



Biossorção do bagaço de laranja (*Citrus sinensis L. Osbeck*) na remoção de corante azul reativo 5G

Biosorption of orange bagasse (*Citrus sinensis L. Osbeck*) in the removal of reactive blue 5G dye

Thainá Stéphanie Martins de Freitas¹

Cesar Vinicius Tonicionli Riguetto²

Claudinéia Aparecida Queli Geraldi³

Raquel Aparecida Loss⁴

Sumaya Ferreira Guedes⁵

Donato Alexandre Gomes Aranda⁶

Germildo Juvenal Muchave⁷

Jussara de Araújo Gonçalves⁸

Resumo: As indústrias têxteis estão entre os setores industriais que mais consomem água, gerando assim grandes volumes de efluentes contendo corantes de carga química elevada. A indústria de suco de laranja também produz relevante quantidade de resíduos sólidos, dentre eles, o bagaço de laranja. A adsorção destaca-se no tratamento de efluentes por ser uma técnica barata e que possibilita empregar resíduos ou subprodutos sólidos como adsorventes. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a capacidade de remoção de corantes de efluentes têxtil (sintético), utilizando como biossorvente o bagaço de laranja in natura. Para tanto, o bagaço da laranja foi caracterizado por microscopia eletrônica de varredura, e ensaios cinéticos e de equilíbrio em batelada determinaram as melhores condições do processo adsorptivo. Na caracterização do biossorvente, verificou-se que o bagaço de laranja apresenta superfície de contato irregular. As condições otimizadas do processo foram obtidas em solução de corante com pH=2, temperatura de 40°C e 100 rpm de rotação. Na cinética de adsorção foi estabelecido um tempo de equilíbrio de 240 min, capacidade de adsorção no equilíbrio de 15,10 mg.g⁻¹ e remoção de 84 %. O modelo matemático Pseudo-segunda ordem apresentou

¹ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

² UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

³ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

⁴ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

⁵ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

⁶ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

⁷ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

⁸ UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

melhor ajuste aos dados cinéticos com um coeficiente de determinação de 0,9626. As isotermas de adsorção foram representadas pelos modelos de Freundlich, Langmuir e Redlich-Peterson. As três curvas de adsorção obtidas podem ser consideradas favoráveis, independente da concentração inicial do corante azul reativo 5G e apresentaram um comportamento padrão. Na modelagem matemática, o modelo de Freundlich ajustou-se melhor aos dados de equilíbrio a 50 mg.L^{-1} . Já para as concentrações de 75 e 100 mg.L^{-1} os modelos de Langmuir e Redlich-Peterson proporcionaram uma melhor predição dos dados de equilíbrio. As análises realizadas com o bagaço de laranja demonstraram que este tem grande potencial para ser utilizado como biossorvente na remoção de efluentes contaminantes oriundos dos processos produtivos da indústria têxtil.

Palavras-chave: Adsorção; Bagaço de laranja; Efluente têxtil.

Abstract: The textile industries are among the most water consuming industrial sectors, thus generating large volumes of effluents containing high chemical dyes. The orange juice industry also produces a significant amount of solid waste, among them orange bagasse. The adsorption is outstanding in the treatment of effluents because it is an inexpensive technique and allows the use of solid wastes or by-products as adsorbents. In this context, the present work aimed to evaluate the ability of dye removal from textile (synthetic) effluents, using as biosorbent the orange bagasse in natura. For that, the orange bagasse was characterized by scanning electron microscopy, and kinetic and equilibrium batch assays determined the best conditions of the adsorption process. In the characterization of the biosorbent, it was verified that the orange marc presents an irregular contact surface. The optimized process conditions were obtained in dye solution with $\text{pH} = 2$, temperature of 40°C and 100 rpm of rotation. In the adsorption kinetics a equilibrium time of 240 min was established and adsorption capacity at equilibrium of 15.10 mg.g^{-1} with 84% removal. The mathematical model Pseudo-second order presented better fit to the kinetic data with a coefficient of determination of 0.9626. The adsorption isotherms were represented by the Freundlich, Langmuir and Redlich-Peterson models. The three adsorption curves obtained can be considered favorable, independent of the initial concentration of the reactive blue dye 5G and presented a standard behavior. In mathematical modeling, the Freundlich model fit the equilibrium data better at 50 mg.L^{-1} . For the concentrations of 75 and 100 mg.L^{-1} , the Langmuir and Redlich-Peterson models provided a better prediction of the equilibrium data. The analyzes carried out with the orange bagasse showed that it has great potential to be used as a biosorbent in the removal of contaminating effluents from the productive processes of the textile industry.

Keywords: Adsorption; Orange bagasse; Textile effluent.

1. Introdução

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) em 2015, estimou que se o consumo mantiver no ritmo atual em 2050, a população de 9 bilhões de habitantes necessitará de 60% mais alimentos e 40% mais água. Assim, torna-se necessário buscar alternativas para utilizar os recursos naturais com mais eficiência (ONU BR, 2015).

Um dos setores que causa maior preocupação é o têxtil, devido à elevada quantidade de água potável empregada em seus processos, além dos efluentes gerados, que representam um grave problema ambiental. O efluente colorido da indústria têxtil (composto por uma ampla variedade de corantes sintéticos) deve ser tratado antes de ser descartado, visto que interfere no processo de fotossíntese das plantas e na vida aquática, reduzindo a penetração da luz nos corpos aquáticos e no consumo de oxigênio (Holkar et al., 2016). Uma das técnicas que vem tendo destaque no tratamento dos corantes têxteis é a adsorção, devido a sua versatilidade e baixo custo de aplicação, dependendo do material adsorvente empregado. (Morão; Dilarri; Corso, 2016).

Nesse contexto, a adsorção possibilita a utilização de resíduos como material adsorvente, sendo que as indústrias de suco de laranja também geram elevadas quantidades de resíduo, sendo um deles o bagaço da laranja, que contém elevado conteúdo de água e alto grau fermentativo. Desta forma, o bagaço de laranja pode ser empregado como adsorvente no tratamento de efluentes por apresentar características adsorptivas e ser um subproduto abundante em diversas regiões do Brasil (Fiorentin et al., 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade de remoção de corante de efluente têxtil empregando o bagaço de laranja como adsorvente, a fim de suprir a demanda por novos materiais para o tratamento de efluentes.

2. Material e métodos

O preparo do biossorvente e as análises de adsorção foram realizadas no Laboratório de Matérias-Primas para Produção de Biodiesel (LMPPB) e no Laboratório de Química da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus Deputado Estadual Renê Barbour. A caracterização do biossorvente foi realizada na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2.1 Preparo do biossorvente

Primeiramente, realizou-se o preparo do adsorvente submetendo 500 g de bagaço de laranja a secagem. Este processo foi realizado em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C por 48 horas e trituração em moinho elétrico, conforme ilustrado na Figura 1.

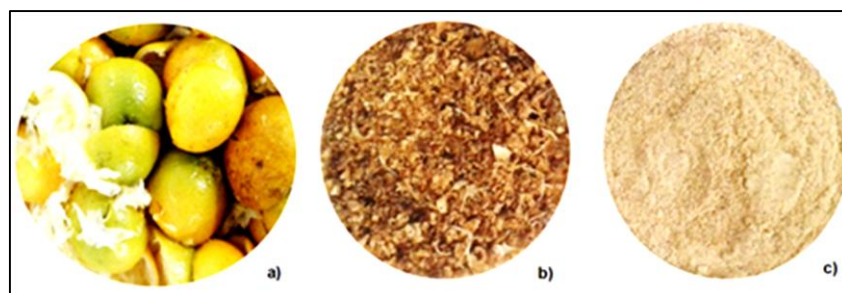


Figura 1: Bagaço de laranja: (a) in natura; (b) seco; (c) seco e triturado

2.2 Caracterização do bioissorvente

A análise da imagem da superfície das partículas de bagaço de laranja foi realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de acordo com Standard Methods (APHA, 2005). As imagens foram obtidas com um aumento de 1200 e 2500 vezes.

2.3 Teste cinético preliminar

Na determinação das condições operacionais mais eficientes para a adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja, em um primeiro momento foi realizada uma cinética preliminar, para determinar o tempo de contato necessário para que ocorresse a adsorção. Os ensaios foram realizados em triplicatas em erlenmeyers de 125 mL, onde 300 mg de bagaço de laranja foram colocados em contato com 50 mL de solução de corante (100 mg.L^{-1}). As amostras foram retiradas com intervalos de uma hora. Utilizaram-se as seguintes condições: temperatura de 30°C , pH da solução 2,0 e 70 rpm de agitação, por um período de 9 h em Shaker. As amostras foram filtradas, centrifugadas e a concentração determinada em espectrofotômetro UV/VIS a 610 nm, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Procedimento e equipamentos utilizados nos ensaios de adsorção

2.4 Obtenção das condições otimizadas

Para aprimorar as condições experimentais de adsorção, realizou-se testes preliminares para investigação das variáveis temperatura ($30, 40$ e 50°C), velocidade de rotação ($40, 70$ e 100 rpm) e pH (soluções ajustadas de 1 a 12). Estes foram realizados em triplicata, empregando 50

mL de solução do corante azul reativo 5G na concentração de 100 mg.L^{-1} e aproximadamente 300 mg de raiz de bagaço de laranja, depositados em erlenmeyers de 125 mL, permanecendo em incubadora sob agitação constante por aproximadamente 420 min. Ao término dos ensaios, as amostras foram submetidas ao processo de centrifugação, seguida da leitura espectrofotométrica e a concentração de corante foi determinada através da Equação 1.

$$q = \frac{V(C_0 - C)}{m} \quad (1)$$

Onde: q = quantidade de corante adsorvida por grama (mg.g^{-1}); C e C_0 = concentração final e inicial, respectivamente da solução de corante (mg.L^{-1}); v = volume da solução de corante (L); m = massa de biossorvente (mg).

2.5 Experimentos de sorção em batelada

Com base nos resultados dos testes preliminares, realizou-se o ensaio cinético, por meio de sistema batelada. Em triplicata, foram depositados 50 mL de solução do corante azul reativo 5G a 100 mg.L^{-1} e 300 mg do bagaço de laranja em erlenmeyers de 125 mL, sendo estes mantidos sob agitação constante em incubadora shaker com as condições otimizadas obtidas nos ensaios preliminares.

A determinação do equilíbrio de sorção, em triplicata foram depositadas biomassas de bagaço de laranja variando de 20 a 800 mg, juntamente com 50 mL de solução do corante azul reativo 5G em erlenmeyers de 125 mL (nas concentrações de 50, 75 e 100 mg.L^{-1}) sob agitação constante em shaker nas condições otimizadas obtidas nos ensaios preliminares, durante o tempo determinado no ensaio cinético.

Ao término dos ensaios cinético e de equilíbrio, as amostras foram submetidas ao processo de centrifugação, seguida da leitura espectrofotométrica, e a concentração de corante foi determinada através da Equação 1.

2.6 Modelagem matemática

A modelagem matemática foi empregada para representar os dados experimentais obtidos neste trabalho, utilizando o software Origin® versão 15. Os modelos de Pseudo-primeira e Pseudo-segunda ordem foram aplicados para representar a cinética de adsorção, em sistema batelada. Para as isotermas de adsorção foram aplicados para prever o equilíbrio, os modelos descritos por Langmuir, Freundlich e Redlich-Peterson, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Equações dos modelos cinéticos e de isotermas

EQUAÇÕES DOS MODELOS CINÉTICOS		
Pseudo-primeira Ordem	$q(t) = q_{eq}(1 - e^{-k_1 t})$	Equação (2)
Pseudo-segunda Ordem	$q(t) = q_{eq} \frac{q_{eq} k_2 t}{q_{eq} k_2 t + 1}$	Equação (3)
EQUAÇÕES DOS MODELOS DE ISOTERMAS		
Langmuir	$q_{eq} = \frac{q_{max} \cdot b \cdot C_{eq}}{1 + b \cdot C_{eq}}$	Equação (4)
Freundlich	$q_{eq} = K \cdot C_{eq}^{1/n_F}$	Equação (5)
Redlich-Peterson	$q_{eq} = \frac{K \cdot C_{eq}}{1 + \alpha \cdot C_{eq}^\beta}$	Equação (6)

Onde: $q(t)$ = quantidade de soluto adsorvido em um determinado tempo ($mg \cdot g^{-1}$); q_{eq} = capacidade de soluto adsorvido no equilíbrio ($mg \cdot g^{-1}$); k_1 = constante da taxa de adsorção do modelo Pseudo-primeira ordem no equilíbrio (min^{-1}); k_2 = constante da taxa de adsorção do modelo Pseudo-segunda ordem no equilíbrio ($g \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1}$); t = tempo de coleta da amostra (min); q_{max} = quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio ($mg \cdot g^{-1}$); K = constante de equilíbrio relacionada a energia de adsorção ($L \cdot mg^{-1}$); C_{eq} = concentração de equilíbrio do soluto na fase fluida ($mg \cdot L^{-1}$); n = expoente adimensional; α = constante de adsorção ($L \cdot mg^{-1}$); β = expoente adimensional.

3. Resultados e discussão

3.1 Caracterização do bioissorvente

As partículas do bagaço de laranja in natura foram verificadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com aumento de 1200 e 2500 vezes e podem ser observadas na Figura 3.

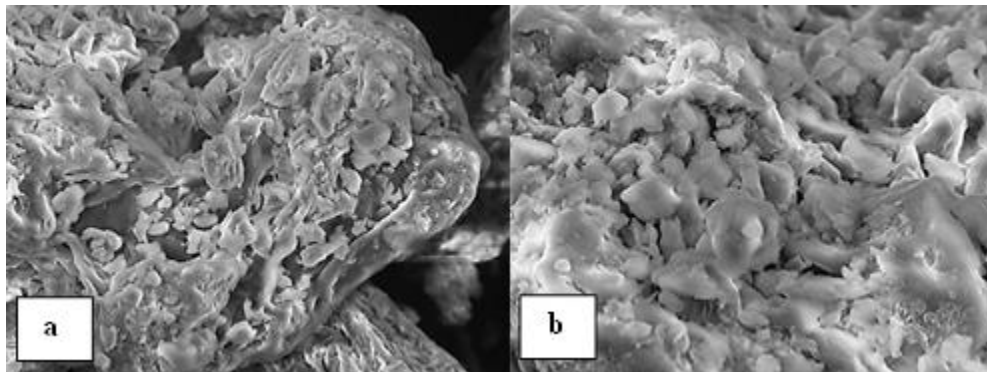


Figura 3: MEV do bagaço de laranja in natura com aumento de: (a) 1200x; (b) 2500x

Por meio das imagens, verifica-se que o bagaço de laranja apresenta superfície de contato irregular e não foi possível a observação de poros. Fiorentin et al. (2010) e Ströher et al. (2012) também realizaram estudo com bagaço de laranja e obtiveram o mesmo resultado na microscopia eletrônica de varredura com ampliação de 1000x e 2000x respectivamente. Segundo Montanher (2009), diferentes formas morfológicas podem ser observadas na laranja, sendo praticamente lisas no epicarpo, fibrosas no endocarpo e esponjosas no mesocarpo.

3.2 Obtenção das condições otimizadas

Os resultados dos testes que investigaram o efeito da temperatura de adsorção indicaram que nas três temperaturas testadas, a temperatura de 40°C favoreceu um melhor percentual de adsorção, com 87,3% de remoção do corante.

Para as velocidades de rotação testadas (40, 70 e 100 rpm) notou-se que o aumento da rotação também favoreceu um maior percentual de remoção do corante da solução, com 88,4% de remoção do corante a 100 rpm, assim fixou-se esse valor no parâmetro velocidade de rotação.

A análise dos testes acerca da influência do pH na remoção do corante, mostra que o maior valor ocorreu em pH=2, com remoção de 77%. Ainda, notou-se que a partir do pH=11 houve inibição do processo adsorptivo. Desta forma, o valor de pH foi fixado em 2.

3.3 Cinética de adsorção

O estudo da cinética de adsorção é imprescindível na determinação do tempo de equilíbrio, parâmetro primordial no projeto de sistemas de adsorção, além de descrever também as capacidades de adsorção em diversos intervalos de tempo (Honorio et al., 2016). No presente estudo para representar os dados cinéticos foram empregados os modelos de Pseudo-primeira e Pseudo-segunda ordem. Os ajustes dos modelos aos dados experimentais podem ser observados na Figura 4, onde é retratada a capacidade de adsorção do bagaço de laranja em função do tempo.

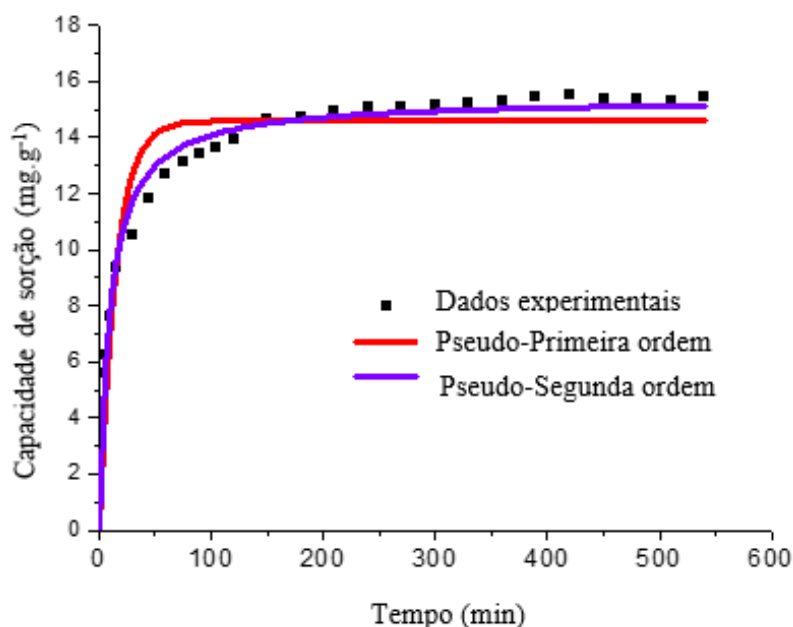


Figura 4: Perfil cinético e modelagem matemática para adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja (pH 2, 40°C, 100 rpm)

Analisando a Figura 4, verifica-se que o tempo de equilíbrio foi de 240 min, correspondendo a uma capacidade de adsorção no equilíbrio de 15,10 mg.g⁻¹ e remoção

de 84%. Fiorentin et al. (2010), também empregaram o bagaço de laranja como adsorvente para solução de corante azul reativo 5G e identificaram um tempo inferior para o equilíbrio (aproximadamente 30 minutos). No entanto, os autores obtiveram uma menor capacidade na remoção de corante de (42%), quando comparado ao do presente estudo, que foi de 84%.

Com relação à modelagem dos dados cinéticos, nota-se que o modelo matemático Pseudo-segunda ordem se ajustou melhor aos dados experimentais, devido o mesmo apresentar o maior coeficiente de determinação (0,9626), bem como valor de erro médio padrão, sendo os parâmetros e valores dos coeficientes apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros obtidos para os modelos cinéticos de adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja

Modelos	Parâmetros	T = 40 °C	Erro
Pseudo-primeira ordem	q_{eq} (mg.g ⁻¹)	14,5830	0,29638
	k_1 (min ⁻¹)	0,06845	0,00991
	R ²	0,89146	-
Pseudo-segunda ordem	q_{eq} (mg.g ⁻¹)	15,3970	0,21531
	k_2 (g.mg ⁻¹ .min ⁻¹)	0,00693	8,42x10 ⁻⁴
	R ²	0,96268	-

Estudos realizados por Arami et al. (2005) e Honório et al. (2016) também demonstraram que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais de adsorção foi o de Pseudo-segunda ordem, sendo que o primeiro autor utilizou o mesmo adsorvente do presente trabalho, porém com os corantes Vermelho direto 23 e Vermelho direto 80, e obtiveram coeficiente de determinação de 0,998 e 0,9996 para ambos corantes.

3.4 Isotermas de adsorção

O equilíbrio da concentração de corante na fase líquida com a quantidade de corante contido no adsorvente é representado pelas isotermas. Estas podem fornecer alguns parâmetros físicos, e em alguns casos, uma estimativa de capacidade máxima de adsorção (Blanco et al., 2016).

As isotermas foram desenvolvidas variando a concentração inicial de corante e nas condições de pH, temperatura, velocidade de agitação fixas conforme resultados obtidos na avaliação das condições de adsorção. As Figuras 5, 6 e 7 apresentam as isotermas de 50, 70 e 100 mg.L⁻¹ respectivamente.

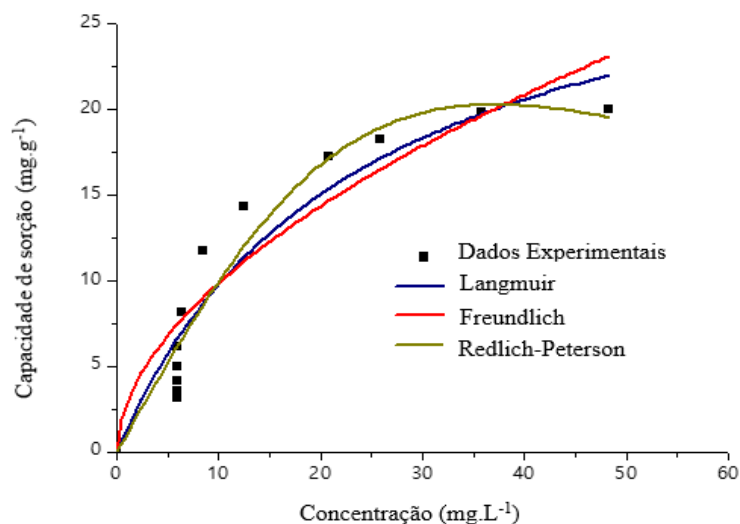


Figura 5: Modelos de Isotermas para adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja (40 °C, pH 2, 100 rpm e concentração inicial do corante de 50 mg.L⁻¹)

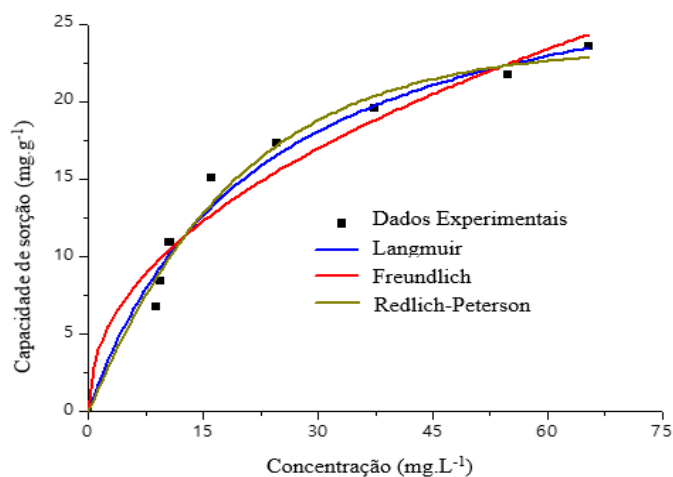


Figura 6: Modelos de Isotermas para adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja (40 °C, pH 2, 100 rpm e concentração inicial do corante de 75 mg.L⁻¹)

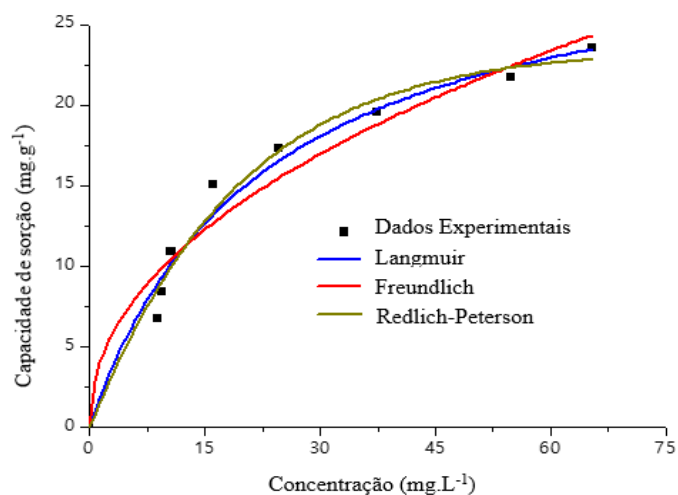


Figura 7: Modelos de Isotermas para adsorção do corante azul reativo 5G pelo bagaço de laranja (40 °C, pH 2, 100 rpm e concentração inicial do corante de 100 mg.L⁻¹)

Nas Figuras 5, 6 e 7 observa-se que o comportamento das curvas de adsorção foi padrão, independente da concentração inicial do corante azul reativo 5G. Todas as curvas podem ser consideradas favoráveis, pois têm características convexas.

Os modelos matemáticos empregados possibilitaram realizar os cálculos dos parâmetros de adsorção e das correlações de determinação, que podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros das isothermas ajustadas aos dados de equilíbrio da biossorção do corante azul reativo 5G referente as concentrações de 50, 75 e 100 mg.L⁻¹

Modelo	Parâmetros	Concentração Inicial de corante na solução (mg.L ⁻¹)		
		50	75	100
Langmuir	q _{max} (mg.g ⁻¹)	32,6509	31,4107	25,5542
	b (L.mg ⁻¹)	0,04283	0,0452	0,0757
	R ²	0,89541	0,9739	0,9681
Freundlich	K (L.g ⁻¹)	2,8546	3,5093	5,8390
	n	1,8538	2,1581	3,2383
	R ²	0,9865	0,9488	0,9333
Redlich–Peterson	K (L.g ⁻¹)	1,0565	1,1348	1,2450
	α (L.mg ⁻¹)	5,16x10 ⁻⁴	0,0095	0,0083
	β	2,0751	1,3078	1,3962
	R ²	0,9218	0,9747	0,9804

Ao avaliar os dados das correlações (Tabela 3) é possível verificar que o modelo de Freundlich foi o que melhor se ajustou aos dados da isoterma na concentração de 50 mg.L⁻¹ com valor de 0,9865. No entanto, este modelo não apresentou bom ajuste para as outras isothermas, sendo os modelos de Langmuir e Redlich-Peterson que proporcionaram um melhor predição dos dados experimentais de equilíbrio para as concentrações de 75 e 100 mg.L⁻¹, com coeficientes de determinação de 0,9739 e 0,9681 para o primeiro modelo e de 0,9747 e 0,9804 para o segundo modelo.

Empregando o mesmo corante do presente estudo, Blanco et al. (2016) utilizou DowexTM OptiporeTM SD-2 como adsorventes e identificou que o melhor ajuste para isothermas foi obtido com o modelo de Langmuir, no entanto, também encontrou valores de correlação próximos para os modelos de Redlich-Peterson, Temkin, Toth e Sips (R²=0,9787). Essa proximidade nos ajustes pode estar associada ao fato de que os modelos empíricos de Redlich-Peterson, Temkin, Toth e Sips levam em sua composição alguns dos parâmetros de Langmuir.

4. Conclusão

Os dados gerados nos ensaios de adsorção demonstraram que o bagaço de laranja é eficaz na remoção do corante azul reativo 5G, sendo que na caracterização do

biossorvente identificou-se que a superfície do bagaço de laranja é irregular. Por meio das condições favoráveis de adsorção (pH 2, temperatura de 40°C e rotação de 100 rpm) obteve-se um tempo de equilíbrio de 240 minutos, capacidade de adsorção no equilíbrio de 15,10 mg.g⁻¹ e remoção de 84%. Na modelagem matemática, verificou-se que os modelos cinéticos e isotérmicos escolhidos representaram satisfatoriamente os dados experimentais nas condições estudadas.

Em suma, o bagaço de laranja tem potencial para ser utilizado como biossorvente na remoção do corante azul reativo 5G, visto que o mesmo apresenta características adsorptivas e é um subproduto abundante em diversas regiões do Brasil.

5. Referências

- APHA - American Public Health Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21ª ed, Washington-DC.
- ARAMI, M.; LIMAE, N. Y.; MAHMOUDI, N. M.; TABRIZI, N. S. 2005. Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: equilibrium and kinetic studies. *Journal Colloid Interface Science*, 288, 371-376.
- BLANCO, S. P. D. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; MÓDENES, A. N.; BORBA, C. E.; MARIN, P.; PASSAIA, N.; SILVA FIGUEIREDO, L. 2016. Estudo da cinética e do equilíbrio de adsorção do corante azul reativo 5G pelo adsorvente DOWEX™ OPTIPORE™ SD-2. *Engvista*, 18, 96-108.
- FIorentin, L. D.; MENON, B. T.; BARROS, S. T. D.; PEREIRA, N. C.; LIMA, O. C. D. M.; MODENES, A. N. 2010. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial bagaço de laranja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 653-659.
- HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A. 2016. Critical Review on Textile Wastewater Treatments: Possible Approaches. *Journal of Environmental Management*, 182, 351-366.
- HONORIO, J. F.; VEIT, M. T.; GONÇALVES, G. C.; DE CAMPOS, É. A.; FAGUNDES-KLEN, M. R. 2016. Adsorption of reactive blue BF-5G dye by soybean hulls: kinetics, equilibrium and influencing factors. *Water Science and Technology*, 73, 1166-1174.
- MONTANHER, S. F. 2009. *Utilização da biomassa de bagaço de laranja como material sorvente de íons metálicos presentes em soluções aquosas*. Dissertação de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá.
- MORÃO, L.G.; DILARRI, G.; CORSO, C.R. 2016. An approach to textile dye removal using sawdust from *Aspidosperma polyneuron*. *International Journal of Environmental Studies*, 74, 75-85.
- ONU BR. 2015. Organização das Nações Unidas no Brasil. Se o atual ritmo de consumo continuar em 2050 o mundo precisará de 60% mais alimentos e 40 % mais água. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- STRÖHER, A. P.; DE MENEZES, M. L.; FIorentin, L. D.; PEREIRA, N. C. 2012. Utilização do bagaço de laranja no tratamento de efluente proveniente da lavagem de jeans. *E-xacta*, 5, 27-37.