

**ÁREA TEMÁTICA: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO**

**USO DE ADSORVENTES COMO ALTERNATIVA  
NO TRATAMENTO DE  
CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM ÁGUAS E  
EFLUENTES LÍQUIDOS**

**Letícia de Jesus Castro Morais dos Santos** – l\_lele@hotmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

**Gleide Nascimento Azevedo** – gleide.azevedo@hotmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia



## 1. RESUMO

Atualmente toneladas de microcontaminantes orgânicos são lançados nos corpos hídricos através do esgoto sanitário, industriais e hospitalares, o mesmo possui uma carga química elevada quando não tratada corretamente, causando mudanças irreparáveis ao meio. Desta forma o presente artigo apresenta um estudo bibliográfico de variadas metodologias de adsorventes usados na adsorção de contaminantes orgânicos.

**Palavras-chave:** Contaminantes Orgânicos, Adsorventes, Metodologias.

## 2. INTRODUÇÃO/OBJETIVO

Os microcontaminantes orgânicos representam uma das classes de substâncias químicas lançadas diariamente no meio e se revelam como sério problema ambiental dos últimos tempos. Tais produtos quando lançados no meio interagem com as espécies resultando em impactos negativos à biota. A exemplo, tem-se os antibióticos, que ao serem lançados no meio, contribuem para a ocorrência e propagação de resistência microbiana (Kümmerer, 2003) e os estrógenos quanto aos riscos relacionados às funções endócrinas e reprodutivas em peixes selvagens, como, por exemplo, a feminização de peixes machos (Baronti *et al.*, 2000).

Apesar dos microcontaminantes serem encontrados no meio em concentrações traços, na ordem de ng/L e µg/L, estes compostos apresentam características e propriedades que os tornam recalcitrantes no meio aquático e terrestre. Uma vez no ambiente, os contaminantes orgânicos podem concentrar-se no solo através de atividades agropecuárias (Martínez-Carballo *et al.*, 2007) e de sumidouros. Podem sofrer lixiviação sendo transportados aos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Uma provável rota de contaminação hídrica advém do escoamento superficial de esgotos domésticos, hospitalares e industriais e da lixiviação sofrida pela disposição de lodo de esgoto no solo. Estudos demonstraram a ocorrência de contaminação de poluentes orgânicos persistentes em águas superficiais, subterrâneas, águas de abastecimento público ((Stackelberg *et al.*, 2004 e 2007; Souza, 2008), em esgoto tratado (Souza, 2011; Américo et al, 2012) e em amostras de solo.

Os tratamentos convencionais de água e os tratamentos primário e secundário de esgoto não retiram, em sua totalidade, os contaminantes orgânicos presentes na água (Loffler et al., 2005 ; Souza, 2011; Américo et al, 2012).



Novas tecnologias de tratamentos que objetivam a remoção desses poluentes têm sido bastante investigadas. Os principais métodos de tratamento de efluentes reportados na literatura envolvem processos físico/químicos e biológicos. Dentre eles, sobressaem os processos que objetivam a remoção dos fármacos em águas de estações de tratamento de esgoto e de água potável que são processos oxidativos avançados (POAs) (Vasconcelos, 2011; Ferreira, 2011), bioreatores com membranas (BRMs) e carvão ativado, ozonização (Krause, 2009), nanofiltração (Simões, 2010) e adsorventes naturais (Higarashi, 2012). Tais processos, com exceção do último são alternativas dispendiosas encarecendo os sistemas de tratamento de águas e de esgotos. Na tentativa de baratear os custos de tratamentos secundários de águas e efluentes, pesquisas com uso de adsorventes tem sido desenvolvidas em todo território nacional.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica acerca dos principais adsorventes utilizados para a adsorção de contaminantes orgânicos em águas e efluentes líquidos.

### **3. METODOLOGIA**

O presente artigo teve como processo metodológico um levantamento documental de artigos e teses em sites acadêmicos, seleção destes documentos e escolha daqueles que apresentaram variadas metodologias que podem ser empregadas no tratamento de adsorção dos contaminantes orgânicos em efluentes.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentre os métodos de tratamento de águas e efluentes líquidos, a bioadsorção tem-se mostrado como metodologia promissora (BILA & DEZOTTI, 2007), economicamente exequível e ambientalmente correta, uma vez que há o aproveitamento de resíduos vegetais.

O processo da adsorção baseia-se em um fenômeno de separação de uma mistura implicando o contato de uma fase fluida (líquida) com uma fase rígida (adsorvente), onde moléculas, íons e átomos de uma determinada substância líquida ou gasosa são deslocados para uma superfície sólida, permanecendo aí retidos. Os solutos adsorvidos são estabelecidos como adsorvatos e o material sólido, ou seja, a fase rígida permanente é o adsorvente. A adsorção envolve interações eletrostáticas e as forças de Van der Waals entre o adsorvato e o adsorvente (fisiossorção) e quando há reação química (quimissorção) entre o sítio ativo de adsorção e o adsorvato (Di bernardo *et al.*, 2002).



A adsorção é afetada pelas naturezas do adsorvente (matéria-prima utilizada na produção, grupos funcionais, área superficial, porosidade e processo de ativação) e do adsorvato (grupos funcionais, polaridade e peso molecular) bem como pelas condições físicas e químicas da solução e do processo (temperatura, pH, agitação, concentração do adsorvato e tempo de contato) ( Haghseresht *et al.* ,2002). Recentemente, diferentes adsorventes têm sido estudados como uma alternativa na remoção de micropoluentes orgânicos presentes em efluentes líquidos. A tabela 1 mostra esses diferentes adsorventes utilizados atualmente para a remoção dos micropoluentes orgânicos de efluentes e águas.

Tabela 1: Adsorventes utilizados na remoção de micropoluentes orgânicos

Adsorvente	Autor	Metodologia	Resultado
Quitosana	Cosmo <i>et al</i> (2011)	O autor utilizou a quitosana e o carvão ativado para a remoção do fármaco paracetamol para saber qual possuía maior potencial adsorativo.	A quitosana apresentou 128,67 µg/g, sendo superior ao carvão ativado com 86,22 µg/g
Turfa	Fernandes <i>et al</i> (2011)	Fernandes et al utilizou uma amostra decomposta de turfa para a remoção dos hormônios 17b - ESTRADIOL E 17a – ETINILESTRADIOL	Foi possível atingir a remoção de 76,2% do hormônio 17b e 55,0% do hormônio 17a
Clarificação	Lima (2013)	Lima usou o processo de clarificação associado à adsorção com carvão ativado e coagulantes para remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em águas naturais	O autor constatou uma piora na remoção dos micropoluentes, demonstrando haver competição entre os micro-contaminantes e as espécies hidrolisadas do coagulante pelos sítios ativos do adsorvente. Porém, uso do carvão ativado como pré-tratamento aumentou a eficiência de remoção de



			34% a 99,9% dos micropoluentes
Zeólitas	Fungaro & Bruno (2009)	Utilizou-se zeólitas sintetizadas a partir das cinzas de carvão de usina termoeletrica para remoção do corante azul de metileno em águas.	A pesquisa atingiu um percentual de 90 a 92% de adsorção do corante
Carvão Ativado em pó – CAP	Ferreira (2011)	Ferreira utilizou o CAP para remoção de 15 micropoluentes emergentes na ETE de Büsnau na Alemanha	Para dosagem de 20mg/l de carvão ativado, houve remoções superiores de 90% dos fármacos e 86% a 99% para as demais substâncias.
Lodo de ETE têxteis	Vasques (2012)	Vasques utilizou o lodo residual obtido através de pirólise a vácuo para remoção da cor e da matéria orgânica do efluente têxtil	O autor obteve um resultado de até 99,5% na remoção da cor e matéria orgânica.
Casca de Coco Verde e Xisto	Barbosa (2011)	Barbosa utilizou xisto retortado e pó da casca do coco verde para avaliar a eficiência na remoção de arsênio (As), óleos e graxas (O&G) de um efluente	Barbosa obteve uma eficiência de quase 100% na remoção ao arsênio e 70% na remoção dos óleos e graxas (O&G) com o xisto. Já com o pó da casca do coco verde obteve 80% na remoção dos óleos e graxas (O&G) e foi ineficiente na remoção do arsênio.
Folhas de Neem	IMMICH (2006)	O autor utilizou as folhas de Neem como adsorvente para remoção de corantes em efluentes têxteis e analisou a	De acordo com os resultados as folhas obtiveram uma remoção do corante de azul Maxilon GRL superior a



		influência de alguns parâmetros em diferentes classes de corantes.	99%, 97% para o corante Azul Lanaset 2R e 90% para Azul Remazol RR
Bagaço da cana-de-açúcar	BRANDÃO (2006)	Brandão utilizou o bagaço da cana para remoção de derivados do petróleo	O bagaço da cana-de-açúcar foi capaz de adsorver 99% de gasolina e 90% de n-heptano presentes nas amostras

Fonte: Autora, 2017.

## 5. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A utilização de adsorventes na remoção de micropoluentes apresenta como uma alternativa tecnológica ambientalmente sustentável ganhando interesse no meio acadêmico para o desenvolvimento tecnológico na remoção dos micropoluentes em águas.

Das pesquisas reportadas observou-se que o processo de adsorção foi nitidamente influenciado pela quantidade de adsorvato, da massa do adsorvente, do tempo de contato do soluto com o adsorvente, quantidade sítios ativos presentes no adsorvente, temperatura, tamanho da partícula do material adsorvente, dosagem do adsorvente, competição entre os micro-contaminantes e outras substâncias químicas hidrolisadas pelos sítios ativos do adsorvente.

Assim é necessária uma adaptação da metodologia escolhida para a realização do tratamento de adsorção dos micro-poluentes de acordo com a sua necessidade para o mesmo ter um grau de eficiência elevado. Dentre todos os adsorventes apresentados os que possuíram maior custo/benefício foram àqueles utilizados através da biomassa como a casca do coco, bagaço da cana-de-açúcar e a folha de Neem pois o mesmo possui em grande quantidade no Brasil e é pouco utilizado auxiliando também na redução deste resíduo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉRICO, J. H.; ISIQUE, W. D.; MINILLO, A.; CARVALHO, S. L. Fármacos em Uma Estação de Tratamento de Esgoto na Região Centro-Oeste do Brasil e os Riscos aos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 17, n.3, p. 61-67- Jul/Set 2012. Disponível em: [http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/d8b3636f8df80e826675d6b10f61272a\\_27322ace54d06ae91011e789da56cbb2.pdf](http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/d8b3636f8df80e826675d6b10f61272a_27322ace54d06ae91011e789da56cbb2.pdf). Acesso em: 19 maio de 2017.



BARBOSA, A. L. S. **Avaliação de um Sistema de Colunas de Leito Fixo Utilizando Xisto Retortado e Pó de casca do Coco para Remoção de Arsênio, Óleos e graxas de um efluente Real.** Rio de Janeiro, 96 p, 2011. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli246.pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.

BARONTI, C; CURINI, R.; D'ascenzo, G.; Di Corcia, A.; Gentili, A.; Samperi, R. Monitoring Natural and Synthetic Estrogens at Activated Sludge Sewage Treatment Plants and in a Receiving River Water. **Environmental Science and Technology**, v.34, n. 24, p. 5059-5066, 2000.

BILA, D.M.; DEZOTTI, M. Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente: Efeitos e Consequências. **Química Nova**, vol. 30, nº3, p.651-666. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40422007000300027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40422007000300027&script=sci_arttext). Acesso em: 16 maio 2017.

BELISÁRIO, M; BORGES, P. S.; GALAZZI, R. M.; PIERO, P. B. D.; ZORZAL, P. B.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. O emprego de Resíduos Naturais no Tratamento de Efluentes Contaminados com Fármacos Poluentes. **Revista Inter Science Place**, v. 2, n. 10, p. 6, 2009. Disponível em: <http://interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/viewFile/99/98>. Acesso em: 23 maio 2017.

BRANDÃO, P. C. **Avaliação do uso do bagaço-de-cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes.** Uberlândia, 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.

CERÁVOLO, R. A. **Avaliação da Capacidade Adsorptiva de Compostos Sulfurados do Óleo diesel em Carvão Ativado.** Curitiba, 154 p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/28855/R%20%20D%20%20RENAT%20A%20DE%20ABREU%20CERAVOLO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 de maio 2017.

COSMO, P. C.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. Avaliação de Quitosana como Agente Removedor de Paracetamol em Águas de Abastecimento. In: VI Jornada de Iniciação científica. Vitória – Espírito Santo, 2011. Disponível em:



pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/.../045.../..%5CT2364.pdf. Acesso em: 11 de maio 2017.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: [http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/DISSERTACAO\\_FERNANDA\\_DEPIZZOL\\_2006.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/DISSERTACAO_FERNANDA_DEPIZZOL_2006.pdf). Acesso em: 11 maio 2017

DI BERNARDO, L; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. **Rima**. São Carlos, 237p., 2002.

FERNANDES, A. N.; GIOVANELA, M.; ALMEIDA, C. A. P. ; ESTEVES, V.I.; SIERRA, M. M. D; GRASSI, M. T. Remoção dos Hormônios 17b-estradiol e 17a-etinilestradiol de Soluções Aquosas Empregando a Turfa Decomposta Como Material Adsorvente. **Química Nova**, vol. 34, No. 9, p.1526-1533, 2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72935/000822838.pdf?sequence=1>. Acesso do. Acesso em: 19 de maio 2017.

FERREIRA, J. C. R. **Remoção de Micropoluentes Emergentes em efluentes Sanitários através de Carvão Ativado**. Curitiba, 162 p., 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/29741/R%20-%20D%20-%20JULIANO%20CESAR%20REGO%20FERREIRA.pdf?sequence=1>. Acesso: 13 maio 2017.

FUNGARO, D. A. ; BRUNO, M.. Utilização de Zeólitas Sintetizadas a Partir de Cinza de Carvão para Remoção de Azul de Metileno em Água. **ORBITAL**.2009, p.4963.Disponível em: [www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/download/32/11](http://www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/download/32/11). Acesso em: 12 maio 2017.

HAGHSERESHT, F.; NOURI, S.; FINNERTY, J. J.; LU, G. Q. Effects of surfaces chemistry on aromatic compound adsorption from dilute aqueous solutions by activated carbon. **Journal of Physical Chemistry**, v. 106, n. 42, p. 10935 - 10943, 2002. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jp025522a>. Acesso em: 16 maio 2017.

IMMICH, A. P. S. Remoção de Corantes de Efluentes Têxteis Utilizando Folhas de Azadirachta indica como Adsorvente. Florianópolis, 11 p., 2006. Dissertação (Mestrado) –





---

Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88917/233095.pdf?sequence=1>.  
Acesso em: 23 maio 2017.

KRAUSE, L. G. T. **Degradação do Antibiótico Sulfametoxazol por Ozonização e Avaliação da Atividade Antimicrobiana**. Rio de Janeiro, 92 p., 2009. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:  
<http://fenix3.ufrj.br/60/teses/copped/LuizGustavoTavaresKrause.pdf>. Acesso em: 13 maio 2017.

KÜMMERER, K. Significance of antibiotics in the environment. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 52, p. 5-7, 2003. Disponível em:  
<http://jac.oxfordjournals.org/content/52/1/5.full.pdf>. Acesso em: 13 maio 2017.

LIMA, D. R. S. **.Remoção de Fármacos e Desreguladores Endócrinos de Águas Naturais por Clarificação Associada à Adsorção em Carvão Ativado em Pó**. Ouro Preto, 126 p., 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal de Ouro Preto. Disponível:  
<http://200.131.208.43/bitstream/123456789/3186/1/disserta%2087%20o%20remo%20a%20de%20farmacosdesreguladores.pdf>. Acesso em: 11 maio 2017.

LOFFLER, D. et al. Environmental Fate of Pharmaceuticals in Water/ Sediment Systems. **Environmental Science Technology**, vol.39, p. 5209-5218, 2005. Disponível em:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16082949>. Acesso em: 15 maio 2017.

MARTÍNEZ, E.; BARREIRO, C.; SCHARF, S. & Gans, O. Environmental monitoring study of selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria. **Environmental Pollutants**, n.148, p. 570-579, 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749106006816>. Acesso em: 18 maio 2017.

SIMÕES, P. M. S. V. **Contribuição para o Estudo da Presença e Remoção de Compostos Emergentes de Filtros de UV em ETAR**. Lisboa, 107 p., 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Nova de Lisboa. Disponível em:  
[http://run.unl.pt/bitstream/10362/5129/1/Simoes\\_2010.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/5129/1/Simoes_2010.pdf). Acesso em: 12 maio 2017.

SOUZA, J. B. G. **Estudo da Ocorrência de Tetraciclinas e Estrógenos em Água Superficial, Subterrânea e Esgoto Tratado na Cidade de Campo Grande (MS)**.

---



---

Araraquara, 160 p., 2008. Dissertação (Doutorado) - Universidade Estadual paulista. Disponível em: [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/biq/33004030072P8/2008/souza\\_jbg\\_dr\\_araiq.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/biq/33004030072P8/2008/souza_jbg_dr_araiq.pdf). Acesso em: 20 maio 2017.

SOUZA, N. C. **Avaliação de Micropoluentes Emergentes em Esgotos e Águas Superficiais**. Fortaleza, 183 p., 2011. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal do Ceará. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/2148/1/2011\\_tese\\_ncsouza.pdf](http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/2148/1/2011_tese_ncsouza.pdf). Acesso em: 06 maio 2017.

STACKELBERG, P. E.; FURLOG, E. D.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; HENDERSON, A. K.; REISSMAN, D. B. Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking-water-treatment plant. **Science of the Total Environment**, v. 329, 2004.

STACKELBERG, P. E.; GIBS, J.; FURLONG, E. D.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; Lippincott, R. L. Efficiency of conventional drinking-water-treatment process in removal of pharmaceuticals and other organic compounds. **Science of the Total Environment**, v. 377, 2007.

VASQUES, A. R.. **Caracterização de Adsorventes obtidos por Combustão e Pirólise de Lodo residual e aplicação no Tratamento de Efluentes Têxteis de Florianópolis**. Florianópolis, 130 p., 2012. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100696/313726.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 maio 2017.

VASCONCELOS, O. M. S. R. **Degradação do Antibiótico Amoxicilina em efluente de Indústria farmacêutica**. Belo Horizonte, 136 p., 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: [http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8RKPSS/degrada\\_o\\_do\\_antibi\\_tico\\_amoxicilina\\_em\\_efluente\\_de\\_ind\\_stria\\_farmac\\_utica.pdf;jsessionid=ABE195C64CA6A90C9672C66E191A6919?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8RKPSS/degrada_o_do_antibi_tico_amoxicilina_em_efluente_de_ind_stria_farmac_utica.pdf;jsessionid=ABE195C64CA6A90C9672C66E191A6919?sequence=1). Acesso em: 05 maio 2017.