



CONGRESSO BRASILEIRO
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019
Uberlândia/MG



ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ADSORTIVA DO CARVÃO DA PALHA DO CAFÉ ARÁBICA UTILIZANDO O CORANTE AZUL DE METILENO

M. F. PINHEIRO¹, G. S. RODRIGUES¹, A. R. da COSTA¹, J. A. Q. L. JUNIOR², R. C. S. SOUSA¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Química

² Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos

E-mail para contato: matheusfpinheiro@gmail.com

RESUMO – O tratamento de efluentes da indústria têxtil tem sido alvo de estudo de muitos pesquisadores que procuram métodos mais eficientes e baratos para resolver o problema do despejo de corantes em rios e bacias hidrográficas. O presente trabalho estuda a eficiência da remoção do corante azul de metileno de uma solução aquosa, em diferentes pHs, com a utilização de carvão da palha do café arábica. Os resultados indicaram um aumento da capacidade adsortiva do carvão da palha do café arábica em pH mais básico (eficiência de remoção de azul de metileno de até 92,1%) indicando ser um material promissor para adsorção de corantes.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil brasileira possui um grande valor social e econômico, sendo o Brasil o quinto maior produtor têxtil mundial. Porém, essa indústria é uma grande consumidora de água, o que ocasiona alguns problemas ambientais, como quando há descarte inadequado do seu efluente. A descarga de água residuária, com corantes têxteis em rios e aquíferos, promove o esgotamento do oxigênio dissolvido no meio, e impede a entrada de luz solar nas camadas mais profundas de água, prejudicando o ecossistema aquático (Almeida *et al*, 2018).

Diante das buscas por operações de tratamento dos efluentes têxteis, segundo Almeida (2018), a adsorção tem se apresentado como um eficiente método, pois não exige uma área física grande para sua aplicação, tem custos relativamente baixos dependendo do material aplicado, e apresenta um curto período de aplicação.

A adsorção é uma operação unitária baseada na transferência de massa, e estuda a capacidade de alguns sólidos acumularem, em suas superfícies, substâncias anteriormente presentes em um fluido. Os sólidos com essas propriedades são chamados adsorventes, enquanto as substâncias adsorvidas são os adsorvatos. Esse acúmulo ocorre devido a características químicas e físicas do sólido e do soluto, que proporcionam uma interação mais forte entre eles do que a interação entre soluto e solvente. Como o acúmulo de soluto ocorre na superfície do adsorvente, o aumento da área superficial deste eleva a eficiência do processo, assim os adsorventes mais utilizados são os sólidos porosos (Ruthven, 1984).

O processo de adsorção ocorre em três etapas: i) difusão do soluto no interior do fluido para um ponto imediatamente externo ao adsorvente; ii) difusão do soluto de um ponto imediatamente externo ao adsorvente, para o interior deste; iii) adsorção do soluto na superfície interna do adsorvente (Geankoplis, 1998). Além disso, a adsorção pode ser classificada em quimissorção ou fisissorção, de acordo com a intensidade das forças que promovem o evento. A adsorção física abrange interações fracas, explicadas por forças de Van der Waals. Já a adsorção química envolve câmbio ou partilha eletrônica, resultando em ligações moleculares entre adsorvente e adsorvato, com força maior que a fisissorção. A classificação de uma determinada adsorção não exclui a possibilidade da outra estar ocorrendo concomitantemente, pois ela visa apenas informar qual delas é predominante no processo (Nascimento *et al*, 2014).

Atualmente os processos de tratamento de resíduos de indústria têxtil, que utilizam a adsorção, são baseados na aplicação de carvão ativado, o qual tem um preço relativamente alto. Para tornar essa operação mais sustentável e barata, alguns resíduos de atividade agrícola têm sido testados como biomateriais adsorventes, como a fibra da folha de bananeiras testada por Felizardo (2013), a casca de batata por Alfredo (2015), e a palha de café, objetivo de estudo deste trabalho, que teve sua adsorção testada em resíduos oleosos por Nascimento (2014).

Segundo Silva (2012), a palha do café é um resíduo do beneficiamento da cultura cafeeira, e apresenta um alto volume residual, que é agravado pelo fato do Brasil ser um dos maiores produtores de café do mundo. A palha é tradicionalmente utilizada como adubo, alimento, como matéria-prima para produção de briquetes e até mesmo como combustível vegetal no processo de secagem dos grãos de café. Apesar de diversas aplicações, a quantidade residual da palha ainda continua alta nas propriedades rurais brasileiras, motivando a busca de novas alternativas para sua aplicação.

Buscando uma nova alternativa de aplicação da palha de café e, como intuito de tornar o tratamento de efluentes com corantes, uma operação mais barata e eficiente, o seguinte trabalho visa a produção de carvão a partir da palha do café arábica, por processo de pirólise e o estudo da sua capacidade de adsorção utilizando o corante azul de metileno em três pHs diferentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material

A coleta da palha de café arábica foi realizada na região rural da cidade de Porciúncula, no estado do Rio de Janeiro, em uma propriedade produtora de café despulpado. Foi colhido cerca de 3 kg de palha. Uma quantidade de 500 gramas foi retirada, lavada em água destilada, e colocada para secar em temperatura ambiente.

2.2. Carbonização

Para a realização da carbonização da palha de café, em uma balança analítica, foram pesados 3 cadinhos distintos de porcelana tampados, vazios e com palha de café (40,48 g) a

ser carbonizada. Os cadinhos foram postos em uma caixa de aço, onde os intervalos vazios entre eles foram preenchidos com carvão vegetal, garantindo que a carbonização do material ocorresse em uma atmosfera com ausência de oxigênio. A caixa foi colocada na mufla elétrica e o processo teve início com uma taxa de aquecimento de $15\text{ }^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$ (considerado lento), até atingir uma temperatura de $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após a estabilização da temperatura, o material foi mantido na mufla durante um período de 2 h, quando o equipamento foi desligado. O material carbonizado foi retirado do equipamento apenas 24 h depois, afim de proporcionar um lento resfriamento. Houve a lavagem da massa de carvão produzida, afim de retirar possíveis fuligens provenientes do processo e, por fim, foi realizada a secagem a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, em estufa.

2.3. Lavagem e Classificação Granulométrica

O carvão produzido foi lavado, afim de retirar-se as impurezas do processo de carbonização, como fuligem. A lavagem foi realizada em duas bateladas, ou o carvão foi colocado em um becker de 500 mL com água, e agitação magnética, por 30 minutos. Após o fim de cada batelada o fluido com fuligem dissolvida era retirado com o auxílio de peneiras. O carvão foi deixado durante 24h em estufa à 45°C , com o intuito de remover a umidade do material por inteiro.

O processo de classificação granulométrica foi iniciado pesando a massa de carvão em uma balança analítica, assim como as peneiras vazias de mesh 8, 9, 10, 12, 14, 24, 28 e fundo, que foram selecionadas a partir de uma análise qualitativa visual dos grãos do carvão produzido. Ao fim do processo de agitação, as peneiras foram retiradas e pesadas para determinação da fração de massa de carvão retida em cada uma.

2.5. Isoterma de Adsorção

Para a determinação das isotermas de adsorção de azul de metileno em carvão de palha de café foram preparadas soluções tampões básicas e ácidas, assim como na cinética de adsorção, com concentrações iniciais de azul de metileno de 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144 $\text{mg}.\text{L}^{-1}$.

A solução tampão pH 8.5 foi feita a partir da dissolução de 3,5 g de fosfato de potássio dibásico anidro e 4,5 g de cloreto de sódio em 500 mL de água. O tampão pH 7.0 foi feito a partir da dissolução de 13,65 g de acetato de sódio em 350 mL de água. O pH foi ajustado com solução aquosa de ácido acético $0,5\text{ mol}.\text{L}^{-1}$. A solução foi complementada com água, até obter o volume de 500 mL. A solução tampão ácida (pH 5,5) foi produzida a partir da dissolução de 1,4 mL de ácido acético glacial em 500 mL de água. O pH foi ajustado com solução $0,5\text{ mol}.\text{L}^{-1}$ de hidróxido de sódio.

Em 8 erlenmeyers foram adicionados 200 mg de carvão de palha de café, com granulometria entre 8 e 9 meshes, e 50 mL de cada solução preparada. A mistura foi mantida em agitação magnética por 24h e, ao final, alíquotas foram retiradas de cada erlenmeyer para ter a absorbância analisada no espectrofotômetro (665 nm). Através da curva analítica, pode-se obter as concentrações de azul de metileno nas soluções aquosas após o equilíbrio (C , $\text{mg}.\text{L}^{-1}$).

A determinação da quantidade adsorvida no equilíbrio (q_e , mg.g^{-1}) foi determinada por balanço de massa no sistema, onde, sabe-se a concentração inicial do sistema, e encontra-se a final pela leitura em espectrofotômetro. Basta então subtrair os valores e dividir pela massa de adsorvente utilizado, encontrando a quantidade adsorvida por massa, no equilíbrio. Para cada pH foram obtidas as isotermas de adsorção (q_e versus C_e).

2.6. Isoterma Langmuir

O modelo de Langmuir é um dos mais utilizados para descrever processos adsorptivos, e possui como premissas: a) a existência de uma quantidade definida de sítios; b) a equivalência de energia entre os sítios, e a não interação entre as moléculas adsorvidas; c) a adsorção acontecendo em monocamada; d) a capacidade máxima de uma molécula adsorvida por sítio.

A isoterma de Langmuir é representada pela Equação 1, onde: q_e (mg.g^{-1}) é a quantidade de soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio, q_{MAX} (mg.g^{-1}) é a capacidade máxima de adsorção do adsorvente, K_L (L.mg^{-1}) é a constante de interação entre adsorvato e adsorvente, e C_e (mg.L^{-1}) é a concentração de adsorvato no equilíbrio.

$$q_e = \frac{q_{\text{MAX}} C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo de Langmuir foi ajustado aos dados experimentais. As isotermas de adsorção para os pHs 5,5, 7,0 e 8,5 são apresentadas nas Figura 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 1 – Isoterma de adsorção de azul de metileno pelo carvão de palha de café em pH 5,5:

- dados experimentais e – ajuste do modelo de Langmuir.

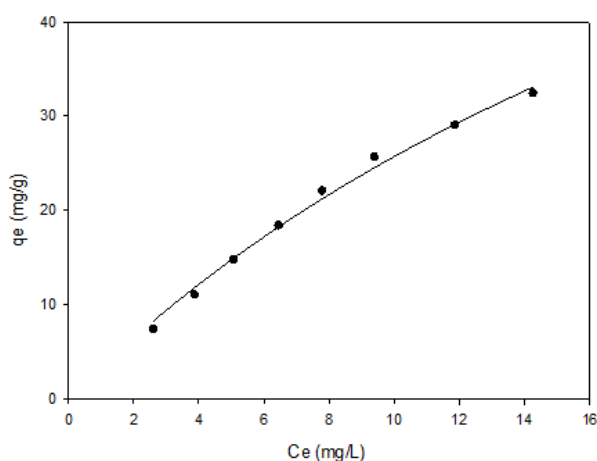


Figura 2 – Isoterma de adsorção de azul de metileno pelo carvão de palha de café em pH 7,0:

- dados experimentais e – ajuste do modelo de Langmuir.

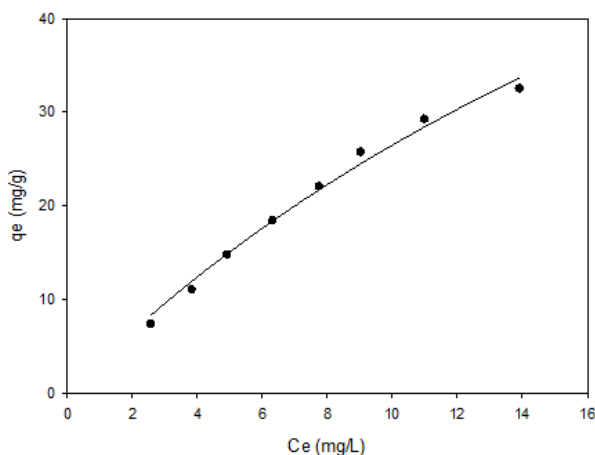
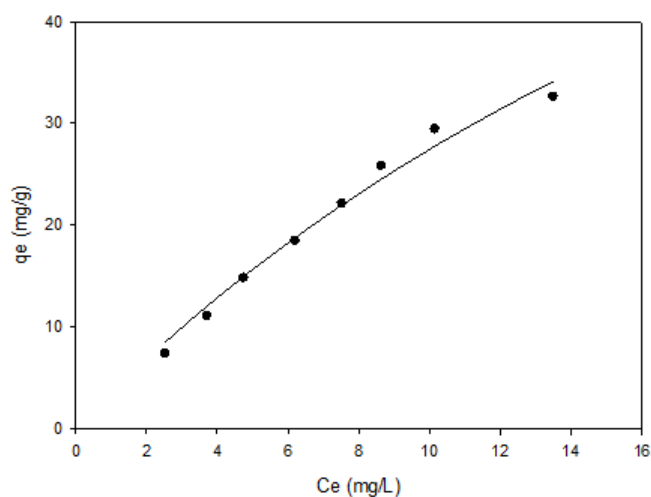


Figura 3 – Isotherma de adsorção de azul de metileno pelo carvão de palha de café em pH 8,5:
● dados experimentais e – ajuste do modelo de Langmuir.



Os resultados obtidos para as constantes do Modelo de Langmuir (q_{MAX} e K_L , em cada pH) e o coeficiente de determinação R^2 , foram condensados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados experimentais das constantes de Langmuir

pH	q_{MAX} (mg.g ⁻¹)	K_L (L.mg ⁻¹)	R^2
5,5	100,89	0,034	0,9928
7	109,12	0,032	0,9902
8,5	112,64	0,032	0,9836

Pode-se notar através da análise dos resultados exibidos na Tabela 1 uma elevação do q_{MAX} , indicando um aumento da capacidade adsorptiva do carvão da palha do café arábica em pH mais básico.

A Tabela 2 exhibe os resultados da eficiência de remoção do azul de metileno com o carvão da palha de café em pH 8,5, que foi o pH com melhores níveis de adsorção.



Tabela 2 – Eficiência da remoção do azul de metileno pelo carvão da palha de café em pH 8,5

Concentração Inicial de Azul de Metileno (mg.L ⁻¹)	Concentração Final de Azul de Metileno (mg.L ⁻¹)	Eficiência da Remoção (%)
32	2,62	91,8
48	3,88	91,9
64	5,08	92,1
80	6,47	91,9
96	7,80	91,9
112	9,40	91,1
128	11,9	90,7
144	14,3	90,1

Analisando a Tabela 2 nota-se que foi atingida uma remoção de até 92,1% do azul de metileno

Comparando com outros trabalhos que utilizaram o azul de metileno, percebe-se dos resultados. Felizardo (2013), que utilizou fibra da folha de bananeira como adsorvente, obteve melhor eficiência de adsorção do azul de metileno em pH igual a 11, atingindo uma eficiência de remoção igual a 80%. O mesmo foi relatado por Cardoso et al. (2012), que atingiu melhores números de adsorção em pH's acima de 8, utilizando a casca de pinhão como adsorvente. Essa adsorção mais eficiente pode ser explicada pelo fato do azul de metileno ser um corante básico, e adsorve através de interações eletrostáticas entre a sua carga positiva, quando em solução aquosa, e a carga superficial negativa do adsorvente. Um pH mais ácido, com H⁺, ocupa parte desses sítios superficiais do adsorvente, atrapalhando a adsorção do azul de metileno.

Pode-se notar que não houve grande variação no K_L, portanto não há alteração considerável na energia de adsorção do soluto no sólido adsorvente.

4. CONCLUSÃO

O carvão ativado produzido a partir da casca da palha de café é um adsorvente promissor que teve boa atividade adsorptiva para o azul de metileno, apresentado até 92,1% de eficiência de remoção do corante. O pH da solução aquosa produziu efeitos significativos na capacidade máxima adsorptiva do material, indicando que maiores valores de pH mais básicos elevam a eficiência de adsorção.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, É. J. R. de; DILARRI, G.; CORSO, C. R. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. UNESP, 2018. Disponível em: <http://twixar.me/G4r3>. Acessado em: 14 de março de 2018.
- FELIZARDO, C. C; DOMINGUINI, L. Análise da influência do pH e da temperatura na remoção de azul de metileno em solução aquosa. SEPEI, 2013. Disponível em: <http://twixar.me/QWSK>. Acessado em: 5 de abril de 2019



GEANKOPLIS, C. J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 3ª Edição p. 773-774, 1998.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. de; VIDAL, C. B; MELO, D. de Q.; RAULINO, G. S. C. *Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais*.

RUTHVEN, D. M. *Principles of Adsorption and Adsorption Process*. New York: John Wiley & Sons, 1984.

SILVA, J. P. da. *Caracterização da Casca de Café (coffea arábica, L) in natura, e de seus Produtos Obtidos pelo Processo de Pirólise em Reator Mecanicamente Agitado*. UNICAMP, 2012. Disponível em: <http://twixar.me/YM5K>. Acessado em: 5 de abril de 2019.