

Utilização de Nanopartículas Magnéticas na Adsorção de Metais Pesados, uma Revisão

Mateus Herculano Pereira de Oliveira Araújo¹; Erbertt Bezerra Barros²; José Avelino Freire³

^{1,2,3} Universidade Federal de Campina Grande, Depto. Engenharia de Minas, Campina-CG, 58429-900

¹mateusherculano1993@hotmail.com, ²erberttbarros@gmail.com, ³avejaf@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Em toda a história da humanidade o desenvolvimento urbano ocorreu nas proximidades de corpos hídricos, preferencialmente rios; devido à demanda da população por água e a possibilidade de se utilizar o rio como receptor de dejetos. Com o surgimento das indústrias, após revolução industrial (séc. XVIII), e o aumento exponencial da população sem controle e saneamento básico, ocasionou a contaminação dos mananciais hídricos, que deveriam inicialmente suprir a demanda de água. Essa contaminação é notória e preocupante (GIORDANO, 2004). Na atualidade, a degradação das águas superficiais e subterrâneas, por diferentes tipos indústrias, tem sido uma grande problemática ambiental. Inúmeras atividades antrópicas lançam rejeitos em rios, lagos, lagoas ou córregos sem o devido tratamento, afetando de modo significativa a biota na região onde o mesmo é depositado (SILVA, 2014).

A atividade industrial, por sua vez, gera impactos significativos e crescentes na qualidade dos corpos hídricos e por consequente nas mais diferentes formas de vida do entorno. Estes impactos são decorrentes do descarte inapropriado de efluentes contendo compostos químicos, como amianto, solventes e agrotóxicos; contaminantes biológicos; nutrientes, como o fósforo e nitrogênio; metais pesados, como chumbo, mercúrio, cádmio, cromo e cobre; produtos farmacêuticos e de cuidado; e materiais em suspensão, partículas e sedimentos. Estes impactos também podem ser decorrentes da alteração na temperatura do corpo d'água por descarga de efluentes usados em refrigeração. (GIORDANO, 2004; JURAS, 2015)

O ato de lançar nas mais diversas fontes d'água metais pesados em concentrações críticas é preocupante, devido ao fato de alguns destes metais acarretarem graves problemas a saúde humana e animal. Dentre os diversos metais pesados existentes na natureza, destaca-se o cobre, chumbo, cádmio, arsênio e cromo como altamente tóxicos e prejudiciais à saúde humana (JURAS, 2015). Pereira (2004) e Santos (2011) relatam que as maiores contaminações são com estes metais através de ingestão (alimentos ou águas contaminadas) ou inalação (fumos ou vapores).

Leal (2006), Ferreira et al (2014), Silva et al (2014), dentre outros pesquisadores, apontam para a eficácia da utilização de magnetita nanoestruturada como adsorvente de íons metálicos livres em meio aquoso. Ortiz (2000), afirma que este método apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais de remoção de poluentes, elencando como principais: a capacidade de adsorver contaminantes, devido a sua estrutura e a disponibilidade de carga superficial; ao fato de serem retiradas do meio aquoso por um campo magnético externo; e a possibilidade de reutilização da magnetita nanoestruturada. Outra vantagem elencada por Ortiz (2000) é o fato da produção da magnetita poder ser realizada a partir da utilização de resíduos siderúrgicos, obtendo-se então, um material adsorvedor de baixo custo.

Diante das diversas literaturas que abordam o emprego das nanopartículas, objetiva-se neste estudo discutir a utilização de nanopartículas magnéticas, como material adsorvedor de íons de metais como tratamento de corpos hídricos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado confrontando e analisando trabalhos acadêmicos, artigos de revistas e teses que tratam da poluição de corpos hídricos e utilização de nanopartículas magnéticas na adsorção e retirada de íons metálicos de soluções aquosas. Dando-se ênfase em levantamento bibliográfico que preconiza os metais pesados como poluente e como material a ser adsorvido pela magnetita nanoestruturada.

REFERENCIAL TEÓRICA

Poluição Hídrica

Qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, sendo esta alteração capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos de acordo com seu uso predominante (GIORDANO, 2004). Sendo dividida de acordo com a alteração que provoca ao corpo d'água; como: física, quando altera as propriedades físicas da água (temperatura, turbidez); química, quando modifica parâmetros como potencial hidrogeniônico (pH) e nível de oxigenação da água; e biológica quando ocorre infecção por microrganismos (PEREIRA, 2004).

A poluição química, por sua vez, é subdividida de acordo com o tempo de permanência do composto ou elemento químico contaminante no ambiente e no organismo dos seres vivos. A subdivisão é feita em duas classes: biodegradáveis para os que ao final de um tempo são decompostos pela ação de bactérias, tais como detergentes, fertilizantes e inseticidas; e persistentes para os que permanecem por um longo tempo no ambiente e em seres vivos causando diversos problemas pela contaminação, onde destacam-se nesta classe, os metais pesados (PEREIRA, 2004).

Metais Pesados

Define-se metais pesados como o conjunto de elementos químicos metálicos que apresentam massa específica elevada, massa atômica maior ou igual à 23 e possuem número atômico maior ou igual a 20. Considerados uma das formas mais nocivas de contaminação ao meio ambiente e a vida humana, haja vista, serem tóxicos em concentrações moderadas à elevadas; dificilmente degradáveis, destruídos ou sintetizados pelo homem; além de possuírem um tempo bastante longo de permanência em seres vivos. (LIMA E MERÇON, 2011; JURAS, 2015)

Os metais pesados existentes na natureza são divididos em três grupos: essenciais; micro-contaminantes; e essenciais e simultaneamente micro-contaminantes. A classe dos elementos essenciais é composta pelo sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio. A dos micro-contaminantes pelo arsênio, chumbo, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio. Os elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes são o cromo, zinco, cobalto, ferro, cobre, manganês e níquel. (AMARAL E KREBS, 2010) Dentre a gama de metais pesados acima apresentados, foram selecionados o cobre, chumbo, cádmio, arsênio e cromo para aprofundamento do presente estudo, tendo em vista que, a eficácia da adsorção destes metais pela magnetita nanoestruturada é comprovada por Yamura et al (2000), Silva et al (2014), Ferreira (2014).

O cobre geralmente é descartado pela agricultura com seus defensivos agrícolas, pela mineração e por esgotos domiciliares. As fontes poluidoras de chumbo são: as refinarias de petróleo e a indústria cerâmica como as mais poluidoras; e em menor escala a mineração e as gráficas. Já o cádmio é despejado pela indústria cerâmica, de perfumaria, de cimento, por refinarias de petróleo, indústrias têxteis, de clareamento de metais, fabricação de carvão ativado, de produtos fotográficos, entre outras. O arsênio é utilizado como corante no tratamento de minerais como os minerais sulfurosos de cobre, a pirita de ferro arsenífero e de outros metais; na preservação de madeira, na fabricação de pesticidas e de acetileno e por sequência também é lançado de forma inapropriada na natureza. E o cromo, por sua vez, é descartado por curtumes, na preparação de corantes, cromagem de metais, indústria cerâmica, de papel, de produtos fotográficos e de explosivos, nos efluentes de minerações de cromo, em indústrias eletroquímicas de cromados e ácido crômicos (PEREIRA, 2004; JURAS, 2015)

Magnetita

A magnetita é um óxido de ferro que possui fórmula química definida, Fe_3O_4 , constituída por 31% de FeO e 69% de Fe_2O_3 ; de densidade de $5,1 \text{ ton/m}^3$ e dureza na escala de Mohs variando entre 5,5 e 6. (MARTINHO, 2014) Tendo ocorrência natural, predominante em rochas magmáticas ou metamórficas, de metamorfismo regional ou de contato, sendo também encontrada em meteoritos e areias de praia; e tendo origem artificial através de reações químicas envolvendo uma fonte de ferro e reagentes laboratoriais (ZANARDO, 2000; YAMURA et al, 2000).

Tanto a magnetita natural quanto a sintética tem como características diferenciadoras de outros materiais sua disponibilidade superficial de cargas, constituindo-se adsorventes de metais e outros materiais, e o forte magnetismo, que facilita sua remoção de um meio aquoso. Sendo estas propriedades indispensáveis para o estudo da remoção de sólidos suspensos, de material particulado, de compostos orgânicos e biológicos, e de contaminantes metálicos, em específico os metais pesados cobre, chumbo, cádmio, arsênio e cromo (YAMURA, 2000; ORTIZ et al, 2003; SILVA et al, 2014).

Nanopartículas Magnéticas

As partículas nanométricas de magnetita (Figura 1) possuem as mesmas características que a magnetita de granulometria maior, ou seja, tem forte magnetismo e possuem sítios polares em sua superfície para atrair os íons livres na solução aquosa, no caso específico, os íons dos metais pesados (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , As^{5+} e Cr^{6+}). Não obstante, essas partículas nanométricas são diferenciadas das de granulometria maior pelo fato de possuírem maior área superficial em relação ao peso, tendo assim maior superfície para possibilitar interações eletroquímicas (YAMURA et al, 2001; ORTIZ et al, 2003; SILVA et al, 2014).

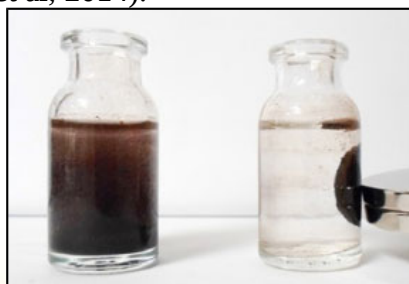


Figura 1: Nanopartículas magnéticas dispersas e em sequência atraídas por ímã. (SÁNCHEZ-RAMÍREZ et al, 2014)

Silva et al (2014) alegam que a magnetita nanoestruturada apresenta-se como um promissor agente no tratamento de efluentes contaminados, devido este material possuir alta estabilidade; apresentar baixo custo, tanto na forma natural quanto sintética; não ser tóxico ao meio ambiente; contar com diversas formas de utilização, podendo ser recoberto com polímeros ou moléculas que aumentem sua capacidade de adsorção, e possibilita reutilização devido a propriedade magnética deste nanomaterial.

Utilização das Nanopartículas Magnéticas como Material Adsorvedor de Metais Pesados

Como exposto no subitem anterior, as nanopartículas magnéticas apresentam inúmeras vantagens e benefícios em sua utilização. Ortiz (2000) comprova a eficácia deste material na adsorção de cobre, chumbo e cádmio salientando. Silva et al (2014) e Ferreira et al (2014) relatam que as magnetita nanoestruturada é eficaz no tratamento de soluções contaminadas com arsênio. E Yamura et al (2000) demonstra que, a adsorção de cromo hexavalente em solução por nanopartículas magnéticas é eficiente.

O processo de utilização deste inovador material adsorvedor, esquematizado na Figura 2, constitui-se das seguintes etapas: 1- adsorção química entre as nanopartículas e os íons de metais pesados no meio aquoso; 2- separação das nanopartículas da solução por meio da aplicação de um campo magnético; 3- imersão das nanopartículas adsorvidas aos metais pesados em uma solução específica para que ocorra a dissorção da magnetita nanoestruturada e dos íons metálicos; e 4- novamente aplicação de um campo magnético para retirar as nanopartículas, possibilitando assim sua reutilização. (YAMURA et al, 2001)

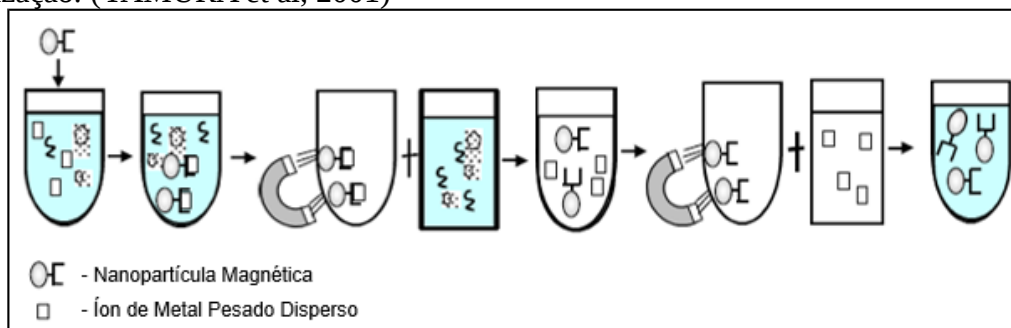


Figura 2: Esquema das etapas de utilização da magnetita nanoestruturada na adsorção de metais pesados. (YAMUARA et al, 2001)

CONCLUSÕES

Os processos de descontaminação de efluentes líquidos são realizados com a finalidade de tornar os mananciais, até então impróprios para consumo, em fontes d'água que possam ser utilizadas sem oferecer prejuízo à saúde humana e a biota. Tradicionalmente vários métodos para tratamentos de efluentes são empregados, dentre eles, gradeamento, peneiramento, filtração, flotação, sedimentação, precipitação, oxidação, lodos ativados e biofilmes, que em sua grande maioria apresentam altos custo ou difícil aplicação.

A utilização da magnetita nanoestruturada no tratamento de corpos hídricos é um meio inovador na atualidade. Esta nova técnica necessita de maiores pesquisas para poder ser empregada na descontaminação de rios, lagos, lagoas e qualquer outro manancial poluído. Sabe-se que, sua

eficiência na adsorção e remoção de metais e de outros contaminantes é comprovada em nível laboratorial.

Ainda é válido salientar que, as nanopartículas de magnetita podem ser obtidas a partir de diferentes fontes de ferro, material de baixo custo, e se faz possível sua reutilização após o processo de remoção de poluentes. Características estas, que unidas as propriedades de excelente adsorção e de forte magnetismo tornam as nanopartículas magnéticas um promissor material a ser utilizado na descontaminação de poluentes.

Por fim, atenta-se ao fato dos grandes malefícios gerados pela contaminação de metais pesados e a diversidade de empresas que se configuram agentes poluidores destes metais. E apontam-se as nanopartículas magnéticas, tanto naturais quanto sintetizadas, como o possível agente solucionador desta problemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. E.; KREBS, A. S. J. Drenagem ácida da mineração de carvão e sua interrelação com metais pesados e recargas de aquíferos na bacia carbonífera do estado de Santa Catarina. XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Luís – MA 2010.

COSTA, T. N. Intoxicação por cobre: aspectos clínicos e laboratoriais. Goiânia, 2011. Seminário (Disciplina Seminários Aplicados do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia.

FERREIRA, A. M.; SILVA, G. C.; DUARTE, H. A. Materiais funcionais para a proteção ambiental. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. v. 30, n. 8, p. 30-38. Maio, 2014.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. Revista ABES, v. 4, n. 76, 2004.

JURAS, I. A. G. M. Os impactos da indústria no meio ambiente. In: Políticas setoriais e meio ambiente. Brasília: Consultoria Legislativa da Área XI, 2015. p. 47-84.

LEAL, R. Estudo da magnetita como material adsorvedor de íons urânio. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN.

LIMA, V. F.; MERÇON F. Metais Pesados no Ensino de Química. Química Nova na Escola. v. 33, n. 4, p. 199-205. Novembro 2011.

MARTINHO, H. M. Avaliação da Efetividade de Arranjos Tecnológicos e Processuais na Melhoria Ambiental da Produção de Fosfato Bicálcico. São Paulo, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ORTIZ, N. Estudo da utilização da magnetita como material adsorvedor dos metais Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} e Cd^{2+} , em solução. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada a Universidade de São Paulo.

ORTIZ, N.; SUSCA, C.; OLIVEIRA, K. M. R.; BRESSIANI, J. C. Estudo da estabilidade química da magnetita utilizada como adsorvedor na remoção de compostos orgânicos de soluções. *Cerâmica*. v. 49, p. 216-222. 2003.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. IPH-UFRGS. v. 1, n. 1, p. 20-36. 2004.

SANTOS, D. J. A. Determinação de metais pesados em amostras de solo de sepulturas do cemitério 'park' e em amostras de água no lençol freático da região de Anápolis-GO. Anápolis-GO, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas.

SÁNCHEZ-RAMÍREZ, J.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, J.; SEGURA-CENICEROS, E. P.; CONTERAS-ESQUIVEL, J. C.; MEDINA-MORALES, M. A.; AGUILAR, C. N.; ILINÁ, A. Inmovilización de enzimas lignocelulolíticas en nanopartículas magnéticas. *Química Nova*, v. 37, n. 3. São Paulo, maio/junho 2014.

SILVA, M. F.; PINEDA, E. A. G.; BERGAMASCO, R. Aplicação de óxidos de ferro nanoestruturados como adsorventes e fotocatalisadores na remoção de poluentes de águas residuais. *Química Nova*. v. 38, n. 3, p. 393-398. Dezembro, 2014.

YAMURA, M.; CAMILO, R. L.; COHEN, V. H.; GONÇALVES, M. A. Remoção de Cr (VI) para o tratamento de efluentes indústrias utilizando a magnetita. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. Butantã – São Paulo – Brasil, 2000.

ZANARDO, A. (Coordenador): Enciclopédia Multimídia de Dados. Departamento de Petrologia e Metalogenia. Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm>>. Consultado em: 04/10/2016.