

II-438 - REMOÇÃO DE EFLUENTE TÊXTIL POR ADSORÇÃO UTILIZANDO PALMA DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL

Rubeneide Furtado de Sá⁽¹⁾

Estudante de Graduação do Curso de Licenciatura Plena Em Química, da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

Maria Suely Costa da Câmara⁽²⁾

Bacharela em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e atualmente Professora Adjunta da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

Maurício Alves da Motta Sobrinho⁽³⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco e atualmente Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

Jorge Vinícius Fernandes Lima Cavalcanti⁽⁴⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco e atualmente Professor Assistente da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

Endereço⁽¹⁾: Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Fazenda Saco, S/N, Serra Talhada, Pernambuco.

RESUMO

A partir da década de 1990, as regiões que compreendem o Agreste e o Sertão do Estado de Pernambuco passaram a se destacar pela produção têxtil, tornando-se matrizes produtoras para boa parte do Nordeste do Brasil. Por consequência desta atividade econômica, houve a inserção de diversas pequenas indústrias. Tais unidades, após o tingimento da malharia produzida, lançam sem qualquer tratamento seus rejeitos. Ou seja, corantes dos mais diversos tipos nos corpos hídricos receptores. Este trabalho de pesquisa busca com auxílio dos Processos Adsorptivos uma forma moderna e eficaz para separação destes efluentes. Para esta pesquisa, foram preparadas soluções sintéticas do corante Nylosan Blue[®], em concentrações iguais a 20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg L⁻¹. Para separação do mesmo, utilizou-se um sistema contendo 1 g de palma desidratada do Semi-Árido (PE), em três faixas granulométrica, 20-60 mesh, 60-100 mesh e superior a 100 mesh. Foram obtidas curvas de equilíbrio adsorptivo, seguindo o modelo de Langmuir-Freundlich, a uma temperatura igual a 25°C e pH 7,0. Os resultados indicaram uma redução na concentração final do efluente em fase líquida superior a 80%, e uma capacidade máxima adsorptiva igual a 9,7990±0,5288 mg g⁻¹, na melhor condição granulométrica.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, Langmuir e Freundlich, Corante.

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais têm se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido ao crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. A contaminação de águas naturais tem sido um dos grandes problemas da sociedade moderna (KUNZ & ZAMORA, 2002).

Em Pernambuco, um dos grandes problemas enfrentados por órgão ambiental é a poluição hídrica provocada pelo lançamento de efluentes das indústrias têxteis, em especial àquelas localizadas na Região do Agreste, no Pólo de Confecções localizado nos municípios de Caruaru, Santa Cruz do Capibaribe e Toritama. O problema ambiental agrava-se à medida que esses efluentes são descartados em corpos hídricos da Região, responsável pelo abastecimento de água dos municípios citados, o que vem acarretando problemas de qualidade de água para o abastecimento, elevando de certa forma o custo da empresa de saneamento responsável pelo abastecimento (SILVA, G., 2005).

O descarte de efluentes sem tratamento nas águas superficiais pode modificar a sua coloração natural e provocar a formação de espumas na superfície do corpo hídrico. A espuma reduz a proporção de transferência de oxigênio através da superfície do rio e limita a capacidade de autodepuração da corrente, como é o caso da espuma estável que se forma ao contato de tensoativos não iônicos na relação de 1 a 0,4 mg/L. A fração de descarga dos efluentes, facilmente biodegradável, ocasiona diminuição do oxigênio dissolvido na água, extinguindo a vida aquática diretamente ou até os peixes mais susceptíveis aos efeitos tóxicos de outras

substâncias. Os compostos tóxicos e metais pesados, mesmo em pequenas concentrações, podem acumular-se nos tecidos dos animais aquáticos da cadeia alimentar, aumentando o nível tóxico da água nos rios. Apesar de seus efeitos serem observados em longo prazo, não deixam de ser perigosos, sendo na maioria das vezes mais difíceis e onerosos de tratar. A Figura 1 mostra o descarte de um efluente altamente concentrando com corante (SILVA, G., 2005).



Figura 1: Exemplo de descarte inadequado de efluente da indústria têxtil

Outro sério problema dos efluentes da Indústria Têxtil, além dos corantes, é a presença de metais pesados. Alguns são altamente tóxicos e não são compatíveis com a maioria dos tratamentos biológicos de efluentes existentes. Dessa forma, efluentes contendo esses metais não devem ser descartados na rede pública, para tratamento em conjunto com o esgoto doméstico.

Estima-se que pelo menos 30% dos corantes usados nos processamentos têxteis, se perdem nos resíduos durante as etapas secundárias do beneficiamento. Assim um dos grandes problemas ambientais enfrentados pelo setor têxtil está relacionado à eliminação dos mesmos (LEAL, 2003). Quando esses efluentes não são tratados adequadamente, eles podem permanecer no meio ambiente por décadas, colocando em risco a estabilidade dos ecossistemas aquáticos, bem como a saúde pública.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece padrões para lançamento de efluentes e classifica os corpos hídricos em todo território nacional em águas doces, salobras e salinas. Conforme esta resolução, o efluente descartado não pode alterar a classificação do corpo receptor, e de acordo com a classificação e o nível que este se encontra, a coloração no efluente deve ser desde virtualmente ausente até o máximo de 75 mg Pt-Co/L. A Portaria nº 518 de 25/03/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006) estabelece um valor de cor aparente para a potabilidade da água de 15 mg Pt-Co/L. Torna-se assim necessário a submissão do efluente colorido a tratamentos para que sejam atendidos os padrões estabelecidos na legislação (MELO, C., 2007).

Processos físico-químicos são geralmente usados para o tratamento de águas residuais. Esses processos incluem eletro-floculação, floculação, eletro-coagulação, eletrocinética de coagulação, troca iônica, filtração por membrana, precipitação, irradiação, destruição eletroquímica e ozonização. Porém estes processos são onerosos e muitas indústrias não conseguem tratar a vasta gama de efluentes de corantes existentes (KHALED *et al.*, 2009).

Este trabalho de pesquisa propõe o uso dos Processos Adsorptivos para separação de um corante têxtil em um efluente sintético, utilizando como material adsorvente a palma desidratada oriunda do semi-árido do Brasil. O tratamento pelo processo de adsorção é flexível, de baixo custo e compacto, quando comparado com outras técnicas (FREITAS, 2000) especialmente se o adsorvente é barato e facilmente disponível.

Carvões ativados, óxidos inorgânicos, adsorventes naturais (tais como, argilas e minerais de argila, materiais celulósicos, quitina e quitosana) têm sido amplamente utilizados como adsorventes para o tratamento de águas residuais. Apesar de seu uso em tratamento de água e esgoto industriais, o carvão ativado comercial é um material oneroso. Isto levou à busca de materiais de baixo custo tais como, bentonita, perlita, e sepiolita como alternativa de adsorventes para remover compostos orgânicos (UGURLU, 2009).

A utilização de materiais alternativos e inovadores visam contribuir para o crescimento tecnológico e industrial da região, procurando diminuir a lacuna existente no desenvolvimento entre as regiões do país.

Dentre vários processos existentes para remoção de corantes, referenciados na literatura científica atual, destacam-se os processos adsorptivos. O mesmo consiste na transferência do poluente da fase fluida para fase sólida, através da deposição do material tóxico à superfície do adsorvente. A adsorção pode constituir numa alternativa tecnológica extremamente importante, principalmente pela possibilidade do uso de adsorventes de baixo custo em processos de controle de poluição, visando além do abatimento da carga poluidora, a remoção de cor dos efluentes. Os processos adsorptivos são, em geral, economicamente viáveis.

Atualmente, a busca por novos materiais adsorventes tornou-se demasiada, principalmente por materiais de origem natural, como plantas encontradas na região. Portanto, utilizando-se um produto de baixo custo e com potencial para geração de novos adsorventes.

Estabelecido o equilíbrio adsorptivo, com a obtenção das concentrações de equilíbrio, pode-se determinar os valores da capacidade máxima adsorptiva e da constante de equilíbrio, utilizando-se o modelo de Langmuir-Freundlich, representado pela Equação 1:

$$\frac{Q_A}{Q_A^{SAT}} = \frac{K_A C_A^n}{1 + K_A C_A^n} \quad (1)$$

Reorganizando-se a Equação 1, pode-se obter uma equação que, dependendo do valor calculado para n , será perfeitamente ajustada por uma curva linear, conforme mostra a Equação 2:

$$\frac{1}{Q_A} = \frac{1}{K_A Q_A^{SAT}} \left(\frac{1}{C_A} \right)^n + \frac{1}{Q_A^{SAT}} \quad (2)$$

Os parâmetros K_A (constante de equilíbrio) e Q_A^{SAT} (capacidade máxima adsorptiva) podem ser determinados pelos coeficientes angular e linear da reta formada (RUTHVEN, 1984).

Os valores das concentrações do adsorbato na fase sólida Q (mg.g⁻¹) são determinados através do balanço de massa adsorptivo representado pela Equação 3:

$$Q_A = \frac{(C_{A0} - C_A)V}{m_s} \quad (3)$$

Onde C_{A0} e C_A (mg.L⁻¹) são as concentrações do corante na fase aquosa, medidos pelo uso da espectroscopia, V (L) é o volume da solução e m (g) a massa do material adsorvente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se um aparato dotado de uma mesa agitadora e um suporte capaz de promover a mistura de 8 sistemas distintos, compostos pelo material adsorvente em três faixas granulométricas e soluções sintéticas do corante Nylosan Blue®, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1: montagem experimental para adsorção do efluente têxtil

Foi utilizada uma amostra de palma, sendo a mesma desidratada ao sol, destorroada com ajuda de um liquidificador e peneirada na série de Tyler, entre 20 e 60 mesh, entre 60 e 100 mesh e maior que 100 mesh. A Figura 2 ilustra o preparo deste material.

O sistema agitado era dotado de 6 soluções de corante, com 100 mL de volume e concentrações entre 20 mg L⁻¹ e 70 mg L⁻¹, e uma amostra apenas contendo água e adsorvente, para descontar possíveis interferências do material no cálculo da concentração do efluente.

Para remoção, utilizou-se 1 g de adsorvente. O tempo de contato entre o material e a solução foi igual a 120 minutos. O pH do meio não foi alterado, ficando entre 6,5 e 7,0. Após a chegada do equilíbrio, foi obtida a isoterma de adsorção segundo os modelos de Langmuir e Freundlich.

Foram obtidas curvas de equilíbrio para diferentes granulometrias de adsorvente, 20 – 60 mesh, 60 – 100 mesh e superior a 100 mesh; com pH 7,0 e temperatura ambiente, variando entre 23 e 25°C.



Figura 2: preparo do material adsorvente

Para quantificação do corante, utilizou-se o método espectrométrico UV/VIS, segundo a Lei de Lambert-Beer. Inicialmente foi realizado uma curva de calibração do equipamento com concentrações dos efluentes têxteis entre 1 mg L⁻¹ e 10 mg L⁻¹. Esta curva foi obtida para os corantes Nylosan Blue®, adsorbato desta pesquisa, e Drimaren Red®, adsorbato para pesquisas futuras.

Para medir a concentração de soluções coradas, utilizou-se um espectrofotômetro UV-VIS fazendo-se uma correlação entre a absorbância mensurada e a concentração da solução corada. Esta relação é dada pela Lei de Lambert-Beer, representada pela Equação 4.

$$A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \alpha Lc \quad (4)$$

Sendo A , a absorbância, I_0 , a intensidade da luz incidente, I , a intensidade da luz ao atravessar o meio, α , absorbtividade molar da substância, L , comprimento da câmara, c , a concentração da substância.

A relação da lei entre concentração e absorção de luz é a base do uso da espectroscopia para determinar a concentração de substâncias em química analítica.

PRIMEIRA ETAPA: CALIBRAÇÃO DO ESPECTROFOTÔMETRO

A calibração do equipamento foi realizada de acordo com a Lei de Lambert-Beer. Os resultados estão mostrados na Figura 3.

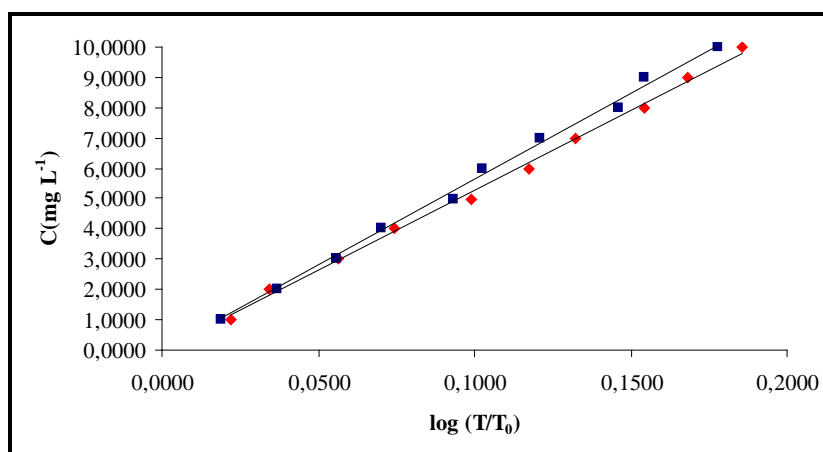


Figura 3: calibração do espectrofotômetro. *Nylosan Blue* $C = -56,518 \log (T/T_0)$ e $R^2 = 0,9960$; *Drimaren*

$$Red C = -52,571 \log (T/T_0) \text{ e } R^2 = 0,9973$$

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

De acordo com o gráfico apresentado, a correlação entre o logaritmo da transmitância e a concentração dos corantes descreveu uma linearidade satisfatória, como pode ser visto pela proximidade do coeficiente de regressão linear à unidade, para os dois corantes. Portanto, nesta faixa de concentração, o método empregado é aceitável.

O comprimento de onda máximo para identificação espectrométrica do Nylosan Blue® é igual a 625 nm, enquanto que para o Drimaren Red é igual a 545 nm.

SEGUNDA ETAPA: ADSORÇÃO DO EFLUENTE SINTÉTICO

Foi realizado um planejamento dotado de 6 experimentos de equilíbrio adsorptivo, para as 3 faixas granulométricas, totalizando 18 experimentos em duplicata. Os resultados referentes a adsorção do efluente sintético estão mostrados nas Figuras 4 à 6.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram as Isotermas de Langmuir-Freundlich (aproximando n à unidade) referentes a adsorção do Nylosan Blue®, para as 3 faixas granulométricas, respectivamente, 20-60 mesh, 60-100 mesh, maior que 100 mesh.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A capacidade máxima adsortiva Q^{sat} para a faixa de 20-60 mesh foi igual a **$4,3209 \pm 0,1056$ mg g⁻¹** enquanto que a constante de equilíbrio foi igual a **$K = 0,4224 \pm 0,0154$** (Figura 4);

A capacidade máxima adsortiva Q^{sat} para a faixa de 60-100 mesh foi igual a **$5,3515 \pm 0,1640$ mg g⁻¹** enquanto que a constante de equilíbrio foi igual a **$K = 0,2732 \pm 0,0473$** (Figura 5);

A capacidade máxima adsortiva Q^{sat} para a faixa superior a 100 mesh foi igual a **$9,7990 \pm 0,5288$ mg g⁻¹** enquanto que a constante de equilíbrio foi igual a **$K = 0,0313 \pm 0,0021$** (Figura 6).

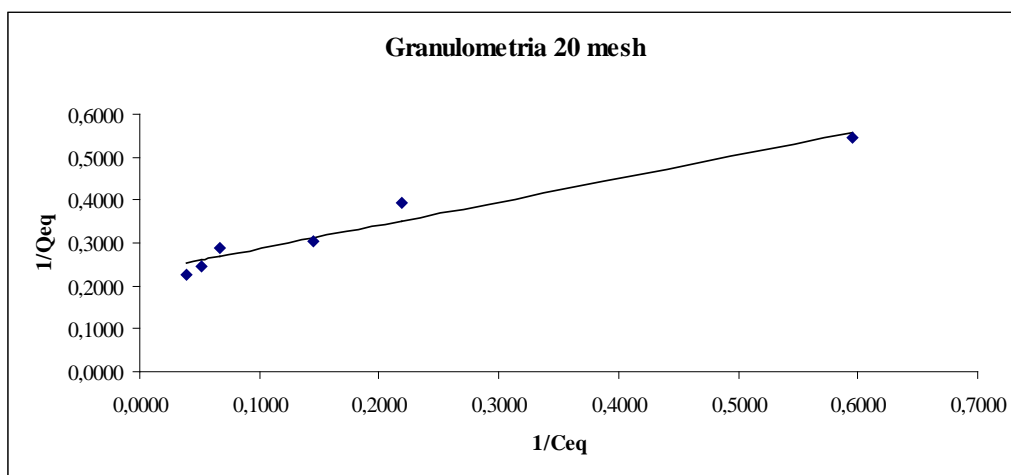


Figura 4: isoterma de Langmuir para granulometria de 20-60 mesh ($R^2 = 0,9565$; $T = 25^\circ\text{C}$; pH 7,0)

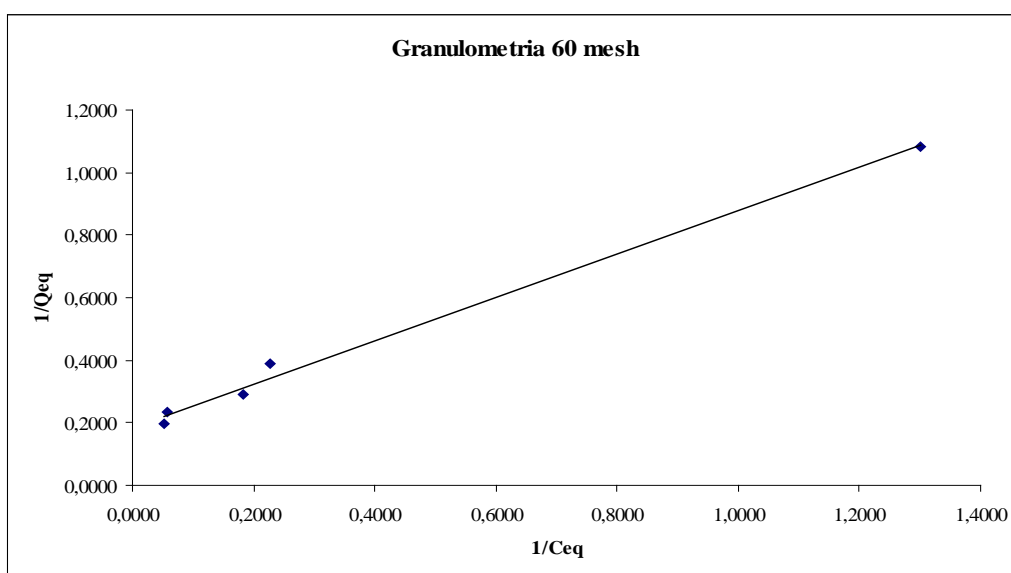


Figura 5: isoterma de Langmuir para granulometria de 60-100 mesh ($R^2 = 0,9940$; $T = 25^\circ\text{C}$; pH 7,0)

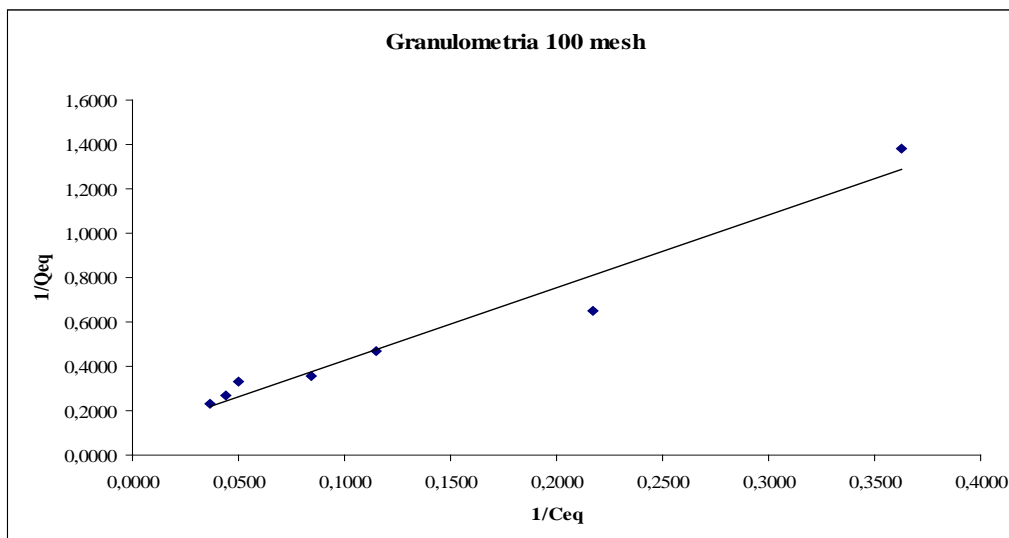


Figura 6: isoterma de Langmuir para granulometria maior que 100 mesh ($R^2 = 0,9574$; $T = 25^\circ\text{C}$; $\text{pH } 7,0$)

Foi verificado que há um aumento na capacidade máxima adsorvente quando do aumento da granulometria do material adsorvente. O que de fato é natural devido ao aumento da área superficial de contato do mesmo.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se preliminarmente que:

Houve uma adsorção satisfatória, verificada pela diminuição da concentração do corante Nylosan Blue.

Numa faixa granulométrica maior, há maior contanto entre as fases e uma capacidade máxima adsorvente próxima a 10 mg g^{-1} .

A isoterma de Langmuir-Freundlich mostrou-se satisfatória para adsorção do corante em palma desidratada. Uma vez que os resultados experimentais se aproximaram do modelo conforme verificado nas Figuras 4, 5 e 6. A adsorção monocamada, $n \cong 1$, foi verificada pelo coeficiente de regressão linear R^2 das retas formadas, visto que eles se aproximaram à unidade.

Em trabalhos futuros serão consideradas as diferenças de pH e temperatura no processo adsorvente, sendo tais trabalhos publicados posteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA 357 – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.
2. FREITAS, O. M. M. Remoção de corantes reactivos em efluentes têxteis simulados usando um adsorvente biológico. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia. p. 186, 2000.
3. KHALED, A.; EL-NEMR, A.; EL-SIKAILY, A.; ABDELWAHAB, O. Treatment of artificial textile dye effluent containing Direct Yellow 12 by orange peel carbon. Desalination. v. 238, p. 210-232, 2009.
4. KUNZ, A.; ZAMORA, P. P. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova. v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
5. LEAL, C. C. A. Avaliação da remoção do corante Remazol Black B em efluentes têxteis utilizando como adsorvente o mesocarpo do coco verde. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE, 54 p., 2003.
6. MELO, A. R. Otilização do reuso de água em lavadores contínuos da indústria têxtil. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 206 p., 2005.
7. MELO, C. Remoção de cor de efluente de tinturaria em leito poroso. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 83 p., 2007.

8. SILVA, G. L. Redução de corante em efluente de processo de tingimento de lavanderias industriais por adsorção em argila. Tese de Doutorado em Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 116 p., 2005.
9. RUTHVEN, D. M., *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*, 2 ed., New York, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1984.
10. UGURLU M. Adsorption of a textile dye onto activated sepiolite. Microporous and Mesoporous Materials. v. 119, p. 276-283, 2009.