

Remoção da Atividade Estrogênica por Carvão Ativado

Removal of Estrogenic Activity by Activated Carbon

Juliana Palermo Evangelista dos Santos¹

Lucas Martins Corrêa²

Pedro Antônio Alves Fernandes³

Marina Alonso Leite²

Mariana Vianna Filgueiras²

Nathacha Oliveira Pires²

Sue Ellen Costa Bottrel⁴

Renata de Oliveira Pereira⁵

DOI:

Enviado em: 26/04/2021

Aprovado em: 14/07/2021

Resumo

Os Desreguladores Endócrinos (DE) fazem parte de uma classe de substâncias passíveis de causarem efeitos à saúde humana e de outros animais, mesmo em baixas concentrações. Diversos estudos conduzidos em matrizes ambientais já constataram a presença desses compostos em águas superficiais e em estações de tratamento de água. O tratamento de água convencional, método mais utilizado no país, possui limitações na remoção de alguns DE. Aliando-se a outras tecnologias, é possível promover a remoção dos DE. Assim, neste estudo, investigou-se o potencial do carvão ativado granular (CAG) como tecnologia para a remoção da atividade estrogênica da água. Foi feita uma caracterização do CAG quanto ao Índice de Azul de Metileno, Número de Iodo e pH do Ponto de Carga Zero, além de análises físico-químicas da água, a qual foi dopada com uma mistura de desreguladores endócrinos (estrona, 17 β -estradiol, 17- α -etinilestradiol e 4-n-nonilfenol). Ensaios de adsorção em batelada foram realizados com a amostra, com concentrações pré-definidas da mistura de DE e massa de CAG. A atividade estrogênica das amostras foi quantificada após à extração em fase sólida e posterior bioensaio *Yeast Estrogen Screen* (YES). O

¹ Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bolsista do Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PROVOQUE); Voluntariado de Iniciação Científica (VIC), e do Programa de Bolsas de Iniciação Científica (BIC) da UFJF.

² Aluno do programa VIC e do programa BIC da UFJF.

³ Aluno do programa VIC da UFJF e membro do Grupo de Educação Tutorial da Engenharia Ambiental e Sanitária (GET-ESA).

⁴ Professora coorientadora da UFJF.

⁵ Professora orientadora da UFJF. Endereço profissional: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campus Universitário, Plataforma 4, Centro de Tecnologia. Juiz de Fora, MG – Brasil – CEP: 36036-330. E-mail: renata.pereira@ufjf.edu.br.



carvão estudado apresentou deficiência em micro e mesoporos. Além disso, constatou-se aumento de turbidez com o aumento da massa de adsorvente empregado, mesmo após filtração da amostra. Houve maior remoção de atividade estrogênica proporcionalmente à adição de maiores quantidades de CAG. Conclui-se que o carvão ativado granular é capaz de remover a atividade estrogênica, contudo, é necessário buscar a otimização do sistema, ao usar menores quantidades de CAG para maiores taxas de remoção.

Palavras-chave: Desreguladores Endócrinos. Ensaio YES. Qualidade da Água.

Abstract

Endocrine Disruptors (ED) are substances that can affect human and animal health, even at low doses. Several studies conducted in environmental matrices have found these compounds in surface water and water treatment plants. The conventional water treatment most used method in Brazil has its limitations in the removal of some ED, although it is possible to promote the removal of ED when it's allied to other technologies. Thus, in this study, the potential of granular activated carbon (GAC) was investigated as a technology for the removal of estrogenic activity in water. Characterization of the GAC was conducted regarding the methylene blue index, iodine number, and zero charge point pH, in addition to physical-chemical analyzes of the water, which was doped with a mix of endocrine disruptors (estrone, 17 β -estradiol, 17- α -ethinylestradiol, and 4-n-nonylphenol). Batch adsorption tests were performed with the sample, with pre-defined mixtures of ED and GAC mass. The estrogenic activity was quantified after solid-phase extraction and subsequent Yeast Estrogen Screen test (YES). The studied coal had a deficiency in micro and mesopores. In addition, there was noticeable turbidity growth with the increase in the mass of the adsorbent used, even after sample filtration. There was a greater removal of estrogenic activity in proportion to the addition of greater amounts of GAC. It was concluded that the granular activated carbon is capable of removing estrogenic activity, however, it is necessary to seek an optimization of the system, by using smaller amounts of GAC for higher removal rates.

Keywords: Endocrine Disruptors. Water Quality. YES Assay.

1 INTRODUÇÃO

Os Desreguladores Endócrinos (DE) fazem parte de uma classe de substâncias passíveis de causarem efeitos adversos à saúde humana e de outros animais, mesmo em concentrações traços, na ordem de ng.L⁻¹, devido à sua capacidade de mimetizar, bloquear ou inibir a ação de hormônios naturalmente produzidos no organismo (RODRIGUES *et al.*, 2018; USEPA, 2021).

Resende *et al.* (2017) identificaram que os DE são frequentemente encontrados em diversas matrizes aquáticas, bem como águas superficiais e efluentes de estações de tratamento de águas e águas residuárias, destacando-se entre os DE, os hormônios naturais estrona (E1) e 17- β -estradiol (E2), auxiliares na manutenção de células de diversos órgãos do corpo humano; do 17- α -etinilestradiol (EE2), hormônio sintético amplamente utilizado pela indústria farmacêutica; e do 4-n-nonilfenol (NP), um subproduto gerado a partir da degradação de surfactantes (BILA e DEZOTTI, 2007; PAMPLONA-SILVA *et al.*, 2018).

O tratamento de água convencional é o mais utilizado no Brasil, constituído das etapas de clarificação, seguida de desinfecção. No entanto, o tratamento convencional não é eficiente na remoção dos DE (AZEVEDO *et al.*, 2020). Assim, a eficiência da estação de tratamento de água (ETA) pode ser aprimorada, utilizando outras tecnologias, em função da deterioração da qualidade da água bruta e da presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos (DI BERNARDO E DANTAS, 2005; LIBÂNIO, 2010),

Constatações realizadas no estudo de Azevedo *et al.* (2020), evidenciaram a necessidade de focar em tecnologias na etapa de desinfecção, tais como a cloração, fotólise e ozonização. Contudo, esses tratamentos podem formar subprodutos dos DE, que também podem possuir atividade estrogênica (BILA, 2005; PEREIRA *et al.*, 2011). Assim, destaca-se o tratamento com carvão ativado, recomendado para a remoção de microcontaminantes orgânicos e para adsorção de substâncias que causam sabor, odor, cor, mutagenicidade e toxicidade à água (USEPA, 2021).

O tratamento com carvão ativado é realizado com o carvão na forma granular (carvão ativado granular - CAG), frequentemente adicionado a colunas, ou na forma pulverizado (carvão ativado pulverizado - CAP), selecionado para a remoção de contaminações pontuais ou emergenciais (BASTOS *et al.*, 2009; METCALF E EDDY, 2016).

Azevedo *et al.* (2020) analisou estudos que utilizaram CA visando a remoção de atividade estrogênica no tratamento da água, obtendo remoções de até 97%, com concentrações do adsorvente variando de 1 a 100 mg.L⁻¹, indicando ampla faixa de variação no seu uso, de acordo com a qualidade da água bruta e condições do tratamento. Cabe ressaltar, que os estudos considerados pela autora, foram com DE analisados individualmente, e que não foram encontrados na literatura trabalhos que avaliaram os efeitos sinérgicos dos DE, em baixas concentrações, tais como são encontrados no ambiente (Azevedo *et al.*, 2020).

Desta forma, o presente trabalho buscou investigar o potencial do carvão ativado granular, em condições similares às encontradas em estações de tratamento de água, para a remoção da atividade estrogênica causada por uma combinação de microcontaminantes em água (E1, E2, EE2 e NP), em baixas concentrações, utilizando o ensaio YES.

2 METODOLOGIA

2.1 Ensaio de adsorção

A água utilizada no experimento apresentava qualidade semelhante à de pós-filtração de ETA convencionais, coletada na região preservada de Torreões – MG, e foi dopada com uma combinação de E1 ($\geq 99\%$), a 100 ng.L^{-1} , E2 ($\geq 98\%$), a 100 ng.L^{-1} , EE2 ($\geq 98\%$), a 50 ng.L^{-1} e NP (P.A.), a 1000 ng.L^{-1} , todos da Sigma-Aldrich®.

Foi utilizado carvão ativado granular (CAS 7440-44-0), da marca Isofar®, com densidade aparente variando de $0,25$ a $0,65 \text{ g.cm}^{-3}$, caracterizado quanto ao Índice de Azul de Metileno (IAM), Número de Iodo (NI) e pH do Ponto de Carga Zero (pH_{pcz}), expressos na Tabela 1. O IAM e o NI foram utilizados para avaliar o carvão ativado quanto à sua porosidade, enquanto o pH_{pcz} avaliou a influência do pH na adsorção de líquidos em sólidos adsorventes e é também definido como o pH de balanço de cargas nulas.

Ademais, todas as amostras, antes e após os ensaios de adsorção, foram analisadas quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), cor aparente, turbidez, temperatura e atividade estrogênica (Tabela 1).

Tabela 1 – Métodos e equipamentos utilizados nas análises laboratoriais

Análise	Método	Equipamento	Referência
Caracterização do CA	IAM	Espectrofotômetro Hach DR6000	Piza (2008) apud JIS-K-1474/2014
	NI	-	ABNT NBR MB-3410 (1991)
	pH_{pcz}	Shaker Solab SL – 180/D	Bottrel (2012) apud RIVERA-UTRILLA (2000)
pH	4500-H+B	HANNA, HI 8424	APHA, AWWA e WEF (2005)
Condutividade Elétrica	2510	Gehaka, CG 1800	APHA, AWWA e WEF (2005)
Cor Aparente	2120	Espectrofotômetro Hach DR6000	APHA, AWWA e WEF (2005)
Turbidez	2130B	Del Lab, DLT WV	APHA, AWWA e WEF (2005)
Atividade Estrogênica	Ensaio YES	Leitora de placas Multiskan FC – Thermo Scientific	Routledge e Sumpter (1996)
	Isotermas de Freundlich e Langmuir	-	Metcalf e Eddy (2016)

Fonte: Autoria própria

Os ensaios de adsorção foram feitos em batelada, com agitação, temperatura e concentração do adsorvato controlados. As concentrações do adsorvente encontradas em literatura, foram de 1 mg.L^{-1} a 100 mg.L^{-1} e tais extremos foram utilizados como os precursores à determinação da capacidade adsortiva do CAG de estudo.

Os ensaios foram realizados em béqueres contendo 1 L da amostra de água, juntamente à mistura dos DE (100 ng.L^{-1} E1; 100 ng.L^{-1} E2; 50 ng.L^{-1} EE2; 1000 ng.L^{-1} NP), foram adicionadas as massas de carvão ativado de 1 e 100 mg.L^{-1} , deixadas em agitação por 2 horas, a fim de que o adsorvente e o adsorvato entrassem em equilíbrio, segundo à Sociedade Americana de Ensaios e Materiais – ASTM-Internacional (2008). A reação foi interrompida com filtração em filtro qualitativo.

Após a obtenção dos resultados preliminares da adsorção, foi feito um novo ensaio com seis diferentes concentrações de CAG, variando em intervalos de 100 mg.L^{-1} , de 200 a 700 mg.L^{-1} . Ressalta-se que durante os ensaios, um dos béqueres foi mantido sem carvão para a quantificação da concentração inicial real de atividade estrogênica da mistura.

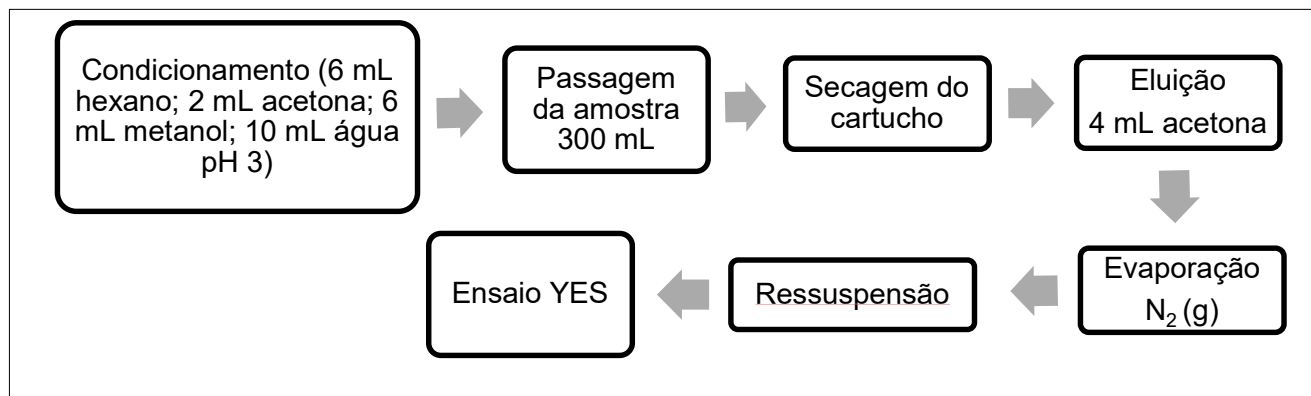
Em continuidade aos ensaios de adsorção sobreditos, todas as amostras obtidas foram direcionadas ao processo de extração em fase sólida.

2.2 Extração em Fase Sólida e Ensaio YES

Em meio a diversos métodos que podem ser utilizados para a quantificação da atividade estrogênica, destaca-se o bioensaio *Yeast Estrogen Screen* (YES), análise *in vitro* que possui como grande vantagem a possibilidade da avaliação dos resultados considerando o efeito sinérgico, além do ensaio apresentar resposta rápida e prévia visualização a olho nu, devido à uma mudança na coloração do meio causada pela presença de atividade estrogênica (BILA, 2005).

Para o processo de Extração em Fase Sólida (SPE) (Figura 1), foram utilizados os cartuchos Agilent® C18 SampliQ (500 mg, 6 mL), para concentrar as substâncias que causam atividade estrogênica presentes na amostra.

Figura 1 – Esquema do procedimento de Extração em Fase Sólida



Fonte: Adaptado de Pereira (2011)

Com esse procedimento, as amostras, após o tratamento com CAG, foram ressuspensas em 1 mL e conseqüentemente, concentradas 300 vezes. Já a amostra que continha apenas a combinação de DE (amostra inicial), foi ressuspensa para o volume de 3 mL, de modo que esta ficasse 100 vezes concentrada. Os diferentes volumes de ressuspensões foram necessários devido ao limite para a quantificação dos DE pelo método utilizado. Com o intuito de verificar que a água de estudo não apresentava previamente atividade estrogênica, essa também passou pelo SPE e foi analisada.

O ensaio YES, utilizado para a quantificação da atividade estrogênica das amostras, ocorreu de acordo com o descrito por Neto *et al.* (2019), a partir da metodologia de Routledge e Sumpter (1996) e adaptações de Bila (2005). Para o teste foi utilizada uma linhagem da levedura *Saccharomyces cerevisiae* que em contato com substâncias que conferem atividade estrogênica, metaboliza o composto Chlorophenol Red- β -D-galactoside (CPRG), promovendo uma mudança de coloração de amarelo para vermelho. Essa mudança pode ser quantificada nos comprimentos de onda de 540 nm e 620 nm para posterior ajuste de curva sigmoide, e por fim, obter-se os valores de concentração da atividade estrogênica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a caracterização do CAG, constatou-se que este é deficiente de micro e mesoporos (Tabela 2), significativos para a remoção dos DE, já que a adsorção ocorre preferencialmente em poros de dimensões semelhantes aos da molécula-alvo de remoção (SNOEYINK e SUMMERS, 1999). Os microcontaminantes avaliados possuem comprimentos moleculares variando de 1,39 a 1,79 nm, enquanto os microporos

secundários dos CA variam de 0,8 a 2,0 nm (FILHO *et al.*, 2017; DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Destacando a importância de microporos para a remoção dos DE estudados.

Tabela 2 – Resultados da caracterização do carvão ativado granular

Parâmetro	Resultado da caracterização
pH _{pcz}	7
Número de Iodo	255,93 mg.g ⁻¹
Índice de Azul de Metileno	1,93 mg.g ⁻¹

Fonte: Autoria própria

Os resultados do monitoramento dos parâmetros físico-químicos e da remoção de atividade estrogênica estão apresentados na Tabela 3. Destaca-se que todas as amostragens para cor aparente tiveram valores menores do que o limite de detecção.

Tabela 3 – Monitoramento dos parâmetros físico-químicos durante os ensaios de adsorção e remoção da atividade estrogênica (média ± desvio padrão; número de amostra =3).

Massa (g)	Turbidez (NTU)	pH	Condutividade Elétrica (µS.cm ⁻²)	Temperatura (°C)	Atividade Estrogênica (ng.L ⁻¹)
0	0,0 ± 0,0	6,94	26,1	26,7	216
1	0,5 ± 0,0	7,05	23,9	26,5	-
100	0,8 ± 0,2	7,12	27,0	26,5	-
200	1,4 ± 0,0	7,10	24,8	27,6	126
400	2,2 ± 0,5	7,30	29,3	27,6	85
500	2,0 ± 0,0	7,30	30,9	28,7	65
600	2,6 ± 0,0	7,50	33,6	30,1	42
700	0,0 ± 0,0	6,30	37,7	25,8	18

Fonte: Autoria própria

A água bruta utilizada possuía qualidade de pós-filtração em ETA, com baixa cor e turbidez, e, além disso, sem atividade estrogênica detectada. É possível averiguar que os parâmetros analisados estão de acordo com o padrão de potabilidade brasileiro, com exceção da turbidez que aumentou proporcionalmente ao aumento da massa de CAG, mesmo com a etapa de filtração da amostra com filtro qualitativo para a interrupção do tratamento. Ressalta-se que o Valor Máximo Permitido (VMP) da turbidez é de 0,5 NTU (BRASIL, 2017), igualado e posteriormente superado a partir da primeira concentração de carvão ativado, evidenciando a necessidade da utilização do adsorvente em colunas de

fluxo descendente, nas quais os fenômenos de adsorção e filtração ocorrem simultaneamente, a fim de evitar o desprendimento de partículas na água a partir do desgaste por colisão e abrasão (METCALF e EDDY, 2016).

Com relação à remoção da atividade estrogênica por CAG foi possível observar maiores remoções, proporcionais à adição de maiores quantidades de CAG alcançando 91,7 % de remoção com 700 mg.L⁻¹ de CAG (Tabela 3). Apesar do uso de massas de CAG superiores aos descritos na literatura, de 1 a 100 mg.L⁻¹, o qual os estudos alcançaram remoções medianas individuais de DE variando de 89 a 97% (AZEVEDO, 2019). Todavia, ainda assim a remoção de DE não foi completa, possivelmente devido à caracterização do CAG, deficiente em micro e mesoporos. Cabe ressaltar que os estudos encontrados que utilizam CA foram para DE analisados individualmente, e não utilizando uma mistura de DE, tal como são encontrados no ambiente, comportamento passível de sinergia dos compostos, o que por sua vez pode gerar um aumento na atividade estrogênica e influenciar no resultado dos ensaios, até mesmo por uma competição individualizada pelos sítios ativos dos poros do CAG (GOMES *et al.*, 2017; METCALF e EDDY, 2016).

Foi possível perceber que o CAG foi capaz de remover a atividade estrogênica causada pela mistura dos DE. Todavia um residual de DE ainda permaneceu, sendo, portanto, necessário a realização de estudos complementares que busquem condições ótimas de adsorção, com menores quantidades de CAG, tal como a disposição do CAG em colunas a fim de analisar o comportamento dos DE com maior tempo e superfície de contato com o adsorvente, sem a abrasão da mistura, ou até mesmo a busca de um novo carvão. Ressalta-se a importância de que tais estudos retratem as condições ambientais, com os compostos em baixas concentrações e em conjunto.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o CAG utilizado nesse estudo pode ser utilizado para a remoção de atividade estrogênica, desde que utilizado em quantidades suficientes, uma vez que para atingir maiores remoções, foi necessária grande concentração do CAG (700 mg.L⁻¹).

Contudo, cabe ressaltar que outros estudos avaliaram a remoção dos DE individualmente, sem considerar interação sinérgica entre eles, tal como ocorre no ambiente, além do fato de terem sido avaliadas elevadas concentrações dos mesmos, enquanto o presente estudo utilizou concentrações que são encontradas em corpos

hídricos, na ordem de ng.L^{-1} , e de forma combinada, contemplando a avaliação quanto ao sinergismo.

Neste contexto recomenda-se a realização de mais estudos que avaliem outras variações capazes de aprimorar a adsorção, a disposição do mesmo em colunas, além do estudo com outro CAG, que tenha maiores quantidades de microporos e mesoporos.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq pelo financiamento do projeto. À PROPP/UFJF. À professora doutora Ana Augusta Passos Rezende pela concessão do CAG.

6 REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB-3410: Carvão Ativado Pulverizado – Determinação do Número de Iodo**. Rio de Janeiro, 1991.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: WEF:1368 p. 2005

ASTM International. **Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by Aqueous Phase Isotherm Technique**. 2008

AZEVEDO *et al.* Remoção de desreguladores endócrinos no tratamento de água. **Revista DAE**, São Paulo, v. 68, n. 226, p. 91-110, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.069>.

BASTOS, R.K.X.; BEVILACQUA, P.D.; MIERZWA, J.C. Análise de Risco Aplicada ao Abastecimento de Água para Consumo Humano. In: PÁDUA, V.L.P. (Coord.) **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Ed. ABES, p. 327-360, 2009.

BILA, D. M. **Degradação e remoção da atividade estrogênica do desregulador endócrino 17 β -estradiol pelo processo de ozonização**. Tese de doutorado em Ciências em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300027>.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, v. 30, p. 651-666, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300027>.

BOTTREL, S.E.C. **Avaliação Da Remoção Da Etilenotriuréia (Etu) E 1,2,4-triazol Através De Processos Oxidativos Avançados E Adsorção**. Dissertação de mestrado, em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas

Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ENGD-92JPDP>. Acesso em: 19 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 5. Anexo XX de 28 de setembro de 2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2017.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**, 2ed. Editora Rima, 2005.

FILHO, F. M. T.; PASCHOALATO, C.F.P.R.; JUNIOR, R. P. Remoção De Clorofórmio Por Adsorção Em Carvão Ativado Granular. In: ABES. **Congresso ABES FENASAN**. 2017. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletosPDF/II-216.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021.

GOMES, G.; FELIX, L.; ARGOLO, A.S.; BILA, D.M. Avaliação Da Atividade Estrogênica De Substância Simples E Misturas Pelo Ensaio YES (Yeast Estrogen Screen). In: ABES. **Congresso ABES FENASAN**. 2017. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletosPDF/VI-194.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

LIBANIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento**, 3d. Campinas: Ed. Átomo. 2010.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

NETO, J. M *et al.* O. Remoção da Atividade Estrogênica por Cloração. **Principia**, v. 19, n. 2, p. 11, Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2019.v19.29920>. Acesso em: 22 jan. 2021.

PAMPLONA-SILVA, M. T. *et al.* Estrogenic Compounds: Chemical Characteristics, Detection Methods, Biological and Environmental Effects. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 229, p. 1-27, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3796-z>.

PEREIRA, R.O. **Formação de subprodutos do estrona e 17β-estradiol na oxidação utilizando cloro e o ozônio em água**. Tese de Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo, USP. São Carlos, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.18.2011.tde-07042011-134759>.

PIZA, A.V.T. **Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Carvões Ativadas para a Remoção de Diuron e Hexazinona**. Dissertação de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas Naturais e Tecnológicas da Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: <http://tede.unaerp.br:8180//handle/tede/10>. Acesso em: 20 jan. 2021.

RESENDE, T. C. *et al.* Estudo comparativo entre as concentrações de hormônios reportados em matrizes ambientais aquosas no Brasil e no exterior. **Anais...** 29

Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária – Feira Nacional de Meio Ambiente. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletosPDF/I-357.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2021.

RODRIGUES, J. S. *et al.* Presença de fármacos e hormônios na água: uma análise cienciométrica. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 6, p. 1-22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17648/rsd-v7i6.240>.

ROUTLEDGE, E. J.; SUMPTER, J. P. Estrogenic activity of surfactants and some of their degradation products assessed using a recombinant yeast screen. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 15, n. 3, p. 241-248, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.5620150303>.

SNOEYINK, V. L.; SUMMERS, R.S. Adsorption of organic compounds. Cap. 13. **Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies**. (Ed. Letterman, R. D.). 5ª ed. McGraw Hill Education. 1999

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Contaminant Candidate List-4-CCL4**. 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/ccl/contaminant-candidate-list-4-ccl-4-0>. Acesso em: 22 jan. 2021.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Endocrine Disruption**. Disponível em: <https://www.epa.gov/endocrine-disruption>. Acesso em: 21 jan. 2021.