



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

KÉZIA MEIRIELLY SANTOS DE MEDEIROS

**ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ALGAS “ARRIBADAS”
UTILIZANDO UM SISTEMA DE ADSORÇÃO EM LEITO DIFERENCIAL
PARA PURIFICAÇÃO DE CORPOS AQUÁTICOS**

**CAMPINA GRANDE
2017**

KÉZIA MEIRIELLY SANTOS DE MEDEIROS

**ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ALGAS “ARRIBADAS”
UTILIZANDO UM SISTEMA DE ADSORÇÃO EM LEITO DIFERENCIAL
PARA PURIFICAÇÃO DE CORPOS AQUÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Engenharias – Aproveitamento de Rejeitos

Orientador: Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Morais Silva

**CAMPINA GRANDE
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M488e Medeiros, Kézia Meirielly Santos de.
Estudo da capacidade adsorptiva de algas "arribadas" utilizando um sistema de adsorção em leito diferencial para purificação de corpos aquáticos [manuscrito] / Kézia Meirielly Santos de Medeiros. - 2017.
25 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação: Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, Departamento de Química".

1. Sargassum ssp. 2. Adsorção. 3. Leito diferencial. I.
Título.

21. ed. CDD 660.284235

KÉZIA MEIRIELLY SANTOS DE MEDEIROS


**ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE ALGAS "ARRIBADAS"
UTILIZANDO UM SISTEMA DE ADSORÇÃO EM LEITO DIFERENCIAL
PARA PURIFICAÇÃO DE CORPOS AQUÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Engenharias –
Aproveitamento de Rejeitos

Aprovada em: 10/05/2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Lenilde Mérgia Ribeiro Lima
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da aflição, à minha mãe Kelly, ao meu pai Luiz e aos meus irmãos. DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por Ele ter me dado saúde e sabedoria para que eu nunca perdesse o foco dos meus objetivos já traçados.

Aos meus pais, Kelly Cristine e Luiz Claudio, por terem sempre me incentivado a estudar e me ensinaram tantas coisas da vida, e aos meus irmãos, Luiz Claudio e Luiz Guilherme.

Ao meu namorado, Shelton Vidal, que sempre se manteve presente de maneira direta ou indireta, por todas as palavras que serviram de estímulo, por todo carinho e confiança.

À minha orientadora Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, pelos ensinamentos transmitidos e pela dedicação ao longo do curso, assim como dessa orientação.

Aos meus professores, em especial, Lindinaldo Henriques e Hellen Guimarães, que me encantaram pelo mundo da química nos primeiros passos dessa caminhada em 2008.

Aos amigos e colegas pelos momentos de amizade, diversão, companheirismo e apoio, em especial a Isabel Thais e Samara Melo, que tornaram o caminho mais prazeroso e cheio de risos, que Deus possa abençoar cada passo nosso.

A todos aqueles que puderam contribuir de alguma forma com uma conversa, um aconselhamento, uma compreensão ou um simples sorriso.

A todos vocês
Muito Obrigada!

“O cansaço físico, mesmo que suportado forçosamente, não prejudica o corpo, enquanto o conhecimento imposto à força não pode permanecer na alma por muito tempo.”

(Platão)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem do Sargassum.....	14
Figura 2 – Fluxograma Metodológico	14
Figura 3 – Alga “in natura”, seca a temperatura ambiente.....	15
Figura 4 – Seleção granulométrica: Trituração (a) e Peneiramento (b)	15
Figura 5 – Reservatório de vidro (a) e Tela de nylon (b).....	16
Figura 6 – Deposição da biomassa na tela na espessura pré-determinada (a) e contato da biomassa com a dispersão água/gasolina (b).....	16
Figura 7 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 3%, espessura do leito 3mm.....	17
Figura 8 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 6%, espessura do leito 3mm.....	17
Figura 9 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 9%, espessura do leito 3mm.....	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	09
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3 MATERIAIS.....	12
4 METODOLOGIA.....	13
4.1 Preparação da biomassa.....	15
4.2 Leito Fixo Diferencial.....	16
4.2.1 <i>Sistema de Adsorção em Leito Diferencial.....</i>	<i>16</i>
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
6 CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS.....	21

RESUMO

A indústria petroquímica constitui atualmente um setor determinante na economia brasileira, em consequência inúmeros desastres, como derramamento ou vazamento, podem ocorrer. O rápido desenvolvimento tecnológico e industrial induziu a comunidade científica à procura de novas técnicas de prevenção e controle da poluição, entre essas, a técnica de adsorção vem ganhando notório destaque para purificação de efluentes contaminados. Algas coletadas na praia de Cabo Branco, João Pessoa - Paraíba, selecionadas como *Sargassum* spp e com denominação popular de algas “Arribadas” foram aplicadas em experimentos de adsorção em leito diferencial. O objetivo deste trabalho consiste em avaliar a relevância do *Sargassum* através de seu uso para remoção de contaminante derivado de petróleo. Todos os experimentos foram realizados a uma espessura do leito diferencial igual a 3mm e variando o tempo de contato da dispersão água/gasolina com a biomassa. Os resultados dos experimentos mostraram um excelente desempenho do *Sargassum*, apresentando 100% de adsorção para concentrações do contaminante igual a 3% e 6% logo nos primeiros minutos de contato. Quando a concentração usada foi de 9% de contaminante não foi possível a completa remoção, contudo houve uma remoção em torno de 80%. Logo, os resultados revelaram, para as condições estudadas, que o *Sargassum* pode ser utilizado como bioadsorvente da gasolina, fornecendo resultados relevantes.

Palavras-Chave: *Sargassum* ssp. Adsorção. Leito Diferencial.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida e indispensável para o desenvolvimento de atividades criadas pelo homem, como por exemplo: transporte, geração de energia processamento de alimentos e outras atividades importantes. Apesar de tal importância, em decorrência do avanço tecnológico pelo qual a humanidade passa, a água tem estado sujeita a contaminação por diversas formas.

A exploração do petróleo, assim como seu refinamento, transporte e operações de armazenamento de seus derivados têm ocasionado inúmeros incidentes que acabam por contaminar o meio ambiente. A toxicidade de hidrocarbonetos é vastamente estudada, podendo-se destacar que esta característica para determinados hidrocarbonetos está intensamente relacionada à sua estrutura química e sua hidrofobicidade, ou seja, os hidrocarbonetos que são mais solúveis em água são menos tóxicos (CEITA, 2000).

A adsorção é um importante processo de purificação e separação nas áreas petrolífera, de alimentos, da química fina e da biotecnologia. É uma alternativa adequada para a remoção de poluentes diluídos em efluentes líquidos, bem como para o resgate de componentes de alto valor agregado diluídos em correntes industriais (SCHEER *et al.*, 2002). A descoberta e comercialização de novos materiais adsorventes levaram ao desenvolvimento da adsorção como processo de separação (RUTHVEN *et al.*, 1984). A técnica de adsorção empregando biomassas como adsorvente vem sendo uma opção potencialmente atrativa e economicamente viável para o tratamento de diversos tipos de efluentes. O efeito de diferentes biomassas vem sendo analisado no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos, como é o caso dos efluentes contaminados com derivados do petróleo (LIMA *et al.*, 2010; MORAIS, 2005).

Algumas algas têm demonstrado grande capacidade de retenção de metais, especialmente as algas pardas. O *Sargassum ssp*, que é um gênero das algas pardas, tem sido estudado como biossorvente devido à sua alta capacidade de retenção, resistência química e mecânica de metais pesados e radioativos como o urânio, além de uma melhor resistência ao ataque ácido, resultando em menor perda de massa quando em contato com correntes de efluentes líquidos (YANG; VOLESKY, 1999a e 1999b; FIGUEIRA *et al.*, 2000).

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo estudar a capacidade de adsorção das algas “arribadas” por meio do sistema de adsorção em leito diferencial

para purificação de corpos aquáticos contaminados por derivados do petróleo, dessa forma, simulando a contaminação de corpos d'água por gasolina em diferentes concentrações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o passar dos anos, a qualidade dos ecossistemas tem sido modificada em diferentes escalas. O ecossistema aquático tem sido fortemente alterado devido à complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais ocasionaram degradação ambiental expressiva e redução considerável na disponibilidade de água de qualidade, causando inúmeros problemas ao seu aproveitamento. A água pode ter suas propriedades afetadas pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. De certa forma, cada uma dessas atividades ocasiona poluentes característicos que têm um determinado efeito na qualidade do corpo receptor.

De forma geral, a poluição das águas provém da adição de substâncias que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água, de uma maneira tal, que prejudique a utilização das suas águas para usos adequados. É importante ressaltar a existência dos seguintes tipos de fontes de poluição no meio aquático: poluição de forma pontual e difusa. As cargas são consideradas pontuais quando os poluentes atingem um determinado corpo de água de forma concentrada no ambiente, com localização determinada, ou seja, são facilmente identificadas, sendo mais fácil e rápido seu controle. Já as substâncias provenientes de pontos não específicos de geração, como por exemplo as substâncias provenientes de campos agrícolas, são denominadas cargas difusas, sendo estas de difícil controle (SAMUEL, 2011).

Existem inúmeros tipos de alterações passíveis de ocorrer no meio ambiente, que podem ser alterações agudas e duradouras. Alterações no meio ambiente são agudas, quando são pequenas com consequências desastrosas, em um curto período de tempo, ou duradouras, quando impactam o meio ambiente, ao longo do tempo (CALIXTO, 2011).

Em relação ao petróleo, assim como também seus derivados, em um primeiro estágio do derramamento, os processos que mais influenciam são espalhamento, dispersão, evaporação, emulsificação e dissolução. Já os processos de longo prazo e que acabam por definir o destino final do óleo são os processos de biodegradação, oxidação e sedimentação (CALIXTO, 2011).

Diversos efeitos prejudiciais aos corpos aquáticos podem ser relatados, dentre eles, a formação de uma película superficial que dificulta as trocas gasosas entre o ar e a água; a vedação dos estômatos das plantas e órgãos respiratórios dos animais; a impermeabilização das raízes de plantas e a ação de substâncias tóxicas estão entre os principais efeitos danosos impostos ao meio ambiente (BRAGA *et al.*, 2005).

Em se tratando de contaminantes derivados do petróleo, quando entram em contato com água, diversos processos físico-químicos e biológicos são passíveis de ocorrer e a magnitude de cada um deles modifica-se ao longo do tempo. Todos os processos de intemperização dependem das condições climáticas e do tipo de petróleo. O espalhamento é o processo físico que ocorre na interface água-ar e é caracterizado pela formação de um filme superficial.

Os contaminantes orgânicos são de difícil remoção, independentemente da quantidade, e isso se deve à sua estabilidade à luz, ao calor e por serem biologicamente não degradáveis. Quando em contato com a água, além de causar poluição visual, diminuem a área de contato entre a superfície da mesma e o ar atmosférico, impedindo, dessa forma, a transferência de oxigênio para a água, tornando o efluente rejeitado (DAGALLO; SMANIOTTO, 2005).

Gasolina, óleo diesel, ou seja, derivados de petróleo, são poluentes de complexa degradação; apesar disso, constantemente são liberados nas bacias hidrográficas, como resultado de diferentes atividades, tais como exploração, perfuração, armazenamento ou ainda transporte, provocando sérios problemas de poluição à vida aquática (BRANDÃO, 2006).

Diversas metodologias e pesquisas têm sido desenvolvidas para evitar ou diminuir esse tipo de contaminação. Dentre eles, o processo de adsorção tem encontrado largo uso devido à possibilidade do emprego de uma gama de adsorventes, entre eles estão as biomassas, utilizadas para remoção dos contaminantes por meio do contato do fluido contaminante com o sólido adsorvente (CARVALHO, 2014; MORAIS, 2005).

A procura por novos materiais adsorventes, que forneçam uma melhor relação custo-benefício tem gerado diversos estudos relacionados ao tema. Diversas pesquisas têm apontado o estudo com materiais adsorventes para cátions, ânions e hidrocarbonetos, destacando-se biomassas de origem vegetal, como bagaço de cana-de-açúcar (SANTOS, 2005; MORAIS, 2005; LIMA *et al.*, 2010), mesocarpo de coco (CARVALHO, 2014), casca de banana (COSTA *et al.*, 2012) e mandacaru (COSTA, 2014). A vantagem da utilização de biomassas é que são resíduos renováveis e

biodegradáveis encontrados em várias regiões brasileiras. Os bioadsorventes ou biomassas podem ser de origem animal ou vegetal.

Significativos depósitos de algas arribadas, denominadas popularmente de “sargassum”, ocorrem com constância em várias praias do litoral brasileiro, os quais são deixados em decorrência das marés baixas. A grande quantidade de algas arribadas nas praias de certas regiões acaba por gerar um problema, pois muitas vezes estas são incineradas ou enterradas pelas prefeituras locais devido ao mau cheiro que geram pela deterioração da matéria orgânica, afastando desta forma os usuários dos espaços litorâneos (CALADO, 2003). Portanto, o uso deste tipo de alga traz benefícios sociais e ambientais, uma vez que retira a mesma das praias e possibilita a purificação de corpos aquáticos que possam ter sido poluídos.

Vários estudos utilizando algas arribadas como biomassa adsorvente envolvendo metais pesados foram desenvolvidos, como o estudo de Duarte *et al.* (2001) que utilizou a biomassa de algas arribadas do litoral de Pernambuco para a remoção de chumbo em efluentes industriais. Os estudos demonstraram que as algas arribadas removeram 96% do chumbo destes efluentes, apresentando-se como uma opção para o tratamento de efluentes industriais por proporcionar o benefício de ser um recurso renovável, economicamente viável e abundante.

3 MATERIAIS

O adsorbato (contaminante orgânico) utilizado no processo de simulação do efluente contaminado foi a gasolina tipo C. O adsorvente (biomassa) usado foi sargassum na forma de pó.

Algas marinhas, o sargassum mostrado na Figura 1, são consideradas plantas fotossintéticas, compostas basicamente de clorofila e pigmentos acessórios, capazes de sintetizar as substâncias orgânicas, necessárias ao seu metabolismo normal (VOLESKY, 1990). O sargassum utilizado como adsorvente foi adquirido na praia de Cabo Branco, litoral paraibano, município de João Pessoa.

Figura 1 – Imagem do sargassum.

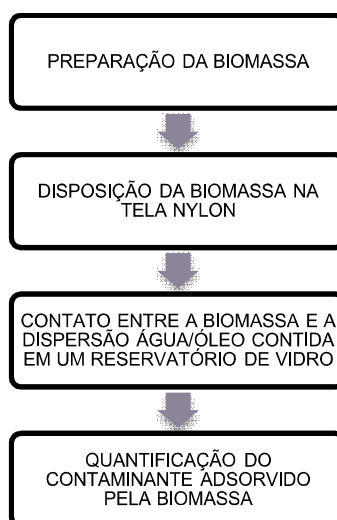


Fonte: www.alfonsosiciliano.com

4 METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida segundo SOUSA *et al.* (2011), conforme fluxograma ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico



4.1 Preparação da biomassa

Inicialmente a alga recolhida foi seca à luz solar e mantida em sua forma original (Figura 3). Logo após, foi triturado em um liquidificador industrial para redução do tamanho das partículas e, em seguida, foi realizada a seleção granulométrica por meio de peneiras para, posteriormente, ser utilizado na técnica de adsorção, como pode ser observado nas Figuras 4 (a) e (b), respectivamente. Utilizaram-se as peneiras da série Tyler com malhas referentes a 10 *mesh*, apresentando $1,70 \text{ mm} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ de porosidade, e 14 *mesh* referente a $1,18 \text{ mm} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ de porosidade. A granulometria utilizada para realizar a técnica de adsorção foi entre 10 e 14 *Mesh*.

Figura 3 – Alga “in natura”, seca à temperatura ambiente.



Fonte: Própria (2014).

Figura 4 - Trituração (a) e Peneiramento (b).



(a)



(b)

Fonte: Própria (2014).

4.2 Leito Diferencial

4.2.1 Sistema de Adsorção em Leito Diferencial

O sistema para adsorção em leito diferencial era composto por um reservatório de vidro, Figura 4 (a), para armazenamento da mistura heterogênea água/gasolina, com capacidade de 4000 mL, juntamente com uma tela de nylon com estrutura de alumínio, Figura 4 (b), para recepção do adsorvente algas “arribadas” na forma de partículas.

Figura 5 – Reservatório de vidro (a) e Tela de nylon (b).



(a)

(b)

Fonte: SOUZA *et al.* (2011).

Os experimentos foram realizados com concentrações de 3,0%, 6,0% e 9,0%, de contaminantes, de modo que o volume total da dispersão foi sempre 4000 mL.

A biomassa obtida a partir das algas “arribadas” era depositada na tela de nylon, de acordo com a espessura selecionada (3mm), sendo então colocada em contato com a mistura heterogênea de gasolina/água contida no reservatório. O tempo de contato variou de 5 até 70 minutos de acordo com cada concentração do contaminante. No final destes tempos estabelecidos, a tela de nylon contendo a biomassa era retirada do reservatório de vidro e, em seguida, analisava-se a quantidade adsorvida do contaminante em relação à biomassa, por meio de análise volumétrica. Nas Figuras 6 (a) e (b) podem ser vistos a tela com a biomassa adsorvente de sargassum com a espessura pré-determinada e a biomassa em contato com a mistura heterogênea água/gasolina.

Figura 6 – Deposição da biomassa na tela na espessura pré-determinada (a) e contato da biomassa com a dispersão água/gasolina (b).



(a)

(b)

Fonte: Própria (2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 7, 8 e 9 podem ser observados os resultados para a adsorção de gasolina na biomassa não lavada, expressos em percentual de contaminante adsorvido por tempo de contato.

Figura 7 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 3%, espessura do leito 3mm.

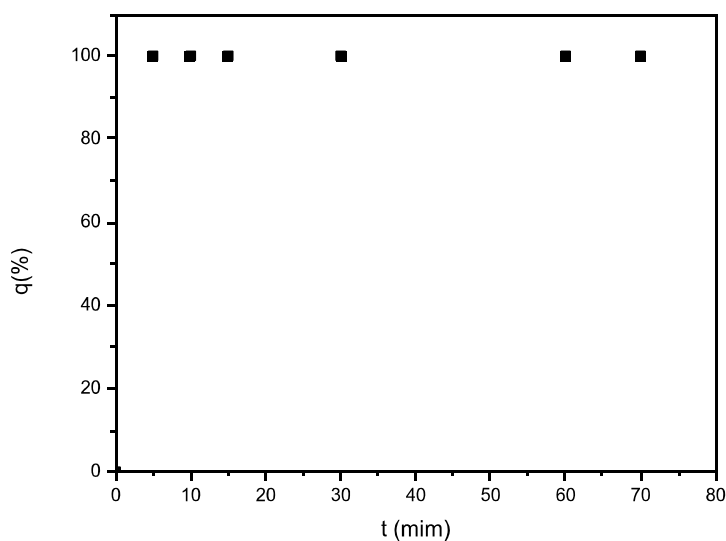


Figura 8 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 6%, espessura do leito 3mm.

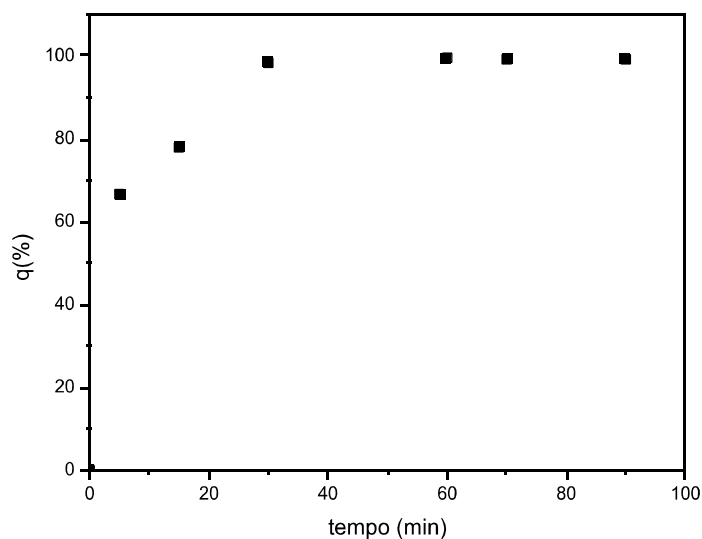
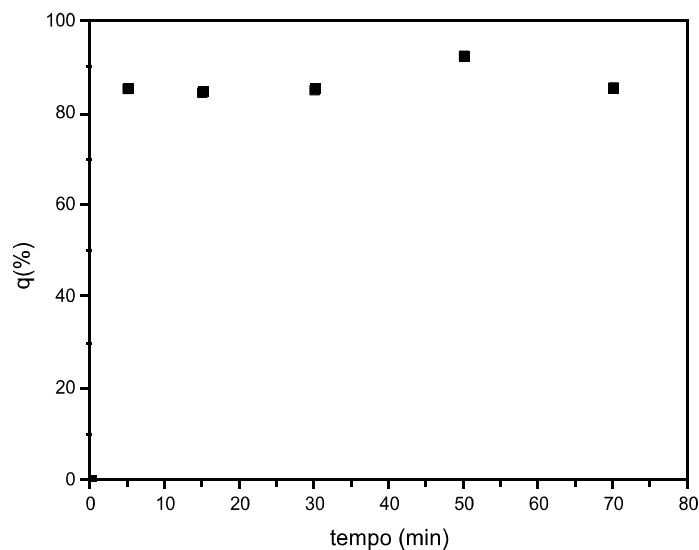


Figura 9 – Percentual de adsorção de gasolina em biomassa a partir de algas “arribadas”, concentração do contaminante 9%, espessura do leito 3mm.



Os resultados mostram que, para a concentração de contaminante igual a 3%, apresentada na Figura 7, toda a gasolina foi adsorvida já nos primeiros minutos de contato. Em termos de quantidade adsorvida por grama de adsorvente, foi obtido em média 10mL de gasolina por grama de biomassa.

Para a concentração de 6% de gasolina, apresentada na Figura 8, pode-se observar que 100% da gasolina foi adsorvida após 30 minutos de contato, tendo sido adsorvidos em média 19mL de gasolina por grama de biomassa.

Quando a concentração analisada foi 9% de gasolina, apresentada na Figura 9, mesmo após 30 minutos de contato, não foi possível adsorver completamente o contaminante. Porém, foi possível adsorver mais de 80%, o que já é um resultado considerado aceitável, devido à alta concentração, chegando a saturação do leito, tendo sido adsorvido aproximadamente 25mL de gasolina por grama da biomassa.

Assim sendo, pode-se observar que as algas “arribadas”, coletadas na praia de Cabo Branco, apresentam uma capacidade de adsorção para a gasolina relevante, em um curto período de tempo.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu o objetivo principal que se fundamentou na quantificação da capacidade de adsorção de derivado de petróleo através das algas “arribadas”.

Diante do que foi apresentando, percebeu-se que o *Sargassum* ssp detém um grande potencial de adsorção para derivados de petróleo, tendo sido estudada a gasolina.

A capacidade de adsorção do contaminante pela biomassa foi de 100%, para as concentrações de 3% e 6% e de 80% para a concentração de 9%, contida em dispersões em água.

A partir dos resultados alcançados referentes à remoção de contaminante orgânico presente em efluente aquático, pode-se concluir que o sistema nas condições analisadas é vantajoso.

ABSTRACT

The petrochemical industry is currently a determinant sector in the Brazilian economy, consequently numerous disasters, such as spills or leaks, can occur. The rapid technological and industrial development induced the scientific community in search of new techniques for prevention and control of pollution, among them, the adsorption technique has been gaining a notable prominence for the purification of contaminated effluents. Algae collected on the beach of Cabo Branco, João Pessoa - Paraíba, selected as *Sargassum* spp and with popular denomination of "Arribadas" algae were applied in differential bed adsorption experiments. The objective of this work is to evaluate the relevance of *Sargassum* through its use for the removal of petroleum derived contaminants. All experiments were carried out at a differential bed thickness equal to 3mm and varying the contact time of the water / gasoline dispersion with the biomass. The results of the experiments showed an excellent *Sargassum* performance, presenting 100% of adsorption at contaminant concentrations equal to 3% and 6% in the first few minutes of contact. When the concentration used was 9% of contaminant complete removal was not possible, however, there was a removal around 80%. Therefore, the results revealed, for the conditions studied, that *Sargassum* can be used as a bioadsorbent of gasoline, providing relevant results.

Key words: *Sargassum* spp. Adsorption. Differential bed.

REFERÊNCIAS

BENTO, D. M. **Análise Química da Degradação dos Hidrocarbonetos de Óleo Diesel no Estuário da Lagoa dos Patos – Rio Grande/RS**. Dissertação de Mestrado. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul – RS, 2005.

BRANDÃO, P. C. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 160 p., 2006.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**, 2. Ed., São Paulo: Editora Prentice Hall, 2005.

CALADO, S. C. S. SILVA, V. L. DA. PASSAVANTE, J. Z. DE O. ABREU, C. A.M DE. LIMA FILHO, E.S DUARTE, M. M. M. B. DINIZ, E V. G. S. **Cinética e Equilíbrio de Biossorção de Chumbo por Macroalgas**. Tropical Oceanography, Recife: v. 31, n. 1, p. 27-36, 2003.

CALIXTO, E. **Contribuições para o Plano de Contingência para derramamento de petróleo e derivado no Brasil – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE**, 2011. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2011.

CARVALHO, E. S. **Reuso do Mesocarpo de Coco na Remoção de Contaminantes Derivados de Petróleo Presentes em Corpos d'água, Utilizando Sistema de Adsorção em Leito Diferencial**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2014.

CEITA, O. G. **Poluição Provocada pelo Petróleo**. Trabalho apresentado à disciplina Poluição Ambiental, 2000.

COSTA, K. J. B. **Utilização do Mandacaru (*Cereus Jamacaru*) como biomassa adsorvente de gasolina presente em corpos d'água.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2014.

COSTA, F. O. SILVA, A. M. CARVALHO, E. S. SILVA, V. L. M. M. LIMA, L. M. R. **Uso da Casca da Banana como Bioadsorvente em Leito Diferencial na Adsorção de Compostos Orgânicos.** Encontro Nacional de Educação Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2012.

DALLAGO, R. M.; SMANIOTTO, A. *Quim. Nova*, v. 28, p. 433, 2005.

DUARTE, M. M. M. B., J. E. SILVA, J. Z. O. PASSAVANTE, M. F. PIMENTEL, B. B. NETO & V. L. SILVA -2001- **Macroalgae as lead trapping agents in industrial Effluents** – A factorial Design Analysis. *J. Brazil. Chem. Soc.* 12(4): 499-506.

FIGUEIRA, M. M.; VOLESKY, CIMINELLI, B. V. S. T.; RODDICK, F. A. **Biosorption of Metals in Brown Seaweed Biomass.** *Wat. Res.*, v. 34, n. 1, p. 196-204. 2000.

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 (COBEQ 2010) e 8o Encontro Brasileiro de Adsorção (EBA2010), Foz do Iguaçu – PR, 2010.

MORAIS, V. L. M. **Purificação de Efluentes Contaminados com Hidrocarbonetos por Adsorção em Leito Fixo de Biomassa.** Doutorado em Engenharia de Processos – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande - PB, 2005.

RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorption & Adsorption Process.** New York, John Wiley & Sons, 1984.

SAMUEL, P. R. S. **Alternativas Sustentáveis de Tratamento de Esgotos Sanitários Urbanos, Através de Sistemas Descentralizados, para Municípios de Pequeno Porte.** Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – RS. 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.** Tese de Doutorado. Doutorado em Engenharia de Processos. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2005.

SCHEER, A. P.; MEIEN, O. F.; VASCO DE TOLEDO, E. C.; MACIEL, F. R.; WOLF, M. M. **A Adsorção de Misturas Líquidas e Seu Tratamento por Métodos Numéricos.** III Encontro Brasileiro de Adsorção (III EBA), Recife - PE, 2002.

SOUZA, R. S.; LIMA, L. M. R.; SILVA, V. L. M. M. **Adsorção de óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar.** Revista Eletrônica de Materias e Processos – REMAP, UFCG, v. 6, n. 2, p. 123-126, 2011.

VOLESKY, B.; **Biosorption of Heavy Metals**, CRC Press: Boca Raton, FL, 1990, p. 173-198.

YANG, J.; VOLESKY, B. **Biosorption of Uranium on Sargassum biomass.** Wat. Res, v. 33, n. 15, p. 3357-3363. 1999a.

YANG, J.; VOLESKY, B. **Cadmium biosorption rate in protonated Sargassum biomass.** Environ. Sci. Technol.,v. 33, p. 751-757. 1999b.

<<http://www.alfonsosiciliano.com/seaweeds/>> acesso em: 29 de Março de 2017 às 08h.

