

ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DE METAL TÓXICO EM TRATAMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO GRAMÍNEAS ORIUNDAS DA PODA DE JARDINAGEM

Roney Eustáquio Silva Melo¹; Deusmaque Carneiro Ferreira¹; Mauro Luiz Begnini¹.

¹Professor Pesquisador da Universidade de Uberaba, Uberaba - Brasil.
(deusmaque@hotmail.com)

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

A água é uma substância de extrema importância para a existência de vida; porém, apresenta distribuição desigual. O desenvolvimento industrial tem propiciado um aumento elevado na concentração dos efluentes de materiais não biodegradáveis como os metais tóxicos. O objetivo do trabalho foi analisar o uso de biomassa obtida por matéria orgânica, provindas da poda de jardinagem, especificamente grama *Zoysia japônica* (*Esmeralda*), na adsorção de cádmio presente em uma solução de concentração de 0,930 ppm, simulando efluente de origem industrial. Nos ensaios experimentais realizados nos laboratórios da empresa Araxá Ambiental foi analisado a eficiência de coagulação e precipitação das impurezas indesejáveis por adsorção, que se deve a presença de cargas elétricas nas superfícies do sólido adsorvente e a espécie química a ser adsorvida. Os resultados experimentais permitiram otimizar: o tempo de contato entre a matéria orgânica e o efluente contaminado com cádmio, a influência do pH e a quantidade de matéria orgânica utilizada no tratamento. Foi possível, também, avaliar a relação entre a viscosidade da solução com o processo de adsorção e difusão de íons na solução. Os resultados mostraram que a melhor eficiência do método alternativo empregando poda de grama para remoção de metais tóxicos em tratamento de efluentes foi: pH levemente básico, já que nesse meio a solução apresentou menor viscosidade; o tempo de contato entre matéria orgânica e o efluente contaminado foi de quatro horas; 20 gramas de matéria orgânica por litro de efluente contaminado. Nestas condições houve uma redução da concentração do cádmio de 63,33%, comprovando que a metodologia alternativa além de ser barata, de fácil execução é também eficiente para a adsorção de metais tóxicos presentes em efluentes, contribuindo, assim, para minimizar severos impactos que esses metais trazem para a saúde das pessoas e para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Metais tóxicos. Matéria orgânica. Adsorção.

ALTERNATIVE FOR REMOVAL OF TOXIC METAL IN WATER TREATMENT WITH USING GRASS FROM THE PRUNING GARDENING

ABSTRACT

Water is a substance of extreme importance for the existence of life, but has unequal distribution. Industrial development has allowed an increase in the high concentration of non-biodegradable waste materials such as toxic metals. The aim of this study was to analyze the use of biomass obtained by organic matter, stemmed pruning gardening, specifically *Zoysia japonica* (Esmeralda), the adsorption of cadmium present in a solution concentration of 0.930 ppm, simulating effluents from industrial sources. In the experimental tests carried out in laboratories now Araxá Environmental efficiency was analyzed coagulation and precipitation of unwanted impurities by adsorption, which is due to the presence of electric charges on the surfaces of the solid adsorbent and the chemical species to be adsorbed. The experimental results optimizing: the contact time between the organic material and the effluent contaminated with cadmium, the influence of pH and quantity of organic matter used in the treatment. It was also possible to assess the relationship between the viscosity of the solution through the adsorption and diffusion of ions in solution. The results showed that the best efficiency of the alternative method employing grass trimming to remove toxic metals in wastewater treatment was, mildly basic pH, since this means the solution had lower viscosity and the time of contact between organic material and the contaminated effluent was four hours, 20 grams of organic material per liter of contaminated effluent. Under these conditions there was a reduction in the concentration of cadmium of 63.33%, showing that the alternative method besides being inexpensive, easy to perform is also efficient for the adsorption of toxic metals present in wastewater, thus contributing to minimize severe impacts these metals bring to people's health and the environment.

KEYWORDS: Toxic metals. Organic matter. Adsorption.

INTRODUÇÃO

O grande crescimento industrial, da agricultura e dos centros urbanos tem contribuído, de forma significativa, para a degradação e contaminação dos recursos hídricos. Trata-se de um assunto polêmico que vem despertando interesse e atenção da comunidade mundial, visto que as ações humanas vêm comprometendo a qualidade e quantidade das águas. Os ecossistemas aquáticos são constantemente contaminados por efluentes de origem industrial ou doméstica, com elevadas concentrações de metais tóxicos, esses resíduos sólidos são indesejáveis para a potabilidade da água, pois muitos destes agentes químicos acarretam intoxicações em pessoas podendo até levar a morte.

Dentre os principais meios de contaminação dos corpos de água pode se destacar a galvanoplastia, uma vez que gera diversos poluentes aos ecossistemas aquáticos, devido a grande concentração de metais tóxicos e matérias suspensas, que acarretam alterações nas propriedades físicas e químicas da água. Os principais metais presentes nos efluentes oriundos dos processos de galvanoplastia são o cromo, o cobre, o zinco, o cádmio, o níquel e o chumbo (VAZ, 2009).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) para o Chumbo a máxima concentração é de 0,01 mg/L e o cádmio é 0,001 mg/L em efluentes de qualquer fonte poluidora. Nas condições naturais a absorção do chumbo e do cádmio por outros materiais é muito lenta. Estes metais são muito utilizados na produção de baterias. Sendo assim, o seu consumo deve aumentar, o que indica, conseqüentemente, elevação da concentração destes metais em efluentes, uma vez que não é viável economicamente substituí-los por outros materiais (VAZ, 2009).

A poluição das águas com metais tóxicos é um grande problema que a sociedade vem enfrentando na atualidade. Estes metais são causadores de efeitos nocivos aos ecossistemas e aos seres vivos, devido a grande reatividade. Mesmo em baixas concentrações provocam desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos, além de serem biocumulativos em organismos vivos, comprometendo a saúde humana, pois estes metais apresentam a capacidade de bloquear atividades biológicas, inativando enzimas vitais, devido à formação de quelatos entre o metal e grupos funcionais presentes nas proteínas (VULLO, 2003).

Metais tóxicos apresentam a facilidade de serem transportados na forma de partículas ou solutos, necessitam de um tratamento especial antes de serem descartados, pois podem atingir elevadas concentrações nas áreas próximas ao lançamento, comprometendo a saúde humana, animal e o meio ambiente (BARROS, 2006).

De acordo com DI BERNADO (2005), os métodos utilizados no processo de floculação e coagulação podem utilizar polímeros tanto de origem sintética como natural para aumentar a velocidade da sedimentação. As longas cadeias poliméricas permitem a formação de flocos mais densos e de maior dimensão que facilitam sua remoção.

A conscientização da sociedade por buscas de alternativas ecologicamente sustentáveis e com viabilidade econômica vem incentivando, cada vez mais, as indústrias para adotarem métodos de preservação das águas que permitam a sua permanência no mercado, já que esse recurso encontra-se bastante escasso no Planeta. As principais fontes de matéria-prima de origens orgânicas utilizadas na adsorção dos metais tóxicos são a casca de coco verde e as sementes de moringa (SOUZA & MOREIRA 2005; PINO, 2011).

Uma nova alternativa para a remoção de metais tóxicos pode ser o uso de biomassa oriunda de poda de grama. Esses resíduos apresentam pouca aplicabilidade, sendo um material abundante, de fácil manuseio, de baixo custo para o beneficiamento e a preparação para o tratamento de água. Pressupõe-se que o uso da grama como biossorvente possa contribuir para minimizar os impactos ambientais enfrentados pela sociedade atual, considerando a poluição de águas por metais tóxicos.

Os processos de tratamento de água usuais requerem uma série de operações unitárias e processos analíticos, entre eles a utilização de produtos químicos de elevado valor comercial. A matéria orgânica pode ser utilizada em uma destas etapas do tratamento de água: a eliminação de metais tóxicos. Outra vantagem dessa proposta é que os metais adsorvidos pela biomassa material orgânica, originada da poda de gramas, podem ser recuperados por processos de dessorção, com uso de ácidos e bases, em processos eletroquímicos (MONTEIRO et al., 2009).

Com base no exposto, o presente estudo objetivou otimizar um método

alternativo para remoção de metal tóxico presente em amostras de efluentes, em especial o cádmio, utilizando como biossorvente resíduos de poda de grama.

MATERIAL E METODOS

Trata-se de um trabalho com abordagem quantitativa e exploratória, em que os experimentos foram realizados no Laboratório Industrial da empresa Araxá Ambiental Ltda, localizada no município de Araxá, MG. O substrato orgânico utilizado como biossorvente foram resíduos de podas de gramas do tipo *Esmeralda sp.* Esse material foi coletado dos jardins de um centro de atendimento da criança da cidade de Araxá. Após a coleta o material passou por uma sequência de operações unitárias objetivando obter um extrator orgânico de metais tóxicos da água por adsorção. As operações unitárias e processos químicos envolvidos no processo de preparação do extrator foram:

- 1) Lavagem da grama com água destilada para a remoção de partículas de impurezas indesejáveis, deixando-a sobre uma peneira por 24 horas para eliminação da água (secagem natural).
- 2) Fragmentação da matéria orgânica para facilitar o manuseio.
- 3) Secagem da matéria orgânica em uma estufa de circulação forçada em temperaturas de 40 °C por 48 horas, para sua desidratação.
- 4) Trituração da matéria orgânica com uso de um triturador comum de biomassa.
- 5) Maceração do resíduo orgânico em um cadinho para homogenizar o tamanho das partículas e aumentar a superfície de contato da matéria orgânica.
- 6) Peneiração para obter uma granulometria padrão entre 60 e 70 mesh.
- 7) Tratamento do extrator orgânico obtido com hidróxido de sódio 0,1 mol/L por três horas, objetivando potencializar a interação entre os sítios ativos do biossorvente com os metais tóxicos na sua forma oxidada.
- 8) Secagem do material por 48 horas em uma estufa em temperatura de 100°C.

Na sequência, iniciou-se o preparo das soluções de metais tóxicos, simulando os efluentes contaminados. As amostras foram obtidas a partir de soluções padrões de 1000 ppm (sais dos metais), onde foi realizada uma diluição de 1000 vezes para chegar a uma concentração próxima de 1ppm (resíduo de classe I). O metal escolhido para análise foi o cádmio (Cd) na concentração de 0,930 ppm.

Para verificar a influência do pH no processo de adsorção foram preparadas amostras em pH 3 e 8. Os valores de pH foram acertados utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH), e ácido clorídrico (HCl) na concentração de 1mol/L. As leituras de pH foram realizadas em pHmetro de bancada modelo AP62 fabricado pela Fisher Scientific.

Com o intuito de analisar o melhor tempo de adsorção do processo realizaram-se três análises, em intervalos de tempo de 1h, 2h e 4h. As amostras contendo os efluentes de cádmio foram colocadas em contato com a matéria orgânica na seguinte proporção: 20 gramas do material adsorvente orgânico, obtido da grama, para cada litro de solução que simulam os efluentes contaminados, em processo de agitação constante de 800 RPM, empregando agitador magnético Corning, PC 420, Laboraty Stirrer. Logo após o tempo determinado efetuou-se a centrifugação da mistura para a retirada da matéria orgânica.

Para verificar a influência da quantidade da matéria orgânica realizou-se quatro testes utilizando 5 g, 10 g, 20 g e 40 g do material orgânico para cada litro de efluente contaminado com o metal cádmio, na concentração de 0,930 ppm. A

matéria orgânica foi adicionada neste ensaio utilizando os melhores padrões já padronizados nos testes anteriores.

Utilizou-se a técnica da picnometria para determinar a densidade das soluções. Posteriormente, determinou-se a viscosidade das soluções através do viscosímetro de Ostwald (200 mL).

A concentração dos metais tóxicos foi determinada por espectroscopia atômica, em um aparelho de 50AA da marca Varian, com leituras das concentrações antes e depois da adição da matéria orgânica, para análise da eficiência do processo em função da quantidade de metal removido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta dados de dois dos parâmetros analisados: pH e o tempo de contato entre a matéria orgânica e a solução contaminada com cádmio.

TABELA 1 - Resultado da análise da influência do tempo e do pH no processo de adsorção do Cd.

Análises	Tempo (h)	pH	Concentração inicial (ppm)	Concentração final (ppm)	Material removido (%)
1	1	3,0	0,930	0,600	35,48
2	1	8,0	0,930	0,378	59,35
3	2	3,0	0,930	0,695	25,27
4	2	8,0	0,930	0,378	59,35
5	4	3,0	0,930	0,728	21,72
6	4	8,0	0,930	0,341	63,33

A partir dos dados obtidos da Tabela 1 constata-se que em pH 3 o tempo de menor contato propiciou uma maior eficiência no processo de adsorção, em que a concentração reduziu 0,330 ppm, o que equivale a 35,48% da concentração inicial. Quanto maior o tempo de contato, menor a adsorção de cádmio pela matéria orgânica obtida a partir da grama. Em meio levemente básico (pH 8) o processo de adsorção apresentou maior eficiência em um tempo maior de contato entre o material orgânico obtido a partir da grama e a solução simulada do efluente com cádmio. No tempo de quatro horas observou-se que houve uma redução de 0,589 ppm, equivalente a 63,33%. Essa variação do tempo em função do caráter ácido-base do meio pode estar relacionada com alteração na estrutura do biossorvente (desprotonação em pH acima do pKa) já que a mudança do valor de pH também altera a velocidade de difusão dos íons (adsorvato) até a matriz, ou seja, quanto maior o valor de pH maior a difusão dos íons.

Em pH ácido, próximo de 3, o método foi menos eficiente. Isso, possivelmente, devido à competição entre os íons Cd^{2+} com os íons H^+ da solução. Por outro lado, em pH levemente básico (pH 8) houve melhor eficiência do processo. Isso se justifica porque, normalmente, em baixos valores de pH grande parte dos grupos carboxílicos (-COOH) presentes na matéria orgânica estão protonados, dificultando, assim, a interação eletrostática dos íons metálicos (carga positiva) em solução. Quando o valor do pH aumenta, uma maior quantidade desses grupos funcionais encontra-se desprotonada (com cargas negativas) e favorecem a

interação eletrostática com os íons metálicos. O valor de pH não pode ser muito alcalino, porque o aumento da concentração dos íons OH⁻ no meio pode contribuir na precipitação dos íons cádmio na forma de bases insolúveis, Cd(OH)₂, reduzindo o processo de adsorção na matriz orgânica.

Em relação à influência da quantidade de matéria orgânica em contato com o efluente contaminado com metal tóxico foram realizados quatro ensaios experimentais, cujos dados estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - Resultado da análise da influência da quantidade de matéria orgânica no tempo de 1 hora e pH 8 no processo de adsorção do Cd.

Análises	Concentração (g/L)	pH	Concentração inicial (ppm)	Concentração final (ppm)	Material removido (%)
1	5,0	8,0	0,930	0,427	54,09
2	10	8,0	0,930	0,471	49,35
3	20	8,0	0,930	0,378	59,35
4	40	8,0	0,930	0,428	46,02

Nos ensaios realizados em pH 8, com o tempo de uma hora do processo, observou-se que a adsorção foi mais eficiente quando se utilizou 20 g do material preparado a partir da biomassa obtida da poda de grama para cada litro de solução, remoção de 59,35% de cádmio. Essa melhor eficiência com o aumento da biomassa deve-se ao aumento do número de sítios ativos do biossorvente com afinidade de interação eletrostática com o adsorvato (Cd²⁺).

Esses resultados estão de acordo com estudo realizado por MONTEIRO (2008) que identificou que quanto maior a dose de palha de coco, maior a porcentagem de remoção dos íons UO₂²⁺, a partir de um determinado aumento da massa da matéria orgânica há uma variação muito pequena na absorção dos íons, em que o mecanismo de remoção tende a tornar-se constante, atingindo seu estado de equilíbrio.

Os valores de densidade e de viscosidade da solução estão representados na Tabela 3.

TABELA 3: Valores de densidade e viscosidade da solução nos meios ácido e básico.

Soluções	Densidade (g/mL)	Viscosidade (cP)
pH 3	2,088	1,878
pH 8	2,083	1,829

Como os valores de densidade das soluções mostraram poucas diferenças nos meios ácidos e básico espera-se, que nesse caso, a melhor eficiência encontrada no meio alcalino, mantendo os outros parâmetros já otimizados (tempo 4h e massa de 20 g), seja governada pela viscosidade da solução. Isso é explicado pelo fato de que a viscosidade da solução no pH 8 (1,83 cP) é menor que a viscosidade em pH 3 (1,88 cP), ou seja, a mobilidade iônica do cádmio é maior no meio alcalino (pH 8) que apresenta menor viscosidade, favorecendo uma maior adsorção desses íons na matéria orgânica oriunda de poda de grama, como verificado na Tabela 1.

De acordo com os resultados de SOUSA (2005), o uso do pó da casca de

coco verde, com pré-tratamento da amostra, removeu 98,5% dos íons Cd^{2+} , enquanto na metodologia proposta, com uso de poda de gramas, foram removidos 63,33% de íons Cd^{2+} . O método adotado apresentou menor eficiência em relação ao uso da fibra de coco, entretanto, nesse tratamento não se aplicou pré-tratamento da amostra o que leva a uma maior facilidade operacional, acarretando menores custos, além da maior facilidade de aquisição da matéria orgânica, pois existem regiões em que o coco ainda é pouco utilizado na alimentação e hidratação.

Nos resultados experimentais realizados por PINO (2005), o uso do pó da casca de coco no processo de adsorção teve maior eficiência em pH igual a 6. A partir deste valor a adsorção se mantém praticamente constante até um valor de pH 9. Os resultados apresentam a mesma coerência para a poda da grama em que os experimentos foram realizados em pH igual a 8. Acima de pH 9 ocorre a formação predominante $\text{Cd}(\text{OH})_2$, um precipitado que dificulta a adsorção.

Na literatura, BARROS (2006), PINO (2005), reportam diferentes dados sobre a influência do pH na bioadsorção, o pH altera a bioadsorção dos íons dos metais dependendo do tipo do adsorvente (biomassa) e do tipo do adsorvato (íons do metal). No experimento proposto, os resultados encontrados assemelham muito ao processo de adsorção com uso do pó de coco. Um fator marcante que deve ser destacado foi que as remoções encontradas por PINO (2005) foram feitas a partir de soluções com concentração inicial de cádmio igual a 80 ppm, em que a adsorção teve uma eficiência de 93%, enquanto que nesse trabalho, utilizou-se amostras contaminadas com concentração inicial de cádmio igual a 0,930 ppm com remoção de 63,33%, sendo assim, o efeito da menor adsorção pode ser atribuído a um efeito cinético da menor concentração dos íons participantes.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos durante os ensaios experimentais do processo de adsorção do metal cádmio por material orgânico, obtido a partir de resíduos de podas de grama do tipo *Esmeralda sp*, pode-se afirmar que o processo é eficiente e que pode ser inserido aos processos de tratamentos de efluentes de origem industrial. Com base nos ensaios práticos observou-se que os parâmetros analisados com maior eficiência de adsorção do metal tóxico cádmio foram: pH levemente básico, com tempo de contato de quatro horas, utilizando 20 g de matéria orgânica para cada litro de efluente contaminado.

O presente estudo apresenta uma proposta que se constitui em um processo economicamente viável, além de aplicável para a remoção de metais tóxicos presentes em efluentes. O processo representa uma alternativa sustentável, pois pode propiciar um destino adequado para os resíduos orgânicos de origem de podas de gramas que são, rotineiramente, jogados no ambiente, aumentando o volume de lixo. Além disso, a matéria orgânica ainda pode ser reciclada e utilizada novamente no processo, e o metal adsorvido pode ser recuperado pelos processos de dessorção em meio ácido, possibilitando assim, novas aplicações, além de reduzir significativamente o teor de metais tóxicos lançados nos corpos de água.

Outros ensaios podem ser realizados testando a adsorção de outros metais pesados.

AGRADECIMENTOS

A Araxá Ambiental LTDA e Analítica Química Indústria e comércio LTDA representadas pelo Sr Aires Martins ao suporte técnico analítico e a Universidade de Uberaba – UNIUBE.

REFERÊNCIAS

BARROS, L.J.; SANTOS, L.S. **Estudo da remoção do Metal Ferro por Adsorção em Mesocarpo do Coco**. Seminário estudantil de produção acadêmica. v.1, 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2013.

DI BERNADO, L.; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**, v.1. São Carlos: Rima, 2005.

MONTEIRO, R.A.; BONIOLO, M.R.; YAMAURA, M. Uso das fibras de coco na biossorção de chumbo em águas residuárias industriais. **In: VI CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM – Associação De Universidades Grupo Montevideu (AUGM AMBIENTE 2009)**, São Carlos - Sp - Brasil - 5 a 9 de outubro de 2009. p. 1 - 15.3

MONTEIRO, R.A.; BONIOLO, M.R.; YAMAURA, M. Fibras de coco verde para adsorção de íons Uranilo. **In: VI CONGRESSO NACIONAL E INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, São Paulo- Sp - Brasil – 2008.

PINO, G.A.H. **Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (Cocos nucifera)**. 2005. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica do Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PINO, G.H.; TOREM, M.L. Aspectos fundamentais da biossorção de metais não ferrosos – estudo de caso. **Tecnol. Metal. Mater. Miner**, São Paulo, v. 8 n.1, p.57-63, 2011.

SOUZA, F.W.; MOREIRA, S.A. **Uso da casca de coco verde como adsorbante na remoção de metais tóxicos**. Embrapa Agroindústria Tropical-CE, 2005.

VAZ, L.G.L. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente líquido gerado na Galvanoplastia**. 2009. 83 p. Dissertação (Pós Graduação em engenharia química) - Programa de Pós-Graduação do Centro de Engenharia e Ciências Exatas, Universidade Estadual do

Oeste do Paraná. Toledo, PR, 2009.

VULLO, D. L. Microorganismos y metales pesados: una interacción em beneficio del meio ambiente. **Química Viva**, v. 2, n.3, p.1-8, 2003.