



ADSORÇÃO POR CARVÃO ATIVADO PULVERIZADO COMO PÓS-TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIO

Jandiara Damaris Campos Pozzetti

João Victor Amaral Ferreira

Marcos Batista Mendes

Vilson Gomes da Assunção Junior

RESUMO: A escolha de um sistema eficiente de tratamento para o lixiviado é um dos grandes desafios no gerenciamento de aterros, devido à alta variabilidade de suas características e à presença de compostos recalcitrantes. As formas mais utilizadas de tratamento do lixiviado são baseadas em processos biológicos e físico-químicos. O processo de adsorção por carvão ativado pode ser utilizado para adsorver moléculas orgânicas que causam sabor e odor, mutagenicidade, toxicidade e matéria orgânica responsável pela cor e é caracterizado por possuir área superficial interna e porosidade altamente desenvolvida, permitindo a adsorção de moléculas em fase líquida e gasosa, tendo como importância principal, para o processo de adsorção, o desenvolvimento de micro e mesoporos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da adsorção dos Carvões Ativados Pulverizados - CAPs pré-selecionados para aplicação no pós-tratamento de lixiviado estabilizado de aterro sanitário, tratado previamente por *stripping* de amônia, seguido de tratamento biológico por lodos ativados em bateladas sequenciais mediante remoção de matéria orgânica correlacionada à cor verdadeira. Os CAPs amostrados foram caracterizados em relação ao Número de Iodo – NI, Índice de Fenol - IF e Índice de Azul de Metileno – IAM, após caracterização, foram pré-selecionados os CAPs A, B e C e submetidos ao experimento de adsorção. O experimento de adsorção demonstrou eficiência limitada na adsorção de cor verdadeira

do lixiviado de estudo, uma vez que para os carvões pré-selecionados, foram necessárias dosagens elevadas para atingir remoções significativas deste parâmetro.

1. INTRODUÇÃO

Existem várias formas de disposição de resíduos sólidos urbanos, podendo-se destacar: o lixão, o aterro controlado e o aterro sanitário (SCHALCH e LOPES, 2004). Dentre essas formas, o aterro sanitário é o método mais adequado de disposição final de resíduos sólidos e tem como objetivo dispor os resíduos sólidos no solo, de forma segura e controlada, garantindo a preservação do ambiente, a higiene e a saúde pública. Estes devem ser impermeabilizados em sua base e contar com sistemas de drenagem da água infiltrada e dos gases gerados. Quando chove, a água que percola o aterro e lixivia uma série de contaminantes. Esse percolado ou lixiviado torna-se então um problema, já que contém grandes quantidades de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal, metais pesados, sais inorgânicos e organoclorados que são substâncias tóxicas aos organismos vivos e aos ecossistemas (WEI *et al.*, 2010).

Visando à preservação da vida aquática e a manutenção da qualidade dos corpos hídricos, padrões de lançamento e de qualidade de água foram estabelecidos pelas legislações vigentes CONAMA 357/2005, CONAMA 430/2011, CEMA Nº. 0070/2009 e CEMA Nº. 081/2010, incluindo valores máximos de Cor verdadeira, DQO, nitrogênio amoniacal, metais, toxicidade, entre outros, o que requer o tratamento do lixiviado de aterro sanitário antes de seu lançamento no corpo receptor.

A escolha de um sistema eficiente de tratamento desse efluente é um dos grandes desafios no gerenciamento de aterros, devido à alta variabilidade de suas características e à presença de compostos recalcitrantes.

De acordo com Pacheco e Peralta (2004), as formas mais utilizadas de tratamento de lixiviado são baseadas em processos biológicos e físico-químicos. O biológico pode ser realizado por processos aeróbios, anaeróbios e facultativos, mas possuem baixa remoção de compostos recalcitrantes e coloridos. Já os processos físico-químicos,

através de coagulação química, floculação e sedimentação/flotação, adsorção, separação por membranas, oxidação e precipitação química, apresentam maior eficiência na remoção dos compostos recalcitrantes, em comparação ao biológico.

A técnica a ser empregada para o tratamento do lixiviado, depende das características do mesmo e da qualidade do efluente que se deseja obter para o lançamento e disposição no meio ambiente.

O processo de adsorção por carvão ativado, por exemplo, pode ser utilizado para adsorver moléculas orgânicas que causam sabor e odor, mutagenicidade, toxicidade e matéria orgânica responsável pela cor (KAWAHIGASHI, 2012).

A capacidade adsortiva de um material depende de alguns fatores do adsorvente e das condições experimentais, como:

- Estrutura interna e forma;
- Volume e distribuição dos poros;
- Química da superfície;
- Método de ativação;
- Teor de cinzas;
- pH e temperatura;
- Grau de agitação;
- Tempo de contato entre adsorvato e adsorvente;

Entre outros fatores que podem dificultar ou favorecer o processo de adsorção (KURODA *et al.*, 2005).

O carvão ativado é caracterizado por possuir área superficial interna e porosidade altamente desenvolvida, permitindo a adsorção de moléculas em fase líquida e gasosa, tendo como importância principal, para o processo de adsorção, o desenvolvimento de micro e mesoporos (KAWAHIGASHI, 2012). O tamanho do diâmetro dos poros é classificado em micro, meso e macroporos, conforme a IUPAC (1985), os macroporos são maiores de 50 nm, os mesoporos entre 2 e 50 nm e os microporos são menores de 2nm.

1.1 Objetivo

Avaliar a eficiência da adsorção dos Carvões Ativados Pulverizados pré-selecionados para aplicação no pós-tratamento de lixiviado estabilizado de aterro sanitário, tratado previamente por *stripping* de amônia, seguido de tratamento biológico por lodos ativados em bateladas sequenciais mediante remoção de matéria orgânica correlacionada à cor verdadeira.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

2.1.1 Lixiviado e Carvão Ativado Pulverizado - CAP

O lixiviado bruto foi coletado no aterro controlado de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Londrina – PR, localizado às margens da estrada “Água do Limoeiro”, no lote 23-C da Gleba Cambé em funcionamento no período de 1974-2010 com características de lixiviado estabilizado. Após a coleta, o lixiviado foi armazenado em um reservatório de fibra de vidro com capacidade volumétrica de 15 m³ no Laboratório de Hidráulica e Saneamento da UEL.

O lixiviado coletado foi submetido ao tratamento preliminar por *stripping* de amônia e tratamento biológico por lodos ativados, em instalação piloto de 1 m³ de capacidade, e bateladas sequenciais para remoção da série nitrogenada, segundo metodologias utilizadas por Hossaka (2008), Alvim (2010) e Felici (2010), resultando assim no lixiviado de estudo.

Foram adquiridas quatorze amostras de CAPs disponíveis no mercado nacional e internacional com condições diversificadas de origem, matéria prima, método de ativação e propriedades físicas e químicas.

Após caracterização em relação ao Número de Lodo - NI e Índice de Fenol - IF, parâmetros estabelecidos pela norma brasileira NBR 11834/1991 EB - 2133 e Índice de Azul de Metileno - IAM estabelecido pela Japanese Industrial Standard - JIS K 147, foram pré-selecionados os CAPs A, B e C com as seguintes características:

- A - Nacional de origem vegetal proveniente do pinus, resultante do método de ativação física;



- B - Importado de origem animal proveniente do osso, resultante do método de ativação química; e
- C - Nacional de origem vegetal proveniente da madeira, resultante do método de ativação física;

2.1.2 Experimento de adsorção

Para avaliar a capacidade de adsorção dos CAPs pré-selecionados em relação à adsorção de matéria orgânica correlacionada à cor verdadeira residual, o experimento foi realizado em escala de bancada para as dosagens de CAP de 1, 3, 5, 7 e 9 g L⁻¹ com ajuste do valor de pH em 4,0, utilizando-se solução concentrada de ácido clorídrico. Foram adotados como parâmetros de controle operacionais:

Tempo médio de mistura rápida $T_{mr} = 1$ min;

Gradiente de velocidade médio de mistura rápida $G_{mr} = 600$ s⁻¹;

Tempo médio de mistura lenta $T_{ml} = 80$ min;

Gradiente de velocidade médio de mistura lenta $G_{ml} = 120$ s⁻¹ e;

O experimento foi realizado em reatores estáticos – Jarteste (Nova Ética - 218/6LDBE) - Figura 1, composto por 6 jarros de acrílico transparente de 2 L, tacômetro digital para visualização da rotação (até 600 rpm \pm 2 %), o que confere gradiente de velocidade de até 1.200 s⁻¹ e dispositivo para aplicação de produtos químicos nos 6 jarros simultaneamente.

Figura 1 - Foto do reatores estáticos - Jarteste com lixiviado



Fonte: Kawahigashi (2013)

Para ajuste de pH do lixiviado foi utilizado o produto químico:



- Ácido clorídrico, solução comercial com 37% em massa e massa específica = 1,187 kg L⁻¹, como acidificante para preparação de solução com concentração de 150 g L⁻¹.

A avaliação da capacidade de adsorção dos CAPs pré-selecionados foi realizada analisando-se a cor verdadeira residual do sobrenadante, filtrado previamente em membrana de éster de celulose com porosidade média de 0,45 µm, segundo método espectrofotométrico 2120 C do APHA, AWWA, WEF (2005) em Espectrofotômetro Cary 60 UV-Vis da Agilent.

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Lixiviado e Carvão ativado pulverizado

Os resultados dos valores de cor verdadeira para os lixiviados bruto e tratado biologicamente, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de cor verdadeira dos lixiviados bruto e biológico.

Lixiviado	pH	Cor verdadeira (uH)
Bruto	8,9	3598
Após tratamento biológico	8,5	3393
% Remoção após tratamento biológico	-	6

Pôde-se observar que as características do lixiviado bruto remetem a um lixiviado já estabilizado, devido aos valores elevados de pH (da ordem de 8,9) e remoção limitada de cor verdadeira (6% apenas).

São apresentados na Tabela 2, o resultado da caracterização dos CAPs pré-selecionados:

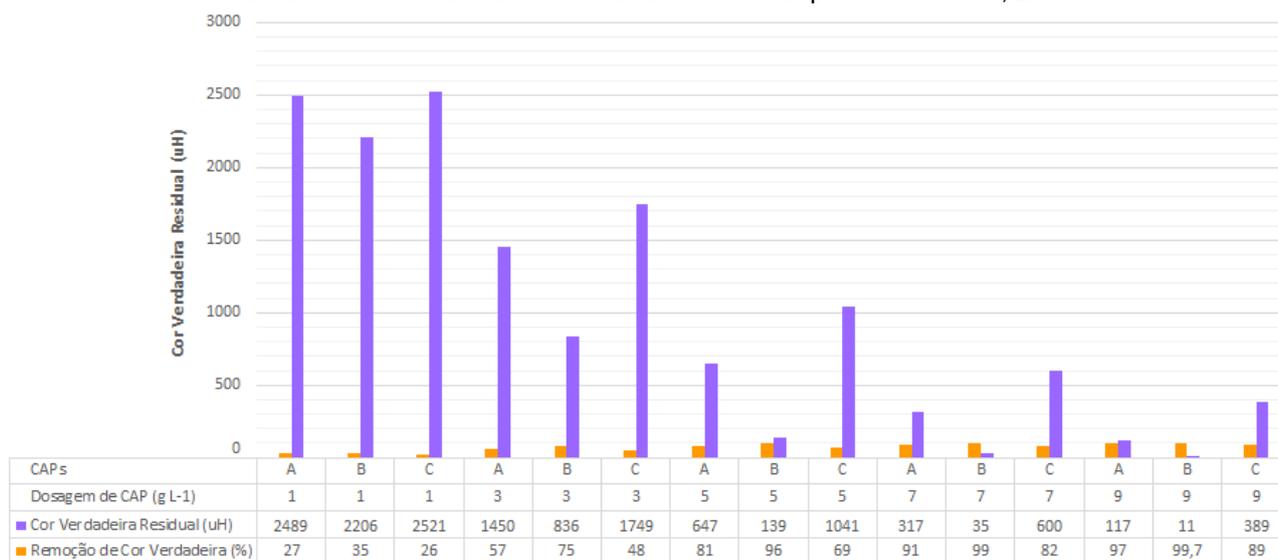
Tabela 2 – Resultados da caracterização dos carvões

CAP	Origem	Matéria-prima	Ativação	NI (mg g ⁻¹)	IAM (mg g ⁻¹)	IF (g L ⁻¹)
A	Vegetal	Pinus	Física	942	134	2,07
B	Animal	Ossos	Química	1130	203	2,1
C	Vegetal	Madeira	Física	1019	171	-

2.2.2 Experimento de adsorção

Os resultados de cor verdadeira residual do experimento com variação nas dosagens dos CAPs são apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultados de cor verdadeira residual para os CAPs A, B e C



O experimento de adsorção demonstrou eficiência limitada na adsorção de cor verdadeira do lixiviado de estudo, uma vez que para os carvões pré-selecionados, foram necessárias dosagens elevadas para atingir remoções significativas deste parâmetro. Para os CAPs A e C (nacionais), mesmo com a dosagem máxima de 9 g L⁻¹ e condições otimizadas de tratamento, não foi possível produzir efluente com qualidade compatível às condições de enquadramento para águas doces classe 2 e 3 da Resolução 357/2005 do Conama, o qual estabelece 75 uH para cor verdadeira.

Por outro lado, de acordo com o Gráfico 1, pode-se constatar que, a eficiência de adsorção de cor verdadeira pelo CAP B (importado) foi mais elevada, tendo produzido efluente com cor verdadeira inferior a 75 uH já a partir da dosagem de 7 g L⁻¹ de CAP. Para as dosagens de 7 e 9 g L⁻¹ do CAP B os valores de cor verdadeira residual foram de 35 uH e 11 uH, o que correspondeu a 99 e 99,7% de remoção, respectivamente. No entanto, a necessidade do emprego de dosagens elevadas pode dificultar sua aplicação, considerando os custos associados, em um sistema de tratamento em escala real.



3. CONCLUSÃO

Os carvões ativados pulverizados demonstraram eficiência limitada na adsorção de cor verdadeira do lixiviado de estudo, sendo necessárias dosagens elevadas para atingir remoções significativas deste parâmetro, o que pode dificultar sua aplicação considerando os custos associados em um sistema de tratamento em escala real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, C. A. do N. **Influências do pré-tratamento por *stripping* na desnitrificação convencional e pela via curta em RBS, aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** 2008. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21ª ed., Washington, D. C.: APHA, 2005. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **Carvão ativado pulverizado para tratamento de água – especificação.**NBR 11834:1991/EB – 2133. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **Carvão ativado pulverizado - Determinação do número de iodo - método de ensaio.** NBR 12073:1991. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **Carvão ativado pulverizado - Determinação do índice de fenol - método de ensaio.** NBR 12074:1991/MB 3411. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **Amostragem de carvão ativado pulverizado – procedimento**.NBR 12280:1991. Rio de Janeiro, 1991.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução no 357, 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos 146 de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução no 430, 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, 2011.

FELICI, E.M. **Coagulação-floculação-sedimentação como pós-tratamento de efluente de sistema biológico em batelada aplicado a lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos**.2010. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

HOSSAKA, A. L. **Tratamento biológico de lixiviados de aterro sanitário, utilizando como pré-tratamento a remoção parcial de N-amoniaco por *stripping***. 2008. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

IUPAC Recommendations. **Pure and Applied Chemistry**.v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD – JIS K 1474. **Test Methods for activated carbon**. Japanese Standards Association, Tokyo, 1991.

KAWAHIGASHI, F. **Aplicabilidade do pós-tratamento de lixiviados de aterro sanitário por adsorção em carvão ativado granular e avaliação ecotoxicológica**. 2012. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.



Periódico Eletrônico

Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827
Volume 9, Número 11, 2013

Saúde, Saneamento e
Meio Ambiente



KURODA, E. K.; ALBUQUERQUE JR, E. C.; DI BERNARDO, L.; TROFINO, J. C. Caracterização e escolha do tipo de carvão ativado a ser empregado no tratamento de águas contendo microcistinas. **XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campo Grande - MS, Set. 2005.

MODIN, H.; PERSSON, K. M.; ANDERSSON, A.; VAN., P. M. Removal of metals from landfill leachate by sorption to activated carbon, bone meal and iron fines. **Journal of Hazardous Materials**, v. 189, n. 3, p. 749-754, Mai. 2011.

PACHECO, J. R.; PERALTA-ZAMORA, P.G. **Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolado de aterro sanitário (chorume)**. Rev Bras Eng Sanit Amb, v.9, n.4, p. 306-311, 2004.

PARANÁ, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 0070/2009 – CEMA**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para Empreendimentos Industriais. Curitiba, 2009.

PARANÁ, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 081/2010 – CEMA**. Dispõe sobre critérios e padrões de ecotoxicidade para o controle de efluentes líquidos lançados em águas superficiais no estado do Paraná. Curitiba, 2010.

SCHALCH, V., LOPES, A. A. **Gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos e minimização dos impactos ambientais**, ICTR - Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Costão do Santinho – Florianópolis – Santa Catarina 2004.

WEI, L.; TAO, H.; QIXING, Z.; SHUGUANG, Z.; FENGXIANG, L. Treatment of stabilized landfill leachate by the combined process of coagulation/flocculation and powder activated carbon adsorption. **Desalination**, v. 264, n. 1, p. 56-62, Ago. 2010