

UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE BENZENO EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Yasmin Maria da Silva Menezes¹; Evelyne Nunes de Oliveira Galvão²; Aécia Seleide Dantas dos Anjos³; Raoni Batista dos Anjos⁴; Djalma Ribeiro da Silva⁵

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - yasminsmenezes@gmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - evelyne_nunes1@hotmail.com

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, NUPPRAR - aeciadantas@gmail.com.br

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - raonianjos@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - djalmarib@gmail.com

RESUMO

O benzeno é um hidrocarboneto monoaromático, volátil presente principalmente na gasolina. No grupo dos BTEX, o benzeno é o mais solúvel, com alta mobilidade no sistema solo-água, sendo o principal contaminante das águas subterrâneas em caso de vazamentos de combustíveis, e, portanto, levantando o interesse em tratar os efluentes aquosos na indústria petroquímica. Várias fibras têm sido estudadas em pesquisas recentes que avaliam a remoção de hidrocarbonetos presentes em meios contaminados. Este estudo avalia a eficiência da utilização da fibra e pó do mesocarpo do côco verde (*Cocos nucifera*) e a fibra da paina (*Chorisia speciosa*), aplicados na remoção de benzeno dissolvido em meio aquoso contaminado, analisando a quantidade de adsorvente utilizada e o tempo de contato sorbato/sorbente no processo. Os biossorventes foram submetidos a dois ensaios, o primeiro consistiu em manter sob agitação magnética a solução de benzeno em sistema fechado e o segundo consistiu do tratamento em coluna de leito fixo. As concentrações de benzeno foram determinadas por Cromatografia Gasosa, com detector por Fotoionização (PID) em série com o detector de Ionização por Chama (FID). Os ensaios realizados neste trabalho revelaram ação satisfatória dos biossorventes em estudo, uma vez que atuaram de forma eficaz quando removeram até 91,6-92,0% de benzeno de uma solução aquosa no sistema de leito fixo e no sistema fechado de 35,1-42,8% em 10 minutos, levando em conta a volatilização de 4,41% de analito dissipado do sistema.

Palavras-chave: Benzeno, Biossorvente, Fibra do Côco, Paina.

1. INTRODUÇÃO

Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são os contaminantes derivados do petróleo mais comumente encontrados nas águas subterrâneas e superficiais, devido a alta solubilidade e mobilidade. Uma das fontes rotineiras

desses compostos em águas subterrâneas e solos são derramamentos dos derivados de petróleo, como gasolina e óleo diesel envolvidos em vazamentos de tanques de combustível. Algumas propriedades, tais como polaridade e alta solubilidade dos

compostos deste grupo BTEX facilitam sua entrada no solo e sistemas subterrâneos, o que pode acarretar em sérios problemas de poluição [KARADAG, 2016].

O benzeno é carcinogênico e mutagênico e está intimamente ligado aos processos de produção, refino, transporte e armazenamento do petróleo. Por esse motivo, populações que moram ao redor de indústrias petroquímicas estão mais expostas ao benzeno pela poluição do ar, visto que se trata de um componente volátil [ECYCLE, 2013]. O benzeno pode ser mais rapidamente absorvido, podendo passar para a corrente sanguínea quando absorvidos pela pele por contato direto com o produto. Pode, também, ser ingerido através de água contaminada por vazamento ou derramamento de petróleo e seus derivados [Ministério do Trabalho e Emprego, 2012].

A remoção desses compostos por adsorção constitui um método eficiente de tratamento, destacando-se para tal o uso de biossorventes como o mesocarpo do *Cocos Nucifera* (coco verde), bagaço de cana-de-açúcar, paina (*Chorisia Speciosa*), resíduos agroindustriais e compósitos [TAGLIAFERRO et al., 2011]. As vantagens de uso desses sorventes naturais se relacionam principalmente com o relativo baixo custo, a hidrofobicidade e a

oleoficidade. Outros fatores importantes incluem a retenção de hidrocarbonetos por longo período de tempo, quantidade de hidrocarboneto sorvido por unidade de peso do sorvente e a reutilização e biodegradabilidade [OLIVEIRA, 2011].

O estudo de biomassas como adsorvente para hidrocarbonetos está consolidado, comprovado por meio de pesquisas [ANUNNUCIADO, 2005; SANTOS, 2005; MORAIS, 2005; BRANDÃO, 2006; LIMA et al., 2010; LIMA et al., 2012], seu alto poder adsorativo de derivados do petróleo. Com o aumento de subprodutos e resíduos oriundos de agroindústrias, torna-se viável e promissor o uso de resíduos agroindustriais quando observados de um ponto de vista químico e/ou aspecto ambiental. Estes resíduos são renováveis e que podem sofrer um grande número de modificações químicas para a produção de novos materiais [COSTA et al., 2010].

O presente trabalho busca verificar a capacidade de remoção do benzeno por biossorção no mesocarpo do côco (em forma de fibra e pó) e na fibra da paina, e posteriormente utilização das biomassas no sistema de adsorção em leito fixo para tratamento do contaminante orgânico, presente em corpos aquáticos contaminados por derivados de petróleo.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

A fibra e pó do mesocarpo do côco foram fornecidos pela empresa Coco & Cia, localizada em São José de Mipibu – RN. As fibras obtidas foram lavadas com água deionizada para remoção de resíduos indesejáveis e deixou em descanso em água durante 48 horas. Em seguida, colocou-se para secar a temperatura ambiente por 24 horas, para remoção da umidade. A fibra da paina foi coletada na área do Campus Universitário da UFRN, e não sofreu nenhum tratamento prévio, utilizando-a *in natura*.

2.1. Preparação da Solução Sintética

Com o intuito de estudar-se a sorção do benzeno em meio aquoso, foi sintetizada uma solução de benzeno a partir do benzeno PA, da marca Neon. Foi preparada uma solução intermediária de 1000 mg/L de benzeno em metanol, para preparação da solução de trabalho de 1 mg/L em água ultrapura (MiliQ). A solução de trabalho foi armazenada em frasco de vidro sem quaisquer espaços vazios para evitar que o analito de interesse se volatilizasse.

2.2. Teste de Volatilização

Levando-se em consideração as propriedades físicas do benzeno, que, à temperatura ambiente é um líquido volátil e de ponto de ebulição relativamente baixo

(80,1°C), verifica-se que o benzeno é um composto que apresenta alta volatilidade. Sendo assim, um teste de volatilização que emprega um sistema que possui o benzeno como analito se configura como um fator primordial para que os resultados obtidos no sistema de tratamento sejam verdadeiros e possam estar associados apenas com a eficiência ao tratamento e estudo. O objetivo desse teste foi avaliar a quantidade de analito que seria disperso da solução em relação ao tempo e agitação.

Para os testes a solução sintética de benzeno (1 mg/L) foi colocada em um sistema fechado idêntico ao empregado nos experimentos do estudo de adsorção, com um frasco de vidro com tampa de teflon e uma barra magnética, sob agitação magnética contínua e contante. Foram coletadas em triplicata as soluções nos tempos zero, 10, 20 e 30 minutos a partir do início da agitação.

2.3. Estudo de Adsorção em Sistema Fechado

Como o benzeno é um composto volátil e hidrofóbico, todos os ensaios realizados neste estudo contaram com as devidas precauções para que o analito não sofresse volatilização e não tivéssemos um falso resultado para o estudo de sorção com os biossorventes na solução sintética de

benzeno. Para cada ensaio de adsorção, foram utilizados três massas diferentes dos biossorventes, tomando o devido cuidado para que não houvesse diferença significativa entre a quantidade dos adsorventes de um teste para o outro, pois este é um fator que poderia influenciar na análise da eficiência da remoção do benzeno.

O estudo de adsorção foi realizado em sistema fechado, contendo os adsorventes, e sob agitação contínua e constante para evitar a perda por volatilização, como ilustra a Figura 1. Os experimentos com a fibra e pó do mesocarpo do côco e da paina como meios adsortivos de benzeno. As amostras foram coletadas passados 10, 20 e 30 minutos, a partir do início da agitação. Após as coletas nos devidos tempos, os frascos eram descartados, sendo utilizado na próxima coleta outro sistema fechado. As análises foram realizadas em triplicata para os biossorventes.

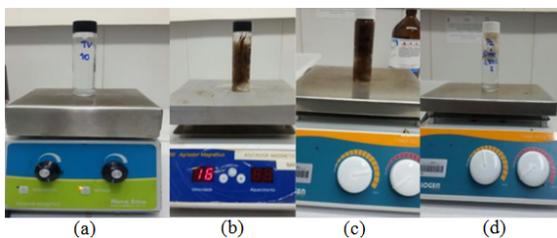


Figura 1: Sistemas de remoção sob agitação contendo o (a) teste de volatilização, (b) fibra do mesocarpo do côco, (c) o pó do mesocarpo do côco e (d) fibra da paina.

Os cálculos para remoção de benzeno por adsorção foram baseados na Equação 1:

$$R\% = \left[\frac{(c_0 - c_f)}{c_f} \right] \times 100$$

[1]

Onde: R% = Remoção de Benzeno; C_0 = Concentração Inicial; C_f = Concentração Final.

2.4. Adsorção em Sistema Fechado

O teste de adsorção em leito fixo consistiu na passagem da solução aquosa de benzeno através de uma coluna de vidro com a presença dos biossorventes em seu interior, ilustrada na Figura 2. Para tal, fez-se necessário o auxílio de uma bomba peristáltica que propiciou o avanço da solução através da coluna de baixo para cima, com o devido cuidado para que não fossem criados caminhos preferenciais, que teria como consequência a falta de contato com todo o meio adsortivo, podendo saturar o meio e ocasionar falhas no ensaio.

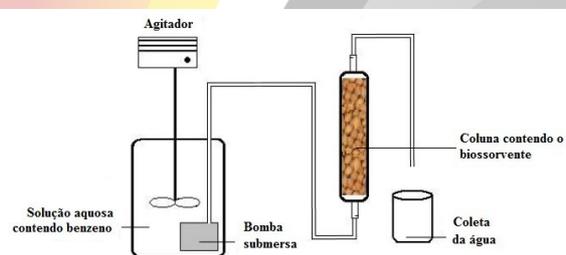


Figura 2: Esquema do sistema de adsorção em leito fixo, adaptado [Silva, 2005].

Vale salientar também que, para cada ensaio, as massas dos adsorventes foram pesadas e inseridas no interior das colunas, tomando o devido cuidado para que não houvesse diferença entre a quantidade e compactação dos biossorventes de um teste para outro, pois este é um fator que poderia influenciar na análise da eficiência da remoção do benzeno. Além disso, foi bombeado sempre o mesmo volume da solução através do sistema fechado da coluna, a fim de tornar os testes mais semelhantes possíveis, coletando-se a solução bombeada para análise imediata e anotando o tempo necessário para que o bombeamento fosse concluído. Com estas precauções, foi possível relacionar os resultados obtidos nas análises apenas com a eficiência que diferentes adsorventes podem apresentar para remoção deste composto petroquímico, o benzeno, dos meios aquosos contaminados.

2.5. Determinação do Benzeno

Todos os experimentos deste trabalho utilizaram a técnica de preparo de amostras por *headspace*. Para tal, foi transferida uma alíquota de 10,0 mL das amostras supostamente tratadas para os frascos de vidro próprios para a técnica de extração supracitada, contendo aproximadamente 2,0 g de cloreto de sódio em seu interior. Ao final do procedimento, o frasco foi

devidamente lacrado com lacre de alumínio acoplado a septo de teflon e levado para o extrator de *headspace* do auto amostrador TriPlus – TP100, da Thermo Scientific. Após o período de incubação/extração foram recolhidos 1,0 mL do *headspace* confinado no frasco, por meio de uma seringa do tipo *gastight*, previamente aquecida a 85°C, e em seguida injetada no cromatógrafo. A detecção do benzeno foi realizada no cromatógrafo gasoso com detector de fotoionização (PID) em série com detector de ionização por chama (FID), Trace GC Ultra da marca Thermo Scientific. As condições cromatográficas para quantificação do benzeno foram usando a coluna: OV-624, 30m x 0,53 mm, 3,0 µm de filme; Programação de temperatura do forno: temperatura inicial de 40°C; 9°C/min até 180°C; Gás de arraste: nitrogênio com fluxo de 1,2 mL/min; Temperatura do Injetor: 230°C; Volume de Injeção: 1 mL no modo *splitless*; Temperatura PID/FID: 240°C/250°C; Gás make-up: nitrogênio com fluxo de 10 mL/min; Lâmpada do PID: Hidrogênio (10,2 eV); Tempo de corrida: 10 min. Os resultados dos experimentos do sistema fechado levaram em consideração a contagem da área do pico do benzeno em *Milivolts*. A quantificação dos testes em leito fixo foi realizada por padronização externa, baseado na resposta do PID, determinada

pelo tempo de retenção utilizando-se uma curva de calibração com padrões de BTEX previamente preparados. A curva de calibração apresentou coeficiente de correlação (r^2) na faixa de 0,999 a 0,99 para todos os compostos, sendo o limite de quantificação de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez levados em consideração os resultados referentes ao teste de volatilização, os experimentos foram prosseguidos com a segurança de que os resultados dos testes futuros com os biossorventes não poderiam ser relacionados com eventos de volatilização da solução aquosa de benzeno, mas sim com a presença dos biossorventes em contato com o analito, pois dessa maneira, foi estabelecido um padrão de comportamento referente à volatilização. Na Figura 3 estão apresentados os resultados obtidos a partir do teste de volatilização do benzeno da solução aquosa em função do tempo.

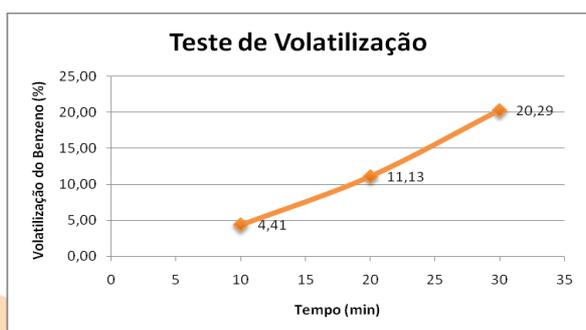


Figura 3: Teste de volatilização do benzeno em agitação magnética

Foi constatado que, com o passar do tempo maior quantidade de benzeno é volatilizada, ou seja, a volatilização é diretamente proporcional ao tempo. Inicialmente, aos 10 minutos de agitação foi perdido 4,41% de benzeno por volatilização, aos 20 minutos foi perdido 11,13%, e aos 30 minutos de agitação foi perdido 20,29%. Com isso, para os resultados que seguem da análise da remoção, através do emprego de biossorventes, de benzeno presente em uma solução aquosa, foram considerados os efeitos da volatilização, realizando-se assim, a diferença entre o resultado de cada ensaio com a taxa de volatilização referente àquele ensaio específico.

3.1. Adsorção em Sistema de Agitação Magnética

Nos ensaios de adsorção, foram pesadas três massas da fibra e do pó do mesocarpo do côco, e também da paina para cada teste como já citado para evitar um aumento da volatilização do benzeno. As massas podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Massas utilizadas no ensaio em agitação



Tempo	Fibra do Mesocarpo do Côco (g)	Pó do Mesocarpo do Côco (g)	Fibra da Paina (g)
10 min	0,3001	1,0080	1,0050
20 min	0,3005	1,0076	1,0087
30 min	0,3047	1,0076	1,0023

No teste da fibra do mesocarpo do côco é notável que à medida que o tempo avança, o percentual de remoção de benzeno da solução aquosa diminui. Este efeito pode ser explicado pelo fenômeno da saturação, uma vez que a fibra do mesocarpo do côco adsorveu a quantidade máxima de analito, chegando ao seu ponto máximo de sorção. A consequência disso é a dessorção que se origina na superfície do bioissorvente e finaliza na solução aquosa, ocorrendo aumento da concentração do analito em função da diminuição de não existir, neste momento, retenção do analito pela ação do adsorvente. Apresentando melhor resultado se dá aos 10 minutos de agitação, e, a partir disso, a fibra passa a perder sua eficiência. Na Figura 4 estão apresentados os resultados obtidos a partir do tratamento da solução aquosa de benzeno em sistema fechado usando a fibra do mesocarpo do côco como bioissorvente.

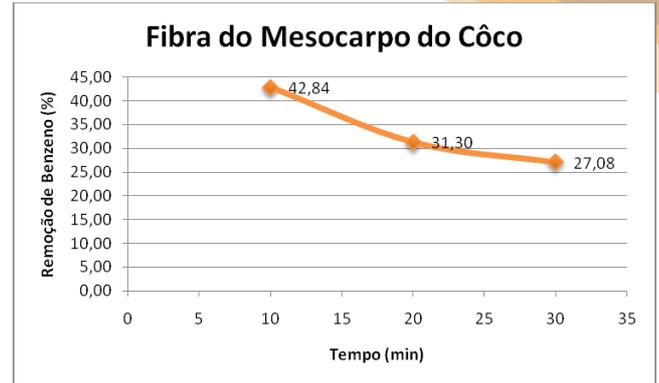


Figura 4: Remoção de benzeno através da fibra do mesocarpo do côco.

Assim como a fibra do mesocarpo do côco, a fibra da paina apresentou saturação (máxima adsorção do analito) em curto espaço de tempo (10 minutos), ocorrendo, posteriormente, um processo de decaimento da atividade do bioissorvente. Durante o experimento, foi observado que neste curto intervalo de tempo, a fibra da paina também absorveu água, reduzindo assim, o volume final da solução em agitação, comportamento tal que não foi observado aos 20 e 30 minutos de agitação. Na Figura 5 estão apresentados os resultados obtidos a partir do tratamento da solução aquosa de benzeno em sistema fechado usando a fibra da paina como bioissorvente.



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

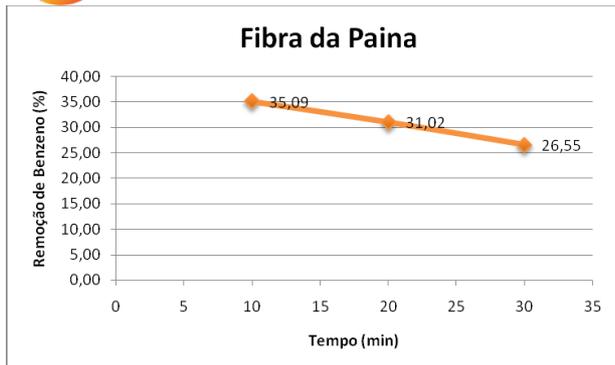


Figura 5: Remoção de benzeno através da ação da fibra da paina.

Os ensaios realizados com o pó da fibra do mesocarpo do côco apresentam resultados muito similares aos resultados obtidos para os ensaios realizados com a fibra do mesocarpo do côco, uma vez que houve remoção de aproximadamente 40% de benzeno da solução aquosa. Porém, no decorrer do tempo, houve uma queda muito revelante nestes resultados de remoção, visto que em 20 e 30 minutos de agitação magnética, o pó do mesocarpo do côco não removeu nem ao menos um quarto de benzeno remanescente da solução. Na Figura 6, estão apresentados os resultados obtidos a partir do tratamento da solução aquosa de benzeno pela ação do pó do mesocarpo do côco utilizado como biossorvente.

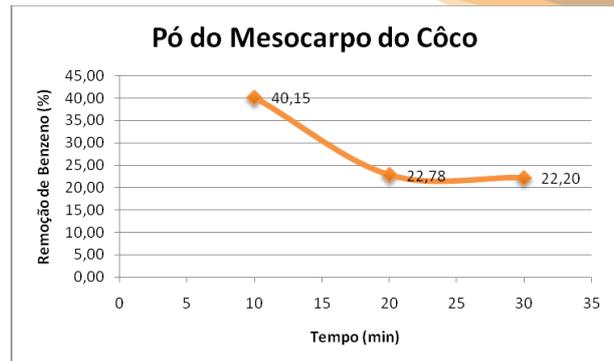


Figura 6: Remoção do benzeno através da ação do pó do mesocarpo do côco.

Segundo Annunciado (2005), as fibras da paina e do mesocarpo do côco apresentam grande potencial de sorção em um curto espaço de tempo, indicando que as mesmas poderiam ser utilizadas para um uso rápido em combate à derramamentos. Ele também afirma que as mesmas fibras devem apresentar alta flutuabilidade, ou seja, devem se manter na superfície da solução de modo a proporcionar uma remoção mais eficiente, dado que o composto tende a se volatilizar. Com base nisso, tem-se a justificativa para os melhores resultados de adsorção utilizando as fibras do mesocarpo do côco e da paina, uma vez que o pó do mesocarpo do côco não permaneceu flutuando na solução em agitação.

3.2. Adsorção em Sistema de Leito Fixo

Assim como nos ensaios de adsorção em sistema fechado, nos ensaios em leito fixo também foram pesadas três massas da

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

fibra e do pó do mesocarpo do côco, e da paina para preenchimento das colunas. As massas podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2: Massas utilizadas no ensaio em leito fixo.

Coluna	Massa da Fibra do Mesocarpo do Côco (g)	Massa do Pó do Mesocarpo do Côco (g)	Massa da Fibra da Paina (g)
1	5,0850	5,5792	2,2883
2	5,1797	5,5593	2,2991
3	5,1281	5,6052	2,2814

Esta etapa foi realizada através do bombeamento da solução aquosa de benzeno através de uma coluna de vidro, contendo os bio sorventes em seu interior, individualmente. Os resultados obtidos nestes ensaios foram relacionados na Figura 7.



Figura 7: Remoção de benzeno através da ação dos bio sorventes em leito fixo.

A fibra do mesocarpo do côco removeu aproximadamente 92% do benzeno presente na solução inicial este processo ocorreu em aproximadamente 1 minuto para cada amostra. O tempo de contato sorbato/sorbente foi maior, aproximadamente 8,13 minutos, em consequência da estrutura deste bio sorvente, que permitiu maior grau de empacotamento no interior da coluna. As massas da fibra e o pó do mesocarpo do côco utilizadas para preenchimento da coluna foram aproximadamente 5,0 g. Já a fibra da paina obteve remoção de 91,66% do benzeno presente na solução inicial. Devido a sua hidrofobicidade e flu tuabilidade, foram necessários aproximadamente 2,3 g deste bio sorvente para realização do preenchimento da coluna e, devido ao seu alto grau de inchamento, a solução levou cerca de 6 minutos para atravessar a coluna.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou a possibilidade da remoção de um composto petroquímico poluente de meios hídricos, benzeno. Isto se deu através do tratamento, pela ação de bio sorventes, de uma solução aquosa contaminada com o analito em

questão. De maneira geral, a fibra da paina, bem como a fibra e o pó do mesocarpo do côco, se mostraram materiais que possuem eficiência no que diz respeito ao processo de adsorção do benzeno.

Os experimentos de adsorção em agitação mostraram que os biossorventes apresentaram grandes potenciais de sorção em um curto espaço de tempo, porém, após esse pico há um decaimento na quantidade de benzeno removido após 10 minutos em sistema fechado.

Os experimentos de adsorção realizados em leito fixo não apresentaram um comportamento padronizado, uma vez que não foi possível replicar o conteúdo das colunas devido à estrutura dos adsorventes possuírem natureza heterogênea e a solução não fluir uniformemente nas colunas, porém foram satisfatórios, uma vez que o potencial de remoção ficou entre 91,6% e 92,0% de remoção de benzeno.

Em geral, os biossorventes que possuíram os melhores resultados podem ser classificados na ordem fibra do mesocarpo do côco < fibra da paina < pó do mesocarpo do côco.

Com isso, o emprego desta biomassa enquanto sorventes se apresenta como uma estratégia promissora no tocante ao seu aproveitamento, conferindo-lhe valor

agregado, além da possibilidade da contribuição com a sustentabilidade e reuso dos biossorventes.

É possível observar que os adsorventes não apresentaram um comportamento padronizado, uma vez que não foi possível replicar o conteúdo das colunas devido a estrutura dos adsorventes possuírem natureza heterogênea e a solução não conseguir fluir uniformemente nas colunas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo (NUPPRAR), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por fornecer toda a estrutura necessária para a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ANNUNCIADO, T. R. *Estudo da Chorisia Speciosa e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo*. 2005, 106p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais. Curitiba - PR.

BRANDÃO, P. C. *Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do*



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

petróleo, de efluentes. 2006, 160p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Pós-Graduação em Engenharia Química. Uberlândia – MG.

ECLYCLE. *Benzeno: a ameaça volátil.* Encontrado em <
<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2213-o-que-e-benzeno-liquido-incolor-inalacao-exposicao-ambiente-de-trabalho-industria-petroquimica-ppm-agua-produtos-alimenticios-cancerigeno-efeitos-cefaleia-consusao-tremor-como-evitar-exposicao.html> >, 2013.

JESUS, N. N. M. *Remoção de céσιο e amerício utilizando fibra de côco para aplicação no tratamento de rejeitos radioativos.* 2013, 80p. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Programa de Pós Graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear. São Paulo - SP.

KARADAG, K.; YATI, I.; SONMEZ, H. B. *Effective clean-up of organic liquid including BTEX, fuels, and organic solvents from the environment by poly(alkoxysilane) sorbents.* Journal of Environmental Management. Vol 174. p. 45-54. 2016.

LIMA, L. M. R.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, V. L. M. M. *Avaliação da ampliação de*

escala na adsorção de gasolina em leito fixo com biomassa bagaço de cana-de-açúcar. XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ2010) e 8o Encontro Brasileiro de Adsorção (EBA2010), Foz do Iguaçu, PR, 2010

LIMA, L. M. R.; SOUZA, R. S.; LIMA, E. G.; SANTOS, D. V. M; SILVA, V. L. M. M. *Sistema de adsorção em leito diferencial para remoção de gasolina e óleo diesel em corpos d'água.* 9º Encontro Brasileiro sobre Adsorção (9º EBA), CDRom, Recife, PE, 2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Efeitos da exposição ao benzeno para a saúde.* Série Benzeno, Fascículo 01. FUNDACENTRO, 2012.

MORAIS, V. L. M. *Purificação de efluentes contaminados com hidrocarbonetos por adsorção em leito fixo de biomassa.* 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB.

OLIVEIRA, A. F.; LEÃO, A. L.; CARASCHI, J. C.; OLIVEIRA, L. C.; GONÇALVES, J. E. *Características físico-químicas, ebergética e desempenho da fibra de côco na sorção de óleos diesel e biodiesel.*

www.conepetro.com
.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

Revista Energia na Agricultura. Vol 26. Nº 3.
p. 1-13. 2011.

SANTOS, E. G. *Estudo da adsorção de contaminantes orgânicos provenientes da água de extração do petróleo, em coluna de leito fixo, utilizando biomassas como adsorventes*. 2005, 229p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos. Campina Grande – PB.

SILVA, A. A. *Estudo de Argilas Organofílicas destinadas à Separação Óleo/Água*. 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química. Campina Grande - PB.

TAGLIAFERRO, G. V.; PEREIRA, P. H. F.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. L. C. P. *Adsorção de chumbo, cádmio e prata em óxido de nióbio (v) hidratado preparado pelo método da precipitação em solução homogênea*. Quím. Nov., v. 34, n. 1, p. 101-105, 2011

WAN, Q.; GAO, G.; ZHANG, L. *Determination of Acrylonitrile in Solid Waste by Automatic Headspace Gas Chromatography*. *Procedia Environmental Sciences*. Vol 31. p. 241-246. 2016.