

ADSORÇÃO DO CORANTE TÊXTIL AZUL DE REMAZOL R POR PSEUDOCAULE DA BANANEIRA (*Musa sp*)*

ADSORPTION OF TEXTILE DYE BLUE REMAZOL R BY BANANA (*Musa sp*) PSEUDOSTEM

ADSORCIÓN DEL COLORANTE TEXTIL AZUL REMAZOL R POR PSEUDOTRONCO DE LA BANANERA (*Musa sp*)

Fabiana Melo da Silva
Sirlane Aparecida Abreu Santana
Cícero Wellington Brito Bezerra
Hildo Antonio dos Santos Silva

Resumo: Foi utilizado neste trabalho o Pseudocaulo da Bananeira (*Musa sp*) como adsorvente para a remoção do corante têxtil Azul de Remazol R de soluções aquosas. Com o objetivo de encontrar condições mais adequadas para a remoção, verificou-se a influência do pH, tempo de contato e concentração. A adsorção mostrou-se fortemente dependente do pH, apresentando máxima adsorção em pH 2,0. Para os experimentos de cinética utilizou-se o método de batelada nas concentrações de 150 e 250mg L⁻¹ e após o tempo de contato foi feita a determinação da concentração por meio de espectrofotometria. Com os resultados obtidos fez-se uma adequação aos modelos de pseudo-primeira ordem e segunda ordem. O modelo que mais se adequou em ambas as concentrações foi o de segunda ordem, com R²= 0,999. Os modelos de Langmuir, Freundlich, Sips, Langmuir-Freundlich, Fritz, Redlich-Peterson foram empregados para analisar os dados experimentais em sua forma linearizada. O modelo com melhor adequação foi o Freundlich. Sob as condições de estudo, a remoção do corante azul de remazol R por Pseudocaulo de bananeira apresentou bons resultados, podendo este ser empregado como alternativa para a remoção de corantes em efluentes têxteis.

Palavras-chave: Pseudocaulo da bananeira (*Musa sp*). Corante Têxtil. Adsorção.

Abstract: In this work banana pseudostem was used as adsorbent for aqueous Blue Remazol R dye solutions. In order to obtain the best conditions for the removal, the pH influence, time of contact and concentration were verified. The adsorption showed itself highly dependent of the pH, being the maximum adsorption pH 2.0. In the kinetic experiments, the batchwise method was used with concentrations of 150 and 250mg L⁻¹, and after the time of contact the concentration was determined by spectrophotometry. An adequation of the models of pseudo-first and second order was made based on the results that were found. The second order model was the most suitable in both concentrations, with R²=0,999. The Langmuir, Freundlich, Sips, Langmuir-Freundlich, Fritz and Redlich-Peterson models were used to analyze the experimental data in its linearized mode. The Freundlich model was the most appropriate. In the study conditions, the removal of textile dye Remazol R by banana pseudostem showed good results, making it possible to use this material as an alternative way to remove dyes from textile effluents.

Keywords: Banana pseudostem (*Musa sp*). Textile dye. Adsorption.

Resumen: En este trabajo fue utilizado el Pseudotronco de la Bananera (*Musa sp*) como adsorvente para la remoción del colorante textil Azul de Remazol R de soluciones acuosas. Con el objetivo de encontrar condiciones mas adecuadas para la remoción, se verificó la influencia del pH, tiempo de contacto y concentración. La adsorción se mostró fuertemente dependiente del pH, presentando una adsorción máxima a pH 2,0. Para los experimentos de cinética se utilizou el método de lote en las concentraciones de 150 y 250mg L⁻¹, y después del tiempo de contacto se realizó la determinación de la concentración a través de espectrofotometria. Con los resultados conseguidos se hizo una adaptación a los modelos de pseudo-primer orden y segunda orden, con R² = 0,999. Los modelos de Langmuir, Freundlich, Sips, Langmuir-Freundlich, Fritz, Redlich-Peterson, fueron utilizados para analizar los datos experimentales en su forma linealizada. El modelo que mayor se adaptó fue el de Freundlich. Bajo las condiciones de estudio, la remoción del colorante Azul de Remazol R por Pseudotronco de la Bananera mostró buenos resultados, lo que permitiría que pueda ser utilizado como una alternativa para la remoción de colorantes en efluentes textiles.

Palabras clave: Pseudotronco del bananera (*Musa sp*). Colorante textil. Adsorción.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os setores agrícola e industrial se destacam entre os maiores consumidores da água doce disponível; só o setor têxtil é responsável por 15% da água consumida pelas indústrias (QUADROS, 2005). A água é usada

* Trabalho Premiado durante o XXII Encontro do SEMIC realizado na UFMA entre os dias 25 e 27 de outubro de 2010.
Artigo recebido em novembro 2010
Aprovado em dezembro 2010

na indústria têxtil como veículo para os produtos químicos utilizados no processo de beneficiamento das fibras.

Estima-se que cerca de 10.000 tipos de corantes são produzidos em escala industrial, sendo cerca de 30% destes disponíveis para a indústria têxtil (GUARATINI; ZANONI, 2000). Os resíduos dessas indústrias apresentam como característica uma intensa coloração à qual, em ambientes aquáticos, pode causar uma interferência nos processos de fotossíntese. Além disso, certas classes de corantes, assim como seus subprodutos, podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos. Estudos indicam que a poluição colorida de cursos d'água começa a ser observável a concentrações acima de 1mg L^{-1} . Além disso, resíduos da indústria têxtil podem conter ainda metais pesados em níveis acima dos permitidos pelas leis ambientais (BOOTH *et al.*, 1985).

O tratamento mais comum utilizado na remoção de corantes dos efluentes industriais é a adsorção. Este processo encontra grande aplicação industrial, pois associa baixo custo a elevadas taxas de remoção. Adsorventes alternativos de baixo custo para a remoção de corantes de efluentes aquosos contaminados têm despertado grande interesse. Vários estudos têm avaliado a capacidade de adsorção de materiais como a quitosana (CHAVES *et al.*, 2008; CRINI, 2006), bagaço de cana (BHATNAGAR; SILLANPAA, 2010), casca de coco babaçu (VIEIRA *et al.*, 2009), casca de coco da baía (SANTOS *et al.*, 2008) e outros resíduos celulósicos (CRINI, 2005).

O Brasil, por apresentar elevado potencial industrial, associado a uma grande produção de materiais lignocelulósicos, por conta da intensa atividade agrícola, reúne condições favoráveis para investir em pesquisas que busquem a aplicação de biomassa para fins de descontaminação ambiental. O uso de biomaterial reduz o impacto ambiental de duas formas: a biomassa residual, que é um poluente, é removida do local onde foi gerada ou depositada e efluentes contaminados podem ser tratados com este resíduo (BONIOLO; YAMAURA; MONTEIRO, 2008).

Neste sentido, são de interesse pesquisas que busquem desenvolver ou aplicar tecnologias disponíveis na conservação ou reparo do meio ambiente. Este trabalho objetiva contribuir para um melhor aproveitamento de lixos agrícolas lignocelulósicos

(pseudocaule de bananeira), verificando a viabilidade de se utilizar este abundante resíduo como adsorvente para corantes têxteis. O estabelecimento da capacidade de adsorção deste resíduo, frente a corantes têxteis, se justifica mediante a possibilidade de seu reaproveitamento para uma finalidade nobre e necessária, que é o tratamento de efluentes industriais e conservação dos mananciais hídricos.

2 EXPERIMENTAL

2.1 Materiais e Métodos

O corante têxtil Azul de Remazol R, (Figura 1) foi fornecido pela Indústria Toalhas São Carlos, localizada na cidade de São Carlos-SP, e foi utilizado sem purificação prévia (VIEIRA *et al.*, 2009).

O pseudocaule da bananeira (*Musa sp.*) in natura foi triturado em um moinho de bolas e peneirado, de maneira que obedecesse a uma faixa granulométrica entre 0,088 e 0,177 mm. Em seguida o material foi lavado com água deionizada até condutividade constante e seco em estufa a 50°C por 5 horas.

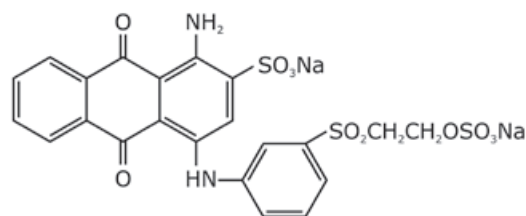


Figura 1-Estrutura química do corante têxtil Azul de Remazol R

2.2 pH_{zpc} do adsorvente

O pH no ponto de carga zero do pseudocaule da bananeira foi estimado por medidas diretas do pH de soluções padrão (HCl/KCl e NaOH/KCl, força iônica constante e igual a 1M), antes e após o contato com o sólido (VIEIRA *et al.*, 2009). Foram colocados 100mg do adsorvente em doze frascos diferentes, e adicionados em cada um deles 10 mL de soluções com pH variando de 1 a 12. As soluções ficaram sob agitação constante por 24 horas, após o tempo, foram filtrados e o pH medido. Assim, o gráfico da variação de pH ($\text{pH}_{\text{final}} - \text{pH}_{\text{inicial}}$) em função do $\text{pH}_{\text{inicial}}$ foi construído, e o valor do pH_{zpc} foi estimado a partir deste gráfico.

2.3 Influência do pH

Com o objetivo de encontrar o pH mais adequado para remoção do corante Azul de Remazol R, variou-se o pH da solução entre 1 e 12, mediante ajustes com soluções tampão. Para tanto, 100,0mg do adsorvente foram pesados e colocados em suspensão por 24h em 20,0mL de uma solução de 100,0mgL⁻¹ do corante, no pH desejado. Após este período, a mistura foi centrifugada e as concentrações das soluções sobrenadantes foram determinadas por espectrofotometria na região do visível.

2.4 Cinética de adsorção

Os experimentos de cinética foram realizados em batelada. Foram colocados 100mg do adsorvente em contato com 25mL de solução do corante, com concentrações de 150 e de 250mgL⁻¹, em pH previamente estabelecido pelo estudo do pH. Os frascos foram deixados em agitação constante variando o tempo de contato entre 5 e 300min. A mistura foi centrifugada e a determinação da concentração do corante foi determinada por meio de espectrofotometria.

2.5 Isoterma de adsorção

Para a construção da isoterma de adsorção pesou-se 100mg do adsorvente e colocou-se em contato com solução do corante nas concentrações de 50 a 500 mgL⁻¹, por um período de tempo anteriormente determinado pelo estudo cinético, como sendo o tempo de equilíbrio. As concentrações finais foram determinadas, como descrito anteriormente. Estes valores levaram à construção do gráfico da concentração de equilíbrio em função da quantidade adsorvida. As quantidades adsorvidas foram calculadas através da equação 1:

$$\Gamma = \frac{C_i - C_f}{m} \times V \quad \text{Eq. 1}$$

Onde: m corresponde à massa do adsorvente, V o volume da solução de corante utilizada, C_i e C_f são as concentrações inicial e final do corante e Γ é a quantidade adsorvida por grama de adsorvente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ponto zero de carga

Os processos de adsorção são fortemente dependentes do pH, que afeta a carga superficial do adsorvente, bem como o grau de io-

nização e as espécies do adsorvato (ELLIOTT; HUANG, 1981). Este fato justifica a investigação da eficiência da adsorção do corante numa ampla faixa de pH, bem como a determinação do ponto de carga zero do adsorvente. O ponto de carga zero ou pH_{zpc} é um parâmetro que indica o valor de pH no qual um determinado sólido apresenta carga igual a zero em sua superfície. Este parâmetro é importante porque permite prever a carga na superfície do adsorvente em função do pH. O resultado encontrado para o pó do pseudocaule de bananeira é apresentado na Gráfico 1.

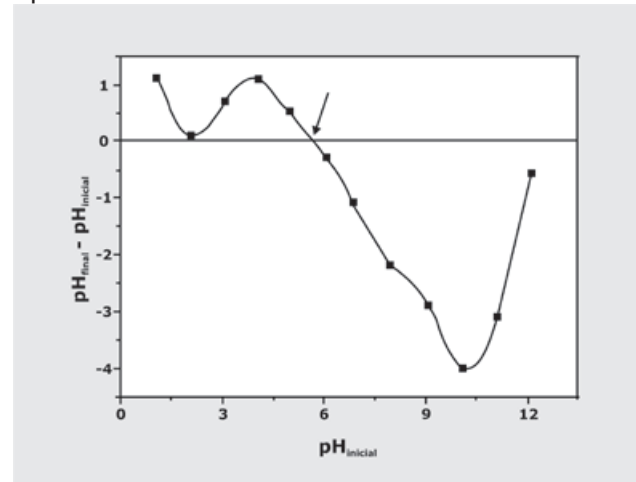


Gráfico 1 - pH_{zpc} para o pseudocaule da bananeira

De acordo com esse gráfico o pH_{zpc} do pseudocaule da bananeira é aproximadamente 5,7, o que indica que abaixo desse valor o sólido apresenta uma carga superficial positiva favorecendo a adsorção de ânions e acima deste valor a superfície está carregada negativamente, favorecendo a adsorção de cátions. Conforme pode ser observado na Figura 1, o corante Azul de Remazol R apresenta vários grupos funcionais, destacando-se os grupos sulfonados, que são carregados negativamente. É possível que a interação do corante com a superfície do adsorvente aconteça via grupos protonados do sólido com os grupamentos aniônicos do corante, fato este corroborado pelo resultado do estudo do pH, apresentado a seguir.

3.2 Efeito do pH

Este experimento foi elaborado com o objetivo de se determinar em qual faixa de pH o adsorvente estudado tem maior capacidade de adsorver o corante. A quantidade adsorvida em função do pH é mostrado no gráfico 2, onde se observa que em valores de pHs ácidos a quantidade adsorvida foi bem

maior que aqueles obtidos em pHs básicos. Ainda de acordo com o gráfico 2, observa-se que em pH 2,0 a quantidade adsorvida foi máxima, condição que a superfície estaria protonada, de acordo com valor determinado do pH_{zpc} . Resultados similares foram encontrados por Vieira *et al.* (2009) e Costa *et al.* (2009) para a adsorção de corantes aniônicos por mesocarpo de coco babaçu e casca de arroz, respectivamente.

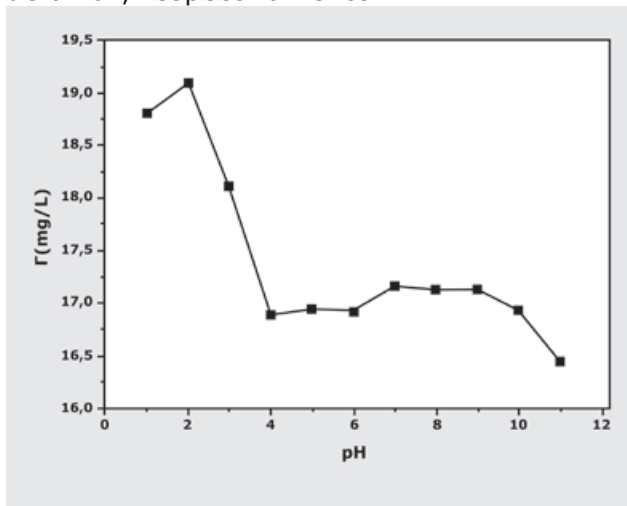


Gráfico 2 - Quantidade adsorvida ou porcentagem em função do pH

3.3 Cinética de adsorção

O estudo cinético foi aplicado para o corante Azul de Remazol R nas concentrações de 150 e 250 mg L⁻¹ como pode ser observado no gráfico 3.

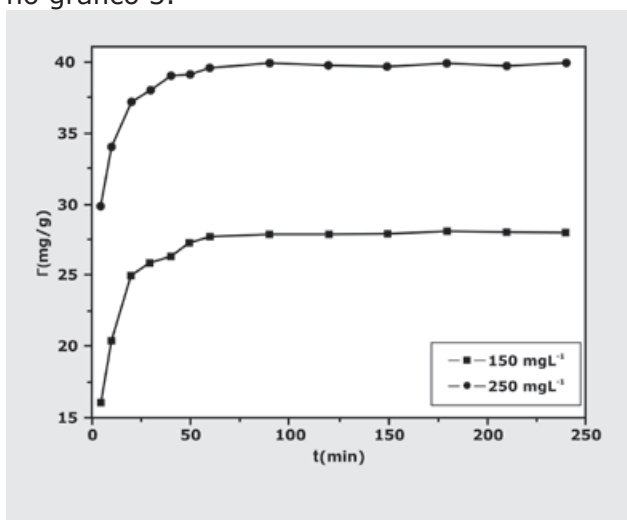


Gráfico 3 - Cinética de adsorção do corante Azul de Remazol R frente ao adsorvente pseudocaule da bananeira

Observa-se que o tempo de equilíbrio para o corante é de aproximadamente 60 minutos em ambas as concentrações, da mesma forma que o observado por Souza (2009) para a ad-

sorção deste mesmo corante por mesocarpo de coco. Este tempo também foi empregado por Santos (2009) na adsorção do corante Azul de Remazol R com a matriz de mesocarpo do coco verde.

Os dados experimentais da cinética de adsorção foram analisados usando-se os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem e segunda ordem, dados pelas equações 2 e 3, respectivamente (HO; MCKAY, 1999).

$$\log (\Gamma_e - \Gamma_t) = \log \Gamma_e - (k_1/2,303)t \quad \text{Eq. 2}$$

$$t/\Gamma_t = 1/(k_2 e^2) + (1/\Gamma_e)t \quad \text{Eq. 3}$$

Onde Γ_e é a quantidade adsorvida no tempo de equilíbrio, Γ_t é a quantidade adsorvida no tempo t , k_1 é a constante de velocidade de primeira ordem e k_2 a constante de velocidade de segunda ordem. A validação dos modelos foi verificada pelo gráfico linear de $\log (\Gamma_e - \Gamma_t)$ versus t para a equação de pseudo-primeira ordem, e t/Γ_t versus t para segunda ordem. É observado no gráfico 4 o modelo linear de segunda ordem.

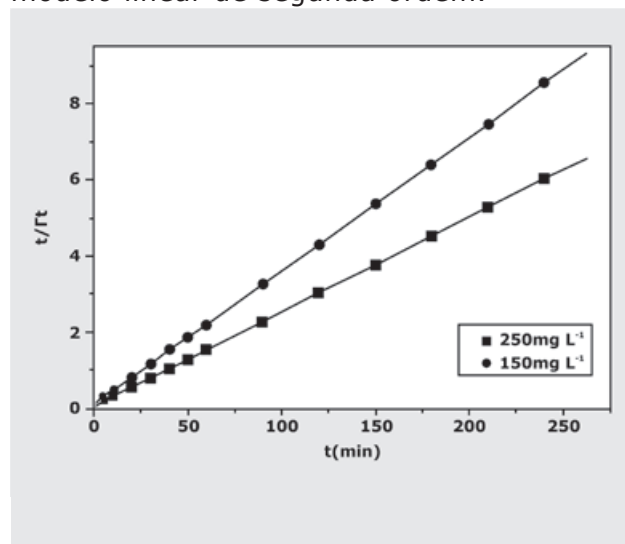


Gráfico 4 - Linearização de acordo com a equação de segunda ordem para o processo de adsorção do corante Azul de Remazol R por pseudocaule da bananeira

De acordo com o gráfico 4 é possível deduzir que o melhor modelo para a cinética é o de segunda ordem, o qual apresentou melhor linearidade. Os parâmetros cinéticos obtidos a partir dos dois modelos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros cinéticos obtidos com a equação de pseudo-primeira e segunda ordem para a adsorção do corante Azul de Remazol R em concentração de 150 e 250 mg L⁻¹ por pseudocaule da bananeira

Concentração do corante	Γ_{exp} (mg g ⁻¹)	Primeira Ordem			Segunda Ordem		
		Γ_t (mg g ⁻¹)	k_t (min ⁻¹)	R^2	Γ_t (mg g ⁻¹)	k_2 (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	R^2
250mg L ⁻¹	39,92	24,76	0,113	-0,918	39,96	0,022	0,9999
150mg L ⁻¹	28,11	5,96	0,028	-0,918	27,94	0,002	0,9999

Os dados da Tabela 1 mostram que os valores da capacidade adsorvida obtidos experimentalmente ($\Gamma_{exp.}$) são muito próximos dos obtidos através da equação 3 (Γ_t), para ambas as concentrações. Em estudos realizados por Vieira et al. (2009) e Souza (2009), com o mesmo corante, também são observado valores experimentais muito próximos àqueles obtidos pela equação de segunda ordem.

3.4 Isoterma de adsorção

O gráfico 5 mostra os resultados experimentais para o estudo da isoterma de adsorção. Os resultados de isoterma foram avaliados em seis modelos: Langmuir, Freundlich, Langmuir – Freundlich, Fritz, Sips e Redlich-Peterson. Os valores dos coeficientes de correlação, R^2 , dão uma boa indicação da adequação dos dados experimentais aos modelos propostos; quanto mais próximo de 1,00 for o coeficiente, mais próximo do modelo os resultados estarão.

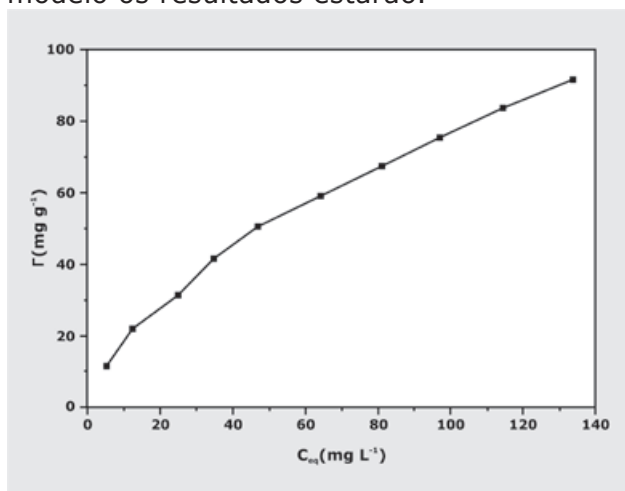


Gráfico 5 - Isoterma de adsorção para o corante Azul de Remazol R por Pseudocaule da Bananeira, pH = 2,0

Os modelos de isoterma de Langmuir, Freundlich, Langmuir – Freundlich, Fritz, Sips e Redlich-Peterson foram aplicados de acordo com suas equações de linearização apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Equações dos modelos de isoterma de Langmuir, Freundlich, Langmuir – Freundlich, Fritz, Sips e Redlich-Peterson

Modelos de Isoterma	Equações	
Langmuir	$\frac{C_{eq}}{\Gamma_e} = \frac{1}{\Gamma_m} C_{eq} + \frac{1}{\Gamma_m k}$	Eq. 4
Freundlich	$\ln(\Gamma_e) = \ln(K) + \frac{1}{n} \ln(C_{eq})$	Eq. 5
Langmuir-Freundlich	$\frac{C_{eq}^m}{\Gamma_e} = \frac{1}{\Gamma_m} C_{eq}^m + \frac{1}{\Gamma_m k^m}$	Eq. 6
Fritz	$\frac{C_{eq}}{\Gamma_e} = \frac{1}{K} C_{eq}^m + \frac{1}{\Gamma_m K}$	Eq. 7
Sips	$\frac{C_{eq}^{(1/m)}}{\Gamma_e} = \frac{1}{\Gamma_m} C_{eq}^{(1/m)} + \frac{1}{\Gamma_m K}$	Eq. 8
Redlich-Peterson	$\frac{C_{eq}^{(1/m)}}{\Gamma_e} = \frac{K}{\Gamma_m} C_{eq}^m + \frac{1}{\Gamma_m}$	Eq. 9

Na equação 4, forma linearizada da equação de Langmuir, temos C_{eq}/Γ_e e C_{eq} , que correspondem aos valores de y e x, respectivamente. Esta equação apresenta dois parâmetros observáveis, Γ_m e K.

A equação 5 é a forma linearizada da equação de Freundlich, onde $\ln(\Gamma_e)$ corresponde ao valor de y e $\ln(C_{eq})$ corresponde ao valor de x. A equação de Freundlich também fornece dois parâmetros observáveis, n e K. O gráfico 6 ilustra a adequação dos resultados experimentais a este modelo de adsorção.

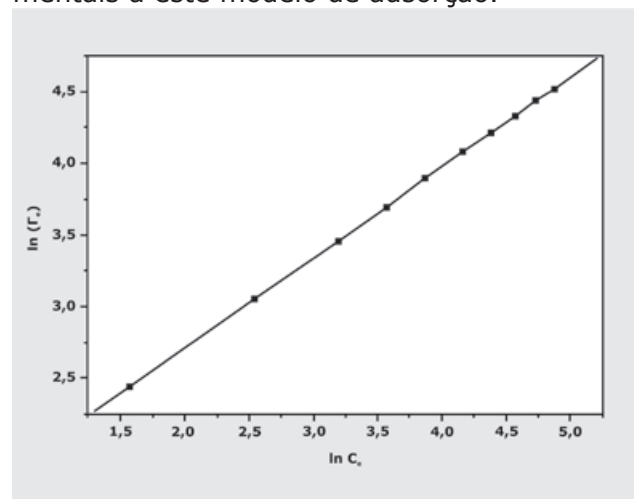


Gráfico 6 - Ajuste de acordo com a isoterma de Freundlich no processo de adsorção do corante Azul de Remazol R frente a pseudocaule da bananeira, pH=2,0

Na forma linearizada da equação de Langmuir – Freundlich, equação 6, C_{eq}^m/Γ_e corresponde ao valor de y e C_{eq}^m corresponde ao valor de x.

Na equação 7, equação de Fritz, temos três parâmetros observáveis: m , Γ_m e K . Assim como a equação de Langmuir-Freundlich, a equação de Fritz assume como valor de y , C_{eq}/Γ_e e como valor de x , C_{eq}^m .

No modelo de Sips, equação 8, o termo $C_{eq}^{(1/m)}/\Gamma_e$ assume o valor de y e o termo $C_{eq}^{(1/m)}$ assume o valor de x . Os parâmetros observáveis assim como nos modelos anteriores são K , Γ_m e m .

Com base nos valores apresentados no gráfico 5 podemos observar que a curva ainda não atingiu um platô bem definido. Isso sugere que o material teria uma capacidade de adsorção para concentrações acima de 500mgL^{-1} , pois nesta concentração a superfície do material ainda não está saturada.

Os parâmetros obtidos pelas adequações aos modelos mencionados estão dispostos na Tabela 3. Realizadas todas as adequações, pode-se verificar que o melhor modelo para descrever o corante Azul de Remazol R foi o de Freundlich.

Tabela 3 - Parâmetros obtidos com os modelos de isotermas de Langmuir, Freundlich, Sips, Redlich-Peterson, Langmuir-Freundlich e Fritz

Parâmetros	Freundlich	Langmuir	Sips	Langmuir-Freundlich	Fritz	Redlich-Peterson
R^2	0,9984	0,9813	0,9821	0,9820	0,9784	0,9784
Γ_{max} (mg g^{-1})	-	113,23	100,39	101,37	0,013	1,986
K (Lmg^{-1})	4,199	0,0180	0,015	0,023	144,12	0,013
n	1,57	-	-	-	-	-

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da adsorção do corante têxtil Azul de Remazol R por pseudocaule de bananeira mostrou que o processo é fortemente afetado pelo pH, apresentando melhor capacidade em pH 2,0, resultado este que é justificado pelo pH_{zpc} do material e pela presença de grupos sulfonados no corantes, os quais interagem mais fortemente com o sólido quando este encontra-se com sua superfície protonada. O sistema entra em equilíbrio em aproximadamente 60min e a modelagem cinética revelou que o melhor modelo que se aplica ao sistema estudado foi o de segunda ordem. O modelo de adsorção mais adequado para o Azul de Remazol R foi o de Freundlich. A eficiência do adsorvente na remoção do corante de solução aquosa foi expressiva dentro da faixa de concentração de 50 a 500mgL^{-1} , a pH 2,0, no tempo de equilíbrio de 60 minutos. Nessas

condições, a remoção máxima foi de 50% em uma concentração de 250mgL^{-1} . Assim, os resultados indicam que o pseudocaule da bananeira pode ser um efetivo adsorvente para corante têxtil, podendo ser utilizado para controle da poluição aquática gerada por efluentes têxteis.

REFERÊNCIAS

BHATNAGAR, A.; SILLANPAA, M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—A review. *Chemical Engineering Journal* 157, n. 157, p. 277-296, 2010.

BONIOLO, M.R.; YAMAURA, M.; MONTEIRO, R.A. *Banana pith for the removal of uranium ions by adsorption process*. 2008.

BOOTH, G. et al. *Em ullmann's encyclopedia of industrial chemistry* 5th ed. VCH: Weinheim, 1985. A9, p. 73.

CHAVES, J.A.P. et al. Isotermas de adsorção de diferentes corantes têxteis sobre a quitosana. *Química no Brasil*, n. 2, p. 37-40, 2008.

CHAVES, J.A.P. et al. Remoção do corante têxtil turquesa G 133% remazol de soluções aquosas por quitosana: cinética, termodinâmica e isoterma. *Revista Inovação*, n. 8, p. 49-52, 2008.

COSTA, E.P. et al. Uso da casca de arroz como adsorvente na remoção do corante têxtil vermelho de remazol 5R. *Cadernos de Pesquisa UFMA*, São Luís, v. 16, n. 2, p. 44-50, 2009.

CRINI, G. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Bioresource Technology*, n. 97, p. 1061-1085, 2006.

CRINI, G. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, n. 30, p. 38-70, 2005.

ELLIOTT, H.A.; HUANG, C.P. Adsorption characteristics of some Cu(II) complexes on alumino silicates. *Water Research*, n. 15, p. 849-854, 1981.

GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, p. 71-78, 2000.

HO, Y.S.; MCKAY, G. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*, v. 34, p. 451-465, 1999.

MCKAY, G., BLAIR, H.S., GARDNER, J.R. Adsorption of dye on chitin. I. equilibrium studies. *Appl. Polym. Sci.*, v. 27, p. 3043, 1999.

QUADROS, S.S.L. *Tratamento e reutilização de efluentes têxteis gerados nos tingimentos de tecidos de algodão*. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

SANTOS, Delzianny Oliveira. *Mesocarpo do coco verde: caracterização e potencialidade de adsorção frente a corantes da indústria têxtil*. Trabalho de Conclusão de Curso-Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2009.

SANTOS, D.O. et al. Remoção de corantes têxteis por mesocarpo de coco verde. *Mens Agitat*, n. 3, p. 9-16, 2008.

SOUZA, Janilson Lima. *Mesocarpo do coco verde como adsorvente para os corantes: tur-*

quesa remazol e azul remazol. 2009. Dissertação (Mestrado em Química Analítica)-Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2009.

VIEIRA, A.P. et al. Kinetics and thermodynamics of textile dye adsorption from aqueous solutions using babassu coconut mesocarpo. *Journal of Hazardous Materials*, n. 166, p. 1272-1278, 2009.

VIEIRA, Adriana Pires. *Mesocarpo do coco babaçu modificado com anidridos orgânicos como removedores de íons cobre em efluentes e em aguardente de cana de açúcar*. 2009. Dissertação (Mestrado em Química Analítica)-Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2009.

AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PECTOCELULÓSICOS PARA O CULTIVO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS DO GÊNERO *PLEUROTUS SP.* (AGARICALES)*

EVALUATION OF PECTOCELLULOSICAL SUBSTRATES FOR EDIBLE MUSHROOMS PRODUCTION FROM GENUS *PLEUROTUS SP.* (AGARICALES)

EVALUACIÓN DE SUBSTRATOS PECTOCELULÓSICOS PARA EL CULTIVO DE SETAS COMESTIBLES DEL GÉNERO *PLEUROTUS SP.* (AGARICALES)

Priscila Marlys Sá Rivas
Adalberto Alves Pereira Filho
Fábio Augusto Siqueira dos Santos
Ivone Garros Rosa

Resumo: Os fungos do gênero *Pleurotus* são bastante solicitados no mercado internacional tendo aplicações gastronômicas, ecológicas e medicinais. Neste trabalho foram avaliados o crescimento micelial (cm), a eficiência biológica (%), produtividade (%) e perda de matéria orgânica (%) de substratos pectocelulósicos, feitos com cascas de maracujá e banana, em comparação ao lignocelulósico de serragem (controle). Os substratos foram desidratados, esterilizados e umedecidos em água destilada. Em cada substrato foi colocado um inóculo (10mm) retirado de uma cultura já estabelecida de *Pleurotus*. Posteriormente os fungos foram incubados (45 dias) para crescimento à temperatura média de 29,2°C e a 92,2% de umidade relativa. Foi aplicado o teste de ANOVA One-way para avaliar diferenças nos parâmetros analisados e comparar os diferentes substratos. Os substratos de casca de banana apresentaram maiores raios de crescimento micelial ($4,55 \pm 0,05$ cm, $p < 0.05$). Os substratos pectocelulósicos (casca de maracujá e de banana) apresentaram maior eficiência biológica e maior produtividade que os lignocelulósicos e menor perda de matéria orgânica que o substrato controle ($p < 0.05$). Nos substratos pectocelulósicos, os componentes minerais e dissacarídeos, como maltose e frutose presentes nas cascas das frutas, foram absorvidos e utilizados para o metabolismo fúngico sem que fosse necessária a síntese de complexas enzimas para a degradação de macromoléculas, como a lignina e celulose. Nossos resultados demonstram a viabilidade da utilização de cascas de frutas para a obtenção de cogumelos comestíveis de alto valor nutricional.

Palavras-chave: Cogumelos comestíveis. *Pleurotus sp.*. Resíduos orgânicos.

Abstract: Fungi from genus *Pleurotus* are required on international market for having gastronomical, ecological and medicinal applications. In this study were evaluated substrate biological efficiency, productivity and organic matter loss of pectocellulosic substrates (banana skin and passion fruit peel) and lignocellulosic substrate (sawdust - control). Substrates were dried, sterilized, moistened on distilled water. In the center of each Petri's dishes, 10mm inocules (obtained from an established *Pleurotus* culture) were placed. After inoculation in each substrate, the culture grew for 45 days under optimal conditions of temperature and humidity. The One-way ANOVA were applied to verify differences between substrates groups. Substrates made with banana peels showed higher mycelial radial growth than others substrates ($4,55 \pm 0,05$ cm, $p < 0.05$). Pectocellulosical substrates showed the higher biological efficiency, productivity and the lower organic matter loss when compared to control substrate ($p < 0.05$). Mineral and carbohydrates contents in the fruits husks were absorbed and used to growth in pectocellulosical substrate, it's not necessary complex enzymes synthesis to degrade big molecules as cellulose and lignin. Our results demonstrate that bioconversion process can be useful for fruits peels reutilization in the production of high nutritive value edible mushrooms.

Keywords: Edible mushrooms. *Pleurotus sp.* Organic wastes.

Resumen: Los hongos del género *Pleurotus* son solicitados en el mercado internacional y poseen aplicabilidad económica, gastronómica, ecológicas y medicinales. En este trabajo fueron evaluadas la eficiencia biológica, productividad y pérdida de materia orgánica de substratos pectocelulósicos hechos con cáscaras de maracuyá y banana en comparación a los lignocelulósicos, hecho con aserrín (control) Lo substratos fueron deshidratados, esterilizados y humedecidos en agua destilada. En cada substrato fue puesto un inóculo de 10mm, retirado de un cultivo establecido de *Pleurotus*. Después los hongos fueron incubados por 45 días, a temperatura de 29,2°C y humedad de 92,2%, para crecimiento. El test estadístico ANOVA One-way fue realizado para verificar diferencias en los parámetros analizados y comparar los diferentes substratos. El substrato hecho con cáscara de banana presentó mayor rayo de crecimiento micelial ($4,55 \pm 0,05$ cm, $p < 0.05$) Los substratos pectocelulósicos presentaron mayor eficiencia biológica, productividad y menor pérdida de materia orgánica cuando fueron comparados al control. Este trabajo demuestra una viabilidad para la utilización de cáscaras de frutas para la producción de setas comestibles con alto valor nutricional.

Palabras clave: Setas comestibles. *Pleurotus sp.* Residuos orgánicos.

* Artigo recebido em outubro 2010
Aprovado em dezembro 2010

1 INTRODUÇÃO

Os basidiomicetos do gênero *Pleurotus* são macrofungos naturalmente encontrados em florestas úmidas tropicais e subtropicais, decompositores de madeira e de resíduos vegetais (BONATTI et al., 2004). *Pleurotus* é um cogumelo comestível conhecido como cogumelo gigante ou "Hiratake", que possui coloração clara (branco, cinza ou castanho) e seu basidiocarpo possui formato de folha carnuda (FERREIRA, 1998). O gênero *Pleurotus* pertence à família Agaricaceae Fr., incluída na ordem Agaricales. As espécies desse gênero possuem ampla distribuição mundial; algumas são encontradas em áreas da mata atlântica brasileira (PUTZKE; WARTCHOW, 2008). A maioria das espécies deste gênero são comestíveis, tais como: *P. ostreatus* (Jacq.) Quelét, *P. ostreatoroseus* Singer, *P. pulmonarius* (Fr.) Quelét, *P. sajor-caju* (Fr.) Singer (EIRA; MINHONI, 1997).

O consumo de cogumelos comestíveis no Brasil é de 30g por habitante, valor muito baixo quando comparado ao consumo médio dos franceses, que chega a 4kg por pessoa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2005). O alto índice protéico, vitamínico e de carboidratos, e o baixo teor de gordura, tornam os cogumelos do gênero *Pleurotus* apropriados para incorporação na dieta (SILVA; DA COSTA; CLEMENTE, 2002). A aplicação gastronômica não é a única utilidade deste basidiomiceto, que tem demonstrado exercer várias funções: antimicrobiana, antimitogênica, antiproliferativa, antitumoral (NGAI; NG, 2004). Esse fungo apresenta também atividades de modulação do sistema imunológico, diminuição da pressão arterial e do colesterol sanguíneo (GUNDE-CIMERMAN, 1999), além de propriedades antioxidantes (YAN; LIN; MAU, 2002).

As variedades comestíveis de *Pleurotus* são as segundas mais produzidas no mundo e a produção mundial de cogumelos comestíveis é cerca de 3,36 milhões de toneladas por ano (RAJARATHNAM; SHASHIREKHA; BANO, 2001; SAMPAIO; QUEIROZ, 2006); já em nosso país esta é muito baixa, cerca de cinco mil toneladas por ano (MODA; HORII; SPOTO, 2005). Porém, o cultivo de espécies de *Pleurotus* no Brasil é bastante viável devido à facilidade de manejo e produção, à alta resistência a pragas, ao crescimento rápido em condições ambientais naturais de umidade e temperatura elevadas (BONONI et al., 1995).

Poucos trabalhos relatam o uso de substratos pectocelulósicos, como cascas, polpas e bagaços de frutas, no cultivo de cogumelos comestíveis (VIEIRA; PAZ; GIOVANNI, 2007). O aumento progressivo na quantidade de resíduos gerados pela população humana tornou-se um dos principais problemas ambientais. Atualmente cerca de 1 bilhão de toneladas são geradas a cada ano por uma população de 6,2 milhões de habitantes. Este quadro se agrava na ausência de políticas públicas para a coleta seletiva, reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados e preservação da integridade dos ecossistemas (ZANIN; MANCINI, 2004). Pesquisas desenvolvidas a fim de gerar alternativas para a diminuição do volume total dos resíduos devem ser priorizadas para minimizar o efeito negativo da população humana.

Os resíduos orgânicos produzidos e desperdiçados podem ser utilizados para o desenvolvimento de atividades rentáveis e viáveis (MOREIRA, 1999). Dentre elas, destaca-se o processo de bioconversão. O cultivo de cogumelos comestíveis utilizando resíduos de matéria orgânica para seu crescimento é um exemplo de alternativa, pois são gerados alimentos de alto valor nutricional a partir de resíduos (BISARIA; MADAN; VASUDEVAN, 1997). Este trabalho avaliou parâmetros que informassem sobre a viabilidade de utilização de substratos pectocelulósicos (feitos com cascas de banana e maracujá) e lignocelulósico (serragem) para o cultivo de macrofungos do gênero *Pleurotus sp.*

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Esterilização e preparo dos substratos

As cascas das frutas (maracujá e banana) provenientes do Pólo Agro-Industrial (PE), comercializadas na Central de Abastecimento S.A do Maranhão (CEASA-MA), foram desidratadas em estufa a 60°C por três horas. Posteriormente, as cascas das frutas, juntamente com a serragem, foram processadas em liquidificador industrial. As placas de Petri foram esterilizadas em autoclave durante uma hora a 120°C e sob pressão de 1 atm. Cada substrato possuía $16,0 \pm 2,0$ g de respectivas cascas secas de banana e maracujá e a mesma quantidade de serragem seca. Para cada tipo de substrato realizaram-se oito repetições (n=8). O conjunto (placa