



# EFICIÊNCIA BACTERICIDA E CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO IMPREGNADO COM METAIS EM FILTROS DOMÉSTICOS

Géssica Roberta Rodrigues de Paiva<sup>1</sup>; Caroline Lopes Alves<sup>2</sup>; Janaina de Melo Franco<sup>3</sup>; Natália Ueda Yamaguchi<sup>4</sup>

**RESUMO:** A presente pesquisa desenvolveu um material bactericida com a modificação de carvão ativado granular impregnado com metais para um filtro gravitacional simples e econômico com o objetivo de melhoria da qualidade da água tratada destinada ao consumo humano. Foram utilizadas concentrações de 0,5% de prata e 0,5% de cobre em massa. Técnicas instrumentais de espectrometria de energia dispersiva e microscopia eletrônica de transmissão foram utilizadas para caracterizar o adsorvente após a impregnação de metais. A eficiência do filtro foi verificada através dos resultados obtidos da avaliação da eficiência de remoção de *Escherichia coli*. O filtro apresentou remoções de *E. coli* superiores a 99% revelando-se ter alto potencial na tecnologia de melhoria da qualidade da água tratada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água; Cobre; Prata e Purificação.

## 1 INTRODUÇÃO

Em áreas urbanas e densamente povoadas, geralmente opta-se por um sistema central de tratamento e distribuição de água. Porém, em muitos casos estes não atingem os resultados esperados, sobretudo nos países em desenvolvimento e nos países recentemente industrializados, principalmente devido a problemas ambientais, políticos e socioeconômicos (KYESSI, 2005).

Com a finalidade de garantir que a água de consumo chegue ao consumidor final com qualidade assegurada, sistemas de tratamento de água domésticos simples têm sido discutidos para atuarem como uma barreira final para o consumidor. Este tipo de tecnologia também tem sido proposta como uma opção efetiva e prática para consumidores dependentes de águas subterrâneas ou para consumidores de áreas rurais (PETER-VARBANETS, *et al.*, 2009).

Adsorção em carvão ativado tem sido largamente utilizada no tratamento de água, para controle de cor e odor, bem como para a remoção de compostos orgânicos, metais tóxicos e cloro devido a sua alta eficiência de adsorção. 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 (Zhao

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – Paraná. Bolsista do Programa de Bolsas de Iniciação Científica da Unicesumar (PROBIC). grrp90@hotmail.com

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. clopesalves@ymail.com

<sup>3</sup> Coorientadora, Professora Mestre do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. janydemelo@gmail.com

<sup>4</sup> Orientadora, Professora Mestre do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br



et al., 2012) para aumentar a eficiência bacteriológica para produção de filtros domésticos que garantam a qualidade da água potável para o consumidor final

Assim, este trabalho utilizou-se de um sistema de filtração gravitacional composto de carvão ativado impregnado com metais para a melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano. Foi realizada a avaliação do filtro com carvão ativado impregnado com cobre e prata 0,5% e do filtro com carvão ativado sem a impregnação de metais, a fim de comparar as eficiências em relação à remoção bacteriológica. Além da avaliação da eficiência do filtro, o carvão ativado impregnado foi caracterizado através de técnicas instrumentais de microscopia eletrônica de varredura, espectrometria de energia dispersiva e microscopia eletrônica de transmissão.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram divididos em três etapas: impregnação de íons metálicos na superfície do carvão ativado, avaliação dos filtros produzidos em relação à remoção de *Escherichia coli* e caracterização do material desenvolvido.

A impregnação de íons metálicos foi realizada em concentração de 0,5% de cobre, 1,0% de cobre e de 0,5% de cobre e 0,5% de prata (m/m). Utilizou-se a técnica da impregnação úmida, baseada em trabalhos presentes na literatura (YAMAGUCHI, 2013). A técnica consistiu basicamente em colocar o carvão ativado em contato com a solução de íons metálicos sob agitação à 60°C durante 24 horas em rotaevaporador, evaporar sob vácuo à 80°C a água em excesso e posterior calcinação em forno mufla à 350°C.

As análises bacteriológicas foram avaliadas através da 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, conforme descrito no *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater* (APHA et al., 2012). Estes ensaios foram realizados no início e no final da vida útil do filtro, isto é, antes e após a passagem de 600 litros de água de torneira no filtro.

As morfologias superficiais do carvão ativado foram verificadas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio Shimadzu SS-550 – Scanning Electron Microscope. No mesmo equipamento foram feitas também as análises de espectrometria de energia dispersiva (EDX) para determinar a composição das superfícies dos carvões ativados e o mapeamento elementar. A micrografias de microscopia eletrônica de transmissão (MET) foram feitas em microscópio JEOL modelo JEM-1400 Electron Microscope. Os equipamentos pertencem ao Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 AVALIAÇÃO BACTERICIDA

Os resultados obtidos para a eficiência de remoção de *E. coli* encontram-se apresentados na Tabela 1.



Tabela 1 – Remoção bacteriológica para os filtros de carvão ativado.

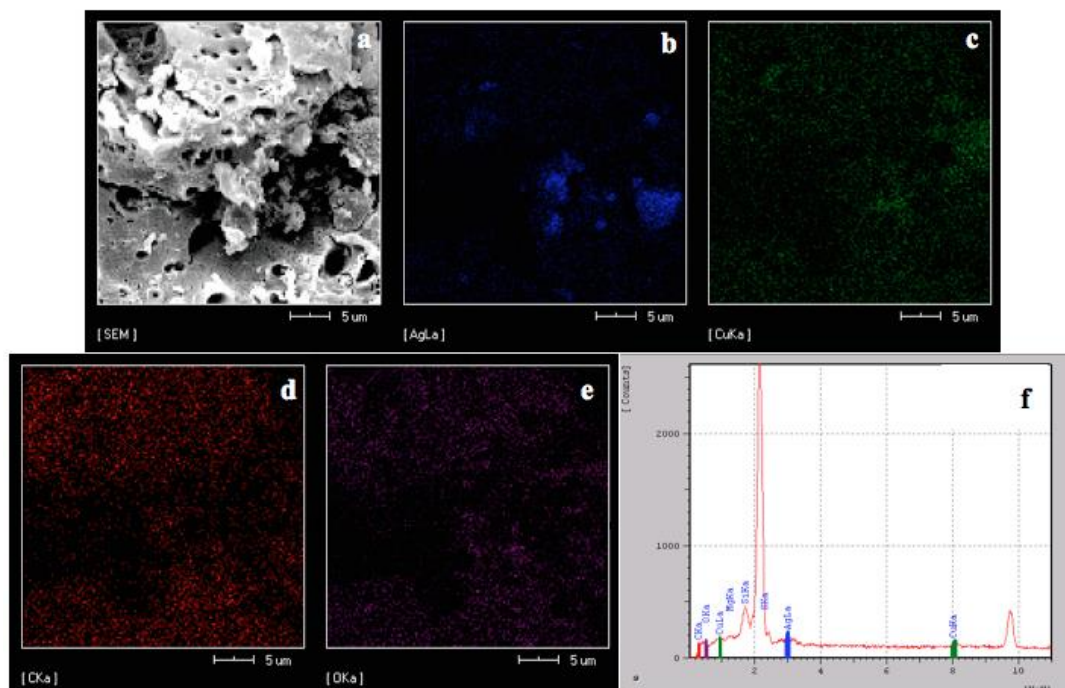
Filtro	Remoção (%)	
	Inicial	Final
Carvão Ativado	85,22	61,61
Carvão Ativado + 0,5% Cu + 0,5% Ag	99,96	99,87

De acordo com a Tabela 1, observou-se um grande aumento para o filtro com carvão ativado impregnado com metais. O efeito bactericida de metais já eram resultados esperados devido ao conhecido efeito oligodinâmico, que é caracterizado pelos efeitos letais que íons metálicos exercem sobre micro-organismos, mesmo em pequenas quantidades (PELCZAR et al., 2005).

O resultado para o filtro impregnado com cobre e prata potencializou o efeito oligodinâmico, apresentando um efeito de desinfecção sinérgico, conhecido pela ação de íons prata e cobre sobre micro-organismos, onde íons cobre se ligam à parede da célula permitindo a entrada de íons prata (YAHYA E GERBA, 1992). Este efeito resultou em remoções superiores a 99%, conforme exigido pela NBR 16098 (ABNT, 2012) mesmo em baixas concentrações de metais.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FILTRANTE

As micrografias realizadas no microscópio eletrônico de varredura e seu mapeamento elementar juntamente com o espectro de energia dispersiva encontram-se na Figura 1.



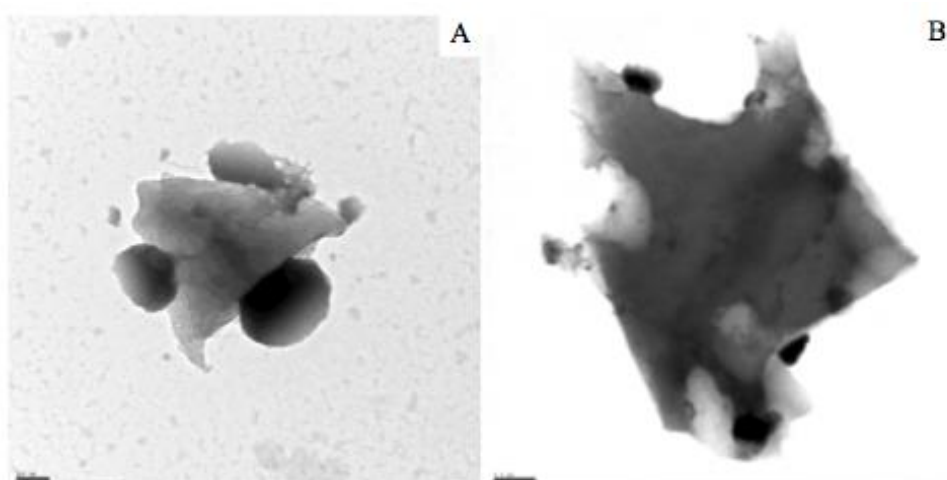
**Figura 1** – Micrografia eletrônica de varredura (MEV) para a amostra de carvão ativado impregnado com cobre e prata (a), mapeamento elementar para a prata (b), cobre (c), carbono (d) e oxigênio (e) e espectro de energia dispersiva (EDX) (f).



Pode-se observar a presença de carbono, oxigênio, magnésio, sílica, enxofre cobre e prata no espectro de energia dispersiva (Figura 1f). Todos elementos, com exceção do cobre e prata, são comuns em carvões ativados produzidos de material vegetal, como é o caso do carvão ativado utilizado neste trabalho que é originado de casca de coco de dendê (HARO et al., 2012).

O mapeamento elementar foi realizado para os picos de carbono, oxigênio, cobre e prata. Para o elemento carbono, nota-se uma distribuição uniforme, assim como o oxigênio. Quando compara-se os metais que foram impregnados, nota-se que a prata foi distribuída de forma desuniforme formando aglomerados enquanto que o cobre foi distribuído de forma uniforme por toda a amostra.

A análise de microscopia eletrônica de transmissão foi realizada com o objetivo de avaliar melhor a impregnação de metais no carvão ativado. Suas micrografias encontram-se na Figura 2.



**Figura 2** – Micrografia eletrônica de transmissão MET para as amostras de carvão ativado impregnado com barras de escala de 100 nm (A) e 500 nm (B).

Na Figura 2 podemos observar claramente aglomerados escuros de formato esférico com tamanhos na faixa de 0,5  $\mu\text{m}$ , estes aglomerados são típicos de devido à impregnação de metais ou óxidos metálicos, conforme observado também na Figura 1. A parte mais clara é característica do carvão ativado por ser um material poroso e amorfo. Diversos autores utilizam da mesma técnica para visualizar a presença de metais e óxidos metálicos na superfície do carvão ativado (SRINIVASAN et al., 2013).

## 4 CONCLUSÕES

A impregnação de prata e cobre no carvão ativado foi comprovado pelo EDX. Através das análises de mapeamento e microscopia eletrônica de transmissão foi possível observar que os metais se apresentaram na forma de aglomerados de aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$ . O filtro com carvão ativado impregnado com cobre e prata apresentaram resultados de acordo com a portaria 2.914 (BRASIL, 2011) e com a NBR 16098 (ABNT, 2012), revelando ser uma ótima alternativa nas tecnologias de purificação e melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano utilizando a gravidade como força motriz. Pode-se então propor estas promissoras tecnologias para produção de filtros descentralizados para fins domésticos com o objetivo de melhoria da qualidade da água.



## REFERÊNCIAS

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

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - THE WATER ENVIRONMENT FEDERATION. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater, ed. 22.

HARO, M.; RUIZ, B.; ANDRADE, M.; MESTRE, A.S.; PARRA, J.B.; CARVALHO, A.P.; ANIA, C.O. Dual role of copper on the reactivity of activated carbons from coal and lignocellulosic precursors. *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 154, p. 68-73, 2012.

KYESSI, A. G. Community-based urban water management in fringe neighbourhoods: the case of Dar es Salaam, Tanzania. *Habitat International*, v. 29, p. 1-25, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

PELCZAR, M; CHAN, E. C. S; KRIEG, N. R. *Microbiologia: conceitos e aplicações* v. 1. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 2005.

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, 245 – 265.

SRINIVASAN, N. R.; SHANKAR, P. A.; BANDYOPADHYAYA, R. Plasma treated activated carbon impregnated with silver nanoparticles for improved antibacterial effect in water disinfection. *Carbon*, v. 7759, 2013.

YAMAGUCHI, N. U. (2013). Filtro híbrido de carvão ativado e membrana para purificação da água de consumo humano. UEM, Maringá-PR. (dissertação de mestrado).

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

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