



APLICAÇÕES DE ARGILAS COMO ADSORVENTE EM PROL DOS RECURSOS HÍDRICOS: UMA REVISÃO

Francisco Patrício de Andrade Júnior¹; Ana Carolina Paiva da Silva²; Denise Domingos da Silva³.

1 Curso de Bacharelado em Farmácia, Unidade Acadêmica de Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Lab. Bioambi, Cuité-PB, Brasil.

2 Curso de Licenciatura em Química, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Universidade Federal de Campina Grande – Lab. Bioambi, Cuité-PB, Brasil.

3 Prof^a Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Universidade Federal de Campina Grande, Lab. Bioambi, Cuité, PB, Brasil.

E-mail para correspondência: dedomingos@gmail.com

Resumo

Com o desenvolvimento industrial e o crescimento dos aglomerados urbanos a água, um dos recursos mais abundantes do planeta Terra, vem sofrendo agressões diárias e contínuas, através de resíduos industriais, esgotos domésticos e até mesmo a falta de consciência ambiental por parte das populações. Devido a isso cientistas procuram novas formas de recuperá-la, por meio de novos estudos e do desenvolvimento tecnológico de novos materiais que possibilitem novas formas de tratamento, como a utilização de argilas. Este artigo tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre a utilização de argilas como adsorventes para o tratamento de águas. Levando em consideração a bibliografia consultada as argilas apresentam-se como materiais interessantes na remoção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, fenóis, óleos, metais pesados, assim como querosene e gasolina, sendo consideradas materiais de ampla aplicação e eficiência, uma vez que podem ser modificadas quimicamente para potencializar suas propriedades.

Palavras-chave: Argilas, Adsorção, Água.

Abstract

The industrial development and the growth of urban areas the water, one of the most abundant resources on the planet Earth, has been suffering daily and continuous aggression by industrial waste, domestic sewage and even the lack of environmental awareness on the part of the population. Because of this, scientists look for new ways to get it through new studies and technological development of new materials that enable new forms of treatment such as the use of clays. This article aims to make a literature review on the use of clays as adsorbents for water treatment. Considering the bibliography clays present as interesting materials in removal of polycyclic aromatic hydrocarbons, phenols, oils, heavy metals, as kerosene and gasoline, considering materials broad application and efficiency, since they can be chemically modified to enhance their properties.

Keywords: Clays, Adsorption, Water.

1 Introdução

A presença ou ausência de água em diversos locais sempre apresentou importância para a existência da vida humana. Desde os primórdios é responsável por escrever a história, criar culturas e hábitos, determinar a ocupação de territórios, vencer batalhas, extinguir e dá vida às espécies, determinar o futuro de gerações. Nosso planeta não teria se transformado em ambiente apropriado para a vida sem a água. Desde a sua origem, os elementos hidrogênio e oxigênio se combinaram para dar origem ao elemento-chave da existência da vida (BACCI; PATACA, 2008).

O desenvolvimento industrial, a criação de novas tecnologias, o aumento das populações e novas necessidades advindas do desenvolvimento massivo fez com que houvesse um aumento da contaminação dos nossos recursos hídricos causando o comprometimento da saúde humana, destruição da fauna e a flora e problemas econômicos associados ao agronegócio.

Em nossa sociedade, a exploração dos recursos naturais a cada ano torna-se cada vez mais devastadora, dentre estes recursos um dos mais acometidos é a água que de forma bastante agressiva e descontrolada, levou a uma crise socioambiental bastante profunda. Hoje nos deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por essa crise, que pode se tornar um dos mais graves problemas a serem enfrentados neste século (BACCI; PATACA, 2008).

Buscando amenizar esta situação pesquisadores do mundo inteiro buscam alternativas viáveis para o desenvolvimento de novos métodos que possam contribuir para a purificação de águas. Um dos materiais mais amplamente estudados nos últimos anos para a promoção dos tratamentos de águas são as argilas.

As argilas, atualmente, estão sendo motivo de pesquisas inovadoras objetivando o tratamento de águas, devido características únicas que estas possuem. Os argilominerais têm se mostrado materiais promissores, pois apresentam elevada área superficial e alguns apresentam moderada carga parcial negativa em sua estrutura, o que facilita a adsorção de compostos polares (SANTOS, 2014).

A possibilidade de modificação química das argilas permite o desenvolvimento do seu uso para diversos tipos de aplicações tecnológicas, agregando valor a esse abundante recurso natural (TEXEIRA-NETO; TEXEIRA-NETO, 2009).

Este artigo tem como objetivo trazer uma revisão bibliográfica sobre a atividade adsorptiva encontrada em argilas para o tratamento de águas, direcionando-se ao estudo dos poluentes mais comumente encontrados nas águas, voltando-se, portanto, para a sua atividade adsorptiva para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, fenóis, óleos e alguns metais pesados que comumente poluem e agredem os recursos hídricos.

2 Metodologia

2.1 Tipo de pesquisa

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, em que o levantamento de dados foi realizado através da internet durante o período de setembro de 2015 a julho de 2016.

2.2 Procedimentos de pesquisa

Para a realização deste trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados: Scielo, Periódicos Capes e Lilacs, abordando acerca da utilização de argilas como material para o tratamento de águas contaminadas. As seguintes palavras-chaves foram utilizadas em várias combinações para a pesquisa do material utilizado: 1) Argilas; 2) Adsorventes; 3) Metais pesados; 4) Óleos; 5) Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos; 6) Fenol; 7) Águas; 8) História da água. A pesquisa englobou artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses assim como portarias e resoluções, em que 121 destes documentos foram selecionados, porém somente 32 foram utilizados, por terem os itens: aplicações, conceitos e tipo de argila.

3 Revisão bibliográfica

3.1 Poluição dos recursos hídricos

Victoriano (2007) aborda que a aparente abundância de água na natureza talvez justifique, em parte, a negligência histórica dos seres humanos nas suas relações com os recursos hídricos. O que na realidade temos como água potável é apenas 0,03% do total de água do planeta. Essa insignificante quantia deveria receber todos os cuidados possíveis, no entanto, não é isso o que vemos em quase todos os continentes, os principais aquíferos estão sendo exauridos com uma rapidez maior do que sua taxa natural de recarga.

Borsoi e Torres (1995) acreditam que a água é, por muitos, considerada um recurso ou até mesmo um bem econômico, porque é finita, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente. Além disso, sua escassez impede o desenvolvimento de diversas regiões.

De acordo com Rodrigues (2009) ao longo de décadas, a atividade industrial tem produzido rejeitos gasosos, líquidos e sólidos nocivos ao meio ambiente. O volume de detritos despejados nas águas tornou-se cada vez maior, superando a capacidade de purificação dos rios e oceanos, que é limitada e, além disso, passou a ser despejada na água uma grande quantidade de elementos que não são biodegradáveis, ou seja, não são decompostos pela natureza.

Em conceito mais moderno, poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais ao meio aquático e quando tais alterações colocam em risco a saúde dos elementos da biota ou do ser humano que dele faz uso (LIBÂNIO, 2010).

Quanto aos efeitos das atividades humanas sobre as águas Borsoi e Torres (1997) destacam que boa parte é poluidora tais quais: o abastecimento urbano e industrial que provoca poluição orgânica e bacteriológica, o despejo substâncias tóxicas e elevação da temperatura do corpo d'água; a irrigação que carrega agrotóxicos e fertilizantes; a navegação que lança óleos e combustíveis; o lançamento de esgotos que provoca poluição orgânica, física, química e bacteriológica. Enquanto que a geração de energia elétrica, por sua vez, não é poluidora, mas provoca alteração no regime e na qualidade das águas. A construção de grandes represas, com inundação de áreas com vegetação

abundante, não apenas compromete bastante a qualidade da água, como pode repercutir em todo o meio ambiente em torno.

3.2 Adsorção e argilas

Curbelo (2002) observa que nos últimos anos o processo de adsorção tem aparecido como uma técnica de grande potencial para o tratamento de efluentes industriais, principalmente devido à utilização de adsorventes naturais onde alguns são obtidos de subprodutos da indústria e da agricultura.

De acordo com Costa (2012) o método de separação por adsorção vem substituindo os processos convencionais de purificação de efluentes, devido ao avanço de estudos teóricos e experimentais, que podem prever com sucesso o funcionamento e condições ideais de operação de equipamentos para o uso industrial, destinados à purificação de efluentes tratados.

Dentre os processos físicos e químicos um dos mais comumente utilizados na remediação de águas contaminadas é a remoção por adsorção em carvão ativado, sílica ou argila (GUIMARÃES et al., 2015).

As argilas chamam atenção de pesquisadores e industriais, não somente pelo seu baixo custo, abundância ou seu baixo poder de degradação a natureza, mas também pelas suas muitas aplicações. Complementando esta ideia Paiva, Morales e Díaz (2008) afirmam que as argilas apresentam várias propriedades, como inchamento, adsorção, propriedades reológicas e coloidais, plasticidade, etc. No entanto, várias dessas aplicações só são possíveis após a modificação superficial das argilas. A modificação superficial de argilas é uma área que tem recebido bastante atenção porque permite ampliar os horizontes de aplicação das argilas, gerando novos materiais e novas aplicações.

Por serem formadas por argilominerais as argilas apresentam certas particularidades que de acordo com Oliveira (2009) quimicamente os argilominerais são considerados silicatos de alumínio hidratados, podendo conter certo teor de elementos alcalinos e alcalinos-terrosos (como magnésio, ferro, cálcio, sódio, potássio e outros) de estrutura cristalina em camadas lamelares ou de estrutura fibrosa. Os mesmos pertencem à família dos filossilicatos (do grego: phyllon = folha) que podem ser definidos como silicatos

contendo folhas tetraédricas bidimensionais contínuas de composição Si_2O_5 (figura 1).

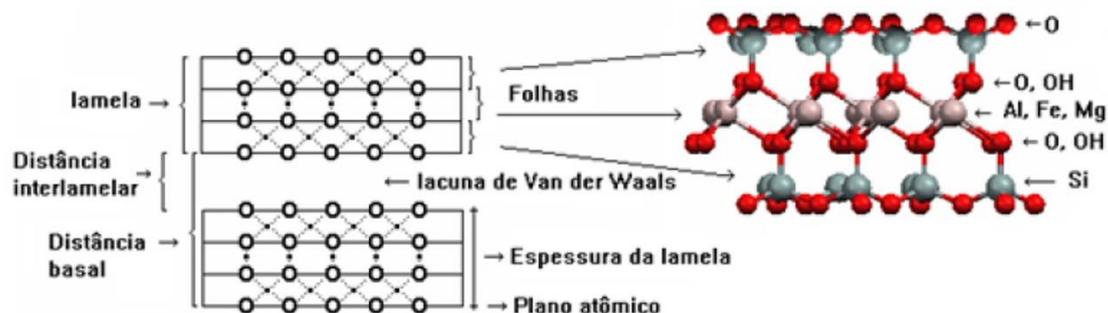


Figura 1: Representação da estrutura de um argilomineral.

Fonte: Santos, 2014.

Canosa e Matueda (2015) definem argilas como materiais terrosos, naturais, que quando misturados com a água apresentam alta plasticidade. Elas são constituídas de partículas coloidais de diâmetro inferior a 0,005mm, com alta plasticidade quando úmidos e que formam torrões de difícil desagregação quando sob pressão.

3.3 Principais aplicações das argilas como adsorventes:

3.3.1 Remoção de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Caruso e Alaburda (2008) conceituam os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) como um grupo de compostos contendo dois ou mais anéis aromáticos condensados. Estes compostos são formados, principalmente, pela combustão incompleta da matéria orgânica. Os estudos em cobaias têm demonstrado que muito desses compostos, incluindo o benzo(a)pireno (BaP), são carcinogênicos e mutagênicos, sendo também considerados potencialmente genotóxicos e carcinogênicos para os humanos.

A contaminação de rios, mares e florestas e, também da atmosfera, pode causar danos irreparáveis à natureza e à saúde humana. A ação maléfica dos HPAs sobre os organismos vivos pode ser exercida diretamente e, principalmente, através de seus derivados, muitos deles ainda desconhecidos (COSTA, 2001). Devido seu alto poder de contaminação, pesquisas relacionadas à busca de materiais adsorventes para os HPAs presentes nos

recursos hídricos, vem sendo estudadas e as argilas apresentam-se como uma interessante alternativa para a retirada desses perigosos contaminantes.

Segundo Nunes (2011) a eficácia da utilização de argilas como adsorventes para antroeno e ácido 9-antróico, apresentam cerca de 99% e 60% de remoção destes compostos em meio aquoso, respectivamente. Enquanto que Nkansah et al., (2009) exploraram a utilização de uma argila (LECA) como adsorvente para a remoção de HPAs a partir da água e puderam observar que ao completar 21 horas, a adsorção máxima foi alcançada, apresentando ótimos resultados na adsorção do fenantreno (92.61%), fluoranteno (93.91%) e pireno (94.15%), em que utilizou-se somente 4,0 g do adsorvente.

Ao contrário do que se é pensado, a contaminação por HPAs não se dá somente através da água contaminada, mas como também através do ar, através do contato tátil com estas substâncias e até mesmo através da ingestão de alimentos contaminados. Reforçando esta ideia Pereira Netto et al., (2000) revela que os alimentos são considerados outra importante fonte de exposição humana, tanto devido à formação de HPAs durante o cozimento, quanto devido à deposição atmosférica sobre grãos, vegetais e frutas.

A utilização de argilas contra os HPAs apresenta-se como novas possibilidades para o combate a degradação dos recursos hídricos, tendo em vista que cada dia mais ocorre aumento da contaminação por HPAs devido o constante vazamento de combustíveis não esquecendo também a importância da retirada destes compostos da água para a preservação da saúde pública.

3.3.2 Fenóis

Fenóis são conhecidos como poluentes prioritários, por tratarem-se de substâncias tóxicas que podem ser introduzidas nas águas dos rios através das emissões de efluentes industriais. Mesmo sendo encontrados em baixas concentrações, é importante destacar que os fenóis são de difícil degradação por serem tóxicos aos microorganismos e, além disso, reagem com o cloro utilizado no tratamento de águas, convertendo-se em compostos ainda mais tóxicos e resistentes à biodegradação (OLIVEIRA, 2009).

Os fenóis e compostos derivados substituídos aparecem na água em consequência da degradação de compostos fenólicos, os quais são usados em

indústrias de processamento da borracha, de colas e adesivos, de resinas impregnantes, de componentes elétricos (plásticos) e siderúrgicos, entre outras (OLIVEIRA, 2009).

Os fenóis podem ser grandes precursores da instabilidade da saúde humana, ocasionando de leves enjoos até mesmo queimaduras na pele, cegueira, morte e como também, instabilidade da saúde ambiental, sendo os estudos para a remoção de fenóis importantíssimos principalmente quando se usa materiais que podem ser reaproveitados, como as argilas.

Em sua pesquisa Silva e Sobrinho (2008) mostram a eficácia de argilas através de proposição de um processo de tratamento de águas residuárias de indústrias petroquímicas que através da organofilização de argilas esmectíticas utilizada na remoção de fenol foi-se atingido um percentual de remoção de 97%. Enquanto que Cavalcanti (2008) que também estudou a capacidade de uma argila organofílica em relação ao seu poder de separação do composto fenol presente nos efluentes aquosos de indústrias petroquímicas pode constatar que a utilização de uma massa correspondente a 12 g da argila organofílica, causou uma diminuição superior a 96% da concentração inicial de fenol e uma massa de 2g da mesma argila foi responsável por uma redução superior a 80%, sugerindo, portanto, a utilização da mesma como material adsorvente.

Schwanke et al., (2011) observaram a atividade de 4 argilas organofílicas variando de acordo com a quantidade de surfactante adicionada a estas e concluíram que a argila que apresentou 4g de surfactante em sua composição obteve até 74,18% de atividade adsorvente para o fenol.

Santos et al., (2014) fizeram um estudo com argilas esmectita dioctahédrica do estado do Acre, modificando-as quimicamente com sal quaternário de amônio brometo de hexadeciltrimetilamônio (HDTMA) em concentrações compreendidas entre 1 a 5 vezes o valor de capacidade de troca catiônica da argila original (figura 3). Os processos de adsorção não somente do fenol, mas como também do benzeno em fase líquida na organoargila HDTMA-arg 5 foram considerados favoráveis, espontâneos e com interações físicas. Sendo a amostra HDTMA-arg 5 a argila que possui agregado a maior concentração de surfactante.

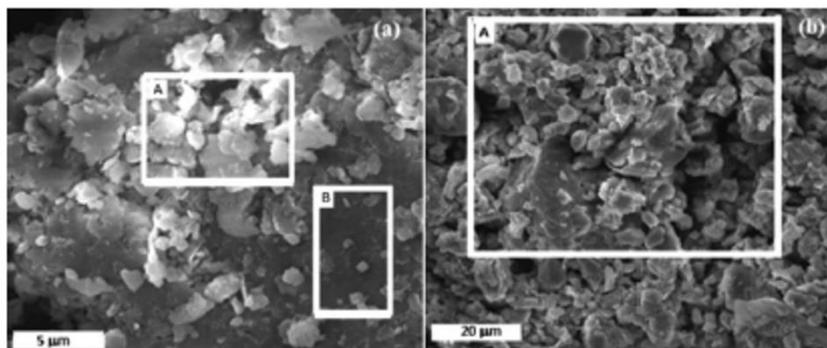


Figura 2: Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura das amostras: argila natural (a) e HDTMA-arg 5 (b).

Fonte: Santos et al., 2014.

Apesar de as pesquisas para a retirada de fenóis de águas contaminadas serem bastante recentes, é inegável que os resultados observados em estudos são promissores e ao mesmo tempo apontam para avanços e estímulos às novas investigações que permitam a exploração das argilas.

3.3.3 Óleos

A crescente necessidade de eficientes processos de separação óleo/água, por exemplo, gerada principalmente pelas legislações ambientais cada vez mais rígidas, tem voltado grande atenção para uso de argilas organofílicas no processo de tratamento de efluentes oleosos, sendo esta uma alternativa bastante eficiente antes de sua disposição ao meio ambiente (SILVA; LIMA; RODRIGUES, 2014).

Rodrigues (2009) investigou, experimentalmente em escala de laboratório, o desempenho de argilas organofílicas Brasgel e Cinza, como adsorventes em sistema de separação emulsão óleo/água e concluiu que para a argila Brasgel obteve-se resultados no percentual de remoção de até 98,52% e capacidade de remoção de até 31,89 mg/g, enquanto que para a argila Cinza, valores de até 99,26% em percentual de remoção e 32,46 mg/g para a capacidade de remoção.

Nascimento et al., (2014) avaliaram a capacidade de adsorção da argila organofílica sintetizada a partir da argila bentonítica sódica, para a gasolina e o óleo diesel. Os resultados obtidos mostraram maior capacidade de sorção da argila organofílica para a gasolina e óleo diesel. A quantidade adsorvida de gasolina e óleo diesel por grama de adsorvente, no tempo de equilíbrio, foi

respectivamente de 1,32 g e 1,48 g. Assim, o material estudado mostrou-se promissor no tratamento de águas contaminadas por óleos combustíveis, especialmente por gasolina e óleo diesel.

Neto et al., (2006) também realizaram um estudo sobre a caracterização da argila Sigma organofilizada com o sal HDTMA-Cl (cloreto de hexadeciltrimetilamônio – GENAMIN-CTAC50) em diferentes concentrações (0,8 e 1,0meq/g), utilizadas na separação óleo/água e obtiveram resultados comprovando as atividades adsorptivas presente na argila Sigma organofilizada.

Silva, Lima e Rodrigues (2014) estudaram a atividade adsorptiva da argila bentonita sódica tanto natural como organofilizada, para três solventes: gasolina, óleo diesel e querosene. Os resultados da capacidade adsorptiva da argila organofílica foi maior para as três amostras. Com relação ao solvente gasolina, a argila organofílica adsorveu 343% a mais do que a argila natural. No caso do óleo diesel, houve um aumento de 94% na quantidade de material adsorvido pela argila. O solvente querosene foi o que apresentou o menor aumento da capacidade de adsorção após a organofilização, em torno de 7%. Essa melhor adsorção de solventes orgânicos exercidos por essas argilas podem ser observados na figura 3 que indica que a modificação promovida na argila natural permitiu uma maior capacidade de adsorção na mesma, além de que, mostra a importância e a versatilidade tecnológica que as argilas podem possuir.

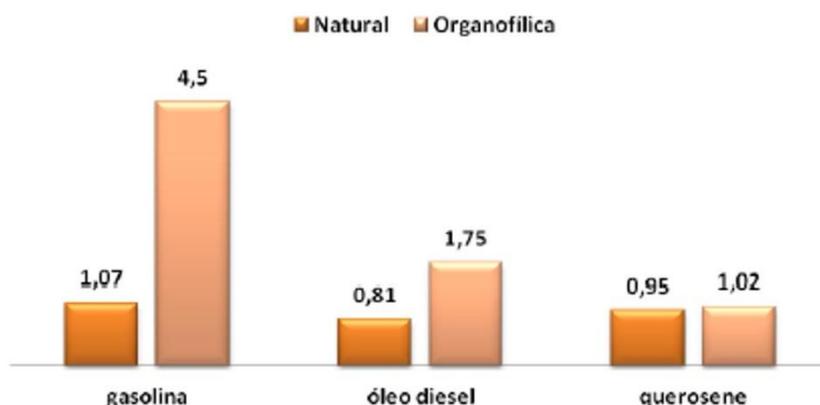


Figura 3: Capacidade de adsorção das amostras: argila BSN-01 natural e argila BSN-01 organofílica.

Fonte: Silva; Lima; Rodrigues, 2014.

Como observado às argilas de fato apresentam atividade adsorptiva contra os óleos, ademais vemos que os estudos utilizam as mesmas para adsorção de

gasolina e mais especificamente o óleo diesel, dois dos principais contaminantes aquáticos.

3.3.4 Metais Pesados

Libânio (2010) destaca que a denominação de metais pesados insere-se em um amplo rol de elementos como cromo, cobre, mercúrio, magnésio, chumbo, cádmio, zinco, cobalto, níquel, molibdênio e prata passíveis de causar algum dano à saúde humana. Embora alguns possam desempenhar importantes funções aos integrantes da biota aquática, mesmo que a quase totalidade apresente algum grau de toxicidade aos organismos.

Geralmente, a remoção de metais pesados se dá pela precipitação química, embora este processo seja relativamente simples e econômico, gera um grande volume de lodo e, dependendo do metal e das características químicas dos efluentes, após a filtração final o efluente pode ainda apresentar concentrações residuais de metais em valores acima das condições ambientais aceitáveis, sendo necessária a aplicação de um processo complementar para o polimento final do efluente (ARAUJO et al., 2013).

Goldani (2007) propôs um estudo sobre a remoção de Fe e Mn presentes em efluentes de drenagem ácida de minas, geradas pela atividade mineradora, no qual se utilizou de três argilas como material adsorvente sendo que somente a argila hidrotalcita conseguiu alcançar resultados satisfatórios. Esta alcançou limites de remoção de Fe e Mn que se enquadram dentro daqueles estipulados pela Resolução do CONAMA nº357, tendo como base três amostras investigadas. A CONAMA nº 357 (2005) apresenta que o Fe pode ter como valor máximo 0,3 mg/L e o Mn 0,1 mg/L, o que confirma o quão satisfatório foram os resultados apresentados por Goldani (2007), principalmente quando leva-se em consideração a difícil remoção do Mn.

As argilas apresentam atividades adsorptivas contra diversos outros metais pesados além do Fe e do Mn como o mencionado por Araujo et al., (2013) que estudou a capacidade de adsorção da argila Bofe calcinada contra os metais Ni^{2+} e Zn^{2+} , tendo como resultado a adequada adsorção dos mesmos em solução aquosa em leito fixo.

Cabral (2008) estudou a remoção de cromo proveniente de efluentes sintéticos, onde comparou o desempenho da argila Verde-Lodo sem tratamento com o desempenho da argila Verde-Lodo organofílica para a remoção do cromo e concluiu que a argila Verde-Lodo sem tratamento apresentou maior eficiência na remoção de cromo.

Dal Bosco e Carvalho (2006) estudaram a capacidade de retenção de Cd(II) e Mn(II) por duas argilas, a montmorilonita K10 e a bentonita brasileira NT25 *in natura* e modificadas quimicamente com pirrolidinaditiocarbamato de amônio (APDC). Os resultados dos testes de adsorção demonstraram que entre as argilas *in natura* a bentonita brasileira NT25 apresenta uma retenção superior ao da montmorilonita K10 e que as argilas modificadas apresentam capacidade de adsorção muito superior às das argilas *in natura*, sendo que houve retenção total em sistemas com concentração inicial de 50 mg L⁻¹.

Oliveira, Jesus e Conceição (2015) realizaram uma pesquisa utilizando bentonita cálcica juntamente com pó de quiabo (*abelmoschus esculentus*) para a remoção de Cr(VI). Essa interessante junção teve como resultado a remoção de 89,6% de Cr(VI).

A surpreendente utilização das argilas para a remoção de metais pesados como adsorvente se mostra satisfatória nos âmbitos ambientais e econômicos, não se restringindo a remoção de somente um metal, mas de diversos, como foi comprovado.

4 Considerações finais

Após o levantamento realizado na literatura, pode-se concluir que as argilas apresentam-se como uma ótima opção para adsorventes uma vez que estas têm a capacidade de remoção de diversos poluentes, são abundantes, econômicas, tem diversas propriedades e são reaproveitadas nas indústrias de cerâmica.

Metodologias utilizando argilas são bastante vantajosas tanto do ponto de vista econômico, como em relação à amplitude de propriedades que as mesmas possuem, pois ao serem modificadas quimicamente, podemos potencializar suas propriedades como adsorventes.

Na remoção de fenóis e metais pesados as argilas apresentam-se como materiais interessantes, uma vez que a retirada destes poluentes por meio de tratamentos convencionais pode tornar os processos mais dispendiosos.

Em relação à remoção de óleos e HPAs, as argilas mostram-se eficazes, podendo, portanto, ser um material que permite a resolução de diversos problemas hídricos. Além disso, as argilas ainda têm a capacidade de remover alguns combustíveis fósseis (gasolina e óleo diesel), que são responsáveis geralmente por parte da contaminação de águas subterrâneas presentes nos lençóis freáticos.

5 Referências

ARAUJO, A.L.P et al. Adsorção de Ni²⁺ e Zn²⁺ em argila calcinada: estudo de equilíbrio em coluna de leito fixo. **Cerâmica**, São Paulo, SP, v.59, n. 351, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ce/v59n351/a06v59n351.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.

BACCI, D. C; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v.22, n.63, 2008. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10302/11957> >. Acesso em: 9 set. 2015.

BORSOI, Z. M. F; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev806.pdf >. Acesso em: 29 nov. 2015.

CABRAL, S. B. **Remoção de Cromo proveniente de efluentes sintéticos utilizando argilas organofílicas**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2008.

CANOSA, G. A; MATUEDA, F. **Caracterização de cerâmicas a base de nitreto de sílico para aplicações estruturais**. 2015. 45 f. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

CARUSO, M. S. F; ALABURDA, J. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – benzo(a)pireno: uma revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, SP, v 67, n.1, 2008. Disponível em: < <http://revistas.bvs-vet.org.br/rialutz/article/viewFile/7180/7405>>. Acesso em: 24 set. 2015.

CAVALCANTI, J. V. F. L. **Preparação e utilização de uma argila organofílica como adsorvente de fenol**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005**. 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. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em: 2 dez. 2015.

COSTA, A. F. **Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHS): 1-Hidroxipireno Urinário**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Fio Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

COSTA, J. M. **Desenvolvimento de nanoestruturas adsorvente de argilas para tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos do tipo BETX**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, BA, 2012.

CURBELO, F. D. S. **Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2002.

DAL BOSCO, S.M; VIGNADO, C; CARVALHO, W. A. Adsorção de MN (II) e CD (II) por argilas in natura e modificadas com pirrolidinaditiocarbamato de amônio. **Geochemica Brasiliensis**, São Paulo, SP, v.20, n.3, 2006. Disponível em: <<http://geobrasiliensis.org.br/ojs/index.php/geobrasiliensis/article/viewFile/246/pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

GOLDANI, E. **Utilização de argilas na remoção de Mn e Fe de efluentes gerados pela atividade mineradora de Carvão**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2007.

GUIMARÃES, D. K. S et al. Argilas aplicadas ao tratamento de água contaminada com hpa's. In: congresso nacional de engenharia de petróleo, gás natural e biocombustível, 1., 2015, CAMPINA GRANDE. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: CEMEP, 2015 Disponível em:<http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4dat_ahora_30_03_2015_23_24_24_idinscrito_1469_b081d9e7b62023e8fe4b244db99049d4.pdf>. acesso em: 14 set. 2015.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

NASCIMENTO, E.S et al. Síntese e caracterização de argila organofílica utilizada na remoção de óleos combustíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2014, VASSOURAS. **Anais eletrônicos...**Vassouras: UFFRJ, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobec-ic/03-ts-061.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2015.

NETO, A. F. A et al. Argilas organofílicas na separação óleo/água. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2001, São José dos Campos. **Anais eletrônicos...**São José dos Campos: UNIVAP, 2006. Disponível em: <

http://www.inicepg.univap.br/cd/inic_2006/epg/07/epg0000060-ok.pdf >. Acesso em: 13 out. 2015.

NKANSAH, M. A et al. The use of light weight expanded clay aggregate (LECA) as sorbent for PAHs removal from water. **Journal of Hazardous Materials**. v 217– 218, 2012. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389412003172> >. Acesso em: 25 set. 2015.

NUNES, R. E. **Argilas modificadas:** remoção de antraceno e ácido 9-antróico como modelo para aromáticos (HPA) presentes em águas. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, SP, 2011.

OLIVEIRA, M. F. D. **Estudo da modificação de bentonita para a remoção de fenol em águas produzidas na indústria de petróleo.** 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2009.

OLIVEIRA, V. L; JESUS, E; CONCEIÇÃO, D. Remoção de Cr(VI) de soluções aquosas utilizando bentonita cálcica e pó de quiabo (*abelmoschus esculentus*) por processo de coagulação-floculação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2014. Disponível: < <http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1760-17687-172919.pdf> >. Acesso em: 11 out. 2015.

PAIVA, L. B; MORALES, A. R; DÍAZ, F. R. V. Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. **Cerâmica**, São Paulo, SP, v.54, n. 330, 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132008000200012 >. Acesso em: 3 abr. 2016.

PEREIRA NETTO, A. D et al. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (hpas) e seus derivados nitrados (nhpas): uma revisão metodológica. **Química Nova**. São Paulo, SP, v. 23, n.6, 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n6/3533.pdf>>. Acesso em: 30 a. 2016

RODRIGUES, S. C. G. **Preparação e caracterização de argilas organofílicas em escola de laboratório, visando seu uso em sistema de separação emulsão óleo/água**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

SANTOS, K. **Desenvolvimento e avaliação de sistemas de extração de compostos carbonilados em amostras de óleo mineral contaminado com PCBs**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

SANTOS, S. S. dos et al. Adsorção de fenol e benzeno em montmorilonita modificada com brometo de hexadeciltrimetilamônio. **Cerâmica**, São Paulo, SP, v. 60, n. 355 2014. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ce/v60n356/v60n356a17.pdf> > . Acesso em: 06 out. 2015.

SCHWANKE, A. J.; LOPES, C. W. L.; BERTELLA, F.; PENHA, F. G.; PERGHER, S. B. C. Avaliação de diferentes materiais adsorventes aplicados à remoção de fenol acompanhado por cromatografia líquida de alta eficiência. **Perspectiva**, Erechim, RS, v.35, n.131, 2011. Disponível em: < http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/131_216.pdf>. Acesso em: 27 set. 2015.

SILVA, E. L; LIMA, L. A; RODRIGUES, M. G. F. Tecnologia de obtenção de argila organofílica visando sua utilização como adsorvente para remoção de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais eletrônicos**...Florianópolis: UFSC, 2014. Disponível:

<<http://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1335-19817-158378.pdf> >. Acesso em: 11 out. 2015.

SILVA, M. L. P; RODRIGUES, M. G. F; SILVA, M. G. C. Remoção de cádmio a partir da argila Toritama (estado de Pernambuco) ativada termicamente em sistema de banho finito. **Cerâmica**, São Paulo, SP, v.55, n.333, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132009000100002 >. Acesso em: 04 abr. 2016.

SILVA, V. H. C. F.; SOBRINHO, M. A. M. **Estudo do equilíbrio da adsorção de fenol em argilas organofílicas**. In: Congresso de iniciação científica da UFPE, 16., 2008, Recife. **Anais eletrônicos...**Recife: UFPE, 2008. Disponível em: <http://www.contabeis.ufpe.br/propesq/images/conic/2008/conic/n_pibic/30/073061866SCNO.pdf >. Acesso em: 14 set. 2015.

TEXEIRA-NETO, E; TEXEIRA-NETO, A. A.. Modificação Química de Argilas: Desafios Científicos e Tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. **Química Nova**, São Paulo, SP, v. 32, n.3,2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300023&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 19 set. 2015.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. 1ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.