

Eixo Temático ET-02-019 - Saneamento Ambiental

MICROCONTAMINANTES EMERGENTES EM MATRIZES AQUÁTICAS: ASPECTOS GERAIS, CLASSIFICAÇÃO E OCORRÊNCIA

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo¹, Valderi Duarte Leite²,
Maria Virgínia Conceição Albuquerque¹, Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva¹,
Mailson Augusto Almeida Cartaxo³, Wilton Silva Lopes²

¹Bióloga, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental - UEPB.

²Profs. Dr. Do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UEPB.

³Graduando em Engenharia Civil - UFCG.

RESUMO

Microcontaminantes emergentes são compostos que apresentam potencial danoso ao meio ambiente e à saúde, mesmo em baixas concentrações. É considerado um novo desafio para a comunidade científica, que vem conduzindo pesquisas mundialmente para subsidiar o desenvolvimento de padrões de qualidade da água para consumo humano. Visando ampliar e contribuir com os estudos que estão sendo realizados sobre a temática, o presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica, da ocorrência de micropoluentes emergentes em águas destinadas ao consumo humano e seus impactos negativos no meio ambiente. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos. Os resultados mostram que mananciais de abastecimento público de água estão vulneráveis a contaminação por micropoluentes, devido ao lançamento de esgoto sem tratamento adequado, lixiviação de agrotóxicos, entre outros componentes. Há urgência na limitação da legislação de potabilidade devido o dano potencial que os micropoluentes podem ocasionar, é preciso que medidas sejam adotadas a fim de preservar os recursos hídricos e evitar danos a saúde ambiental.

Palavras-chave: Microcontaminantes emergentes; Poluição Aquática; Desreguladores endócrinos.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a fragilidade das políticas públicas e a precariedade dos serviços de saneamento, somadas ao crescimento populacional desordenado nas grandes cidades têm sido considerados os principais responsáveis pela diminuição da qualidade dos recursos hídricos. Além disso, a escassez na alocação de recursos financeiros e a inexistência de um planejamento baseado em critérios toxicológicos e ambientais conduziram a um quadro onde o lançamento de esgoto doméstico não tratado, em conjunto com cargas industriais remanescentes, vêm causando impactos negativos aos sistemas de águas superficiais, necessitando de padrões mais exigentes de qualidade de água, devido a grande quantidade de contaminantes que podem estar presentes.

Até um pouco mais de duas décadas atrás, a preocupação com a qualidade da água concentrava-se nos contaminantes que causavam cor, odor, turbidez e microrganismos como bactérias, cistos de protozoários e ovos de helmintos, considerados os principais vilões que poderiam alterar a qualidade da água. Hoje, a preocupação é ainda maior, visto que mesmo quando submetida a tratamento pode conter outros contaminantes tão prejudiciais quanto os citados, a exemplo dos contaminantes emergentes, que mesmo em baixas concentrações, podem causar sérios danos à biota aquática (MONTAGNER et al., 2017).

Os contaminantes emergentes são compostos que têm sido detectados no solo, água e ar, sendo eles tanto de origem antrópica (presentes em efluentes domésticos, industriais,

hospitalares e aqueles provenientes das atividades agrícolas e pecuária), quanto de ocorrência natural (cianotoxinas) (LUO et al., 2014; PAL et al., 2014). Estes compostos podem apresentar riscos ao ecossistema causando alterações na qualidade da água e do solo, comprometendo sua fauna e flora. Em muitos casos, não estão incluídos nos programas de monitoramento de rotina e quando estão incluídos, em alguns casos precisam ser revistos. Assim, serão candidatos a uma futura regulamentação dependendo dos resultados obtidos em estudos de ecotoxicidade, efeitos à saúde humana, potencial de bioacumulação, transporte e destino nos diferentes compartimentos ambientais, além da quantidade em que são lançados e, portanto, da concentração no ambiente (SANTOS et al., 2013; ALVES et al., 2017).

Conhecer os riscos associados à exposição por centenas de novos contaminantes permite antecipar e mitigar sérios danos para as gerações futuras. Muitos dos efeitos tóxicos são atribuídos à exposição crônica a esses compostos que ocorrem em concentrações extremamente baixas, principalmente em matrizes aquáticas, na ordem de nanograma a picograma por litro (PETRIE et al., 2014), o que torna ainda mais complexa a análise de avaliação de risco, seja considerando a preservação da vida aquática, dessedentação de animais, recreação ou à saúde humana.

Vários contaminantes emergentes têm sido identificados na água submetida ao tratamento do tipo convencional de potabilização (coagulação química, floculação, sedimentação e filtração rápida seguida de cloração) (LIMA et al., 2017) que é aplicado na maioria das Estações de Tratamento de Água do Brasil, sendo necessárias etapas adicionais para sua eliminação ou uso de novas tecnologias que promovam sua remoção total ou pelo menos que permitam atingir facilmente e com baixo custo a concentração máxima permitida pelo padrão de potabilidade, quando este estiver estabelecido na portaria de Consolidação 05/2017 do Ministério da Saúde, que dispõe do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade.

Nesse contexto, estudos que realizam o monitoramento dos recursos hídricos em relação à presença de contaminantes emergentes e, como esses afetam os seres vivos são de fundamental importância para o meio ambiente, saúde pública, sociedade e aos gestores de recursos hídricos, trazendo informações de grande relevância sobre a qualidade da água. Dessa forma, visando ampliar e contribuir com os estudos que estão sendo realizados sobre a temática, o presente trabalho irá abordar através de pesquisa bibliográfica, a ocorrência de micropoluentes emergentes em águas destinadas ao consumo humano e seus impactos negativos no meio ambiente.

OBJETIVO GERAL

Analisar a ocorrência de micropoluentes emergentes em águas destinadas ao consumo humano e seus impactos negativos no meio ambiente.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre a temática: micropoluentes emergentes em águas destinadas ao consumo humano e seus impactos negativos no meio ambiente. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contaminantes emergentes: Aspectos gerais, origem e classificação

Nas últimas décadas, a ocorrência de micropoluentes no meio aquático tornou-se uma questão mundial de crescente preocupação ambiental. Micropoluentes, também denominados contaminantes emergentes, consistem em um vasto e crescente conjunto de compostos químicos

naturais ou sintéticos. Estas substâncias são constantemente introduzidas no ambiente em larga escala e ocasionam impactos negativos à saúde ambiental por um período de tempo relativamente longo (PETRIE et al. 2015). Apresentam propriedades físicas e químicas como persistência, volatilidade ou lipofilicidade e que podem afetar tanto o ecossistema quanto a saúde e a qualidade de vida dos seres humanos. Estão comumente presentes em águas em baixas concentrações, variando de ng/L a µg/L. A "baixa concentração" e diversidade de micropoluentes não só dificulta os procedimentos de detecção e análise associados, mas também cria desafios para processos de tratamento de água e esgoto (RODRIGUEZ et al. 2011).

Diversos grupos de substâncias têm sido considerados contaminantes emergentes, incluindo, agrotóxicos, drogas ilícitas, fármacos, produtos de higiene pessoal, protetores solares, estrogênios, alquilfenóis e seus derivados, alguns sub-produtos provenientes de processos de desinfecção de água, retardantes de chama bromados, compostos perfluorados, siloxanos, benzotriazóis, ácidos naftênicos, percloratos, líquidos iônicos, dioxinas, o antimônio, dentre os adoçantes a sucralose, além dos nanomateriais e alguns microrganismos e cianotoxinas (SOARES; LEÃO, 2015). Na Tabela 1 são apresentados alguns micropoluentes emergentes presentes em ambientes aquáticos, acompanhados de suas subclasses e suas fontes.

Tabela 1. Micropoluentes orgânicos com suas subclasses e fontes

Categoria	Subclasse	Fonte
Fármacos	Drogas (anti-inflamatórios, anticonvulsivos, antibióticos, estimulantes, analgésicos e outros)	Esgotos domésticos, efluentes de hospital, clínicas veterinárias, escoamento CAC*, agricultura
Produtos de cuidado pessoal	Fragrâncias, desinfetantes, filtros solares, repelentes de insetos e outros	Esgoto doméstico
Hormônios esteróides	Estrogênios	Esgoto doméstico, escoamento CAC
Surfactantes	Surfactantes não iônicos	Esgoto doméstico, efluente industrial
Químicos industriais	Retardantes de chama	Esgoto doméstico, efluentes industriais
Agrotóxicos	Inseticidas, herbicidas, fungicidas e outros	Esgoto doméstico, escoamento superficial em áreas agrícolas

Fonte: Luo et al. (2014). *CAC: Criadouros de animais confinados

Segundo Luo et al. (2014) os efluentes das ETEs têm sido identificados como as principais fontes de contaminantes emergentes no ambiente aquático. Usualmente as ETEs são projetadas para remover contaminantes convencionais tais como sólidos e matéria orgânica biodegradável, e não para remover contaminantes emergentes que muitas vezes não possuem valores máximos permitidos nas legislações vigentes. O grau de contaminação do manancial dependerá de vários fatores como o fator de diluição, a existência ou não de outros pontos de contaminação e a qualidade do efluente final da ETE. Ressalta-se ainda a tendência de que as águas dos rios, devido à maior diluição, apresentam concentrações inferiores à dos efluentes de ETEs. Apesar de apresentarem menores concentrações de microcontaminantes emergentes, mananciais podem ser fontes de água para consumo humano e sua contaminação pode representar um risco maior à saúde da população (MOMPELAT et al., 2009).

Principais micropoluentes emergentes presentes em matrizes aquáticas

Do extenso rol de microcontaminantes comumente detectados nos corpos d'água superficiais, destacam-se os desreguladores endócrinos, fármacos, agrotóxicos e cianotoxinas, que a despeito da sua baixa concentração ambiental, têm o potencial de causar significativos

efeitos adversos. Os mesmos apresentam de pequena a moderada biodegradabilidade no meio ambiente, o que contribui para aumentar a prevalência ambiental desses contaminantes e o impacto sobre os organismos aquáticos e a saúde humana (BERGMAN et al., 2012).

Agrotóxicos. Os agrotóxicos, também denominados pesticidas, defensivos agrícolas ou agroquímicos, são compostos destinados à agricultura e que têm como ação a prevenção ou redução dos efeitos causados por pragas, doenças, ervas daninhas, entre outros. Essas substâncias são compostos orgânicos sintéticos com baixo peso molecular, geralmente com baixa solubilidade em água e alta atividade biológica. O termo inclui todos os inseticidas, fungicidas, herbicidas, fumigantes e outros compostos orgânicos ou substâncias utilizadas como reguladores de crescimento, desfolhantes ou dissecentes (ALVES et al., 2017).

Segundo Carneiro et al. (2015), os dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), divulgados durante o II Seminário sobre Mercado de Agrotóxicos e Regulação, realizado em Brasília, Distrito Federal, em abril de 2012, enquanto, nos últimos 10 anos, o mercado mundial de agrotóxicos cresceu 93%, o mercado brasileiro cresceu 190%. O uso excessivo e descontrolado dos agrotóxicos nas lavouras tem sido considerado um importante agente de contaminação do solo e da água. Devido à toxicidade dos agrotóxicos, sua permanência e o crescente aumento de seus teores encontrados em diversos compartimentos ambientais, o consumo de águas contaminadas ou suas reutilizações na agricultura podem resultar em riscos à saúde pública (SILVÉRIO et al., 2012).

A contaminação da água por agrotóxicos pode ocorrer diretamente pela deriva das pulverizações aéreas, por meio da erosão dos solos contaminados, pelo escoamento superficial (runoff), pela lixiviação e ainda pelo descarte e lavagem de tanques e embalagens de produtos. Quando os agrotóxicos atingem o ambiente aquático, são expostos a diferentes processos físicos, químicos e microbiológicos. De acordo com dois processos apresentam maior impacto no destino dos agrotóxicos no ambiente – sorção/dessorção e biodegradação. Ambos são fortemente influenciados pela presença da camada de sedimento no corpo d'água. Há ainda que se destacar a importância de considerar a meia-vida das substâncias na avaliação do comportamento (persistência) delas no ambiente (SOARES; LEÃO, 2015).

Fármacos. Outro contaminante de águas superficiais são os fármacos que constituem substâncias químicas biologicamente ativas sintetizadas com o intuito de produzir respostas fisiológicas em humanos, animais e plantas. É comprovado que os fármacos pode acarretar diversos efeitos prejudiciais à fauna aquática, podendo propiciar diversos danos morfológicos, metabólicos e até alterações sexuais (WHO, 2011). A preocupação especial relaciona-se aos antibióticos como, por exemplo, o sulfametoxazol e a trimetoprima, presentes em formulações antibióticas de largo espectro. Pesquisas mostraram que esses contaminantes, quando descartados no meio ambiente, podem causar toxicidade biológica, indução da resistência a antibióticos em bactérias patogênicas e genotoxicidade, que pode ser definida como a capacidade de algumas substâncias químicas produzirem alterações genéticas.

Os estudos realizados têm identificado, em diferentes matrizes, nomeadamente, águas residuais, águas superficiais e subterrâneas destinadas à produção de água para consumo humano, sedimentos e biota, vários fármacos de diferentes classes terapêuticas, incluindo analgésicos, anti-inflamatórios, antibióticos, antidepressores, antiepilépticos, bloqueadores beta, reguladores lipídicos, meios de contraste radiológico, contraceptivos orais, broncodilatadores, citotóxicos e medicamentos para uso veterinário (BIALK-BIELINSKA et al., 2009).

A presença de resíduos de fármacos no meio ambiente pode apresentar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres. Este efeito pode ocorrer em qualquer nível da hierarquia biológica, tais como célula, órgão, organismo, população e ecossistema, e pode ser observado em concentrações na ordem de ng/L, para certos tipos de compostos (GAFFNEYA et al., 2014).

Desreguladores endócrinos

Tratando-se de um desregulador endócrino, que tem a capacidade de promover profundas alterações fisiológicas com apenas uma dose “gatilho”, é possível formular a hipótese de que uma vez presente na água ingerida pelo homem, mesmo em baixas concentrações, o 17 α -

etinilestradiol pode desencadear efeitos adversos sobre alguns indivíduos. Basicamente, a introdução do 17 α -etinilestradiol no meio hídrico se dá por duas principais vias: pela excreção e pelo descarte. Uma vez consumido, esse estrogênio é excretado por meio da urina e fezes, na sua forma conjugada (sulfatos e glicuronídeos) (ESTEBAN et al., 2014).

Esses, são lançados nos esgotos, que posteriormente vão para ambientes aquáticos in natura ou na forma de efluentes tratados em estações de tratamento de esgotos (Wu QY et al., 2014). Vale destacar que as tecnologias convencionais de tratamento de esgotos apresentam limitações na remoção desse estrogênio (MILLS et al., 2015). Tal situação é agravada já que o 17 α -etinilestradiol apresenta-se como o mais persistente dos estrogênios, com um tempo de meia-vida em água de aproximadamente 17 dias e uma baixa taxa de fotodegradação (ATKINSON et al., 2011).

Ocorrência de micropoluentes emergente em matrizes aquáticas

Uma vez que a poluição das águas representa uma ameaça aos ambientes aquáticos, com diversos efeitos negativos às espécies que habitam os corpos hídricos ou que ingerem a água proveniente dos mesmos (inclui-se o ser humano), uma série de estudos vêm sendo desenvolvidos para identificar e estabelecer limites às concentrações desses poluentes em matrizes aquáticas (LIMA et al., 2017).

Em um estudo realizado por Dias (2014) foi analisado a ocorrência de interferentes endócrinos e fármacos em sistemas de abastecimento de água (SAA) nas regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. Foram monitorados os seguintes microcontaminantes emergentes na água bruta e tratada: ácido acetilsalicílico, ibuprofeno, paracetamol, diclofenaco, genfibrozila, naproxeno, sulfametoxazol, trimetoprima, benzafibrato, 4-octifenol, bisfenol A, estrona, estradiol, etinilestradiol e estriol. Devido a ausência de limites aceitáveis desses contaminantes na água e com o objetivo de avaliar os possíveis impactos que o etinilestradiol (EE2) presente na água de consumo apresenta sobre a saúde, foram realizados ensaios in vivo com camudongos, comprovado que ocorreu um decréscimo em sua fertilidade quando ingeriram água com micropoluentes.

Raimundo (2011) avaliou através de um perfil anual, a qualidade dos mananciais e da água tratada de Campinas (SP) em relação à presença de cafeína, estrona, 17 β -estradiol, estriol, progesterona, testosterona, 17 α -etinilestradiol, mestranol, levonorgestrel, dietilestilbestrol, triclosan, 4-n-octilfenol, 4-n-nonilfenol, bisfenol A, fenolftaleína e atrazina. Os resultados mostraram a presença de seis dos 16 compostos investigados em pelo menos uma amostra de água tratada. A estrona foi detectada apenas uma vez. Concentrações de atrazina de até 687 ng L⁻¹ foram determinadas nas amostras provenientes do rio Capivari, e nas amostras de água tratada provenientes do rio Atibaia as concentrações não passaram de 42 ng L⁻¹. A fenolftaleína foi determinada em apenas uma campanha em todas as amostras provenientes do rio Atibaia em concentrações de até 20 ng L⁻¹. As concentrações médias de bisfenol A e triclosan foram 7 e 17 ng L⁻¹, respectivamente. Nos mananciais foram determinados 13 dos 16 compostos investigados. Todas as amostras de água bruta apresentaram concentrações de cafeína que variaram significativamente entre os períodos de seca e cheia dos rios, fato alarmante, visto que diversas pessoas fazem uso de água sem tratamento.

Recentemente, o Ministério da Saúde do Brasil divulgou uma pesquisa realizada entre os anos de 2014 e 2017, onde foram encontrados agrotóxicos na água tratada e consumida. No estado da Paraíba, 89 dos 223 municípios continham até 12 tipos de agrotóxicos na água tratada, apesar de estarem no limite de tolerância, seis foram classificados como crônicos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esses micropoluentes estão associados ao desenvolvimento de doenças crônicas como câncer, malformação fetal, disfunções hormonais e reprodutivas. A pesquisa ainda afirma que no Brasil, uma em cada quatro cidades estava com a água tratada comprometida por conter agrotóxicos (SISAGUA, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Microcontaminantes emergentes em matrizes aquáticas (como fármacos, hormônios e agrotóxicos) têm se tornado uma crescente causa de preocupação em todo o mundo para os governos e autoridades relacionadas à água, devido os impactos negativos desencadeados aos seres vivos, que na maioria dos casos ainda não são claramente compreendidos. Tendo-se em vista a vulnerabilidade dos mananciais de abastecimento público de água, bem como a limitação da legislação de potabilidade e o dano potencial dos micropoluentes, é preciso que medidas sejam adotadas a fim de preservar os recursos hídricos e evitar danos a saúde ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALVES T.C.; GIRARDI R.; PINHEIRO A. Micropoluentes orgânicos: ocorrência, remoção e regulamentação. **REGA**, v. 14, e1, 2017.
- ATKINSON, S.K.; MARLATT, V.L.; KIMPE, L.E.; LEAN, D.R.S.; TRUDEAU, V.L.; BLAIS, J.M. Environmental factors affecting ultraviolet photo degradation rates and estrogenicity of estrone and ethinylestradiol in natural waters. **Arch Environ Contam Toxicol**, 2011.
- BERGMAN, Å.; HEINDEL, J.J.; JOBLING, S.; KIDD, K.A.; ZOELLER, R.T. **State of the science of endocrine disrupting chemicals**. Suiss: United Nations Environment Programme and the World Health Organization. 260p. 2012.
- BIALK-BIELINSKA, A.; KUMIRSKA, J.; PALAVINSKAS, R.; STEPNOWSKI, P.; **Talanta**, v. 80, p. 947, 2009.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 05/2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.
- CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRASO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. São Paulo: Expressão Popular, 2015. v. 1.
- DIAS, R.V.A. **Avaliação da ocorrência de microcontaminantes emergentes em sistemas de abastecimento de água e da atividade estrogênica do estinilestradiol**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- ESTEBAN S, GORGA M, PETROVIC M, GONZÁLEZ-ALONSO S, BARCELÓ D, VALCÁRCEL Y. Analysis and occurrence of endocrine-disrupting compounds and estrogenic activity in the surface waters of Central Spain. **Sci Total Environ**, 2014.
- GAFFNEYA, V. J.; CARDOSO, V. V.; RODRIGUES, A.; FERREIRA, E.; BENOLIEL, M. J.; ALMEIDA, C. M. M. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. **Quim. Nova**, v. 37, n. 1, p. 138-149, 2014.
- LIMA, D.R.S.; TONUCCI, M.C.; LIBÂNIO, M.; AQUINO, S.F. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Eng Sanit Ambient.**, v. 22, n. 6, 2017.
- LUO, Y. GUO, H. NGO, H. HAI, I.F. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. **The Science of the Total Environment**, v. 473/474, p. 619-641, 2014.
- MILLS, R.M.; SALAZAR, K.A.; BAYNES, A.; SHEN, L. Q. Removal of ecotoxicity of 17 α -ethinylestradiol using TAML/peroxide water treatment. **Sci Rep.**, 2015.
- MONPELAT, S.; LE BOT, B.; THOMAS, O. Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. **Environment International**, v. 35 p. 803-814, 2009.
- MONTAGNER, C.C.; VIDAL, C ; ACAYABA, RAPHAEL, D.; JARDIM, W; JARDIM. Trace analysis of pesticides and an assessment of their occurrence in Brazilian surface and drinking waters. **Analytical Methods**, v. 6, p. 6668-6677, 2014.
- PAL, A.; HE, Y.; JEKEL, M.; REINHARD, M.; GIN, K. Y. Emerging contaminants of public health signi fi cance as water quality indicator compounds in the urban water cycle Untreated water Sewer system. **Environment International**, v. 71, p. 46-62, 2014.

PETRIE, B. BARDEN, R. HORDERN, B.K. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, under studied áreas and recommendations for future monitoring. **Water Research**, 2015.

RAIMUNDO, C.C.M. **Contaminantes emergentes em água tratada e seus mananciais: Sazonalidade, remoção e atividade estrogênica.** Tese de Doutorado. UNICAMP, 2011.

RODRIGUEZ, S., SANTOS, A. ROMERO, A. Effectiveness of AOP's on abatement of emerging pollutants and their oxidation intermediates: Nicotine removal with Fenton's Reagent. **Desalination**, 2011.

SANTOS, L. H. M. L. M.; GROS, M.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S.; et al. Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: identification of ecologically relevant pharmaceuticals. **The Science of the Total Environment**, v. 461/462, p. 302-316, 2013.

SILVÉRIO, F.O.; SILVA, J.G.S.; AGUIAR, M.C.S.; CACIQUE, A.P.; PINHO, G.P. Análise de agrotóxicos em água usando extração líquido-líquido com partição em baixa temperatura por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, v. 35, n. 10, p. 2052-2056, 2012.

SISAGUA - Sistema de informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano. **Boletim Epidemiológico: Monitoramento de Agrotóxicos na Água para Consumo Humano no Brasil**, 2014-2017. Volume 48 N° 4, 2019.

SOARES, J.; COIMBRA, A. M.; REIS-HENRIQUES, M. A.; MONTEIRO, N. M.; VIEIRA, M. N.; OLIVEIRA, J. M. Disruption of zebrafish (*Danio rerio*) embryonic development after full life-cycle parental exposure to low levels of ethinylestradiol. **Aquat. Toxicol.**, 2009.

WHO - World Health Organization. **Evaluating household water treatment options: health-based targets and microbiological performance specifications.** World Health Organization. 2011.

WU, Q.Y.; SHAO, Y.R.; WANG, C. SUN, H.Y.; HU, H. Health risk induced by estrogens during unplanned indirect potable reuse of reclaimed water from domestic wastewater. **Huan Jing Ke Xue**, v. 35, p. 1041-1050, 2014.