

**Adsorção do corante reativo azul BF-5G em bagaço de malte bruto e lavado****Adsorption of blue reactive Dye BF-5G in crude and washed bagasse**

DOI:10.34117/bjdv5n10-102

Recebimento dos originais: 29/09/2019

Aceitação para publicação: 09/10/2019

**Luiz Fernando Pereira Arriel**

Aluno de graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Goiás

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Avenida Esperança, s/n, Bloco IQ-1, CEP 74690-900, Goiânia - Goiás - Brasil.

E-mail: lfernandogec7@gmail.com

**Fabiola Melazo Amorim Silva Costa**

Aluna de mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Goiás

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Avenida Esperança, s/n, Bloco IQ-1, CEP 74690-900, Goiânia - Goiás - Brasil.

E-mail: fabiola\_melazo@hotmail.com

**Araceli Aparecida Seolatto**

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Avenida Esperança, s/n, Bloco IQ-1, CEP 74690-900, Goiânia - Goiás - Brasil.

E-mail: araceliseolatto@ufg.br

**Fernanda Ferreira Freitas**

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Endereço: Avenida Esperança, s/n, Bloco IQ-1, CEP 74690-900, Goiânia - Goiás - Brasil.

E-mail: fernanda\_ferreira\_freitas@ufg.br

**RESUMO**

A adsorção possui destaque na purificação de efluentes, devido a sua capacidade de retirar contaminantes que não são facilmente removidos pelos processos de tratamento convencionais. O presente trabalho investiga a adsorção do corante reativo Azul BF-5G em bagaço de malte bruto e lavado. Para isso, foram feitos ensaios de adsorção em batelada em diferentes granulometrias utilizando os dois adsorventes, sendo posteriormente realizada a cinética de adsorção. Os resultados mostraram que menores granulometrias favorecem o processo de adsorção para ambos adsorventes e que o bagaço de malte bruto apresenta melhor capacidade de adsorção se comparado ao bagaço lavado. Considerando o desempenho dos adsorventes utilizados, conforme os resultados deste estudo, o bagaço de malte bruto apresenta-se como uma alternativa promissora para a remoção do corante reativo Azul BF-5G de efluentes têxteis.

**Palavras-Chave:** Adsorção; Indústria; Sustentabilidade.

## **ABSTRACT**

Adsorption is prominent in wastewater purification due to its ability to remove contaminants that are not easily removed by conventional treatment processes. The present work investigates the adsorption of Blue BF-5G reactive dye in raw and washed malt bagasse. For this, batch adsorption tests were performed in different granulometry using the two adsorbents, and then the adsorption kinetics were performed. The results showed that smaller granulometry favors the adsorption process for both adsorbents and that the raw malt bagasse presents better adsorption capacity compared to the washed bagasse. Considering the performance of the adsorbents used, according to the results of this study, the raw malt bagasse is a promising alternative for the removal of Blue BF-5G reactive dye from textile effluents.

**Keywords:** Adsorption; Industry; Sustainability.

## **1. INTRODUÇÃO**

A indústria têxtil brasileira é destaque no cenário global (ABIT 2019). Apesar de ser importante economicamente, este tipo de indústria é uma das maiores consumidoras de água no ramo industrial, gerando efluentes contaminados que podem causar danos ao meio ambiente (ARSLAN-ALATON et al., 2008).

Os métodos de tratamento se subdividem em três grandes tipos, sendo eles os químicos, físicos e biológicos. Os tratamentos biológicos são mais baratos, porém, são eficientes apenas na redução de matéria biodegradável, não sendo eficazes na clarificação do efluente. Já os tratamentos químicos, apresentam resultados significativos na descoloração das águas, porém dispendem alto custo com materiais, energia dentre outros produtos.

Um método eficaz para remoção de corantes é a adsorção, no qual partículas, denominadas adsorvato, presentes em um fluido se aderem a uma superfície sólida porosa de um adsorvente (MASEL, 2016).

Atualmente, estuda-se o uso de resíduos industriais em diferentes processos, com o intuito de reduzir custos e os impactos ambientais. Muitos estudos foram realizados para descobrir substâncias residuais que pudessem ser utilizadas na adsorção de corantes, tornando o processo mais barato e com alta eficiência. O bagaço de malte se apresenta como uma opção viável por sua produção ser abundante e não ser sazonal, reduzindo ainda mais os custos do adsorvente e tornando este material atrativo para o uso no processo de clarificação de efluentes têxteis.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. CORANTE**

Neste trabalho, o adsorvato utilizado foi o corante reativo Azul BF-5G, produzido e cedido pela empresa Texpal Indústria Química S/A. Os experimentos de adsorção foram realizados utilizando efluente sintético feito a partir da dissolução deste corante em água destilada. O corante teve sua massa aferida em balança analítica e o pH das soluções foi determinado por pHmetro digital.

## 2.2. ADSORVENTE

O adsorvente utilizado nos experimentos foi o bagaço de malte, cedido pela Cervejaria Imperial, situada em Trindade – GO. Este material foi separado em duas classes, o bagaço bruto e o bagaço lavado. Para obtenção do bagaço lavado, o bagaço de malte bruto passou por processo de lavagem em batelada, em recipiente de 20 litros com água potável, submetido à agitação mecânica. O procedimento foi repetido até que o efluente proveniente da lavagem obtivesse caráter límpido. Em seguida, ambos materiais foram secos em estufa à 90°C, de acordo com os trabalhos de FONTANA et. al. (2016) e AVIARA et al. (2006), até alcançar umidade inferior a 5% em massa.

## 2.3. CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DO ADSORVENTE

O adsorvente seco, foi submetido a um processo de peneiramento, utilizando-se peneiras vibratórias por 10 minutos para que fosse obtida uma classificação granulométrica do bagaço. Para esta análise, foram utilizadas peneiras com abertura de malha de 2,36; 1,7; 1; 0,85, 0,3 e 0,15 milímetros.

## 2.4. ENSAIOS EM BATELADA

Influência da granulometria na capacidade de adsorção: Foram realizados ensaios em duplicata em batelada, utilizando frascos de Erlenmeyer de 125 mL, nos quais foram adicionados 75 mL de solução de corante, com concentração inicial de 300 mg.L<sup>-1</sup>, pH 3, dosagem de adsorvente de 4 g.L<sup>-1</sup>, sendo os frascos submetidos a uma agitação de 100 rpm e 30 °C em *shaker* por um período de 24 h. Este experimento foi realizado para 6 diferentes granulometrias: maior que 2,6; 2,03; 1,35; 0,925; 0,575 e menor que 0,3 milímetros. Após as 24 h, as concentrações de corante em cada frasco foram quantificadas através de um espectrofotômetro em 610 nm e a capacidade de adsorção foi calculada empregando Equação 1.

$$q = (C_0 - C) \times V/m \quad (1)$$

Em que  $q$  é a capacidade de adsorção ( $\text{mg.g}^{-1}$ ),  $V$  é o volume de solução (L),  $m$  a massa de adsorvente (g) e  $C_0$  e  $C$  as concentrações inicial e final de corante na solução ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

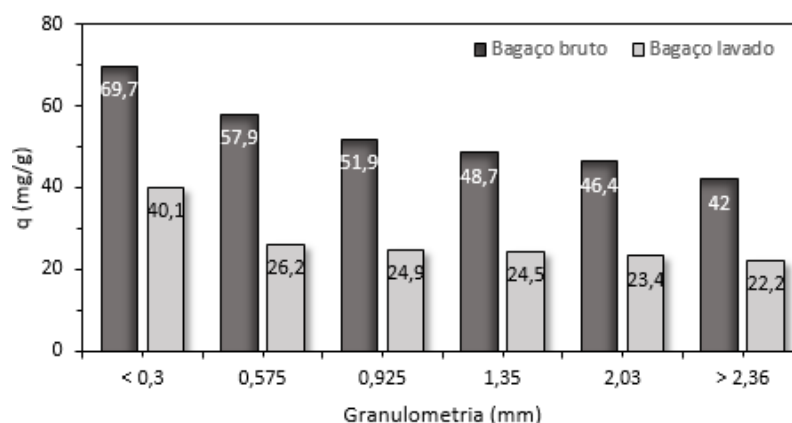
**Cinética de adsorção:** Para obtenção da cinética de adsorção foram feitos ensaios similares ao descrito no item anterior. Porém, nesta etapa utilizou-se frascos de Erlenmeyer de 2 L, adicionando-se 1 L da solução de corante e adsorvente na granulometria que apresentou a melhor capacidade de adsorção do item anterior. Em intervalos de tempo pré-determinados, foram retiradas amostras da solução para que a sua concentração fosse aferida e assim calculada a capacidade de adsorção em cada intervalo, utilizando a Equação 1. Com isso, foi possível obter o gráfico de capacidade de adsorção em função do tempo, sendo esse ajustado aos modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem, com o intuito de descobrir qual destes modelos representaria melhor os dados da cinética de adsorção.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO

Com os resultados obtidos nos ensaios foi possível encontrar a capacidade de adsorção para o bagaço de malte bruto e lavado nas diferentes granulometrias estudadas, sendo estes ilustrados na Figura 1:

Figura 1 - Capacidade de adsorção do bagaço de malte bruto e lavado para diferentes granulometrias.



Após a realização dos experimentos, pode-se observar que quanto menor a partícula de adsorvente, maior é a sua capacidade de adsorção, isso deve-se ao fato de que quanto menor a granulometria maior é a área de contato do adsorvente disponível para o adsorvato, como já previa SEKAR *et al.* (2004) e agora comprovado neste trabalho.

#### 3.2. CINÉTICA DE ADSORÇÃO

O processo de adsorção foi avaliado utilizando curvas de adsorção conforme as Figuras 2 e 3, que relacionam a quantidade de corante removido por unidade de massa dos adsorventes. Figura 2 – Dados cinéticos da adsorção do corante reativo Azul BF-5G utilizando bagaço de malte bruto (diâmetro de partícula: 0,225 mm, dosagem de corante: 300 mg.L<sup>-1</sup>, pH 3, 100 rpm, 30 °C e 30 h).

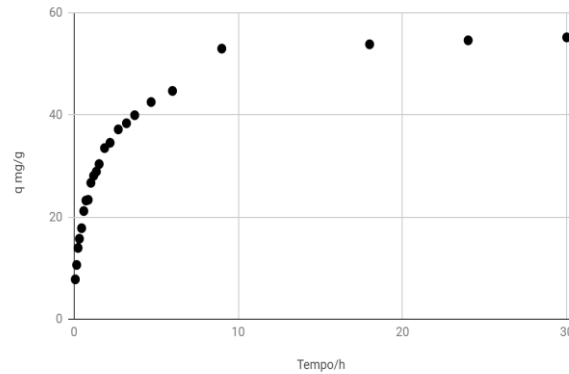
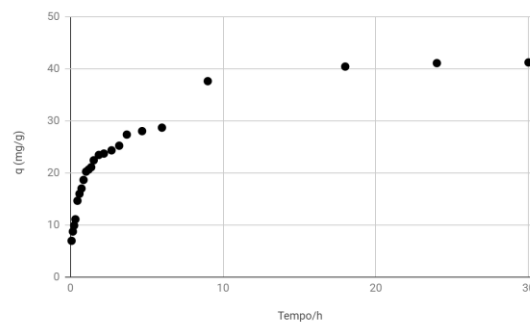


Figura 3 - Dados cinéticos da adsorção do corante reativo Azul BF-5G, utilizando bagaço de malte lavado (diâmetro de partícula: 0,225 mm, dosagem de corante: 300 mg.L<sup>-1</sup>, pH 3, 100 rpm, 30 °C e 30 h).



Observa-se o processo de adsorção para o bagaço bruto, entra em equilíbrio após 10 h, alcançando uma capacidade de adsorção no equilíbrio ( $q_e$ ) de 58 mg.g<sup>-1</sup>. Já para o bagaço lavado, o equilíbrio é atingido passadas 11 h, com  $q_e = 40$  mg.g<sup>-1</sup>. O resultado superior para o bagaço de malte bruto pode ser explicado pela polarização da superfície ocasionada pelas impurezas e pelo tamanho reduzidos destas partículas, apresentando maior área superficial, favorecendo a adsorção. Scheufele (2014) encontrou  $q_e = 9,1$  mg.g<sup>-1</sup> utilizando bagaço de cana como adsorvente e Marín (2015) chegou a um  $q_e = 5,9$  mg.g<sup>-1</sup> com bagaço de maçã, ambos estudaram a adsorção do corante reativo Azul BF-5G em condições semelhantes a do presente trabalho.

Aplicação dos modelos cinéticos: A fim de determinar um comportamento cinético para o experimento, foram ajustados os modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem aos dados obtidos na realização do experimento. As Figuras 4 e 5, apresentam, respectivamente, a adequação dos dados experimentais com o uso de bagaço de malte bruto e lavado, aos modelos escolhidos.

Figura 4 - Ajuste dos dados experimentais usando bagaço bruto aos modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem.

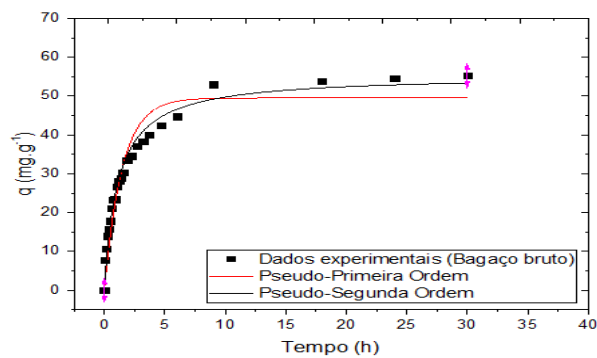
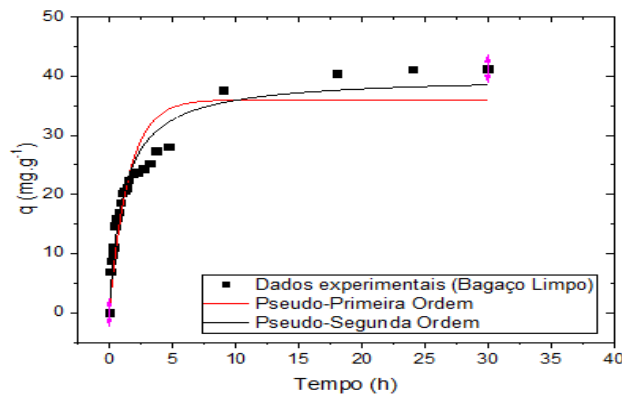


Figura 5 - Ajuste dos dados experimentais usando bagaço lavado aos modelos de pseudo-primeira ordem e pseudo-segunda ordem.



Os parâmetros dos modelos utilizados para ajustar os dados cinéticos do bagaço de malte bruto e lavado estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros cinéticos para a adsorção do corante Azul BF-5G pelo bagaço de malte bruto e lavado.

Modelo	Parâmetros
--------	------------

	Bagaço bruto			Bagaço lavado		
	k (h <sup>-1</sup> )	qe (mg.g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	k (h <sup>-1</sup> )	qe (mg.g <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
Pseudo-primeira ordem	0,676	49,492	0,924	0,657	36,002	0,853
Pseudo-segunda ordem	0,016	55,347	0,978	0,022	39,971	0,940

Analisando os parâmetros, nota-se que o modelo de pseudo-segunda ordem ajusta melhor os dados da cinética para os dois adsorventes. Este modelo indica a ocorrência da adsorção química, com forte interação entre o corante e o adsorvente, baseada nas forças de valência.

#### 4. CONCLUSÕES

Os ensaios mostraram que a capacidade de adsorção tanto para o bagaço de malte bruto quanto para o lavado, aumenta com a redução da sua granulometria, alcançando os melhores resultados no diâmetro de partícula inferior a 0,3 mm. Os experimentos de cinética em batelada revelaram que o processo de adsorção entra em equilíbrio após 10 h para o bagaço de malte bruto e após 11 h para o lavado, sendo a cinética melhor representada pelo modelo de pseudo-segunda ordem para ambos adsorventes. O melhor resultado de capacidade de adsorção no equilíbrio foi de 58 mg.g<sup>-1</sup> para o bagaço de malte bruto, evidenciando que o processo de lavagem do bagaço poderia ser dispensado em uma possível aplicação industrial, reduzindo assim os custos e o impacto ambiental. Em vista do que foi dito conclui-se que o bagaço de malte bruto possui potencial para ser utilizado como material adsorvente para remoção do corante reativo Azul BF-5G, sendo essa uma ótima maneira de reutilizar o resíduo da indústria cervejeira para diminuir os danos ambientais causados por efluentes têxteis.

#### REFERÊNCIAS

ARSLAN-ALATON, I.; GURSOY, B. H.; SCHMIDT, J. E. *Advanced oxidation of acid and reactive dyes: Effect of Fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes*. *Dyes and Pigments*, v. 78, p. 117-130, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL. *Quem somos: muito mais força para o setor e para o Brasil*. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/abit.aspx>> Acesso em: 26 nov. 2018.

AVIARA, N. A.; AJIBOLA, O. O.; AREGBESOLA, O. A.; ADEDEJI, M. A. *Moisture sorption isotherms of sorghum malt at 40 and 50 °C*. Journal of Stored Products Research 42, p. 290–301, 2006.

FONTANA, I. B.; PETERSON, M.; CECHINEL, M. A. P. *Application of brewing waste as biosorbent for the removal of metallic ions present in groundwater and surface waters from coal regions*. Journal of Environmental Chemical Engineering 6, p. 660-670, 2018.

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V. *Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium*. Brazilian Journal of Microbiology, v. 47, p. 39-46, 2016.

MARÍN, S. L. A. *Remoção dos corantes têxteis C.I. Reactive Blue 203 e C.I. Reactive Red 195 mediante o uso de bagaço de maçã como adsorvente*. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco-PR, 2015.

MASEL, R., 1951. *Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces* 2th ed, New York: Wiley.

SCHEUFELE, F. B. *Estudo da Remoção do Corante Reativo Azul 5G Utilizando Bagaço de Cana-de-açúcar como Adsorvente*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR, 2014.

SEKAR, M.; SAKTHI, V.; RENGARAJ, S. *Kinetics and equilibrium adsorption study of lead (II) onto activated carbon prepared from coconut shell*. Colloid and Interface Science, v. 279, p. 307-313, 15 nov. 2004. Disponível em: . Acesso e