



Remoção do Corante Têxtil Azul 5G Empregando Casca de Soja como Biossorvente

RESUMO

Bruna Ataíde Barros Fonseca
braauna@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Medianeira, Paraná,
Brasil

Juliana Bortoli Mees
juliana@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Medianeira, Paraná,
Brasil

Ismael Laurindo Costa Junior
ismael@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Medianeira, Paraná,
Brasil

**Bruna Dos Santos Cunha
Goedert**
brunacunha@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Medianeira, Paraná,
Brasil

OBJETIVO: O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial do resíduo agroindustrial Casca de arroz como adsorvente alternativo na biossorção do corante têxtil Reativo Azul 5G. **MÉTODOS:** Para realização do estudo foi avaliado o efeito do pH dos materiais e feitos ensaios de adsorção, avaliando a cinética e isoterma. **RESULTADOS:** Através de análises, foi determinado que para a casca de soja *in natura* o pH ideal é 2, com o tempo de contato de 100 minutos para que alcance o equilíbrio, chegando a eficiência máxima de remoção de 96%. Aplicando os modelos cinéticos, o pseudo-primeira ordem foi o que melhor ajustou-se aos resultando. As isotermas de adsorção demonstraram que os modelos de Langmuir e Radlich-Peterson descreveram melhor os dados experimentais de equilíbrio, apresentando uma capacidade máxima de adsorção de 29,272 mg.g⁻¹ para casca de soja e 23,2 mg.g⁻¹ para o CAG, ambos a 25°C. **CONCLUSÕES:** a casca de soja se mostrou favorável à adsorção do corante, sendo uma alternativa ao tratamento convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Biossorção. Corantes têxteis. Resíduos agroindustriais.

INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis são grandes consumidoras e poluidoras dos recursos hídricos, principalmente pela emissão de corantes utilizados nos processos de confecção, sendo caracterizados como efluentes com composições complexas e que podem ser consideradas nocivas ao meio ambiente por terem pouca taxa de biodegradabilidade e serem extremamente tóxicas, tais atributos podem inviabilizar o tratamento por meio de procedimentos biológicos.

Estudos vêm propondo o uso de procedimentos de biossorção como método alternativo para o tratamento de corante em águas residuárias. A biossorção propõe o uso de adsorventes como biomassas de origem vegetal e/ou escórias agroindustriais, caracterizados como adsorventes baratos, abundantes e com grande eficiência e seletividade. Seu processo de remoção se dá por interações físico-químicas, entre os íons e os grupos funcionais que se encontram na superfície da biomassa (KUYUCAK; VOLESKY, 1988). Esse processo pode ocorrer por meio de diferentes mecanismos, que dependerá de pH, força iônica, concentração da biomassa, temperatura, tamanho de partícula, presença de outros íons na solução, entre outros (A ESPOSITO et al., 2001).

Neste estudo busca-se avaliar o potencial da casca de soja, um resíduo agroindustrial proveniente da produção de extração de óleo vegetal, como um biossorvente para remoção do corante têxtil Reativo Azul 5G, tornando-se uma alternativa de tratamento relativamente barata quando comparada a sistemas convencionais.

METODOLOGIA

Para realização dos ensaios foram utilizadas soluções sintéticas reconstituídas de amostra de corante comercial Reativo Azul 5G (Texpal), em forma de pó. A partir de uma solução estoque de 1000 ppm, obtida pela dissolução do corante em água destilada, foram preparadas as demais soluções. Para ajuste do pH foram utilizadas soluções de ácido clorídrico (HCl, Vetec) e hidróxido de sódio (NaOH, Biotec) 0,1M e 0,1M, medidas em pHmetro Hanna modelo pH 21. O comprimento de onda máxima de absorção do corante, foi determinado através do Espectrofotômetro de absorção molecular UV-VIS de varredura com feixe duplo, marca PerkinElmer, modelo Lambda 45, realizando uma varredura ao longo da faixa espectral do visível (400 a 700 nm). A quantificação ocorreu por meio de curva de calibração gerada através da leitura da absorbância de soluções com concentrações conhecidas (2,5 a 30 mg L⁻¹).

A casca de soja foi previamente preparada sendo lavada com água destilada e levada a estufa (Quimis) a 60° por 24 h. Após foi triturada e peneirada (Tyler). O material foi analisado na sua forma *in natura* e tratada. A casca de soja tratada foi imersa em ácido fosfórico (H₃PO₄, Vetec) 0,1M por 24 h, posteriormente lavada com água destilada e levada à secagem em estufa por 24 h.

Para determinação do ponto de carga zero (pH_{pCZ}) foi adicionado 0,5 g da casca de soja em 50 mL de solução de cloreto de sódio (NaCl, Vetec) a 0,1M, em erlenmeyers, com pH inicial variando de 2 a 9, ajustados com solução de HCl a 0,1M ou NaOH a 0,1M, levados à agitação por 24 h em incubadora Shaker modelo LAC – 2000 da marca Lactea, a 30°C e 200 rpm, após agitação as amostras foram centrifugadas (centrífuga CELM - 287), a leitura do pH final foi realizada e os valores obtidos foram expressos em um gráfico de variação do pH

inicial em função do pH final, sendo o pH_{PCZ} correspondente ao valor que intercepta o eixo x, ou seja, quando a variação do pH atingiu valor nulo (CALVETE et al., 2010). Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo apresentados os valores médios.

Para estudo do efeito do pH da solução de corante na capacidade adsorviva foram estabelecidos condições de pH, de acordo com os valores de pH_{PCZ} , para análise da influência e determinação das condições ideais para esta variável no processo de adsorção. Foram pesados 0,5 g de casca de soja em 50 mL de solução e levados à agitação em Shaker por 2 h, a 30°C, com velocidade de 200 rpm. Após o tempo de contato as amostras foram centrifugadas (3 min a 2600 rpm), as absorbâncias foram lidas e as concentrações finais de corante determinadas.

A cinética de adsorção foi realizada para determinação do tempo de equilíbrio do processo. Para isso foram adicionados 10 g de casca de soja em 1 L de solução de corante a 100 ppm, ajustada a pH 2. As amostras foram levadas a agitação a 30°C, a 200 rpm. Foram coletadas alíquotas de 5 mL da amostra em intervalos pré-determinados de 5 a 240 min, após foram levadas a centrifuga a 2600 rpm por 3 min e feita às leituras de absorbância. Com os valores obtidos foi construída a curva cinética e calculou-se a quantidade de corante adsorvido e porcentagem de remoção. Os dados cinéticos foram ajustados linearmente aos modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem proposto por Lagergren (1989) e pseudo-segunda ordem proposto por Ho e McKay (1999).

As isotermas de adsorção foram realizadas para determinação das concentrações finais de corante na solução. Foram adicionados 0,5 g de adsorvente em 50 mL de solução de corante variando a concentração inicial (20 a 240 ppm), com pH ajustado a 2, nas temperaturas 25, 35 e 45°C, levado à agitação a 200 rpm por 24 h. Após foram levadas a centrifuga (3 min a 2600 rpm), feitas às devidas leituras de absorbância e por fim calculada a quantidade adsorvida no equilíbrio (q_{eq}) e as porcentagens de remoção do corante. Os dados de equilíbrio foram ajustados aos modelos das isotermas de Langmuir, Freundlich e Redlich-Peterson, empregando o método de ajuste não-linear pelo software *OriginPro 8.0*, a fim de indicar a forma como o adsorvente irá adsorver o soluto, expressando a relação entre a quantidade adsorvida por unidade de massa do adsorvente e a concentração da solução no equilíbrio a uma dada temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH influencia no processo de adsorção, pois afeta características do adsorvente como a sua carga superficial. O pH_{PCZ} é o valor de pH que indica o ponto de equilíbrio entre as cargas (MIMURA et al., 2010). Os valores de pH_{PCZ} obtidos foram de 2,7 (biomassa tratada) e 5,4 (biomassa *in natura*). Para valores abaixo do pH_{PCZ} o adsorvente possui uma carga superficial carregada positivamente favorecendo a adsorção de ânions e acima deste valor a superfície está carregada negativamente, favorecendo a adsorção de cátions. Sabendo que o corante reativo azul 5G possui característica aniônica em solução aquosa, espera-se uma melhor adsorção em valores de pH abaixo do pH_{PCZ} .

Devido a uma maior faixa de pH influenciar positivamente no processo de adsorção do corante, o efeito do pH da solução na capacidade adsorviva foi testado apenas na casca de soja *in natura*. A solução com pH 2,0 apresentou maior eficiência (96%) na remoção do corante. É possível afirmar que com o aumento do pH há uma redução da remoção do corante.

Pelo estudo da cinética de adsorção foi determinado que o tempo para que a casca de soja atinja o equilíbrio é de 360 min, apresentando uma capacidade de adsorção de $9,63 \text{ mg.g}^{-1}$ e 96% de eficiência. Para o CAG a maior alteração ocorreu no intervalo de tempo entre 35 a 240 min. A adsorção aumentou com o tempo, atingindo a adsorção máxima no tempo de 480 min. Podendo considerar que o tempo avaliado para a cinética não tenha sido suficiente para que atinja a saturação, assim foi considerado um tempo de equilíbrio de 480 min, apresentando uma capacidade de adsorção de $8,81 \text{ mg.g}^{-1}$, com 88% de eficiência.

A rápida remoção do adsorvato e o curto intervalo de tempo para que atinja o equilíbrio, são características positivas para a eficiência do adsorvente, além de favorecer economicamente o tratamento (KHATTI; SINGH, 2011). Considerando essa perspectiva é possível constatar, através da análise da cinética de adsorção, que o uso da casca de soja, comparada ao CAG, é mais eficiente na remoção e apresenta uma maior capacidade de adsorção do corante. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros dos modelos cinéticos.

Tabela 1. Parâmetros cinéticos de adsorção do corante reativo azul 5G usando casca de soja e CAG como adsorventes.

Modelo	Pseudo-primeira ordem		Pseudo-segunda ordem	
Adsorvente	Casca de soja	CAG	Casca de soja	CAG
$q_e \text{ (cal.) (mg.g}^{-1}\text{)}$	4,479	8,207	10,173	9,960
$K_1 \text{ (min}^{-1}\text{)}$	0,013	0,007	-	-
$K_2 \text{ (g.mg}^{-1}\text{.min}^{-1}\text{)}$	-	-	0,004	0,001
R^2	0,778	0,839	0,999	0,972

Fonte: Autoria própria (2017).

A partir da Tabela 1 é possível observar o modelo de pseudo-segunda ordem apresentou valores de R^2 com melhor ajuste, tanto para a casca de soja quanto para o CAG. A constante de velocidade (K_2) do modelo de pseudo-segunda ordem se mostrou maior para a casca de soja do que para o CAG, apresentando uma maior afinidade do corante com a casca de soja.

A avaliação do efeito da temperatura (25, 35 e 45°C) na quantidade de corante adsorvido é explicada por meio de isotermas de adsorção. Os dados de equilíbrio, para ambos os adsorventes, apresentam variações em função da temperatura. Para a casca de soja as maiores eficiências de remoção ocorreram a 25°C, principalmente com as concentrações de 100 e 120 ppm com 97 e 98 % de eficiência, respectivamente. Já o CAG apresentou melhores eficiências de remoção a 45°C em toda a faixa de concentração, atingindo 100% de remoção nas concentrações de 40 a 120 ppm.

O CAG foi o adsorvente que apresentou maior capacidade de adsorção, chegando a remover $22,688 \text{ m.mg.g}^{-1}$, atingindo 100% de eficiência, porém em relação à temperatura, a casca de soja apresentou uma vantagem já que atingiu sua melhor condição a 25°C e para o CAG foi a 45°C. Com isso é possível reduzir custos no tratamento quanto ao gasto de energia para ajuste de temperatura, com a finalidade de atingir uma melhor eficiência do sistema, já que os processos de adsorção ocorrem em temperatura ambiente. Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros das isotermas nas diferentes temperaturas para o corante reativo Azul 5G.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos matemáticos das isotermas de Langmuir, Freundlich e Redlich-Peterson para a adsorção do corante reativo azul 5G.

Parâmetros	Casca de soja			CAG		
	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
Langmuir						
q_m (mg.g ⁻¹)	29,272	23,729	19,811	23,200	19,635	21,742
K_L (L.mg ⁻¹)	0,146	0,050	0,061	0,066	1,205	2,581
R_L	0,028	0,078	0,064	0,060	0,003	0,002
R^2	0,891	0,994	0,990	0,973	0,857	0,940
Freundlich						
K_F (mg.g ⁻¹)	5,694	2,294	2,858	3,855	11,284	13,140
n	2,162	1,956	2,413	2,539	5,492	4,923
R^2	0,790	0,954	0,932	0,933	0,968	0,814
Redlich-Peterson						
K_R (L.mg ⁻¹)	2,818	1,053	1,059	1,346	171,209	53,460
a_R (L.mg ⁻¹) β	0,005	0,025	0,032	0,038	14,300	2,381
β	1,970	1,138	1,118	1,098	0,836	1,014
R^2	0,954	0,994	0,991	0,970	0,963	0,928

Fonte: Autoria própria (2017).

Analizando a Tabela 2 é possível determinar, baseado nos maiores valores de R^2 , que os dados de equilíbrios experimentais da casca de soja se ajustaram melhor ao modelo de Redlich-Peterson em todas as temperaturas, contudo o modelo de Langmuir também pode ser considerado representativo para o processo de adsorção na temperatura de 35°C. Os dados do CAG ajustaram-se melhor ao modelo de Langmuir para as temperaturas de 25 e 45° e ao modelo Redlich-Peterson para a temperatura de 35 °C.

O modelo de Langmuir define que o processo de adsorção ocorre em sítios ativos que apresentam a mesma energia, tendo o adsorvente uma superfície homogênea onde a adsorção ocorre em monocamadas de adsorvato. Sendo assim considera-se que a interação entre o adsorvato e adsorvente acontece por quimissorção (DADA et al., 2012).

CONCLUSÃO

Comparando o processo de remoção do corante entre os adsorventes estudados, a casca de soja apresentou uma melhor eficiência, um menor tempo de equilíbrio e um melhor ajuste ao modelo de Langmuir do que o apresentado pelo CAG. Dessa forma, o uso da casca de soja apresenta um bom potencial de adsorção do corante reativo Azul 5G, sendo ainda uma alternativa considerável, uma vez que tem origem natural, com uma alta disponibilidade e de pouco custo, favorecendo ainda a preservação do meio ambiente.

Removal of Blue Textile Dye 5G Employing Soybeans as Biosorbent

ABSTRACT

OBJECTIVE: The objective of this work is to evaluate the potential of the agribusiness residue Rice husk as an alternative adsorbent in the biosorption of the reactive blue dye 5G. **METHODS:** For the study the effect of the pH of the materials and adsorption tests were evaluated, evaluating the kinetics and isotherm. **RESULTS:** Through analysis, it was determined that for the soybean hull in natura the ideal pH is 2, with the contact time of 100 minutes to achieve equilibrium, reaching a maximum removal efficiency of 96%. Applying the kinetic models, the pseudo-first order was the one that best fit the resulting ones. The adsorption isotherms showed that the Langmuir and Radlich-Peterson models better described the equilibrium experimental data, presenting a maximum adsorption capacity of 29.272 mg.g⁻¹ for soybean hull and 23.2 mg.g⁻¹ for the CAG, both at 25 ° C. **CONCLUSIONS:** The soybean hulls were favorable to the dye adsorption, being an alternative to the conventional treatment.

KEYWORDS: Biosorption. Textile dyes. Agribusiness wastes.

REFERÊNCIAS

- A ESPOSITO, et al. Biosorption of heavy metals by *Sphaerotilus natans*: an equilibrium study at different pH and biomass concentrations. **Hydrometallurgy**, [s.l.], v. 60, n. 2, p.129-141, abr. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0304-386x\(00\)00195-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0304-386x(00)00195-x).
- CALVETE, Tatiana et al. Application of carbon adsorbents prepared from Brazilian-pine fruit shell for the removal of reactive orange 16 from aqueous solution: Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 91, n. 8, p.1695-1706, ago. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.013>.
- DADA, A. O. et al. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn²⁺ Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. **IOSR Journal of Applied Chemistry**, v. 3, n. 1, p. 38-45, nov/dez. 2012.
- HO, Y.S., MCKAY, G., Pseudo-second order model for sorption processes, **Process Biochemistry** v 34, p. 451 – 465, 1999.
- KHATTRI, S.d.; SINGH, M.k.. Use of Sagaun sawdust as an adsorbent for the removal of crystal violet dye from simulated wastewater. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.435-442, 11 jul. 2011. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.10567>.
- KUYUCAK, N.; VOLESKY, B.. Biosorbents for recovery of metals from industrial solutions. **Biotechnology Letters**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.137-142, fev. 1988. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf01024641>.
- LAGERGREN, S. Y., **Zur theory der sogenannten adsorption gelöster stoffe**, **Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, Handlingar**, v 24 n 4, p. 1–3, 1989.
- MIMURA, Aparecida Maria Simões et al. Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu²⁺, Al³⁺, Ni²⁺ e Zn²⁺. **Química Nova**, [s.l.], v. 33, n. 6, p.1279-1284, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000600012>.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

FONSECA, B. A. B. et. al. Investigação e aplicação do esquema de análise de tradução de Lambert e Van Gorp. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22, 2017, Londrina.

Anais eletrônicos... Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em:

<<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Bruna Ataíde Barros Fonseca

Avenida Brasil, 4232, Medianeira, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

