



## ARGILAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM HPA'S

Débora Karina da Silva Guimarães<sup>1</sup>; Nayonara Karolynne Costa de Araújo<sup>2</sup>; Amanda Gondim Duarte<sup>3</sup>; Djalma Ribeiro da Silva<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - [debora\\_ksg@hotmail.com](mailto:debora_ksg@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - [nayonara@hotmail.com](mailto:nayonara@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - [amandagondim.ufrn@gmail.com](mailto:amandagondim.ufrn@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte - [djalmarib@gmail.com](mailto:djalmarib@gmail.com)

### RESUMO

Um dos grandes problemas ambientais atuais é a contaminação de solo por vazamento em postos revendedores de gasolina, diesel e álcool. Quando ocorre este tipo de contaminação, há uma necessidade de ações imediatas para que minimizem os impactos negativos causados pelo HPA's no solo. A contaminação por HPA's, devido ao seu caráter ubiqüitário, constituem uma ameaça potencialmente fatal para a saúde pública. Portanto, a busca por novos métodos de tratamento de águas contaminadas é alvo de pesquisa. Dentre os métodos estudados, o de adsorção é o mais eficaz devido a sua alta seletividade, além de ser economicamente viável, principalmente devido à utilização de subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais e pelo seu baixo consumo energético. O que justifica a busca de novos materiais como adsorvente, sendo alvo destes trabalhos as argilas.

**Palavras-chave:** HPA's, Argilas, Água Subterrânea.

### 1. INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por recursos hídricos, a exploração da água subterrânea é uma alternativa para o abastecimento público e para o desenvolvimento econômico da sociedade, pois, além de ser abundante, normalmente apresenta melhor qualidade comparada às águas superficiais (CETESB, 2005). Por outro lado, o aumento do consumo de água subterrânea tem gerado preocupações relacionadas às principais fontes de poluição, entre essas as provocadas por vazamentos em tanques de armazenamento de combustíveis como

gasolina, diesel e álcool. Esses combustíveis são importantes fontes de contaminação do solo e do lençol freático (FREIRE, 2014).

Um dos poluentes típicos são os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos – HPA'S, que são compostos orgânicos, formados por carbono e hidrogênio, contendo 2 ou mais anéis aromáticos condensados. São formados, principalmente, em processos de combustão incompleta de matéria orgânica e encontram-se na natureza como contaminantes de solos, ar, água e alimentos (CAMARGO, 2002). São poluentes orgânicos de importância ambiental e de interesse toxicológico, pois muitos apresentam propriedades pré-



carcinogênicas e/ou mutagênicas para homens e animais (IARC, 1983; LOPES, 1996)

Por esta razão, há alguns anos é crescente o interesse por fontes alternativas de tratamento da água subterrânea visando à remoção destes contaminantes por meio das propriedades de adsorção das argilas.

As argilas possuem aplicações em diversos setores tecnológicos, como na agricultura e indústrias - cerâmica, metalúrgica, cosméticos, indústria petrolífera, farmacêutica, papel, tintas, entre outras. Dentre suas várias aplicações têm-se destacado nos últimos anos seu uso como adsorvente na clarificação de óleos, no tratamento de águas residuais e na retenção de agroquímicos (DUARTE-NETO *et al*, 2014).

Deste modo, este trabalho tem como objetivo, fazer um levantamento bibliográfico, das principais formas de tratamento de água subterrânea, com ênfase na utilização de argilas como adsorvente para remoção de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAS).

## 2. METODOLOGIA

Uma profunda pesquisa bibliográfica na internet e em livros de autores renomados na área de meio ambiente para tratamento de água subterrânea, com ênfase em argilas como adsorvente para remoção de HPA's.

E, diante de um vasto material científico coletado, surgiram algumas conclusões sobre a aplicação das argilas com adsorventes, mas também surge a necessidade de novas pesquisas. Sendo assim, serão apresentadas informações relevantes sobre tratamento de água por argila e, por fim, se forme um posicionamento científico significativo e um pensamento reflexivo para respondê-lo.

## 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

Para melhor entendimento, primeiro vamos entender o impacto ambiental causado por HPA's. Em seguida serão abordados os tipos de tratamento por adsorção da água subterrânea. E por fim, vamos citar alguns estudos com argila para adsorção de HPA's.

### 3.1 A contaminação de água subterrânea por HPA's e seus impactos ambientais

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são grupos de poluentes orgânicos persistentes, prioritários, onipresentes em vários sistemas ambientais e resultam em grande preocupação devido à sua toxicidade, carcinogenicidade e mutagenicidade. E devido ao seu caráter ubiqüitário, constituem uma ameaça potencialmente fatal para a saúde pública (FERREIRA *et al.*, 2007). Além disso, devido à sua alta persistência no meio ambiente e sua resistência à biodegradação (BROWN, 2000), os HPA'S podem sofrer bioacumulação, bioconcentração e/ou biomagnificação, fazendo com que esses compostos atinjam todos os organismos de uma cadeia alimentar sem a necessidade do contato direto com as substâncias (GIRARDELLO, 2014). Ou seja, alguns organismos da biota aquática podem aumentar a toxicidade de contaminantes orgânicos pela metabolização destes, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e produtos oxidados (fenóis, dióis, quinonas) (LYRA, 2006) (ARMAS, 2007).

### 3.2 Tratamento por adsorção da água subterrânea contaminada

O tratamento de água subterrânea para remoção de componentes orgânicos



pode ocorrer através de processos físicos e químicos, biológicos ou por processos oxidativos avançados (POAs). A escolha da melhor técnica para a descontaminação irá depender de diversos fatores, como por exemplo, a interação existente entre o poluente e o meio em que este se encontra, o tempo que deverá levar o processo, buscando sempre o fator custo benefício, características físicas, químicas e biológicas do local onde há a contaminação e a concentração do contaminante (KHAN & HUSAIN, 2004; ANDRADE, AUGUSTO & JARDIM, 2010).

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.

A adsorção vem sendo considerada uma das técnicas mais eficazes devido a sua alta seletividade, além de ser economicamente viável, principalmente devido à utilização de subprodutos industriais e agrícolas como adsorventes naturais e pelo seu baixo consumo energético (CURBELO, 2002). Consiste em um processo de separação onde ocorre o acúmulo de componentes de um fluido na superfície de um material adsorvente, geralmente sólido, através de interações (BALDISSARELLI, 2006). Nesse processo, a espécie a ser adsorvida é chamada de adsorbato. O fenômeno inverso à adsorção é conhecido por dessorção (NETO *et al*, 2014).

O fenômeno de adsorção pode ocorrer em sistemas líquido-líquido, gás-líquido, líquido-sólido e gás-sólido (MCKAY, 1995). Em um sistema líquido-sólido, a primeira etapa do processo ocorre por transferência de massa, isto é, no momento em que as duas fases entram em contato, a existência de interações faz com que ocorra difusão do soluto do seio da solução para a área interfacial, a partir daí algumas moléculas presentes no líquido se aderem seletivamente na superfície do sólido e logo em seguida,

em busca de estabilização energética, se propagam através dos microporos do adsorvente até que sejam adsorvidos espontaneamente (MCCABE *et al.*, 1985; NETO *et al*, 2014). A Figura 1 ilustra um fenômeno de adsorção.

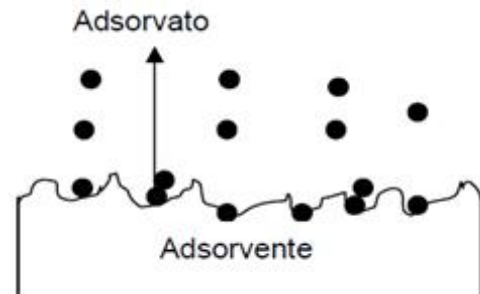


Figura 1 – Representação de um processo de adsorção  
(FONTE: BUTT, GRAF & KAPPL, 2006)

Na adsorção, é muito importante que se tenha conhecimento das propriedades físicas e químicas do composto que se deseja adsorver, pois são essas características as principais responsáveis para determinação da seletividade. Além desse, existem alguns outros fatores que afetam o processo, como exemplo, a velocidade de adsorção de um composto com relação aos outros presentes na solução; a temperatura na qual se irá trabalhar, pois temperaturas muito elevadas podem causar dessorção na superfície do material devido a uma maior vibração das moléculas; a área superficial do adsorvente, nesse caso quanto mais poroso, melhor será a adsorção, o material que irá adsorver deve ter grande área interna e deve estar finamente dividido para permitir o acúmulo de partículas menores, enquanto que para partículas maiores deve-se ter um sólido de grande área superficial interna (CURBELO, 2002).

### 3.2.1 Tipos de adsorção

A adsorção pode ser classificada de acordo com as forças de atração existentes entre o adsorbato e o adsorvente. Sendo assim, existem dois



tipos: adsorção química ou quimissorção e adsorção física ou fisissorção.

A adsorção química tem como característica uma forte atração entre o adsorbato e o material adsorvente, nesse tipo de adsorção ocorre transferência de elétrons entre as duas fases, evidenciando a ocorrência de reação e formando uma ligação química entre o composto adsorvido e o sólido, com liberação de calor. Fatores como a existência de energia de ativação e alto valor de entalpia são responsáveis pela diminuição da velocidade de dessorção (SILVA, 2008). A quimissorção é, em geral, um processo exotérmico.

Já na adsorção física, as forças atrativas existentes são relativamente fracas, envolvendo, principalmente, interações devido às forças de Van der Waals. Nesse tipo de adsorção não há reação química. Quando ocorre a adsorção física de uma molécula, a energia liberada é muito baixa, da mesma ordem de grandeza da entalpia de condensação e, portanto, não é suficiente para o rompimento das ligações, o que mantém a identidade das moléculas. Na fisissorção é possível a recuperação dos componentes adsorvidos pelo processo de dessorção devido a baixa energia de interação com o sólido, o que o caracteriza como um processo reversível (ATKINS & PAULA, 2008).

### 3.2.2 Adsorventes

Em comparação a outros processos de separação, a adsorção possui algumas vantagens, dentre elas pode-se destacar a alta seletividade molecular, simplicidade, eficiência e o baixo custo do processo. As principais aplicações são empregadas principalmente nas áreas industrial, atuando na separação e purificação de águas, gases e misturas, e na ambiental, através do tratamento de águas residuais. Uma das etapas fundamentais desse processo é a escolha adequada do adsorvente, sua estrutura

deve ser altamente porosa, com microporos responsáveis pelo alcance de uma alta área superficial, seletividade elevada, resistência mecânica, estabilidade térmica, perda de carga, inércia química, entre outros (RUTHVEN, 1984; NOBREGA, 2001)

Os adsorventes podem ser classificados em naturais ou sintéticos, e possuem, em geral, uma estrutura monocristalina. Atualmente, existe uma grande variedade de adsorventes no comércio, as mais tradicionais são o carvão ativado, a sílica-gel e a alumina ativada. Como nem sempre os métodos convencionais utilizados no processo de descontaminação de águas subterrâneas são eficazes, seja pelo elevado custo, pela inacessibilidade de tecnologia das indústrias ou até mesmo por causarem ainda mais impactos ambientais devido às grandes quantidades de resíduos gerados, tem-se buscado, através de pesquisas, por adsorventes que sejam eficientes no processo de remediação de contaminantes de água, que sejam de baixo custo e que possuam alta disponibilidade no mercado. Com esse intuito, vários estudos estão sendo realizados utilizando argilas naturais como adsorventes.

#### 3.2.2.1 Argilas

As argilas são minerais naturais e apresentam em sua estrutura uma elevada área superficial com cargas negativas em sua superfície, por esse motivo, são consideradas adsorventes bastante eficientes, e estão sendo cada vez mais utilizadas para tratamentos de efluentes líquidos. No fenômeno de adsorção, ocorre um processo reversível, onde há interação entre o adsorbato e a argila por troca iônica ou fisissorção (VIVAS, 2013).

Os minerais argilosos são capazes de interagir com diferentes tipos de compostos orgânicos através de adsorção física, química, por ligações de hidrogênio



ou através de outros mecanismos complexos. A interação existente depende das propriedades da matéria orgânica, tais como grupo funcional e massa molar (BERTAGNOLLI, 2010). Além desse poder de interagir com contaminantes orgânicos, a argila apresenta vantagens como baixo custo no mercado, disponibilidade alta, são produtos naturais e não tóxicos, com alta capacidade de adsorção.

### 3.3. Aplicações ambientais de argilas nos processos de tratamento de águas contaminadas por HPA'S

Nos últimos anos muitas pesquisas a respeito do uso de argilas como adsorventes no tratamento de água contaminada por HPA's estão sendo realizadas.

Em 2009, Changchaivong & Khaodhiar realizaram um estudo de adsorção de naftaleno e fenantreno por bentonita rica em sódio e cloreto de dodecil piridínio (CDP). Foram realizados estudos de adsorção de HPAs em bentonita em CDP e verificou que à medida que se aumentava a quantidade de CDP tinha-se uma maior adsorção do HPA.

Nunes (2011) comparou a capacidade de adsorção de uma argila modificada na remoção de dois compostos orgânicos aromáticos, antraceno e ácido 9-antróico, frente o tratamento com ácido clorídrico e pizarização com o íon Keggin (Al<sub>13</sub>). Foi observado que após o tratamento da argila o antraceno foi melhor adsorvido. Usando técnicas espectrofométricas UV-Visível, infravermelho, difração de raio-x e análise térmica (TG-DTA simultâneos).

Arraes et al. (2012) compararam a eficácia do adsorvente de argila em seu estado natural e quimicamente tratada pela sua ativação com ácido clorídrico, usando como adsorbato o azul de metileno em meio aquoso. Os resultados do trabalho mostraram que a argila

natural apresentou uma melhor adsorção em relação à argila tratada, o processo de tratamento da argila favoreceu a diminuição da atração do adsorvente pelo adsorbato.

Bruna *et al* (2012) desenvolveram um estudo sobre a eficácia de nanocompósitos de argila a base de hidrotalcita como adsorvente no tratamento de um solo mediterrâneo contaminado com 6 HPA's distintos. Os ensaios mostraram que o adsorvente age como uma barreira, impedindo que os contaminantes se espalhassem para zonas mais profundas do solo. Com isso, ele mostrou ser um excelente inibidor da poluição dos lençóis freáticos abaixo do solo.

Nkansah *et al* (2012) testaram um agregado leve de argila (LECA) quanto sua eficiência na adsorção de fenantreno, fluoranteno e pireno. Para análise dos resultados foi feito o estudo do tempo de contato, da massa de sorvente e das isotérmicas de sorção. Os ensaios mostram que a sorção máxima ocorreu no tempo de 21 horas e que a massa de 0,4 de adsorvente resultou numa melhor sorção dos contaminantes. Outros autores concluíram que o uso de LECA pode ser um ótimo método na remoção de HPAs em água.

Wu e Zhu (2012) realizaram um estudo de remoção de HPA's e fenóis de águas residuais de coque sintetizando simultaneamente e a utilizando a organobentonita como material adsorvente em processo de única etapa. Os ensaios mostraram que a sorção da argila estava relacionada com a permuta catiônica dos surfactantes e do coeficiente de partição octanol-água. Pela análise da cor, turbidez e razão BOD<sub>5</sub> / COD<sub>cr</sub>, foi verificado que ocorreu uma remoção efetiva de compostos orgânicos tóxicos e hidrofóbicos refratários (dos quais estão também presentes HPA's). O procedimento melhorou a biodegradabilidade do efluente de coque e



mostrou ser uma ferramenta útil no pré-tratamento do efluente contaminado.

Usando uma coluna de adsorção composta por argila, Yang et al. (2013) estudaram a capacidade adsorviva da coluna frente a quatro efluentes contaminados com altas concentrações de fluoreno, fenantreno, fluoranteno e pireno. Usando o modelo de Langmuir foi possível concluir que o adsorvente obteve sucesso na histerese de dessorção de fluoreno, porém, nos outros três o experimento não foi significativo.

Shabeer et al. (2014) estudaram o efeito de nano e nano argilas modificadas na remoção de HPAs por processo de coagulação-floculação por alumínio e policloreto de alumínio (PCA). Verificou-se uma remoção em torno de 37,4-100% de HPAs utilizando argilas minerais com alumínio e PCA, enquanto que sem a argila, a remoção variou entre 20 e 38%. O procedimento mostrou que o processo de tratamento modificado por coagulação-floculação possui um grande potencial para remoção de HPAs em água contaminada.

Jia (2014) desenvolveram uma trabalho com intuito de avaliar a adsorção de vários HPAs em minerais argilosos saturados com Fe (III). Os resultados mostraram uma correlação entre o potencial de ionização (PI) e a reatividade dos HPAs. Potenciais de ionização menores que 7,6 sofrem reação de transferência de elétrons com o Fe (III), fazendo com que este reduza a Fe (II) e formem radicais de cátions orgânicos que se tornam estáveis em intercamadas da argila. O trabalho demonstrou uma ótima adsorção de HPAs na superfície da argila modificada com Fe (III).

#### 4. CONCLUSÃO

É notório que cada vez mais há um aumento da preocupação com o meio ambiente, principalmente com a qualidade da água, pois é uma questão de saúde pública.

Uma das principais fontes de poluição de água subterrânea é provocada por vazamentos em tanques de armazenamento de combustíveis como gasolina, diesel e álcool.

Portanto, é importante o estudo de materiais baratos e eficientes no tratamento de água contaminada por HPAs.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à NUPPRAR, LCP e UFRN e CAPES, ANP e CNPq pelas bolsas concedidas.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRAES, D. D.; BESSA, R.A.; SILVA, G.L.; OLIVEIRA, L.H.; LOIOLA, A.R.; LIMA, A.E.O.; RAMOS, P.H. Utilização da argila bentonita (sortida) para remoção do azul de metileno no meio aquoso. 52º congresso brasileiro de química, recife/pe, 2012.

BRUNA, F.; CELIS, R.; REAL, M.; CORNEJO, J. Organo/LDH nanocomposite as the adsorbent of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and soil-water systems. *Journal of Hazardous Materials* 225– 226 (2012) 74– 80.

ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R.; ANTUNES, P.M.; et al. Diagnóstico espaçotemporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n. 5, p.1119-1127, set./out. 2007.

ATKINS, P. W.; PAULA, J. de. *Físico-química*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v. 2, 427 p.

BALDISSARELLI, V. Z. Estudo da adsorção do corante reativo preto 5 sobre carvão ativado: caracterização do



adsorvente e determinação de parâmetros cinéticos e termodinâmicos. 2006. 117 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

BERTAGNOLLI, C. Preparo e caracterização de argilas organofílicas para remoção de derivados de petróleo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2010.

BROWN, P. A.; GILL, S. A.; ALLEN, S. J. Metal removal from wastewater using peat. *Water Research*, v. 34, p. 3907-3916, 2000.

BUTT, H. J.; GRAF, K.; KAPPL, M. *Physics and chemistry of interfaces*. 2nd ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2006. 355 p.

Camargo MCR, Toledo MCF. Avaliação da contaminação de diferentes grupos de alimentos por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. *Braz J Food Technol*. 2002a; 5:19-26.

CETESB (2005). Valores orientadores para solo e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria nº 195-2005 - E, de 23 de novembro de 2005. 4 p.

CHANGCHAIVONG, S.; KHAODHIAR, S. Adsorption of naphthalene and phenanthrene on dodecylpyridinium-modified bentonite. *Applied Clay Science*, vol 43, (2009), p. 317-321.

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. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Eng. Química, 2002.

DUARTE-NETO, J. F. et al. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 9, n. 1, 2014.

FREIRE, Priscyla Aparecida de Campos; TRANNIN, Isabel Cristina de Barros; SIMÕES, Silvio Jorge Coelho. Pump and treat free phase in Coastal Aquifer. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 461-470, 2014.

GIRARDELLO, Francine. *Utilização de um adsorvente natural para remoção de pireno em meio aquoso*, 2014. Dissertação de Mestrado, 2014. Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Materiais. Caxias do Sul- RS.

IARC, International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans: Polynuclear Aromatic Compounds. 32, IARC, Lyon, 1983.

JIA, H.; ZHAO, J.; LI, L.; LI, X.; WANG, C. Transformation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on Fe(III)-modified clay minerals: Role of molecular chemistry and clay surface properties. *Applied Catalysis B: Environmental*, vol 154 – 155, (2014), 238-245.

KHAN, I. F.; HUSAIN, T. An overview and analysis of sit remediation technologies. *Journal of Environmental Management*, v. 71, p. 95-122, 2004.

LOPES, W. A. & ANDRADE, J. B., 1996. Fonte, formação, reatividade e quantificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) na atmosfera. *Química Nova*, 19:497-516

LYRA, A.P.; ZIOLLI, R.L. Avaliação dos impactos ambientais dos derrames de óleo sobre a biota e a coluna d'água da Baía de Guanabara, RJ- Monitoramento ambiental e identificação de fontes



poluidoras na bacia hidrográfica. 2006. 10f. Relatório PIBIC- PUC- RIO, Rio de Janeiro, 2006.

MCCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P. *Unit operations of chemical engineering*. 4 ed. Book Company: McGraw-Hill, 1985.

MCKAY, G. Use of adsorbents for the removal of pollutants from wastewaters. New York: CRC, 1995. 208 p.

NETO, J. F.; CARTAXO, J. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Processos de adsorção de corantes em argilas esmectíticas: uma revisão. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 9, n. 1, p. 51–59, 2014.

NÓBREGA, G. A. S. Determinação do teor de umidade de gás natural usando um dispositivo com adsorção. 2001. 36 p. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

NUNES, R. E. Argilas modificadas: remoção de antraceno e ácido 9-antróico como modelo para aromáticos (HPA) presentes em águas. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-Graduação em Química, 2011.

NKANSAH, M. A.; CHRISTY, A. A.; BARTH, T.; FRANCIS, G. W. THE use of light weight expanded clay aggregate (LECA) as sorbent for PAHs removal from water. *Journal of Hazardous Materials*, vol 217– 218 (2012), p 360–365.

RUTHVEN, D. M. *Principals of adsorption and adsorption processes*. New York: John Wiley & Sons, 1984. 433 p.

SILVA, A. G. *Estudo da adsorção de n-parafinas em materiais microporosos utilizando leito fixo*. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado) - Departamento

de Engenharia e Arquitetura, UNIFACS- Universidade Salvador, Salvador.

SHABEER, T. P.; SAHA, A.; GAJBHIYE, V. T.; GUPTA, S.; MANJIAH, K. M.; VARGHESE, E. Removal of Poly Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Water: Effect of Nano and Modified Nano-clays as a Flocculation Aid and Adsorbent in Coagulation-flocculation Process. *Polycyclic Aromatic Compounds*, Vol 34, Issue 4, 2014

VIVAS, L. F. Caracterização de argilas e biomassa da cana-de-açúcar e utilização como adsorventes na remoção de BTX. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Programa de Pós-Graduação em Química, 2013.

WU, Z.; ZHU, L. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and phenols from coking waste water by simultaneous synthesis of organobentonite in a one-step process. *Journal of Environmental Sciences* 2012, 24(2) 248–253.

YANG, L.; JIN, M.; TONG, C.; XIE, S. Study of dynamic sorption and desorption of polycyclic aromatic hydrocarbons in silty-clay soil. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 244-245, (2013), p. 77-85.