



II-034 – PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVENTE NA REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Dennis Dantas de Sousa⁽¹⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Ciências e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (MCTA/UEPB). Doutorando em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (PPGEP/UFCG)

Fernando Fernandes Vieira – Engenheiro Químico (UFPB), Mestre em Engenharia Química (UFCG) e Doutor em Engenharia Mecânica (UFPB). Docente do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental (UEPB).

Marcello Maia de Almeida – Engenheiro Químico e Mestre em Engenharia Química (UFPB), Doutor em Engenharia de Processos (UFCG). Docente do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental (UEPB).

Endereço⁽¹⁾: Rua Santa Clara, 196 - Prata – Campina Grande - PB - CEP: 58400-170 - Brasil - Tel: (83) 99638-0978 - e-mail: deennisdantas@gmail.com

RESUMO

O setor têxtil é conhecido pela grande utilização de produtos químicos e seu elevado poder de contaminação dos recursos hídricos. Devido a essa geração de problemas, a legislação brasileira CONAMA nº 357 (2005) estabelece que a coloração residual para efluentes deve ser visualmente ausente e que as concentrações dos componentes presentes nos corantes (benzeno, atrazina, sulfetos, cloretos, entre outros) devem respeitar os limites estabelecidos para o lançamento desses efluentes nos corpos receptores. Deste modo, métodos de remoção de corantes têm recebido atenção nos últimos anos.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo produzir e avaliar a farinha da casca de banana como adsorvente na remoção de corantes têxteis, no processo de adsorção. O adsorvente foi obtido através de secagem em estufa com circulação de ar das cascas de banana em diferentes condições operacionais de temperatura, massa e tempo de secagem. e em seguida foram trituradas para se obter a farinha. Os ensaios cinéticos de adsorção foram realizados em banho finito utilizando 2,5g da farinha da casca de banana e uma solução de corante azul cassafix CA-2G, com uma concentração de 200 mg.L⁻¹.

Dentre os modelos testados para o processo de secagem o que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo proposto por Midilli, com um coeficiente de determinação (R²) acima de 0,96 para todos ensaios de secagem. Foi possível constatar que o bioadsorvente com menores teores de umidades, apresenta melhores resultados de remoção do corante. No estudo cinético, o modelo cinético de pseudo-segunda ordem apresentou melhor concordância com os dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação de 0,97.

A farinha da casca de banana é um subproduto agroindustrial de baixo custo que demonstra ser um adsorvente com potencial para a remoção do corante têxtil estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Casca de banana, secagem, corante, adsorção.

INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos tem se intensificado com o aumento do setor químico. As indústrias de tintas, têxteis, papel e plástico usam corantes para tingir seus produtos consumindo em seu processo de fabricação um volume considerável de água. Com isso, uma grande quantidade de efluente colorido é gerado, devido a presença dos corantes, que mesmo em baixas concentrações é altamente visível (STRÖHER, *et. al.*, 2012). Dentro desse contexto o setor têxtil tem se destacado negativamente devido ao grande parque industrial instalado, produzindo conseqüentemente grandes volumes de efluentes (LEITE *et. al.*, 2007).

Os efluentes têxteis apresentam altas concentrações de sólidos em suspensão, elevados valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de Demanda Química de Oxigênio (DQO), alta acidez, além de apresentar uma baixa relação DBO/DQO devido os corantes serem pouco biodegradáveis (LEITE *et. al.*, 2007).



Do ponto de vista ambiental, a remoção da cor dos efluentes é um dos grandes problemas enfrentados pelo setor têxtil. A elevada estabilidade biológica dos corantes dificulta sua degradação pelos sistemas de tratamento convencionais empregados pelas indústrias têxteis. A contaminação dos corpos hídricos com estes compostos provoca, além da poluição visual, sérios danos à fauna e flora destes locais. Com suas intensas colorações, os corantes restringem a passagem de radiação solar, diminuindo a atividade fotossintética natural, provocando alterações na biota aquática e causando toxicidade aguda e crônica destes ecossistemas (DALLOGO, 2005).

Muitos estudos têm proposto a adsorção utilizando carbono ativado como adsorvente, porém, devido ao elevado custo e considerando a enorme quantidade de efluente produzido pela indústria têxtil, as pesquisas tem se direcionado com o objetivo de encontrar adsorventes alternativos, chamados também de adsorventes de baixo custo ou não convencionais, para o barateamento do custo do processo (GUARATINI e ZANONI, 1999).

A escolha de um adsorvente com elevada capacidade e uma vida longa, disponível em larga escala e com baixo custo de implementação é o primeiro passo para um processo eficaz. Considera-se então de baixo custo, os materiais que requerem pouco processamento, sejam naturalmente abundantes ou subprodutos de outra indústria. Sendo assim, o tratamento de efluentes utilizando resíduos da agricultura e de agroindústrias vem sendo testados para ajudarem as empresas a se enquadrarem adequadamente nos padrões das leis ambientais vigentes, de tal modo que os resíduos gerados sejam aceitáveis pelos padrões exigidos, sem encarecer o processo produtivo, e, principalmente sem causar danos ambientais (SILVA, 2012).

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo produzir um material adsorvente a partir da casca de banana, que é um resíduo agroindustrial, para remoção do corante reativo azul cassafix CA-2G de natureza aniônico para tratamento de efluentes da indústria têxtil.

MATERIAIS E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada foi a casca da banana (*Musa sapientum*), do tipo pacovan, comercializada em Campina Grande - PB. As cascas foram selecionadas visualmente por sua consistência, maturação, cor e danos físicos e em seguida separadas. As cascas foram cortadas com cortador de batatas industrial, aumentando a superfície de transferência de calor e massa, facilitando a redução do teor de umidade do material. Em seguida, uma amostra do material foi levada para realizar a análise de umidade inicial do produto, pelo método de estufa durante 24 horas à temperatura de 105°C, esta determinação foi realizada em triplicata.

O estudo do processo de secagem foi realizado em estufa com circulação de ar e os parâmetros controlados para obtenção da farinha com diferentes níveis de umidade foram à massa inicial da casca da banana, a temperatura e o tempo de secagem. Os dados para construção das curvas de secagem foram obtidos a partir do monitoramento da variação do peso da amostra em função do tempo medido em intervalos regulares. No final de cada experimento, o material seco foi triturado em um liquidificador doméstico Mallory modelo kalypson na velocidade 2 durante 4 minutos até obter-se um produto com características de uma farinha visualmente homogênea. Os dados experimentais obtidos foram ajustados utilizando os seguintes modelos matemáticos: exponencial de dois termos, Henderson e Pabis, logarítmico, Newton, Page e Midili.

Como adsorvato utilizou-se solução de corante reativo comercial azul cassafix CA-2G produzido pela empresa Cassema A determinação da concentração do corante na amostra foi realizada por espectrofotometria de absorção molecular. Inicialmente determinou-se do comprimento de onda no qual o composto a ser quantificado absorve o máximo de radiação. Isto foi realizado mediante varredura no espectro na faixa de 400 a 700 nm. A absorbância máxima foi obtida no comprimento de onda de 600 nm. Logo em seguida foi construída uma curva de calibração utilizando solução de corante azul cassafix CA-2G com diferentes concentrações num intervalo de 0 a 200mg.L⁻¹.

Com o objetivo de obter as curvas cinéticas, os ensaios foram realizados com concentração inicial das soluções de corantes de 200 mg.L^{-1} . Os erlenmeyers contendo 25 mL da solução de corante com 200 mg.L^{-1} e com massa de $2,5 \text{ g}$ do adsorvente foram colocadas sob agitação de 80 rpm durante 1 hora . As amostras foram retiradas a cada intervalo de 5 minutos e filtradas e centrifugadas sob uma velocidade de rotação de 2800 rpm durante 20 minutos para a sedimentação dos sólidos em suspensão. A concentração de cada amostra foi determinada por meio da leitura de absorbância em espectrofotômetro.

No estudo do equilíbrio de adsorção foram realizados experimentos utilizando a massa do adsorvente de $0,25 \text{ g}$ e 25 mL de solução de corante com concentrações variando de 25 à 200 mg.L^{-1} . Os erlenmeyers foram colocados em uma mesa agitadora com rotação constante de 80 rpm , durante 8 horas . O tempo de equilíbrio de 8 h foi determinado a partir do modelo que melhor ajustou os dados da cinética de adsorção. No final dos ensaios, as amostras foram filtradas e centrifugadas para retirar os sólidos em suspensão. Em seguida, a concentração de equilíbrio foi determinada a partir da leitura de absorbância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de secagem de cascas das bananas obtidas em diferentes condições de secagem. Foram analisados os seguintes fatores independentes: massa, temperatura e tempo. Observa-se que, como esperado, quanto mais elevada a temperatura, maior tempo no processo de secagem e menor massa mais rapidamente a secagem se processa, este comportamento é observado no experimento 7 ($m = 300\text{g}$, $T = 70^\circ\text{C}$, $t = 12\text{h}$), onde a umidade final do produto é a menor entre todos os experimentos. Verificou-se, também, de forma contrária que quanto maior a massa inicial da casca da banana, menor temperatura de secagem e tempo ocorre um comportamento contrário em relação a umidade final do produto, este efeito é observado no experimento 2 ($m = 500\text{g}$, $T = 50^\circ\text{C}$, $t = 8\text{h}$). Nesta figura, também observa-se um longo período de taxa constante compreendido entre o intervalo de tempo de 0 a aproximadamente 300 min , que pode ser identificado por apresentar a curva uma inclinação constante neste intervalo. Todas as curvas mostram de maneira clara uma tendência a um decaimento exponencial.

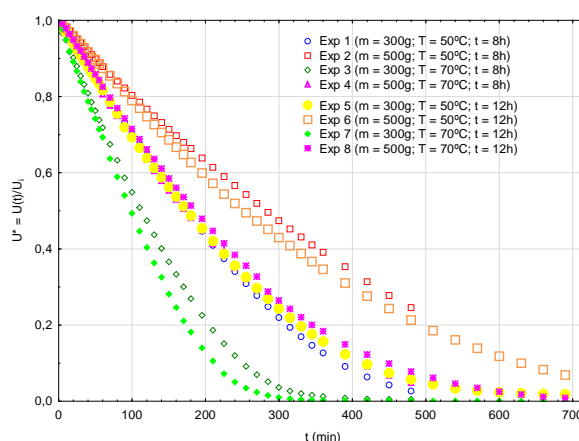


Figura 1 – Curvas de cinética de secagem

Os dados experimentais da cinética de secagem foram ajustados aos modelos empíricos de Midili, Page, Newton, Henderson e Pabis, logarítmico e exponencial de dois termos. Na Figura 2, 3 e 4 observa-se os ajustes para os modelos que apresentaram melhor concordância aos resultados experimentais (Modelos de Midili, Page e logarítmico).

Menezes *et. al.* (2013), analisaram a secagem convectiva em leito fixo do bagaço de maracujá amarelo, os autores observaram que o modelo de Page apresentou melhores ajustes aos dados experimentais.

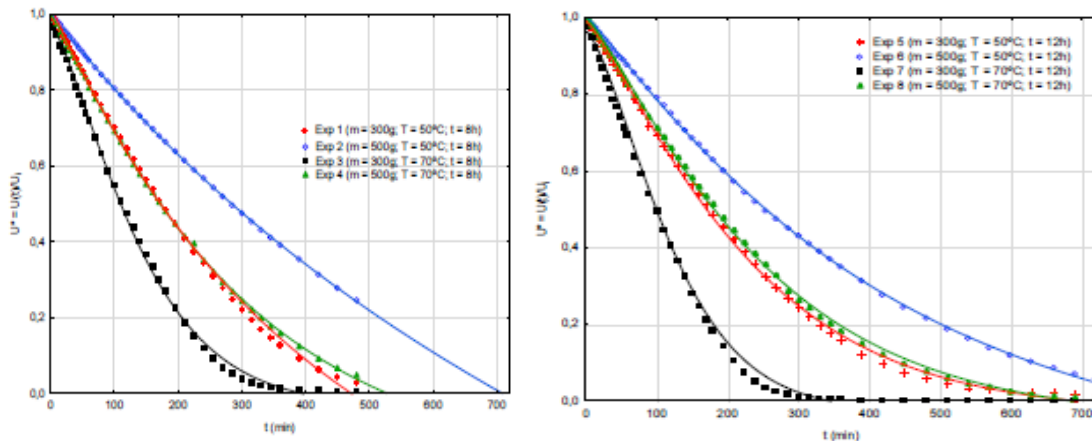


Figura 2: Modelo de Midili ajustado aos dados experimentais

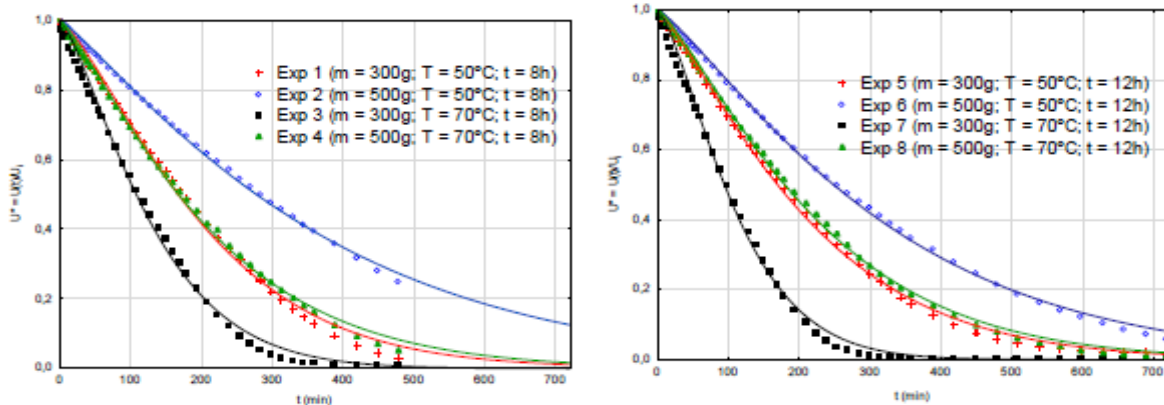


Figura 3: Modelo de Page ajustado aos dados experimentais

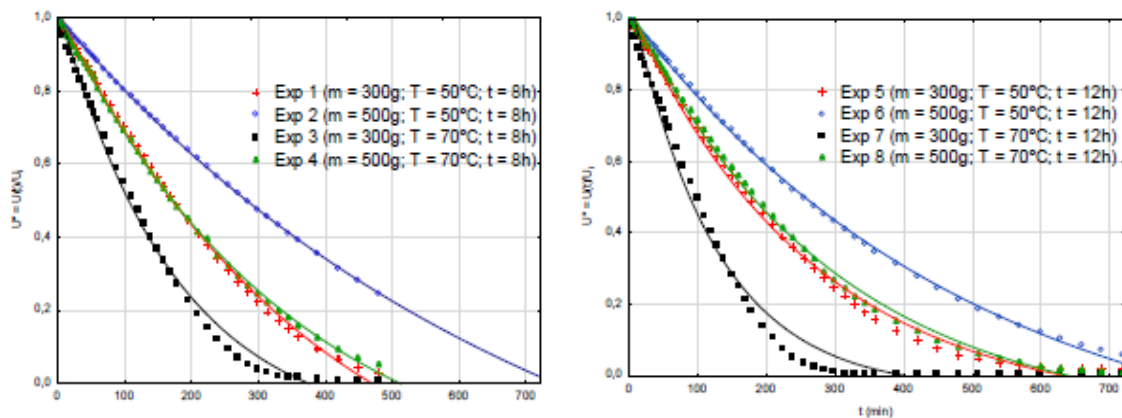


Figura 4: Modelo logarítmico ajustado aos dados experimentais

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos parâmetros obtidos a partir dos resultados experimentais da cinética de secagem ajustados pelo modelo de Midili, o qual apresentou melhor coeficiente de determinação sendo superior a 0,99 para todos os experimentos, confirmando uma boa concordância com os dados experimentais.

Tabela 1: Parâmetros do modelo de Midilli

Ensaio	Parâmetros				R ²
	a (adm)	b (min ⁻¹)	n ₁ (adm)	K ₁ (min ⁻ⁿ)	
1	0,997658	-0,000260	1,180925	0,001393	0,99972
2	1,005767	-0,000449	0,974082	0,001926	0,99997
3	0,972097	-0,000065	1,347718	0,001155	0,99921
4	0,999970	-0,000214	1,115640	0,002001	0,99989
5	0,991649	-0,000034	1,224148	0,001249	0,99958
6	1,002991	-0,000119	1,103453	0,001416	0,99994
7	0,964025	-0,000056	1,451318	0,000812	0,99815
8	0,999512	-0,000052	1,200750	0,001311	0,99972

Para todas as farinhas de casca de banana produzidas em diferentes condições de secagem (massa, temperatura, tempo) estabelecidas no planejamento experimental, foram realizados ensaios cinéticos de adsorção do corante cassafix azul CA - 2G a temperatura ambiente.

Na Figura 5 observa-se um aumento na eficiência de remoção do corante reativo azul-cassafix CA-2G para menores valores de umidade final da farinha da casca de banana usada na adsorção.

Resultados semelhantes foram encontrados por Carvalho (2013), o autor estudou o aproveitamento do resíduo sólido de mamona proveniente da cadeia produtiva do biodiesel como adsorvente alternativo, segundo o pesquisador o estudo do processamento térmico é importante, neste trabalho em específico a secagem em estufa com circulação de ar, pois as condições operacionais podem provocar alterações importantes nas propriedades estruturais do material de partida, alterando assim, a sua morfologia, o que pode dificultar sua interação das moléculas do corante com a superfície do adsorvente

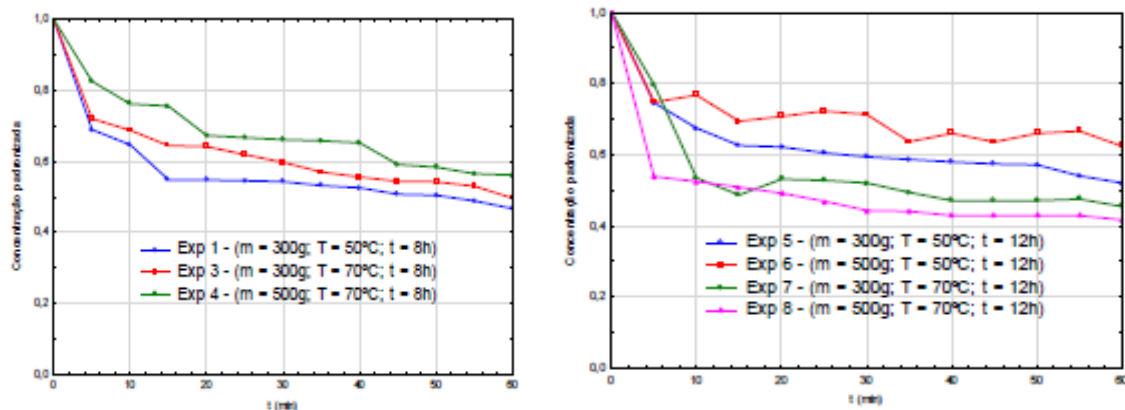


Figura 5: Cinética de adsorção para os diferentes adsorventes produzidos

Para cada farinha produzida em diferentes condições de secagem, foi testado os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem e feita a análise de qual modelo que melhor representa o processo de adsorção do corante sobre a farinha da casca de banana.

Santhi *et. al.* (2010), utilizaram carvão ativado preparado a partir do epicarpo de mamona (*Ricinus communis*) para a remoção do corante verde malaquita. Os resultados mostraram que a adsorção deste corante seguiu a equação de velocidade de pseudo-segunda ordem.

Na Figura 6 verifica-se os dados experimentais obtidos na cinética de adsorção ajustados aos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem, utilizando como adsorvente a farinha produzida nas condições (m = 300g; T = 50°C; t = 8h). Observa-se que os dados experimentais obtidos apresentam melhor concordância com o modelo cinético de pseudo-segunda ordem.

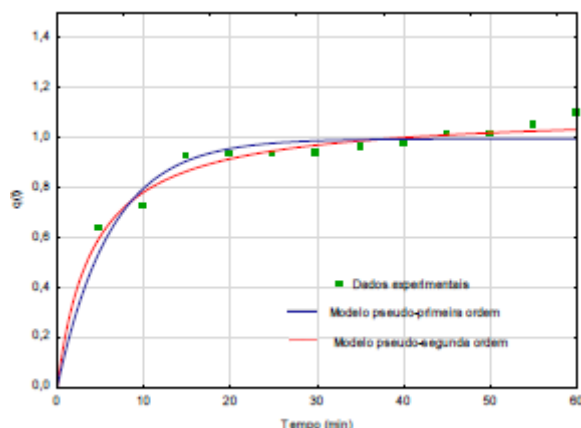


Figura 6: Dados do experimento 1 ajustados aos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem

Na Tabela 2, podem ser observados os valores dos parâmetros estimados para o modelo cinético. Constatou-se que para todos os ensaios cinéticos de adsorção o modelo matemático que apresenta melhor concordância com os dados experimentais é o modelo cinético de pseudo-segunda ordem, que apresentam um coeficiente de determinação em média de 0,99.

Segundo Ho *et. al* (1999), quando o modelo de pseudo-segunda ordem representa a cinética de adsorção, a adsorção química pode ser o mecanismo predominante no processo, pois, haverá uma menor competição dos sítios de adsorção na superfície, onde a concentração é mais baixa. Para concentrações elevadas essas competições serão maiores, e menores quantidades de adsorção serão obtidas.

Tabela 2: Parâmetros do modelo cinético de pseudo-segunda ordem para os adsorventes produzidos

Experimento	k_2 ($\text{g min}^{-1} \text{meq}^{-1}$)	q_e (calc) (mg g^{-1})	q_e (exp) (mg g^{-1})	R^2
1	0,2212	1,1030	1,0913	0,99236
2	0,1655	1,0271	1,0205	0,98306
3	0,0840	0,9361	0,8098	0,98720
4	0,2338	0,8890	0,8856	0,99398
5	0,3531	0,8317	0,8065	0,98995

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliado o processo de secagem da casca de banana e sua aplicação na remoção de corantes têxteis utilizando o processo de adsorção. As principais conclusões dos resultados desse trabalho foram as seguintes: Na secagem da casca de banana em estufa com circulação de ar forçada a temperatura de 70°C foi a ideal para o processo de secagem, tornando o produto final com melhores característica de farinha. Entre os modelos cinéticos propostos pela secagem o que apresentou melhor ajuste em todos os ensaios foi o modelo de Midili, obtendo um R^2 acima de 0,98.

O modelo cinético de pseudo-segunda ordem apresentou melhores ajustes aos dados experimentais no processo de adsorção, obtendo um coeficiente de determinação acima de 0,96.

A partir de todas essas observações podemos aferir que a farinha da casca de banana obtida a partir da secagem em estufa com circulação de ar em condições operacionais controladas mostrou-se ser um adsorvente atrativo, por se tratar de um resíduo industrial de fácil obtenção e manipulação, além de apresentar boa capacidade de remoção de acordo com os resultados obtidos em torno de 50% de eficiência de remoção do corante têxtil azul cassafix CA-2G.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, M. Z. Aproveitamento do resíduo de mamona proveniente da cadeia produtiva do biodiesel como adsorvente alternativo. Dissertação. Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras - MG, 2013
2. DALLOGO, R. M., SMANIOTTO, A., OLIVEIRA, L. C. A. *Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para remoção de corantes em meio aquoso*. Química nova. v. 20, n.3, p. 433-437, 2005.
3. GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. *Corantes Têxteis*. Revista Química Nova, v. 23, p.71-78, 2000.
4. HO, Y, S.; MCKAY, G. *Pseudo-second order model for sorption processes*. Process Biochem. v. 34, p. 451-465, 1999.
5. LEITE, T. A., LOPES, A. C., MOUNTEER, A. H., MEDEIROS, R. C. Fotocatálise Heterogênea de efluentes contendo azocorantes. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, II-407, Belo Horizonte, Brasil, 2007.
6. MENEZES, M. L.; STRÖHER, A. P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. *Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço de maracujá-amarelo*. Engenharia, v. 15, n. 2, p. 176 – 186, 2013.
7. SANTHI, T.; MANONMANI, S.; MITHA, T. *Removal of malachite green from aqueous solution by activated carbon prepared from the epicarp of Ricinius communis by adsorption*. Journal of Hazardous Materials, Amsterdam, v. 179, p. 178-186, 2010.
8. SILVA, R. C. O; OLIVEIRA, R; ROCHA, R. D. C. *Utilização de casca de jaboticaba (Plinia sp.) como adsorventes na remoção de cromo (VI): Planejamento fatorial, cinética e estudo de equilíbrio*. TECNOLOGIA, v. 16, n. 1, p. 19-24, 2012.
9. STRÖHER, A. P., MENEZES, M. L., FIORENTIN, L. D., PEREIRA, N. C. *Utilização do bagaço de laranja no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans*. E-xacta. v. 5, n.1, p. 27-37, 2012.