, A.; BATISTA, L. F. A.; NONAKA, F. M.; SANSON, A. L.; ALVES, M. C. P.; AFONSO, R. J. de C. F.; AQUINO, S. F. De. Assessment of Conventional Full-Scale Treatment for the Removal of Endocrine Disruptors and Pharmaceuticals Present in the Tibagi River (Paraná State, Brazil). **Frontiers in Environmental Science**, [s. l.], v. 9, n. September, p. 1–12, 2021.
7. FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesq. agropec. brasl.**, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 659–667, 2002.
8. LLC. **Minitab**. 2020. Disponível em: <www.minitab.com>.
9. PUBCHEM. **National Library of Medicine**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>.
10. RESENDE, Á. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002.
11. SANSON, A. L.; BAETA, B. E. L.; RODRIGUES, K. L. T.; AFONSO, R. J. C. F. Equipamento de baixo custo para extração em fase sólida em amostras aquosas de grande volume utilizando pressão positiva de N2. **Quim. Nova**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 150–152, 2014.
12. SOUZA, A. G. R.; TINOCO, J. D.; SANTOS, H. R.; SANSON, A. L.; AQUINO, S. F. Monitoramento de 24 tipos de micropoluentes de interesse emergente na água de abastecimento da zona sul de Natal/RN e comparação com padrões internacionais. In: XIX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2021, Evento on line. XIX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: **ABES**, 2021.
13. TEIXEIRA, L. C. G. M.; DAS CHAVES, J. R.; MENDONÇA, N.; SANSON, A. L.; ALVES, M. C. P.; AFONSO, R. J. C. F.; AQUINO, S. F. Occurrence and removal of drugs and endocrine disruptors in the Bolonha Water Treatment Plant in Belém/PA (Brazil). **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 193, n. 5, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09025-x>