

Aplicação do lodo secundário de esgoto sanitário como material adsorvente para remoção do corante preto reativo 5 em coluna de leito fixo.

Reuse of sanitary sewage sludge as adsorbent for dye removal in fixed-bed column.

RESUMO

Samara Graciela de Faria
sfaria@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Karina Querne de Carvalho Passig
kaquerne@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Roberta Carolina P. Rizzo
robertadomingues12@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Fernando Hermes Passig
fhpassig@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Diante da complexidade de remoção dos corantes em meio aquático e a problemática da disposição final do passivo ambiental lodo de estação de tratamento de esgoto. O presente trabalho avaliou o uso do lodo de ETE como adsorvente alternativo na adsorção do corante Black Reativo 5 da Sigma-Aldrich em solução aquosa. O lodo foi usado como recheio de uma coluna, em escala de bancada, na forma pirolisada (LP) e funcionalizada (LF). Foram realizados ensaios com base no planejamento estatístico elaborado com delineamento composto central rotacional (DCCR), avaliando a influência da massa de adsorvente, vazão do afluente e concentração inicial do adsorbato na eficiência de remoção do corante na coluna. Os modelos de Thomas e Yoon-Nelson foram ajustados aos dados experimentais obtidos com a operação da coluna. A partir dos resultados, verificou-se que os dados cinéticos foram bem ajustados em ambos os modelos cinéticos. Observou-se que o processo de adsorção em leito fixo foi favorecido para menores vazões e maiores massas de adsorvente. Concluindo dessa forma que as maiores eficiências de remoção do corante em ensaios de leito fixo ocorrem em menores vazões e alturas maiores de leito para ambos os adsorventes.

PALAVRAS-CHAVE: Corante, remoção, coluna de leito fixo.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

In front of the complexity of dye removal in the aquatic environment and the problematic of the final disposal of the environmental passive sewage sludge. The present work evaluated the use of sludge as an alternative adsorbent in the adsorption of Sigma-Aldrich Black Reactive 5 dye in aqueous solution. The sludge used as column filled, on bench scale, in the pyrolysis (SP) and functionalized (SF) forms. Assays were performed based on the statistical design prepared with central rotational composite design (DCCR), evaluating the influence of adsorbent mass, contribution flow and initial concentration of adsorbate on dye removal efficiency in the column. The Thomas and Yoon-Nelson models were adjusted to the experimental data obtained with the spine operation. From the results, it was found that the kinetic data were well adjusted in both kinetic models. It was observed that the fixed bed adsorption process was favored for lower flow rates and larger adsorbent masses.

In conclusion, the higher dye removal efficiencies in fixed bed assays occur at lower flow rates and higher bed heights for both adsorbent.

KEYWORDS: Dye, removal, fixed bed column.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil brasileira possui uma posição ímpar na economia do país e uma colocação de destaque no cenário mundial. Segundo dados de 2017, a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção ABIT, o setor é o segundo maior empregador na indústria de transformação brasileira e o quarto maior produtor e consumidor mundial de Denim.

Diante dessa demanda os impactos ambientais gerados por esse setor industrial podem ser elevados devido à alta carga de resíduos gerados. Segundo Santhy e Samphy (2006) cerca de 40% dos corantes do tipo reativo são descartados no efluente têxtil durante a lavagem do tecido. A presença de cor nos efluentes e o impacto gerado devido a essa característica é um dos principais agravantes do efluente têxtil, já que afeta a transparência da água e a solubilidade de gases nos corpos hídricos, reduzindo a capacidade de regeneração desses em função da redução da penetração de luz solar e alterando a fotossíntese (GUARANTINI & ZANONI, 1999).

A remoção dos corantes nos efluentes é difícil, já que são moléculas resistente à digestão aeróbia e estáveis a agentes oxidantes (CRINI; BADOT, 2008). Devido à essa complexidade de remoção dessas moléculas, estudos de tratamentos efetivos são importantes. Entre os tratamentos utilizados para a remoção de cor do efluente têxtil a adsorção possui destaque, uma vez que é um método econômico e com rendimento para remoção de corantes. O material adsorvente mais usado é o carvão ativado devido à alta área superficial, porosidade e hidrofobicidade (SULAK; DEMIRBAS; KOBYA, 2007). Além disso esse processo, pode ser barateado, já que há várias formas de obter o carvão ativado, como também a partir de resíduos.

Entre os resíduos, o lodo de estação de tratamento de esgoto é estudado como material precursor de carvão ativado, uma vez que esse resíduo é uma matriz complexa. Segundo a NBR 10004, os lodos de ETE são classificados como resíduos perigosos, pois possuem elementos potencialmente perigosos, envolvendo riscos biológicos e metais pesados presentes em sua composição (ANDREOLI et al., 2001). Segundo Pathak et al., (2009) o uso do lodo como material precursor de carvão ativado está ganhando espaço, já que a presença de metais pesados restringe seu uso do lodo como fertilizante.

Devido a esses dois agravantes, a complexidade de remoção dos corantes e problemática envolvendo a disposição final do lodo de ETE, o presente trabalho avaliou o uso de carvão ativado proveniente de lodo de estação de tratamento de esgotos como material adsorvente alternativo no processo de adsorção do corante reativo preto 5. Neste estudo foram usadas as condições ótimas obtidas em ensaios preliminares em batelada por tese em andamento de Freitas (2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

A amostra de lodo anaeróbio foi coletada na Estação de Tratamento de Esgotos de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (tipo UASB). A nomenclatura, que será usada para designar os adsorventes é LI para lodo in natura, LP para lodo pirolisado e LF para lodo funcionalizado.

PREPARO DO MATERIAL ADSORVENTE

Inicialmente a amostra do lodo in natura foi seca em estufa por 24 h a 105 (5) °C, e após esta estar sem umidade foi moído o lodo em um moinho de panelas. A granulometria a qual foi separada está na faixa de 0,6 mm a 0,075 mm. A etapa de pré-tratamento (secagem e moagem) foi realizada apenas no lodo *in natura*, e a partir deste seco e triturado foi preparado os demais adsorventes, lodo pirolisado e o lodo funcionalizado.

TRATAMENTO TÉRMICO

Aproximadamente 100g das amostras de lodo *in natura* foram levados à mufla a temperatura de 200 °C durante uma hora. Após esse período, aumentou a temperatura para 500 °C e as amostras permaneceram nessa temperatura por mais uma hora. O procedimento foi baseado no trabalho desenvolvido por Vaques (2008).

TRATAMENTO QUÍMICO

O tratamento químico teve por objetivo a modificação da superfície do adsorvente, a fim de aumentar a sua capacidade adsorviva. O procedimento escolhido está de acordo com a metodologia proposta por (SONAI et al., 2016). Um grama do lodo pirolisado foi colocado em contato com 50 mL de uma solução de HNO₃ 0,1 mol·L⁻¹.

PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

Realizou um planejamento um planejamento fatorial de dois níveis e três fatores 2³, optou-se em realizar triplicata no ponto central, sendo um total de onze ensaios de adsorção em coluna de leito fixo usando como recheio o lodo pirolisado e o lodo funcionalizado (Tabela 1).

Tabela 1 Níveis dos fatores experimentais utilizados no delineamento

| Fatores | -1 | 0 | +1 |
|--|------|-----|------|
| Vazão (mL min ⁻¹) | 3 | 5 | 7 |
| Massa (g) | 0,33 | 0,5 | 0,80 |
| Concentração inicial (mg L ⁻¹) | 19 | 25 | 31 |

Fonte: Autoria própria (2019)

As condições de operação utilizadas no planejamento experimental para a adsorção do corante RB 5 em coluna de leito fixo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Planejamentos experimentais para o lodo pirolisado (LP) e para o lodo funcionalizado (LF).

| Ensaio | Vazão (mL min ⁻¹) | Massa (g) | Concentração inicial (mg L ⁻¹) |
|--------|-------------------------------|-----------|--|
| 1 | 3,2 | 0,33 | 19,1 |
| 2 | 6,8 | 0,33 | 19,1 |
| 3 | 3,2 | 0,33 | 30,9 |
| 4 | 6,8 | 0,33 | 30,9 |
| 5 | 3,2 | 0,80 | 19,1 |
| 6 | 6,8 | 0,80 | 19,1 |
| 7 | 3,2 | 0,80 | 30,9 |
| 8 | 6,8 | 0,80 | 30,9 |
| 9 | 5,0 | 0,50 | 25,0 |

Fonte: Autoria própria (2019)

ENSAIOS EM LEITO FIXO

Os experimentos de adsorção do corante RB 5 em coluna de leito fixo foram realizados em coluna de vidro encamisada com 0,86 cm de diâmetro interno e 40,16 cm de altura, acoplada a um sistema de alimentação através de uma bomba peristáltica (Provitec Modelo DM 25000 AX-D) e o banho termostático (314 DN Nova ética).

A montagem da coluna, foi feita com o preenchimento de aproximadamente um quarto da coluna com material inerte (pérolas de vidro), após essa camada inerte foi usado como suporte um chumaço de algodão. Após esse procedimento, a coluna foi alimentada com água deionizada até o seu topo, sendo o fluxo interrompido e o carvão adicionado em seguida. Após, o carvão decantar, outro chumaço de algodão foi colocado e novamente acrescentou a camada inerte. O ensaio foi iniciado, após a vazão ser ajustada no valor desejado. A alimentação da coluna foi realizada em fluxo ascendente, a fim evitar caminhos preferenciais

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na Tabela 3, que o maior tempo de 50% de saturação do leito foi no ensaio 7 com vazão 3,2 mL min⁻¹; massa 0,8 g, e concentração inicial do corante de 30,9 mg L⁻¹ para o lodo pirolisado e funcionalizado.

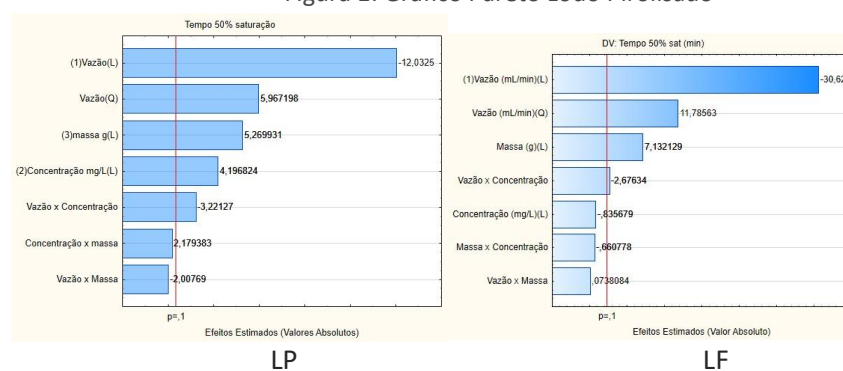
Tabela 3 Variável reposta tempo de 50% de saturação do leito para o lodo pirolisado (LP) e para o lodo funcionalizado (LF).

| Ensaio | Variáveis Decodificadas | | | Tempo de 50% saturação (min) | |
|--------|-------------------------------|-----------|--|------------------------------|-------|
| | Vazão (mL min ⁻¹) | Massa (g) | Concentração inicial (mg L ⁻¹) | LP | LF |
| 1 | 3,2 | 0,33 | 19,1 | 17,91 | 35,38 |
| 2 | 6,8 | 0,33 | 19,1 | 6,98 | 14,15 |
| 3 | 3,2 | 0,33 | 30,9 | 22,41 | 34,02 |
| 4 | 6,8 | 0,33 | 30,9 | 7,65 | 15,82 |
| 5 | 3,2 | 0,80 | 19,1 | 22,23 | 41,66 |
| 6 | 6,8 | 0,80 | 19,1 | 10,58 | 19,01 |
| 7 | 3,2 | 0,80 | 30,9 | 36,74 | 41,79 |
| 8 | 6,8 | 0,80 | 30,9 | 12,41 | 16,79 |
| 9 | 5,0 | 0,50 | 25,0 | 9,66 | 19,08 |
| 10 | 5,0 | 0,50 | 25,0 | 9,73 | 18,96 |
| 11 | 5,0 | 0,50 | 25,0 | 9,99 | 19,52 |

Na Figura 2, observa-se que a vazão possui uma forte influência sobre o processo de adsorção, segundo (RIBAS, 2016) o aumento da vazão diminui a capacidade de retenção da coluna, devido ao tempo de residência do fluido no leito diminuir. Segundo (ASHADEVI; IMMANUEL; USHARANI, 2011) o tempo de residência do soluto na coluna não foi longo o suficiente para o equilíbrio de adsorção ser alcançado.

Efeito contrário é observado para a massa, tendo um efeito positivo para o LF e LP. A concentração teve significância somente para o lodo pirolisado. Segundo Alimohammadi et al. (2016), o aumento da massa (altura do leito) proporciona um maior número de sítios livres. Dessa forma, a eficiência de remoção será melhor, e conseqüentemente um maior tempo de saturação do leito.

Figura 1: Gráfico Pareto Lodo Pirolisado



Fonte: Autoria própria (2019)

CONCLUSÕES

Conclui-se a partir do estudo realizado, que as variáveis vazão, massa e concentração inicial do corante possuem influência no processo adsorptivo do corante reativo preto cinco. Observou-se que dentre essas variáveis a vazão possui

maior influência, e seu efeito é negativo no processo adsorptivo, ou seja quanto maior for a vazão menor será a eficiência da coluna. Conclui-se que esse comportamento se deve ao tempo de equilíbrio não estabelecido entre o adsorvato e o adsorvente. Ao contrário desse parâmetro a massa possui um efeito positivo, tal fato deve-se ao aumento de sítios desocupados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CNPQ pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de iniciação científica. Agradeço a Prof Dr^a Karina Querne de Carvalho Passig pela orientação durante a iniciação científica e trabalho de Conclusão de Curso.

REFERÊNCIAS

ALIMOHAMMADI, Z.; YOUNESI, H.; BAHRAMIFAR, N. Batch and Column Adsorption of Reactive Red 198 from Textile Industry Effluent by Microporous Activated Carbon Developed from Walnut Shells. **Waste and Biomass Valorization**, v. 7, n. 5, p. 1255–1270, 2016.

ASHADEVI, U.; IMMANUEL, V. P.; USHARANI, T. **Fixed bed column study for the removal of reactive red 120(Rr120) dye from aquatic environment by low cost adsorbents**. Proceedings of the International Conference on Green Technology and Environmental Conservation, GTEC-2011. **Anais...2011** Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84859909935&partnerID=40&md5=12c0dce02379790fa14e494b5e356c39>>

CRINI, G.; BADOT, P. M. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 2008.

PATHAK, A.; DASTIDAR, M. G.; SREEKRISHNAN, T. R. Bioleaching of heavy metals from sewage sludge: A review *Journal of Environmental Management*, 2009.

SANTHY, K.; SELVAPATHY, P. Removal of reactive dyes from wastewater by adsorption on coir pith activated carbon. *Bioresource Technology*, v. 97, n. 17, p. 1329–1336, 2006.

SULAK, M. T.; DEMIRBAS, E.; KOBYA, M. Removal of Astrazon Yellow 7GL from aqueous solutions by adsorption onto wheat bran. **Bioresource Technology**, 2007.

RIBAS, M. C. **Remoção de Corantes têxteis pelo processo de adsorção utilizando carvão ativado produzido a partir de subprodutos agroindustriais - estudo em batelada e coluna de leito fixo**. Dissertação de Mestrado Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2016