

## II-165 – REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL A PARTIR DE SOLUÇÃO AQUOSA UTILIZANDO COMO ADSORVENTE CASAS DE OSTRAS *CRASSOSTREA RHIZOPHORAE*

**Tarsila Maíra Nogueira de Paiva<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutoranda em Engenharia Química na UFPE.

**Alyson Tarcísio Costa Jaques**

Aluno do curso de Química Industrial da UFPE. Aluno de Iniciação Científica no Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais da UFPE.

**Joelma Morais Ferreira**

Engenhara Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestre em Engenharia Química pela UFPB e Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande. Pós Doutoranda na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), bolsista do Programa Nacional de Pós Doutorado (CAPES) e Co-Orientadora do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Química da UFPE.

**Maria do Carmo Lourenço da Silva**

Possui graduação Química Industrial pela UFPE (2001), mestrado em Engenharia Química pela UFPE (2004) e doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (2008). Atualmente é Professora do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Tratamento de Águas e Efluentes com ênfase em: monitoramento da qualidade de águas, fracionamento da poluição, modelagem e simulação aplicada aos sistemas de tratamento de lodos ativados.

**Maurício Alves da Motta Sobrinho**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco, Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande e Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco e dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Química e em Engenharia Civil da UFPE. Pesquisador 2 do CNPq desde 2004.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Laboratório de Processos e Tecnologias Ambientais (LPTA) - Departamento de Engenharia Química - CTG - Universidade Federal de Pernambuco - Cidade Universitária - 50740-521 - Recife - Pernambuco - Brasil - Tel.: (81) 2126-7268 - Fax: (81) 2126-7278 - e-mail: tarsila.paiva@ufpe.br

### RESUMO

A preocupação com o meio ambiente, atingido por efluente têxtil leva à busca de alternativas de tratamento adequado para esses complexos resíduos. Nesse sentido, realizou-se um estudo de viabilidade de cascas de ostras *crassostrea rhizophorae*, como adsorvente no processo de remoção do corante Básico (Drimaren) e observou-se a influência de variáveis dependentes no processo de adsorção: quantidade de adsorvente, velocidade de agitação e granulometria do adsorvente, utilizando a técnica de planejamento fatorial experimental. O efeito da quantidade de adsorvente foi o mais significativo no processo, enquanto que a velocidade de agitação e a granulometria do adsorvente apresentaram discreta relevância nessa adsorção. O valor máximo da quantidade adsorvida do corante Drimaren azul pelas conchas de ostras foi de aproximadamente 0,754 mg.g<sup>-1</sup>. Os resultados indicaram que as conchas de ostras são uma boa alternativa como adsorvente na remoção de corantes em efluentes de indústrias têxteis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção, cascas de ostras, corante drimaren azul, efluente têxtil.

### INTRODUÇÃO

A contaminação de águas é um fator cada vez mais evidenciado na atualidade e seu uso racional nos processos produtivos tem sido motivo de atenção das indústrias, principalmente daquelas que necessitam de uma grande demanda de água, como a têxtil, além da preocupação com o ambiente ser uma questão de sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo. Os problemas ambientais oriundos dos efluentes têxteis tornam-se ainda mais graves quando se observa a liberação de corantes não fixados, ou não degradados nos processos convencionais de tratamento, o que representa elevado potencial de impacto ambiental, relacionado à toxicidade e à interferência em processos fotossintéticos nos corpos d'água (SCHIMMEL, 2008).

As indústrias têxteis geram grandes quantidades de efluentes líquidos, durante seus processamentos, com altas cargas poluidoras e alta concentração de cor, que pode causar um forte impacto ambiental quando esses efluentes são descartados diretamente nos cursos da água. Este impacto ocasiona a inibição nos processos naturais da fotossíntese, diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido e modificação das propriedades físicas dos cursos d'água causando prejuízos a médio e longo prazos a toda biota aquática (SANTOS, 2006).

A expansão das indústrias têxteis no Nordeste desenvolveu um grande pólo produtor de confecções no agreste pernambucano. No município de Toritama-PE, é onde se concentra um importante pólo de lavanderias e tinturarias industriais (FADE, 2003).

As lavanderias e tinturarias industriais desta região são um dos fatores responsáveis pela degradação do rio Capibaribe/PE, que recebe os resíduos químicos provenientes do processo de beneficiamento de peças em jeans e é o principal manancial de abastecimento de água da região. (COSTA, 2008).

A preocupação com o meio ambiente, atingido por efluente têxtil leva à busca de alternativas de tratamento, adequado para esses complexos resíduos, que possuem grandes variações de carga, geralmente com altas concentrações de DQO e DBO, e com diferentes características de biodegradação (LIMA, 2005).

O tratamento pelo processo de adsorção é flexível, de baixo custo e compacto, quando comparado com outras técnicas especialmente se o adsorvente é barato e facilmente disponível (PAIVA, 2011).

Os resíduos de moluscos, em seu ambiente natural, não causam malefícios ao meio marinho. Entretanto, a produção intensiva produz uma grande quantidade de conchas e outros resíduos quando comparada com a produção natural, sobrecarregando o meio ambiente. Entre os impactos potenciais gerados por essa atividade estão os problemas relacionados à disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados nos locais de cultivo, a estruturas de fixação abandonadas dos cultivos que provocam alterações nas correntes marítimas e a poluição visual (BOCCHESE, 2008).

O objetivo desse estudo foi investigar a capacidade adsorativa de conchas de ostras *Crassostrea rhizophorae* como adsorvente na remoção de corante de efluentes da indústria têxtil através do processo de adsorção em batelada.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Materiais**

#### Adsorvato

Foi utilizado o corante reativo Drimaren azul, com comprimento de onda máximo de 596 nm, obtida pela medição da absorbância em um espectrofotômetro (UV-visível Thermo Genesys 10).

#### Adsorvente

O adsorvente utilizado nesse estudo foi concha de ostra da espécie *Crassostrea rhizophorae*, coletadas no litoral norte de Pernambuco. As conchas foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de sal e resíduo orgânico. Posteriormente colocadas em estufa por 3 horas a 60°C com o intuito de reduzir sua umidade, em seguida foram trituradas em moinho de rolos e classificação em peneiras da série de Tyler a 20, 60 e 100 mesh.

Estudos iniciais indicaram a necessidade de um tratamento para as conchas, por apresentarem baixa eficiência de remoção quando “in natura”. Assim, foi realizado um planejamento fatorial com o intuito de avaliar o melhor tratamento térmico para uso desse resíduo como adsorvente.

#### Tratamento térmico das conchas do marisco e da ostra

Foram avaliadas várias condições de temperatura de ativação em forno mufla Quimis Q318M21, de acordo com o planejamento fatorial, de modo a se determinar o efeito da condição térmica na composição das conchas e nas propriedades adsorativas do resíduo ativado, objetivando determinar a melhor condição em atendimento aos objetivos da pesquisa.

## Métodos

### Estudo preliminar

Inicialmente, realizaram-se ensaios preliminares para verificar se o resíduo adsorvente em estudo apresentava características adsorptivas para corante. Os ensaios foram realizados em batelada, utilizando uma série de frascos de Erlenmeyers de 125 mL, contendo 25 mL de solução de corante a uma concentração inicial de 15 mg.L<sup>-1</sup> e 0,5 g do adsorvente triturado “in natura”. Durante os ensaios cinéticos, foi utilizado resíduo com duas faixas de granulometria, Faixa A (entre 20 e 100 mesh) e Faixa B (superior a 100 mesh). As amostras foram colocadas em uma mesa agitadora sob agitação constante de 400 rpm por um período determinado (2, 5, 10, 30 e 50 minutos) e a uma temperatura média de 30 °C. Ao término da agitação, as amostras foram centrifugadas a 5000 rpm e filtradas em papel de filtro faixa azul por 15 minutos. As concentrações finais foram determinadas através de um espectrofotômetro UV-Visível.

### Planejamento Fatorial dos Experimentos

O efeito que as variáveis operacionais do processo (temperatura, tempo de contato, granulometria, agitação e quantidade do adsorvente) exercem sobre a variável de resposta (quantidade adsorvida) foi quantificado com base em experimentos estatisticamente planejados através da técnica de planejamento fatorial, na qual foi possível identificar e quantificar a influência das variáveis individuais e/ou combinadas sobre a variável de resposta, e com isso, construir um modelo estatístico que representasse apropriadamente o processo, descartando as variáveis de menor significância.

Durante esse estudo de otimização do processo de remoção do corante Drimaren utilizando cascas de ostras optou-se em elaborar dois planejamentos fatoriais, cujos objetivos foram a avaliação do efeito da temperatura e tempo de calcinação do adsorvente (planejamento I) e do efeito das variáveis de entrada durante o processo de adsorção (planejamento II).

### Planejamento Fatorial I - Efeito da temperatura e tempo de calcinação do adsorvente

Com o intuito de verificar o melhor tratamento térmico sobre o resíduo no processo adsorptivo, esse planejamento fatorial foi realizado somando subsídios para avaliar uma melhor condição de trabalho com o adsorvente em um número reduzido de ensaios. Nesse estudo foram investigados o tempo de aquecimento (*t*) e a temperatura (*T*).

Nesse estudo foram investigados o tempo de aquecimento (*t*) e a temperatura (*T*). Dessa forma foi realizado um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> completo, acrescido de um ponto central. Todos os ensaios experimentais foram realizados em duplicata. Os níveis das variáveis estudadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial 2<sup>2</sup>.

Variáveis	Níveis		
	-1	0	+1
Tempo (horas)	3	6,5	10
Temperatura (°C)	500	750	1000

Os experimentos foram realizados em ordem aleatória e a resposta estudada foi a capacidade adsorptiva, ou seja, quantidade de corante adsorvida por unidade de massa do adsorvente (*Q*).

A capacidade adsorptiva (*Q*) é dada pela Equação 1:

$$Q = \frac{C_i - C_f}{M} \times V \quad \text{Equação (1)}$$

na qual *C<sub>i</sub>* é a concentração inicial, *C<sub>f</sub>* a concentração final, *M* a massa de adsorvente e *V* o volume da solução.

Em cada experimento foi adicionado aos Erlenmeyers com o adsorvente, já pesado (0,5g), 25 mL da solução do corante Drimaren azul a 15 mg.L<sup>-1</sup>. A mistura (corante+adsorvente) foi colocada sob agitação por 30

minutos. Após a adsorção a mistura foi centrifugada a 5000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro faixa azul. Esta ordem de separação do adsorvente-adsorbato foi respeitada para não ocorrer a colmatção do filtro. As concentrações finais foram determinadas através de um espectrofotômetro UV-Visível Thermo modelo Genesys 10.

### Planejamento Fatorial II – Efeito de variáveis no processo adsorativo

A capacidade adsorativa das conchas de ostras foi avaliada pela técnica de planejamento experimental, onde foram investigados alguns dos principais fatores que mais influenciam no processo adsorativo: a quantidade do adsorvente (M), a velocidade de agitação (A) e a granulometria do adsorvente (G).

Para a variável tempo de contato, foram realizados os testes preliminares, os quais revelaram que a adsorção do corante sobre o adsorvente é rápida, no tempo de 30 minutos. As conchas foram tratadas termicamente de acordo com o melhor resultado obtido no planejamento fatorial I.

Foi adicionado a frascos de Erlenmeyers, 25 mL da solução de corante Drimaren a  $15 \text{ mg.L}^{-1}$  e a quantidade de massa de adsorvente, a agitação e a granulometria seguiram a Tabela 2. O tempo de contato foi de 30 minutos a  $30^\circ\text{C}$  aproximadamente. Após a adsorção a mistura foi tratada igualmente ao planejamento I.

Dessa forma foi realizado um planejamento fatorial  $2^3$  completo, acrescido de um ponto central em triplicata, totalizando, assim, 11 experimentos. Os níveis das variáveis estudadas encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 2.** Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial  $2^3$ .

Variáveis	Níveis		
	-1	0	+1
Massa (g)	0,5	1,25	2,0
Granulometria (mesh)	20	60	100
Agitação (rpm)	150	300	450

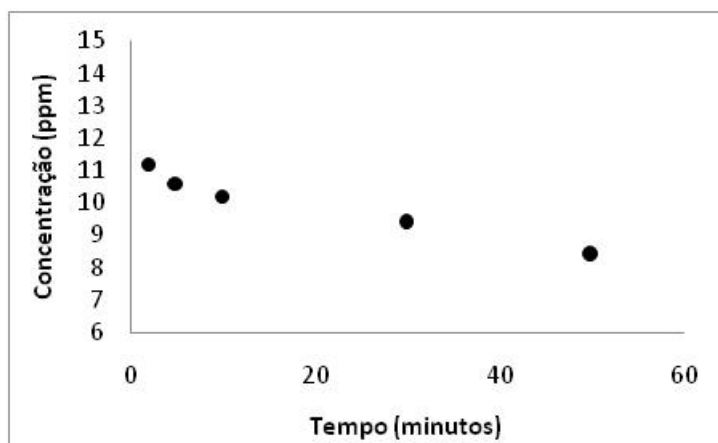
Os experimentos foram realizados em ordem aleatória e a resposta estudada foi a capacidade adsorativa, ou seja, quantidade de corante adsorvida por unidade de massa do adsorvente ( $q_t$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Estudo preliminar**

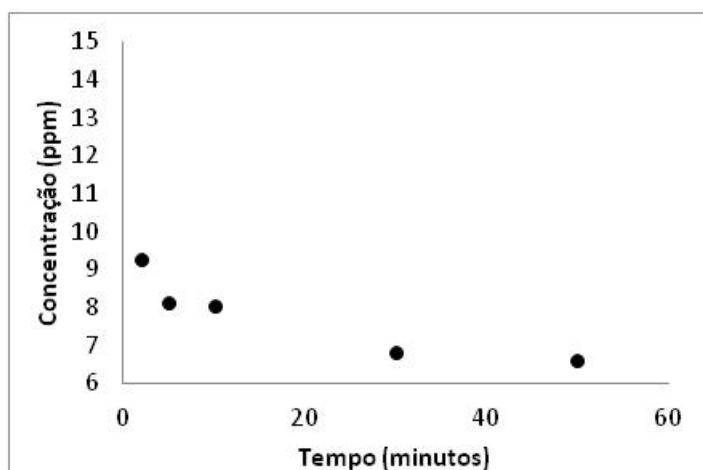
Inicialmente procurou-se verificar a viabilidade das conchas de ostra “in natura” como adsorvente, para isso testou-se essa característica no estudo de remoção do corante Drimaren azul.

A Figura 1 representa a variação da concentração de corante no seio do líquido em função do tempo para a granulometria Faixa A (entre 20 e 100 mesh) do resíduo das ostras “in natura”.



**Figura 1:** Variação da concentração de corante no seio do líquido em função do tempo para a granulometria Faixa A > 20 < 100 mesh (ostra “in natura”),  $C_{A0} = 15 \text{ mg.L}^{-1}$ , 400 rpm, 30° C.

A Figura 2 representa a variação da concentração de corante no seio do líquido em função do tempo para a granulometria Faixa B (superior a 100 mesh) do resíduo das ostras “in natura”.



**Figura 2:** Variação da concentração de corante no seio do líquido em função do tempo para a granulometria Faixa B > 100 mesh (ostra “in natura”),  $C_{A0} = 15 \text{ mg.L}^{-1}$ , 400 rpm, 30° C.

É possível observar, pela Figura 1 que ocorreu uma pequena redução da concentração do corante no seio do líquido em função do tempo. Para a granulometria Faixa B (Figura 2), essa redução foi mais acentuada, caracterizando uma melhor adsorção com a granulometria Faixa B, ou seja, a granulometria de partículas menores.

Para as duas faixas de granulometria observa-se um aumento da capacidade da adsorção com o tempo, mostrando que o processo tende a entrar em equilíbrio acima dos 30 minutos para este estudo preliminar.

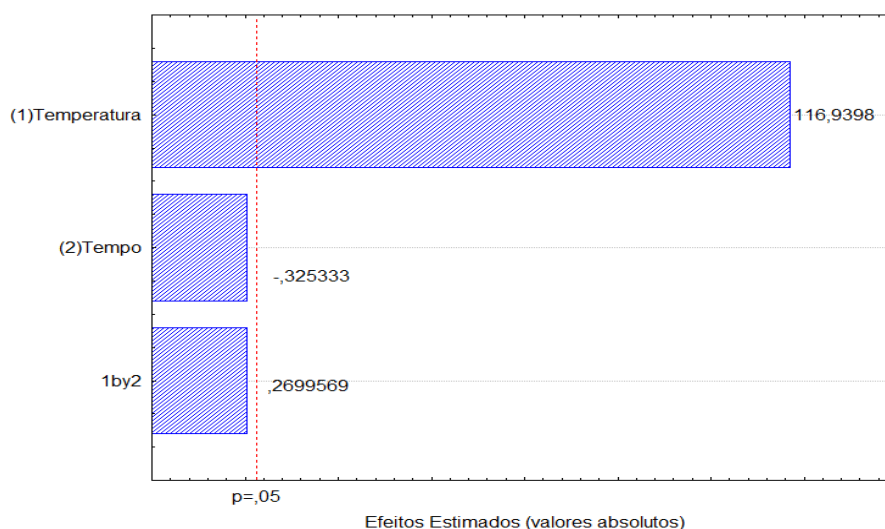
Desta forma este tempo foi selecionado e utilizado para a otimização do processo através de um planejamento experimental.

### Planejamento fatorial I

Através desse estudo, foi possível avaliar o melhor tratamento térmico com o resíduo da ostra no processo adsorativo.

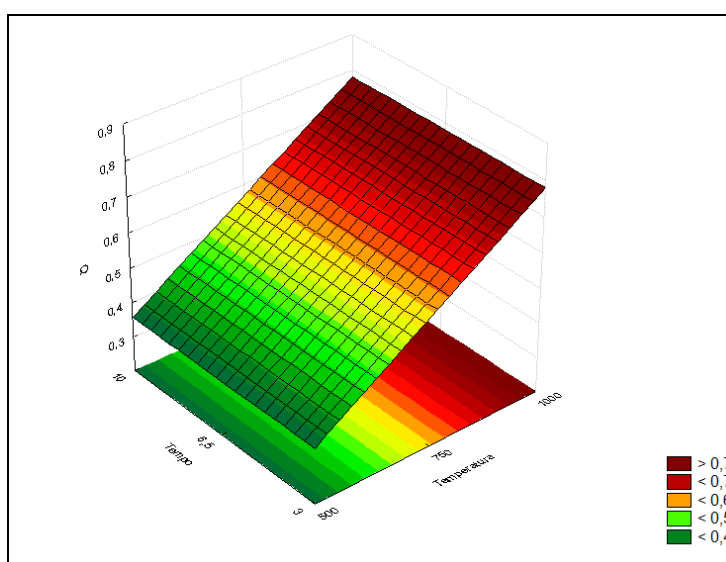
De acordo com os dados obtidos pelo planejamento experimental, foi possível comprovar através do gráfico de Pareto (Figura 3) que a temperatura foi a única variável que apresentou efeito estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%.

A variável tempo (t) e a interação entre as variáveis temperatura e tempo (1e2) não apresentaram efeito significativo no processo estudado.



**Figura 3:** Gráfico de Pareto referente ao planejamento experimental.

A Figura 3 apresenta a superfície de resposta obtida com auxílio do software Statistic 5.0 através do uso dos dados obtidos experimentalmente, após uma otimização por planejamento fatorial  $2^2$ . Percebe-se que os maiores valores encontrados para a variável resposta (quantidade adsorvida de corante,  $q_t$ ) foram para o nível superior da variável independente, temperatura, e para qualquer valor de tempo no intervalo estudado. A partir dos resultados obtidos nessa etapa, os experimentos posteriores serão realizados com as conchas de ostra calcinadas a 1000°C por um período de 3h.



**Figura 4:** Superfície de resposta para a adsorção do corante Drimaren azul através das conchas de ostra.

## Planejamento Fatorial II

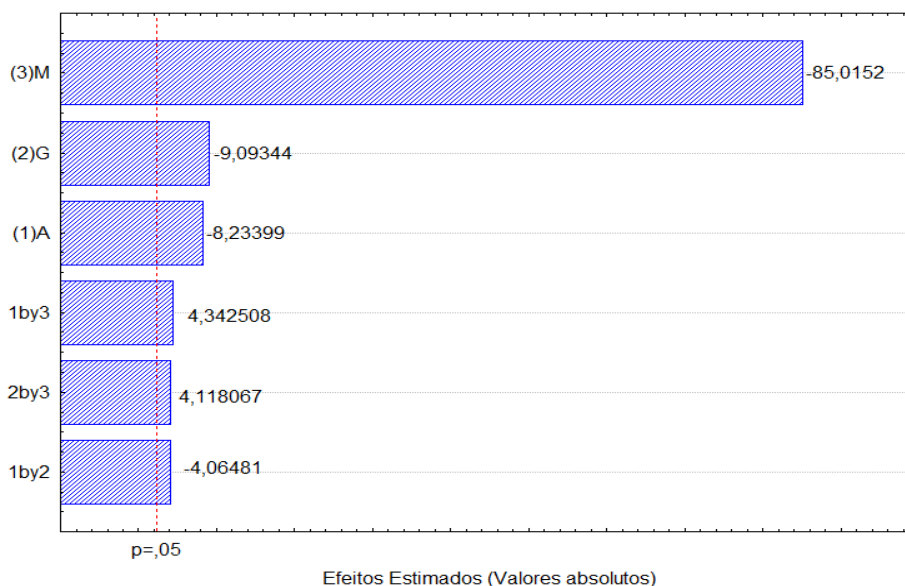
A Tabela 3 apresenta a matriz de planejamento com a média dos resultados obtidos da variável resposta ( $q_t$ ) em cada combinação de níveis para as variáveis de entrada, referente aos ensaios, utilizando as conchas das ostras termicamente tratadas como adsorvente na remoção do corante Drimaren azul.

**Tabela 3:** Matriz de planejamento para um fatorial  $2^3$ .

Ensaio	Massa (g)	Granulometria (mesh)	Agitação (rpm)	$q_t$ (mg.g <sup>-1</sup> )
1	+	+	+	0,161
2	+	+	-	0,598
3	+	-	+	0,189
4	+	-	-	0,729
5	-	+	+	0,182
6	-	+	-	0,726
7	-	-	+	0,190
8	-	-	-	0,754
9	0	0	0	0,270
10	0	0	0	0,270
11	0	0	0	0,270

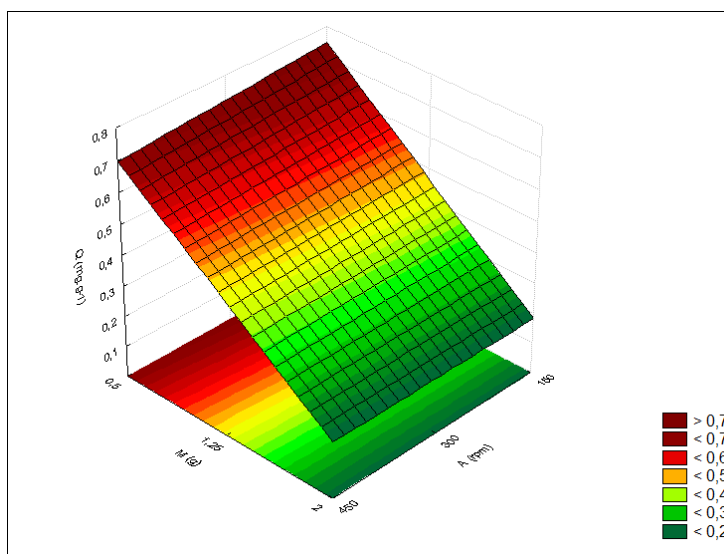
+) 2,0 g, 100 mesh, 450 rpm; -) 0,5 g, 20 mesh, 150 rpm; 0) 1,25 g, 60 mesh, 300 rpm

A influência dos efeitos significativos no modelo foi representada graficamente pelo gráfico de Pareto exposto na Figura 5, o qual comprova que a variável de maior influência nesse processo adsorptivo foi a quantidade de adsorvente (M) seguida do efeito da granulometria (G) do adsorvente e depois da velocidade de agitação (A).



**Figura 5:** gráfico de Pareto referente ao Planejamento fatorial II.

Pela Figura 6 fica comprovada a influência significativa do efeito da variável quantidade de adsorvente (M), apresentada no gráfico de Pareto (Figura 5). A granulometria e a agitação apresentaram pouca influência no processo. Assim, obteve-se o valor máximo da quantidade adsorvida ( $q_t$ ) com a diminuição da quantidade de adsorvente, da granulometria e da agitação, mesmo essas duas últimas variáveis, apresentando pouca influência no processo adsorptivo.



**Figura 6:** Efeito da quantidade de adsorvente (M) e agitação (A) sobre a quantidade adsorvida do Drimaren azul por unidade de massa do adsorvente, cascas de ostras.

O valor máximo da quantidade de corante adsorvida ( $q_i$ ) foi de aproximadamente  $0,754 \text{ mg.g}^{-1}$  nas seguintes condições: quantidade de adsorvente (M) 0,5 g, granulometria (G) 20 mesh e velocidade de agitação (A) 150 rpm.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Para as condições experimentais aplicadas neste trabalho constata-se que o resíduo das cascas de ostras *crassostrea rhizophorae* apresenta uma boa capacidade de remoção do corante Drimaren e que o mesmo pode ser uma atrativa opção para remoção de corantes em efluentes de indústria têxtil, uma vez que se destaca pelo seu poder de aquisição ser relativamente baixo quando comparado com outros tipos de adsorventes.

Pelo estudo preliminar se observa que a variável granulometria influencia no processo adsorptivo em estudo, uma vez que a granulometria Faixa B, de partículas menores, favorece a velocidade de adsorção. No entanto verifica-se nas duas faixas de granulometria uma elevação da capacidade da adsorção com o tempo e que a partir de 30 minutos de tempo de contato o processo tende a entrar em equilíbrio, trabalhando com o sistema com agitação constante de 400 rpm.

Pelo método de Planejamento Fatorial conclui-se que as variáveis que mais influenciam no processo de adsorção do Drimaren azul pelas cascas de ostras são a temperatura de ativação e a quantidade do adsorvente (M). As melhores relações entre a remoção do corante e capacidade de adsorção do adsorvente são obtidas com a concha ativada a  $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$  calcinadas a qualquer tempo no intervalo estudado (3h; 6,5h e 10h), quantidade de adsorvente (M) de 0,5 g, granulometria (G) de 20 mesh e velocidade de agitação (A) de 150 rpm.

## AGRADECIMENTOS

A empresa Clariant do Brasil, CNPq, CAPES, FACEPE, FINEP/MCT, PROPESQ-UFPE, UFPE, GPTA (Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais DEQ-UFPE

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOCCHESI, D. F.; ARAÚJO, E. M.; SANT'ANNA, F. S. P. Projeto valorização dos resíduos da maricultura: eliminação de matéria orgânica de conchas de ostras por processo biológico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2008.
2. COSTA, A. F. S. Aplicação de tratamentos biológicos e físico-químico em efluentes de lavanderia e tinturaria industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco. Recife-PE, 2011.
3. FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UFPE – FADE. Estudo de caracterização econômica do pólo de confecções do agreste de Pernambuco. Relatório final apresentado ao SEBRAE-PE, Recife-PE, 2003.
4. PAIVA, T. M. N. Remoção de corante textil ácido por adsorção utilizando conchas de amêijoas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE, 2011.
5. SANTOS, E. O. Caracterização, biodegradabilidade e tratabilidade do efluente de uma lavanderia industrial. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2006.
6. SCHIMMEL, D. Adsorção dos Corantes Reativos Azul 5G e Azul Turquesa QG em Carvão Ativado Comercial. Dissertação de Mestrado. Centro de Engenharias e Ciências Exatas - Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste, Paraná, 2008.
7. SILVA, G. L.; BARROS, C. R.; REZENDE, R. B. Redução de corante em efluente de processo de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila. Campinas-SP, 2005. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química, 2005.