

USO DE FIBRA DE CARBONO ATIVADA NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS MOLECULARES DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Jossano Saldanha Marcuzzo¹, Patricia Soares Silva², Allan Saddi Arnesen²,
Marcelo Mikki², Mauricio Ribeiro Baldañ¹

¹INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

²SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo

jossano@gmail.com

Resumo

Compostos orgânicos em água de abastecimento, tais como 2-metilisoborneol (MIB) e a trans-1,10-dimetil-trans-9-decalol (GEO), causam gosto, odor e são de difícil remoção. Processos como ultrafiltração, osmose reversa e oxidação avançada costumam ser processos consagrados para este problema. Por outro lado grandes estações de tratamento como a ETA Alto da Boa Vista, em São Paulo, que trata 16m³ por segundo, usa toneladas de carvão ativado em pó para contornar eventos de MIB e GEO. Este trabalho propõe a utilização de fibra de carbono ativada produzida a partir da poliacrilonitrila têxtil, de baixo custo, para remoção destes contaminantes. Desta maneira, este material mostra-se uma alternativa mais eficiente que o tradicional carvão ativado e mais barato comparados aos processos de tratamento avançado.

Palavras-chave: Fibra de carbono ativada, PAN têxtil, tratamento de água, contaminante orgânico.

ABSTRACT

Organic compounds in feed water, such as 2-methylisoborneol (MIB) and trans-1,10-dimethyl-trans-9-decalol (GEO), cause taste, odor and are difficult to remove. Processes such as ultrafiltration, reverse osmosis and advanced oxidation are usually well established processes for this problem. On the other hand large treatment plants such as Alto da Boa Vista ETA in São Paulo, which treats 16m³ per second, uses tons of activated carbon

powder to bypass MIB and GEO events. This work proposes the use of activated carbon fiber produced from the textile polyacrylonitrile, of low cost, for the removal of these contaminants. In this way, this material shows itself to be an alternative more efficient than traditional activated carbon and cheaper compared to the advanced treatment processes

Keywords: Activated carbon fiber, textile PAN, water treatment, organic contaminant

1. Introdução

A proliferação de algas em mananciais contaminados causa o aparecimento de compostos orgânicos dissolvidos responsáveis pelo gosto e odor na água. O 2-metilisoborneol (MIB) e a trans-1,10-dimetil-trans-9-decalol (Geosmina), apresentados na Figura 1, são dois destes compostos que apresentam dimensões moleculares e, por consequência, são de difícil remoção no tratamento convencional de água. Portanto uma fração perceptível destes compostos chega à população.

Estas substâncias podem ser percebidas em níveis muito baixos. O paladar humano percebe concentrações inferiores a 42 ng/L para MIB e 10 ng/L para a geosmina^[1,2]. Embora não existam padrões reguladores destas substâncias na legislação brasileira (Portaria MS nº 2914/2011), a presença de compostos orgânicos, ainda que não patogênicos, estão atreladas com características de gosto e

odor e podem causar rejeição dos consumidores de água.

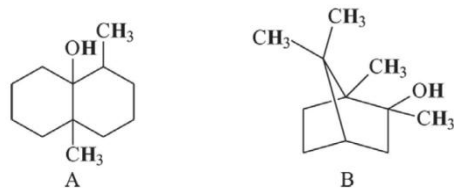


Figura 1. Estrutura química de (A) geosmina e (B) 2-metilisoborneol.

Um dos caminhos, para a remoção destes componentes, são os processos baseados em adsorção, os quais podem reter os compostos orgânicos dissolvidos da água. Em geral, o carvão ativado em pó (CAP) é o material mais utilizado para remover estes compostos de grandes sistemas de produção de água de abastecimento. Contudo, a eficiência deste processo é dependente das características da água, tempo de contato, agitação e temperatura^[3].

Processos de oxidação avançada, ultrafiltração e osmose reversão são consagrados na remoção de contaminantes como o MIB, o GEO^[4] e semelhantes. Entretanto estes processos são de alto custo e muitas vezes (pela estrutura ou custo) de difícil aplicação em grandes sistemas de tratamento.

Este trabalho propõe-se a investigar a eficiência de Fibra de Carbono Ativado (FAC) produzidos a partir de matéria prima de baixo custo e comparar com o carvão ativado. As FCA são matérias semelhantes aos carvões ativados, entretanto podem ser convertidos em artefatos testeis, tais como tecidos, feltros e outros. As FCA possuem poros de ordem nano métricos (< 3nm) diretamente ligados à superfície, normalmente contem ausência de meso e macroporos e podem chegar facilmente a 2000m²/g. Por outro lado, os CAP possuem uma intrincada rede de macro, meso e microporos e valores típicos de área superfície entre 600 e 1000 m²/g.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

O carvão ativado em pó utilizado neste trabalho é proveniente da pirólise de madeira de reflorestamento. Contendo característica mesoporosa e área variando de 600 a 1200m²/g, foi fornecido pela SABESP. Este material é normalmente utilizado para o controle de eventos de GEO e MIB na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista em São Paulo (ETA ABV).

A fibra de carbono ativada é proveniente do processo de conversão térmica de feltros de fibra PAN oxidada proveniente de matéria prima têxtil^[5] (FAPESP 12/51087-6), possui característica microporosa atrelada a uma área de superfície entre 1000 e 1300 m²/g.

2.2. Metodologia

Visando a comparação entre a FCA com a CAP, a metodologia laboratorial adotada foi a considerada padrão de processo na operação ETA Alto da Boa Vista. Com o objetivo de comparar a eficiência da FCA e a CAP inicialmente levantou-se as isotermas de adsorção em meio líquido para determinar um perfil de adsorção para o MIB. A cinética de adsorção foi observada considerando-se tempos de contato limitados pelos tempos inerentes ao tratamento de água na ETA ABV.

Foram avaliadas interferências em relação aos tipos de água (bruta, decantada e filtrada), em função da etapa de processo, na estação de tratamento ETA ABV.

Optou-se pelo uso de padrões de MIB para o preparo da água para os ensaios. O MIB é difícil remoção enquanto o GEO é removido mais facilmente, desta maneira os ensaios foram organizados levando em consideração a remoção do MIB.

A determinação da concentração inicial e final de MIB foi determinada por HPLC seguindo protocolos de análises padrão da SABESP.

O pH nos ensaios foram fixados em 7 por meio de solução tampão de fosfato.

Tanto a FCA quanto o CAP passaram por moagem manual em almofariz de porcelana para, ao final, possuírem morfologia semelhante.

3. Resultados e Discussões

A Figura 2 apresenta as isotermas de adsorção líquida de MIB para FCA e CAP. Os ensaios ocorreram em solução sintética, sob agitação, e tempo de contato de 24h. Tanto a FCA quanto o CAP mostram capacidade expressiva de remoção de MIB e devido ao limite de detecção do HPLC utilizado, ser na ordem de ng/L, altas concentrações de MIB necessitavam severas diluições introduzindo dispersão nas medidas. Desta maneira optou-se pelo ajuste dos pontos a medidos a isotermas teóricas fazendo uma projeção do que seria a curva completa.

Os dados da adsorção com CAP foram ajustados para a isotema de Langmuir enquanto para FCA foram ajustadas ao modelo de Freundlich. Observa-se uma expressiva capacidade de adsorção da FCA em comparação ao CAP.

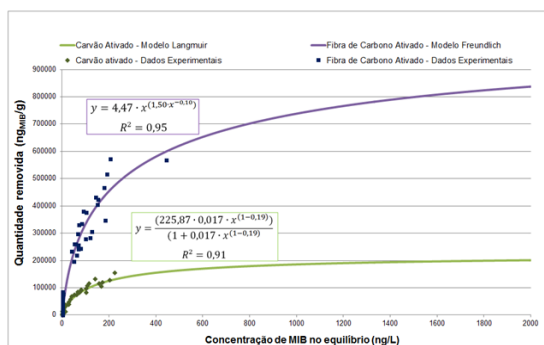


Figura 2. Isoterma líquida de MIB para FCA e CAP.

A Figura 3 apresenta a curva de cinética de adsorção para solução sintética de MIB para um tempo máximo de 360min. Conforme a curva, a FCA apresenta remoção superior a 90% antes dos primeiros 15 minutos, enquanto o CAP aponta uma remoção inferior a 70%. Em 180 min a FCA apresenta a remoção de

100% do contaminante, por outro lado o CAP termina os 360min sem atingir 100%. O ensaio de cinética mostra que a FCA é capaz de remover uma quantidade maior de contaminante em função do tempo, isso é um fator importante visto que o tempo é uma variável limitante.

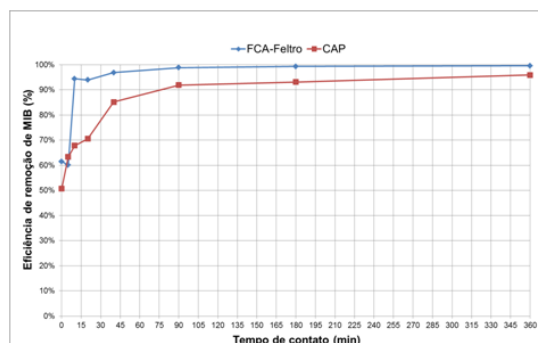


Figura 3. Cinética de adsorção de MIB para FCA e CAP, concentração inicial 24.085 ng/L.

A fim de estudar o comportamento da FCA e CAP em situação operacional da ETA ABV foram selecionadas água de três diferentes etapas do processo: Bruta (conforme coletada); decantada; filtrada (etapa anterior à linha). O tempo de ensaio foi fixado em 30 minutos baseado nos processos padrões de tratamento. A concentração inicial de MIB foi fixada em 15.000ng/L que representa uma presença significativa deste composto orgânico.

Na Figura 4 é apresentada a variação da concentração de MIB em função do tempo para ensaios com CAP em água bruta, decantada e filtrada. Enquanto na Figura 5 é apresentado o mesmo cenário para o ensaio feito com FCA. Observa-se que para as três situações a FCA foi capaz de remover mais de 2/3 do contaminante após 30 minutos, enquanto a melhor resposta da CAP significou a metade da concentração inicial. Em ambos os casos, os ensaios em água bruta teve uma maior quantidade de remoção de MIB enquanto em água filtrada apresentou pior desempenho. Apesar da água bruta conter uma gama maior de compostos orgânicos e inorgânicos, que sugere competição pelos sítios ativos, os piores desempenhos

foram constatados tanto a água decantada quanto a filtrada que possuem cloro. Nos ensaios fica evidenciado que o cloro compete como MIB no processo de adsorção.

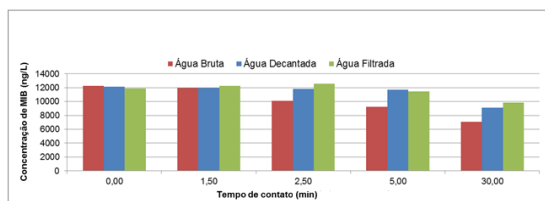


Figura 4. Variação da concentração de MIB em CAP.

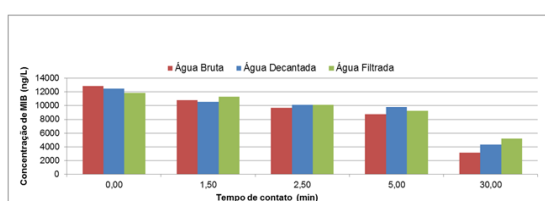


Figura 5. Variação da concentração de MIB em FCA.

4. Conclusões

A FCA produzida a partir de fibra têxtil mostrou eficiência significativamente maior na remoção do contaminante MIB quando comparada ao CAP atualmente utilizado pela SABESP. A possibilidade do uso da FCA em forma de feltro ou outro artefato têxtil mostra-se atrativo, visto que o CAP é vertido na captação e acaba por decantar e ser retirado como lodo.

Agradecimentos

Agradecimento a SABESP e a equipe da ETA ABV por ter tornado esse trabalho possível. A FAPESP pelo financiamento do desenvolvimento da fibra de carbono ativada. Ao INPE pela infraestrutura.

Referências

[1] SUNG, Y., LI, T., HUANG, S. Analysis of earthy and musty odors in water samples by solid-phase microextraction coupled with gas

chromatography/ion trap mass spectrometry. *Talanta*, v. 65, p. 518-524, 2005.

[2] WATSON, S.B., BROWNLEE, B., SATCHWILL, T., HARGESHEIMER, E.E. Quantitative analysis of trace levels of geosmin and MIB in source and drinking water using headspace SPME. *Water Research*, v. 34, n.10, p.2818-2828, 2000.

[3] SILVA, P.S. et al. Avaliação do potencial da fibra de carbono ativado para remoção de compostos causadores de gosto e odor em água de abastecimento. In Anais 26º Encontro Técnico da AESABESP. 2016.

[4] FREITAS, A.M., SIRTORI, C., PERALTA-ZAMORA, P.G. Avaliação do potencial de processos oxidativos avançados para remediação de águas contaminadas com geosmina e 2-MIB. *Química Nova*, v.31, n.1, p.75-78, 2008.

[5] MARCUZZO, J.S. Fibra de carbono ativada – Produção ultrarrápida a partir da PAN Têxtil. Tese de Doutorado. São José dos Campos, 2012. Tese de doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2012.