



FILTRO GRAVITACIONAL DOMÉSTICO COMPOSTO DE CARVÃO ATIVADO IMPREGNADO COM METAIS

Silvia Amélia Liwa Abe; Natália Ueda Yamaguchi; Flávia Sayuri Arakawa; Quelen Letícia Shimabuku; Rosângela Bergamasco

RESUMO Neste trabalho foram realizados ensaios a fim de desenvolver um processo inovador para a melhoria da qualidade da água tratada destinada ao consumo humano. Foi utilizado carvão ativado granular, obtido de casca de coco de dendê, e utilizou-se um sistema gravitacional simples e econômico. A fim de melhorar a eficiência microbiológica, foram impregnados metais na superfície do carvão ativado com as seguintes concentrações: 0,5% de cobre, 1,0% de cobre e de 0,5% de cobre juntamente com 0,5% de prata na mesma amostra. Verificou-se a eficiência do filtro através dos resultados obtidos da avaliação de remoção de cloro, e com a avaliação da eficiência de remoção de *Escherichia coli*. Além disso, realizaram-se ensaios com o carvão ativado sem impregnação de metais. Os filtros de carvão ativado apresentaram remoções de cloro acima de 90% em todos os filtros. O filtro com carvão ativado impregnado com cobre e prata 0,5% apresentou melhor resultado para remoção de *E. coli* inicial e final de acordo com a remoção permitida pela NBR 16098. Portanto, o filtro doméstico de carvão ativado impregnado com cobre e prata, revelou ter alto potencial na melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano em filtros gravitacionais descentralizados, produzindo água potável de alta qualidade.

PALAVRAS-CHAVE Carvão ativado; Cobre; *Escherichia coli*; Prata.

ABSTRACT In this study tests were conducted in order to develop a novel process for improving the quality of treated water intended for human consumption. Granular activated carbon obtained from oil palm shell was used in a simple and economical gravitational system. To enhance the bactericidal efficiency metals were impregnated on the surface of activated carbon with the following concentrations: 0.5% copper, 1.0% copper and 0.5% copper and 0.5% silver in the same sample. The filter was evaluated through the efficiency of the removal of chlorine, and through the efficiency of removal of *Escherichia coli*. In addition, tests were performed with the activated carbon without metal impregnation to compare the bactericidal efficiency. The activated carbon filters had removals of chlorine above 90% in all filters. The filter with activated carbon impregnated with copper and silver 0.5% showed the best result for initial and final removal of *E. coli*, according with permitted by the NBR 16098. Therefore, the domestic filter produced with activated carbon impregnated with copper and silver have shown great potential in improving the quality of water intended for human consumption in gravitational decentralized filters, producing high quality drinking water.

KEYWORDS Activated carbon, Copper, *Escherichia coli*, Silver.

1. INTRODUÇÃO

Em países em desenvolvimento, existe uma preocupação em relação à qualidade biológica da água, já que um dos principais fatores de risco da água para consumo estão associados à contaminação microbiológica (PETER-VERBENETS, *et al.*, 2009). A água

Silvia Amélia Liwa Abe (Bolsista de Iniciação Científica PIBIC-CNPq, Engenharia Química/DEQ/UEM, silvia_abe@hotmail.com)

Natália Ueda Yamaguchi (Docente, Engenharia Civil/UNICESUMAR, nataliayamaguchi@hotmail.com)

Flávia Sayuri Arakawa (Doutoranda, Engenharia Química/DEQ/UEM, flaviasayuri@gmail.com)

Quelen Letícia Shimabuku (Doutoranda, Engenharia Química/DEQ/UEM, le.shimabuku@gmail.com)

Rosângela Bergamasco (Docente, Engenharia Química/DEQ/UEM, rosangela@deq.uem.br)

Anais Eletrônico

VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar

UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar

Editora CESUMAR

Maringá – Paraná – Brasil

pode disseminar doenças, atuando como um portador passivo de patógenos infecciosos, principalmente relacionados à contaminação fecal das fontes de água (GADGIL, 1998).

A contaminação da água pode ocorrer durante a distribuição para as residências via bombas e tubulações devido a avarias e/ou a falta de manutenção e monitoramento das estações de tratamento, além de constantes quedas de pressões, podem contribuir para a má qualidade da água para consumo (BRICK *et al.*, 2004; REBOUÇAS, 2004).

Portanto, para garantir a qualidade desejada da água que chega ao consumidor final nos casos onde o tratamento centralizado não é eficiente, sistemas de tratamento de água descentralizados/domésticos simples têm sido utilizados para atuarem como uma barreira final para o consumidor (PETER-VERBENETS, *et al.*, 2009).

Para estes sistemas podem ser utilizadas tecnologias não convencionais de tratamento, como por exemplo: radiação ultravioleta, ozônio, membranas microporosas, filtração em carvão ativado, zeólitas, resinas de troca iônica, entre outros, devido à eficácia destas tecnologias para remoção de diversos tipos de contaminantes (SILVA, 2012).

O carvão ativado tem sido amplamente utilizado no tratamento de água devido ao seu alto poder de adsorção, controle de cor e odor, bem como para a remoção de compostos orgânicos, metais tóxicos e cloro (HETRICK *et al.*, 2000).

Porém, apesar de sua área superficial elevada, o carvão ativado tem baixa eficiência na remoção de microrganismos. A incorporação de metais na sua superfície tem sido utilizada por diversos autores (MIOTTO *et al.*, 2000; PARK e JANG, 2003; ZHAO *et al.*, 2012) para aumentar a eficiência bacteriológica para produção de filtros domésticos que garantam a qualidade da água potável para o consumidor final.

Este trabalho utilizou um sistema de filtração gravitacional inovador composto de carvão ativado impregnado em diferentes concentrações de metais para a melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano. Além da avaliação destes filtros, também foi avaliado o filtro com carvão ativado sem a impregnação de metais, a fim de comparar as eficiências em relação à remoção bacteriológica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PREPARAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO IMPREGNADO COM METAIS

Para melhorar a eficiência microbiológica do carvão ativado, foram feitas impregnações de metais (cobre e prata) na superfície do carvão, em 3 concentrações diferentes: 0,5% de cobre, 1,0% de cobre e uma terceira concentração de 0,5% de cobre e 0,5% de prata na mesma amostra. Para isso, utilizou-se a técnica da impregnação úmida com excesso de solvente, que foi baseada em trabalhos anteriores (SILVA, 2008; SILVA, 2012, MIOTTO *et al.*, 2000; ARAKAWA, 2011).

A impregnação de metais foi realizada conforme descrito por Silva (2008) em evaporador rotativo. Adicionou-se GAC e água deionizada na proporção 1:1 (m/m) em balão de evaporador rotativo, e em seguida, sulfato de cobre e/ou nitrato de prata em solução (30 ml) em quantidades suficientes para atingir a concentração desejada. Essa mistura permaneceu então sob agitação (20 rpm) e aquecimento (60°C) por 24 horas. Depois desta etapa, o excesso de água foi retirado com pressão negativa à 80°C e a amostra foi levada para secagem em estufa à 100°C por 24 horas. Após a secagem, o carvão foi submetido ao tratamento térmico em forno mufla a uma temperatura de 350°C por 5 horas. Na última etapa da impregnação a amostra foi submetida a uma lavagem a fim de remover os íons que não foram impregnados e o carvão pulverizado durante o tratamento térmico, seguida de uma última secagem em estufa a 100 °C.

2.2 SISTEMA GRAVITACIONAL DE FILTRAÇÃO

Neste trabalho foram avaliados 4 diferentes filtros de carvão ativado, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Configurações dos filtros avaliados neste trabalho.

	Configurações
C	Carvão ativado sem impregnação de metais
C05	Carvão ativado impregnado com 0,5% de cobre
C10	Carvão ativado impregnado com 1,0% de cobre
CCA	Carvão ativado impregnado com 0,5% de cobre e 0,5% de prata

A Figura 1 representa o sistema gravitacional utilizado nos ensaios, com o objetivo de simular um filtro de uso doméstico para avaliar os sistemas filtrantes em suas diferentes configurações.

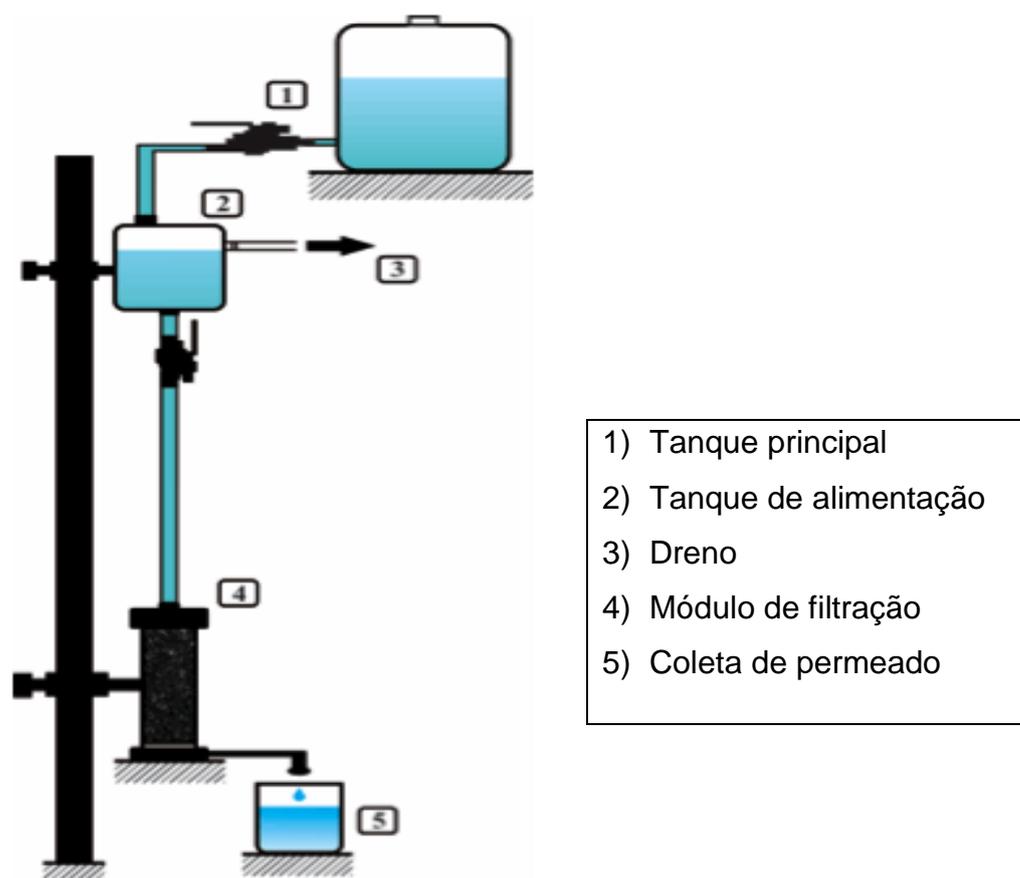


Figura 1 – Esquema do sistema de filtração gravitacional.

O sistema era composto por um tanque principal com capacidade de 20 L (1), que armazenava a água a ser tratada e supria o tanque de alimentação (2). O dreno (3) mantinha o nível de água constante no tanque de alimentação, com a finalidade de não alterar a altura da coluna d'água (3,1 metros), e conseqüentemente mantendo a pressão constante (0,31 bar, resultante da coluna d'água). O permeado era coletado perpendicularmente à área da base do filtro (5), caracterizando uma operação de filtração perpendicular.

2.3 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO

2.3.1 Avaliação de Remoção de Cloro

A metodologia utilizada nos ensaios de avaliação dos filtros de carvão ativado foi desenvolvido e adaptado de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) 16098 de 2012. A avaliação de remoção de cloro livre foi realizada durante a filtração de 600 litros de água da torneira que foi a vida útil estipulada para o filtro. Esses procedimentos seguem a metodologia DPD (N,N-dietil-p-fenilenodiamino) descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012) utilizando-se um espectrofotômetro HACH DR890.

A quantidade de cloro permitida pela Portaria 2914 (2011) é de 0,2 – 2 mg/L. Segundo a ABNT NBR 16098 (2012) existe também uma classificação para o sistema de filtração quanto à eficiência de remoção de cloro livre que será utilizada para classificar o filtro produzido. A classificação está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do sistema de filtração quanto à eficiência de redução de cloro livre.

Classe	Porcentual de redução de cloro livre
I	> 75%
II	50% a 74,9%
III	25% a 49,9%

2.3.2 Valiação de Remoção Microbiológica

Para a avaliação de remoção de *Escherichia coli*, utilizou-se água contaminada artificialmente com concentração entre 10^5 e 10^6 UFC/100 ml, e realizada de acordo com o descrito pela NBR 16098 (ABNT, 2012). Depois da filtração da água contaminada, a remoção de *E. coli* foi avaliada utilizando-se a técnica da membrana filtrante (Figura 2), conforme descrito no *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater* (APHA, 2012). Estes ensaios foram realizados no início e final da vida útil do filtro, isto é, antes e após a passagem de 600 litros de água de torneira no filtro.



Figura 2 – Colônias de *E. coli* em meio m-endo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REMOÇÃO DE CLORO

Os resultados obtidos para a remoção de cloro para os filtros de carvão ativado estão presentes na Figura 3.

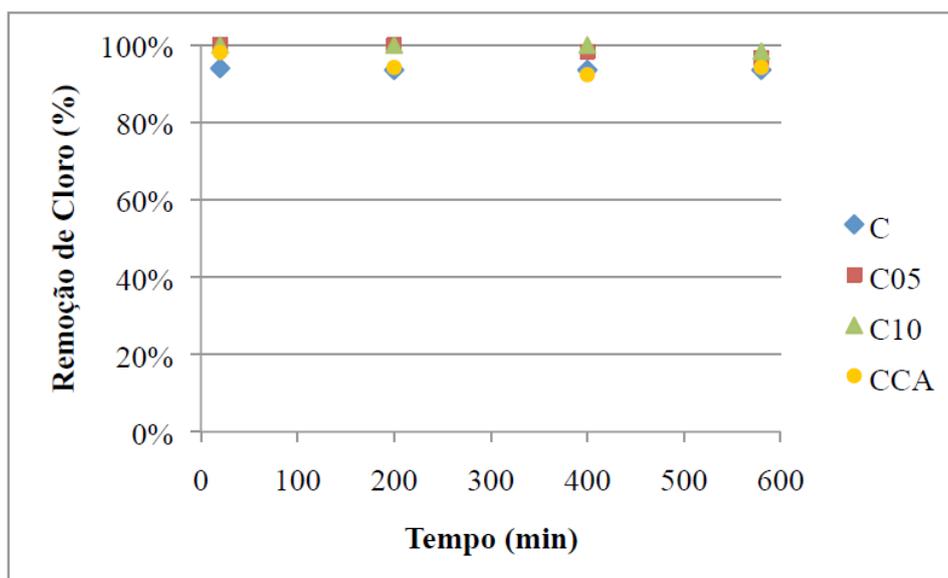


Figura 3 – Remoção de cloro para os filtros de carvão ativado.

Conforme apresentado na Figura 2, os filtros de carvão ativado apresentaram remoções de cloro acima de 92% para todas as configurações, comprovando o alto poder de adsorção de cloro do carvão ativado. A classificação dos filtros produzidos segundo a NBR 16098 (ABNT, 2012) apresentado na Tabela 2, é de classe I, com remoções maiores que 75%.

3.2 REMOÇÃO BACTERIOLÓGICA

Os resultados obtidos para a eficiência de remoção de *E. coli* estão apresentados na Figura 4.

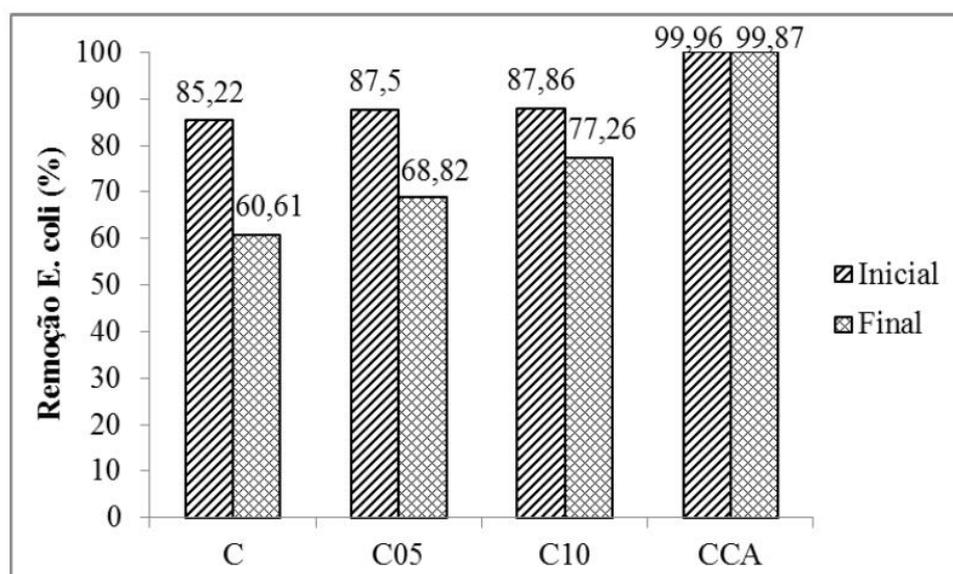


Figura 4 – Remoção bacteriológica para os filtros de carvão ativado.

Pode-se observar através dos resultados obtidos, que o aumento de remoção foi maior quando aumentou-se à quantidade de metais impregnados. O efeito bactericida dos

metais impregnados no carvão ativado já eram resultados esperados devido ao conhecido efeito oligodinâmico dos metais sobre os microrganismos.

Porém, o resultado para cobre e prata impregnados juntos em uma mesma amostra de carvão ativado potencializou o efeito oligodinâmico, encontrando remoções acima de 99%, conforme exigido pela conforme exigido pela NBR 16098 (ABNT, 2012), enquanto que os outros filtros apresentaram remoções menores que 90%.

A maior remoção de *E. coli* obtida para o sistema com carvão impregnado com cobre e prata pode ser explicado por YAHYA e GERBA (1992). Segundo estes autores, durante o processo do efeito oligodinâmico, os íons de cobre e prata agem em conjunto, apresentam um efeito sinérgico. Os íons de cobre carregados positivamente formam ligações eletrostáticas aos grupos carregados negativamente presentes na parede da célula, resultando em um enfraquecimento da célula, tal enfraquecimento permite que os íons de prata entrem nas células, estes íons de prata se ligam ao DNA, RNA e enzimas respiratórias, desativando a estrutura do sistema vital da célula, e conseqüentemente causando a morte celular (HAMBIDGE 2001).

As remoções no final da vida útil foram menores em relação às remoções iniciais devido possivelmente a menor quantidade de metais presentes no carvão final da vida útil ocasionadas pela lixiviação de metais e também pela saturação dos poros do carvão ativado.

ARAKAWA (2011) utilizou impregnações de cobre e prata isoladamente em concentrações de 5% e obteve o mesmo resultado. O presente trabalho utilizou apenas 10% desta quantidade, diminuindo significativamente o seu custo através da combinação destes dois metais.

4. CONCLUSÃO

Os filtros de carvão ativado produzidos apresentaram eficiências de remoção de cloro acima de 90%, classificados como classe I pela ABNT (2012), porém, apenas o filtro de carvão impregnado com 0,5% de cobre e 0,5% de prata apresentou remoções de *E. coli* de acordo com a NBR 16098, com remoções acima de 99%. Portanto, o sistema carvão ativado impregnado com os dois metais no mesmo filtro, revelou ser uma promissora alternativa na purificação e melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano utilizando tecnologias simples e de baixo custo.

5. REFERÊNCIAS

ARAKAWA, F. S. **Módulos de filtração gravitacional com carvão ativado impregnado com íons metálicos para obtenção de água destinada ao consumo humano.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16098 Aparelho para melhoria da qualidade da água para uso doméstico.** ABNT, 1 ed, 2012.

AWWA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION); (WEF) (THE WATER ENVIRONMENT FEDERATION).

Standard methods for the examination of water and wastewater, ed. 22, 2012.

BRICK, T.; PRIMROSE, B.; CHANDRASEKHAR, R.; ROY, S.; MULIYIL, J.; KANG, G. 2004. **Water contamination in urban south India: household storage practices and**

their implications for water safety and enteric infections. International Journal of Hygiene and Environmental Health. v. 207, p. 473-480.

GADGIL, A. 1998. **Drinking water in developing countries.** Annual Review of Energy and the Environment, v. 23, p. 253–286.

HAMBIDGE, A. 2001. **Reviewing efficacy of alternative water treatment techniques.** Health Estate, v. 55, p. 23-25.

HETRICK, J.; PARKER, R.; PISIGAN, R.; THURMAN, N. **Progress report on estimating pesticide concentrations in drinking water and assessing water treatment effects on pesticides removal and transformation: a consultation,** Briefing document for a presentation to the FIFRA Scientific advisory panel. 2000.

MIOTTO, D.M.M., MACHADO, N.R.C.F., LIMA S.M., PEREIRA, N.C., PRADO FILHO, B.D., ABREU FILHO, B.A., 2000. **Estudo da eficiência de filtros de carvão ativo impregnados com prata.** In: XVII Simpósio Ibero-Americano de Catálise, Porto, Portugal, 16-21 Julho.

PARK, S. J.; JANG, Y. S. 2003. **Preparation and characterization of activated carbon fibers supported with silver metal for antibacterial behavior.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 261, p. 238-243.

PETER-VARBANETS, M.; ZURBRÜGG C.; SWARTZ, C.; PRONK, W. 2009. **Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology.** Water Research, v. 43, p. 245–265.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água.** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, Escrituras Editora, 2004.

SHIMABUKU, Q. L. **Remoção de cistos de Giardia e oocistos de Cryptosporidium por filtração em carvão ativado impregnado com íons prata, cobre e zinco.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

SILVA, F. V. **Desenvolvimento e Caracterização de Módulos de Filtração para Obtenção de Água Potável.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

SILVA-MEDEIROS, F. V. **Desenvolvimento de Materiais Filtrantes a Partir da Modificação de Meios Porosos para a Melhoria da Qualidade da Água Destinada ao Consumo Humano.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

YAHYA, M. T.; GERBA, C. P. **Water disinfection system and method.** Chemical Abstract Service, v. 118:87342, 1992.

YAMAGUCHI, N. U. **Filtro híbrido de carvão ativado e membrana para purificação da água de consumo humano.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

ZHAO, Y.; WANG, Z. Q.; ZHAO, X.; LI, W.; LIU, S. X. **Antibacterial action of silver-doped activated carbon prepared by vacuum impregnation.** Applied Surface Science, article in press, 2012.

Anais Eletrônico

VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar
UNICESUMAR – Centro Universitário Cesumar
Editora CESUMAR
Maringá – Paraná – Brasil