

ESTUDOS DE ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO EM ISOPOR

Methylene blue adsorption studies on styrofoam

Hugo Vieira Chagas Rabelo¹, André Luiz Tessaro², Rafael Block Samulewski³, Augusto Cesar Gracetto⁴

RESUMO

Uma das problemáticas que se enfrenta atualmente é o descarte inadequado de efluentes têxteis, que por sua vez demonstram perigo a fauna e flora se descartados sem um tratamento prévio. Assim faz-se necessário o estudo de novos tipos de tratamentos, com custos mais baixos e boa eficiência. Neste estudo, utilizou-se o isopor reutilizado de embalagens descartadas, como adsorvente do corante Azul de Metileno (AM). O estudo da adsorção foi realizado monitorando-se as concentrações de AM por técnica de espectrofotometria no UV-Vis. Os resultados apontaram que o isopor é eficaz para adsorver AM em concentrações de até 1,0 mg/L, sendo o valor máximo de adsorção encontrado de 0,2974 g g⁻¹ e a constante de equilíbrio de 3,4269 L g⁻¹. Encontrou-se que a cinética de adsorção é de pseudo-primeira ordem, com uma constante de velocidade de 0,04292 min⁻¹. A adsorção diminui com o aumento da temperatura, caracterizando uma adsorção por fisissorção.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção; Azul de Metileno; Isopor; Isotermas.

ABSTRACT

One of the problems currently being faced is the inadequate disposal of textile effluents, which in turn pose a danger to fauna and flora if discarded without prior treatment. Therefore, it is necessary to study new types of treatments, with lower costs and good efficiency. In this study, Styrofoam from packaging that would be discarded was used as an adsorbent for the dye Methylene Blue (AM). The adsorption study was carried out under different AM concentrations, times and temperatures, being observed through spectrophotometry. The results showed that Styrofoam is effective for adsorbing AM in concentrations of up to 1.0 mg/L, with the maximum adsorption value found to be 0.2974 g g⁻¹ and the equilibrium constant to be 3.4269 L g⁻¹. It was found that the adsorption kinetics is Pseudo-first order, with a rate constant of 0.04292 min⁻¹. Adsorption decreases with increasing temperature, characterizing adsorption by physisorption.

KEYWORDS: Adsorption; Methylene Blue; Polystyrene; Isotherms.

INTRODUÇÃO

Inúmeros tipos de corantes são utilizados em diferentes cadeias de produção, sejam elas, têxteis, alimentícias, de fabricação de papel e cosmética. Em especial, as fábricas têxteis são uma das maiores responsáveis pela geração de efluentes carregados de corantes, advindos do tingimento das roupas (KHELIFI et al., 2009). Esse tipo de efluente é altamente colorido devido a presença de corantes que não se fixam a fibra durante o processo de tingimento, além do efeito visual causado, acarreta uma alta demanda química de oxigênio, são muitas vezes tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (KUNZ et al., 2002; PEIXOTO; MARINHO; RODRIGUES, 2013). Em virtude da grande problemática causada por esses tipos de efluentes e com as legislações cada vez mais

¹ Aluno de Iniciação Científica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, Brasil. E-mail: hugorabelo@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: xxxxxxxxxxxxxxxx.

² Docente no Curso de Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, Brasil. E-mail: andreteessaro@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7041730332413143>.

³ Docente no Curso de Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, Brasil. E-mail: samulewski@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1426872141867092>.

⁴ Docente no Curso de Licenciatura em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, PR, Brasil. E-mail: agracetto@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6580168641383982>.

rigorosas, estuda-se diversos tipos de técnicas de tratamento, como, adsorção, precipitação, coagulação, oxidação e outros (KHELIFI et al., 2009). Destes, um dos mais utilizados e estudados é o processo de adsorção, devido ao baixo valor e facilidade na operação.

Na adsorção, o corante é removido da solução a partir da sua interação com um sólido, o adsorvente. Estas interações podem ser de natureza eletrostática (quimissorção) ou de van der Waals (fisissorção). Esta última é mais frágil e a aderência das partículas no adsorvente podem ser facilmente rompidas, mesmo com pequena variação de temperatura. Na quimissorção, as moléculas de adsorvato se unem por ligações químicas ao adsorvente, promovendo uma forte interação entre ambos e dificultando assim o processo de dessorção (ATKINS, 2017).

Um dos materiais mais utilizados como adsorvente para o tratamento de efluentes têxteis, é o carvão ativado, porém devido ao seu alto custo torna-se interessante o estudo de adsorventes mais baratos e alternativos. No presente trabalho, investiga-se o uso do poliestireno expandido (isopor). Nossa escolha busca um material alternativo, obtido de descarte (de baixo custo), e contribuir para a sustentabilidade: reutilizar e reciclar, além de haver poucos estudos relacionados a este material como adsorvente.

METODOLOGIA

Para os estudos de adsorção, foi preparada uma solução estoque do corante AM em 12 mg/L, em água. Todas as demais soluções de AM foram preparadas a partir desta solução estoque, por diluição.

As medidas de variação da concentração das soluções de AM foram realizadas no espectrofotômetro Cary-60, no intervalo de comprimento de onda de 400 nm a 800 nm.

O isopor (adsorvente) foi obtido a partir de embalagens descartadas, limpas e sem sujeira. Desta forma, não foram necessários processos de lavagem ou limpeza. As peças de isopor utilizadas foram trituradas, formando uma espécie de granulado, com diâmetro médio de 0,5 mm. Em todos os ensaios, a quantidade média de adsorvente utilizada foi de 0,50 g. Não foram realizados tratamentos adicionais no adsorvente.

Os ensaios de adsorção foram realizados em frascos de plástico não transparente e com tampa, com volume de 150 mL. Durante os ensaios, utilizou-se uma Incubadora Shaker Refrigerada modelo NT 715 com temperatura controlada, com velocidade de rotação de 60 rpm.

Os ensaios cinéticos foram realizados nas concentrações de 2,5 e 4,5 mg/L com temperatura controlada e agitação constante. Alíquotas de solução de AM foram retiradas após 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 min após iniciado o processo de adsorção. Todos os estudos foram realizados em duplicata.

Para as isotermas de adsorção de AM em isopor foram empregadas diferentes concentrações de AM (0,25 mg/L, 0,5 mg/L, 1 mg/L, 1,5 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L, 4 mg/L e 5 mg/L). As amostras foram agitadas em shaker por 2 horas a 30°C ou 40°C. Com o fim do processo foram retiradas alíquotas e posteriormente suas leituras no espectrofotômetro. Todos os estudos foram realizados em duplicata.

Todos os gráficos e cálculos de ajustes foram analisadas pelo software Origin(R) 8.5.

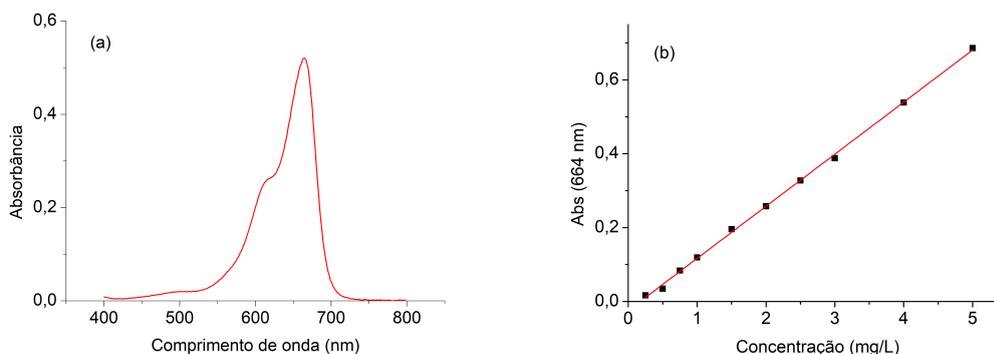
RESULTADOS E DISCUSSÕES

COMPORTAMENTO DO AM EM ÁGUA

O AM apresenta duas bandas de absorção, que podem ser observadas na figura 1. Os valores máximos das bandas estão localizados nos comprimentos de onda de 620 nm e 664 nm (CARVALHO, 2010). Ele apresenta sua absorção máxima no comprimento de 664 nm, sendo esta utilizada como referência neste trabalho por ser o de maior intensidade.

Na figura 1 também está mostrada a curva de calibração do AM. Até a concentração de 5,0 mg/L, a variação de sua absorbância é linear no intervalo estudado.

Figura 1 - (a) Espectro de absorção e (b) curva de calibração do AM (5 mg/L) em água.



Fonte: Autoria própria (2023)

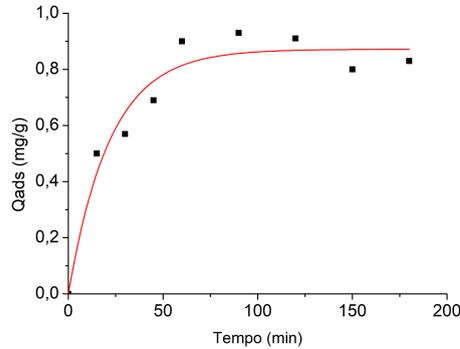
Com o resultado da regressão linear, observa-se um comportamento linear do AM em água, apresentando boa precisão e linearidade confiável ($R^2 = 0,9991$). A partir da inclinação da reta e aplicando-se a Lei de Lambert-Beer, foi possível determinar a absorvidade molar do AM, igual a $45000 \text{ L mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

Com base no conhecimento das bandas de absorção do AM e a confiança na curva de calibração, foi então analisado o potencial de adsorção do AM em Isopor.

CINÉTICA DE ADSORÇÃO

O estudo da cinética de adsorção foi realizado monitorando-se a variação das concentrações AM com o tempo. A figura 2 mostra a variação da quantidade de AM adsorvido (Q_{ads}) com o tempo. A análise cinética de adsorção utilizou-se de três modelos: o de pseudo-primeira ordem (PPO), pseudo-segunda ordem (PSO) e o de difusão intra-partícula (DIP). Dentre os três modelos, o que mais se adequou aos dados obtidos foi o de PPO, com um $R^2=0,95022$. O ajuste do modelo de PPO está mostrado pela linha vermelha na figura 2.

Figura 2 - Cinética de adsorção do isopor em AM, 2,5 mg/L



Fonte: Autoria própria (2023)

Como a cinética de adsorção seguiu um modelo de PPO, pode-se concluir que a adsorção depende apenas da concentração do corante.

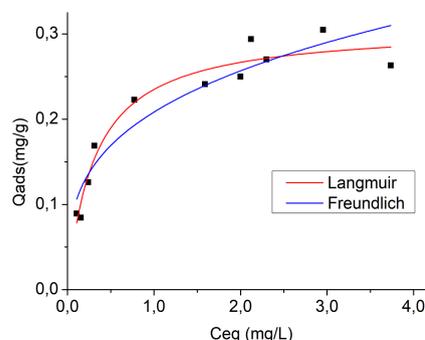
Os ajustes com o modelo de PPO permitiram determinar que a constante de velocidade do processo (k_1) é igual a $0,04292 \text{ min}^{-1}$ e com erro médio de 0,0069. Os ajustes para os demais modelos, PSO e DIP foram muito diferentes dos pontos experimentais e não serão apresentados neste trabalho.

Através da curva cinética é possível determinar que 90% do processo de adsorção ocorre no tempo de 90 minutos.

ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

Para a construção da isoterma de adsorção do AM no isopor, utilizou-se uma quantidade fixa do adsorvente em diferentes concentrações do corante. Foram utilizados os modelos de Langmuir e Freundlich para analisar as isotermas obtidas. Na figura 3 está apresentada uma isoterma com o ajuste seguindo o modelo de Langmuir e com o ajuste de Freundlich, ambas a 30°C .

Figura 3 - Isotherma de adsorção (Langmuir e Freundlich) de AM em isopor após 2h, $T=30^\circ\text{C}$



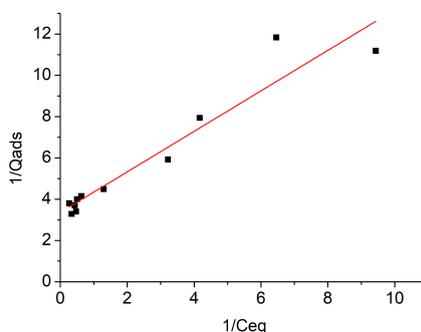
Fonte: Autoria própria (2023)

Na figura 3 observam-se dois momentos distintos. Um inicial até aproximadamente 1,0 mg/L com alta adsorção do AM mostrando que o isopor possui alta adsorção em baixas concentrações de AM, e outro para concentrações maiores, indicando a saturação na superfície do adsorvente.

Para o modelo de Langmuir a isoterma se ajustou para um $R^2=0,94706$ e para o modelo de Freundlich a um $R^2=0,88727$, observando-se então que a isoterma se adequa mais ao modelo de Langmuir.

A partir da linearização da equação de Langmuir, obtêm-se os parâmetros de adsorção. Plotou-se um gráfico de $1/Q_{ads}$ por $1/C_{eq}$, resultando em uma reta cuja a interseção é $1/b$ e sua inclinação é $1/(K.b)$. Na figura 4 pode-se observar a linearização.

Figura 4 - Linearização da isoterma de Langmuir para o tempo de 2h.

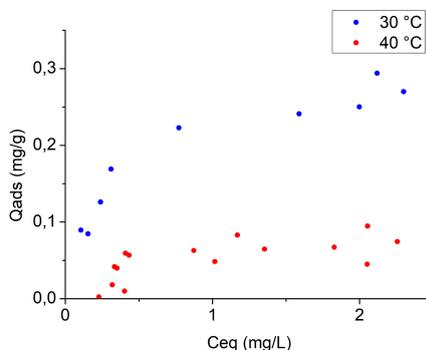


Fonte: Autoria própria (2023)

O valor de R^2 encontrado para a linearização da isoterma foi de 0,9221. A partir da inclinação pode-se calcular os parâmetros de Langmuir. O valor máximo de adsorção (b) encontrado foi igual a $0,2974 \text{ g g}^{-1}$, e o valor da constante de equilíbrio (K) foi determinado para $3,4269 \text{ L g}^{-1}$.

Para o efeito da temperatura, plotou-se dois gráficos, um gráfico representando a isoterma realizada na temperatura de 30°C e a outra na temperatura de 40°C . Os gráficos estão representados na figura 5.

Figura 5 - Isoterma a 30°C e 40°C



Fonte: Autoria própria (2023)

Observa-se que devido ao aumento de temperatura, a adsorção do Azul de Metileno foi menor, caracterizando uma adsorção por fisissorção.

CONCLUSÃO

A cinética de adsorção se adequa mais ao modelo de pseudo-primeira ordem e a constante de velocidade encontrada foi de $0,04292 \text{ min}^{-1}$.

A adsorção do AM em isopor é eficaz, especialmente para concentrações de até $1,0 \text{ mg/L}$, onde a adsorção ocorre de maneira mais efetiva, sendo o valor máximo de adsorção encontrado de $0,2974$ gramas de AM por gramas de isopor.

A adsorção acontece por fisissorção, devido a adsorção ser menor para temperaturas maiores.

Agradecimentos

Agradecemos ao LAMAP, pela disponibilização do espectrofotômetro Cary 60 UV-vis.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. JULIO DE PAULA. **Físico-química**. V.2. Rio de Janeiro: LTC. 2017.

CARVALHO, Terezinha Elizabeth Mendes de. **Adsorção de corantes aniônicos de solução aquosa em cinza leve de carvão e zeólita de cinza leve de carvão**. 107 f. Dissertação (Mestrado), IPEN, São Paulo, 2010.

KHELIFI, E. et al. **Effect of nitrogen and carbon sources on Indigo and Congo red decolourization by Aspergillus alliaceus strain 121C**. Journal of Hazardous Materials, v. 163, n. 2, p. 1056–1062, 30 abr. 2009.

KUNZ, A. et al. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química Nova, v. 25, n. 1, p. 78–82, fev. 2002.

PEIXOTO, F. P.; MARINHO, G.; RODRIGUES, K. **CORANTES TÊXTEIS: UMA REVISÃO**. HOLOS, v. 5, p. 98, 14 nov. 2013.