

## HIDROCARBONIZAÇÃO DE REJEITOS INDUSTRIAIS PARA FINS DE TRATAMENTO DE EFLUENTE POR ADSORÇÃO - II

Carlos Eduardo Ceccato Hermes (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Larissa Yukie Pianho (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Thiago Peixoto de Araújo (Co-orientador), Fernanda Carla Camilo (Co-orientadora), Maria Angélica Simões Dornellas de Barros (Orientador), e-mail: angelicabarros.deq@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

### Engenharia Química, Tecnologia Química

**Palavras-chave:** Hidrocarbonização, efluente, lavanderia.

### Resumo:

Este trabalho tem por objetivo investigar uma rota mais ecologicamente correta para o processo de produção de lodo de lavanderia industrial usando agente de origem vegetal. O lodo formado pode ser matéria-prima de hidrocarvões, adsorventes de corantes. O lodo foi gerado com tanino, sendo a melhor concentração de 140 mg de tanino/L de efluente bruto. O hidrocarvão (HC - LODO) foi produzido a partir do lodo gerado com tanino. O processo ocorreu a 220 °C por 8 horas. A capacidade de adsorção de corante foi analisada pela remoção de Azul de Metileno (AM) de meio aquoso em pH ótimo 10. Os dados cinéticos foram bem representados pelo modelo de pseudo-segunda ordem ( $R^2 = 0,987$  e  $\chi^2 = 2,306$ ). A capacidade máxima de adsorção de AM foi de 67,5 mg g<sup>(-1)</sup> de acordo dos dados de equilíbrio representados pela isoterma de Langmuir ( $R^2 = 0,986$  e  $\chi^2 = 9,257$ ). O hidrocarvão produzido a partir do lodo de efluente de lavanderia industrial se mostrou promissor para o uso na remoção de corante.

### Introdução

Lavanderias industriais geram efluentes ricos em corantes e matéria orgânica. O tratamento destes efluentes inclui coagulação/floculação e sedimentação, feita pela adição de agentes à base de metais, que geram lodo com baixa carga orgânica (Menezes, 2005). O lodo é destinado a aterros ou inapropriadamente utilizado como adubo. Desta forma, é imperativo encontrar uma alternativa sustentável para esses agentes. Uma possível solução é a substituição do agente coagulante comumente utilizado, o sulfato de alumínio, pelo tanino, de origem vegetal. O uso de tanino gera um lodo biodegradável mais apropriado para ser usado como adubo, ou ainda, na produção de carvões, uma vez que é rico em material carbonáceo.

A hidrocarbonização ocorre em temperaturas brandas e permite o uso de biomassa úmida, pois utiliza água no procedimento sendo portanto, uma rota eco-amigável. (Fagnani et al., 2019). Assim, o enfoque deste trabalho é utilizar o tanino na produção do lodo no tratamento de um efluente bruto de lavanderia, submetê-lo à hidrocarbonização e averiguar sua capacidade de remoção do corante azul de metileno por adsorção.

## Materiais e métodos

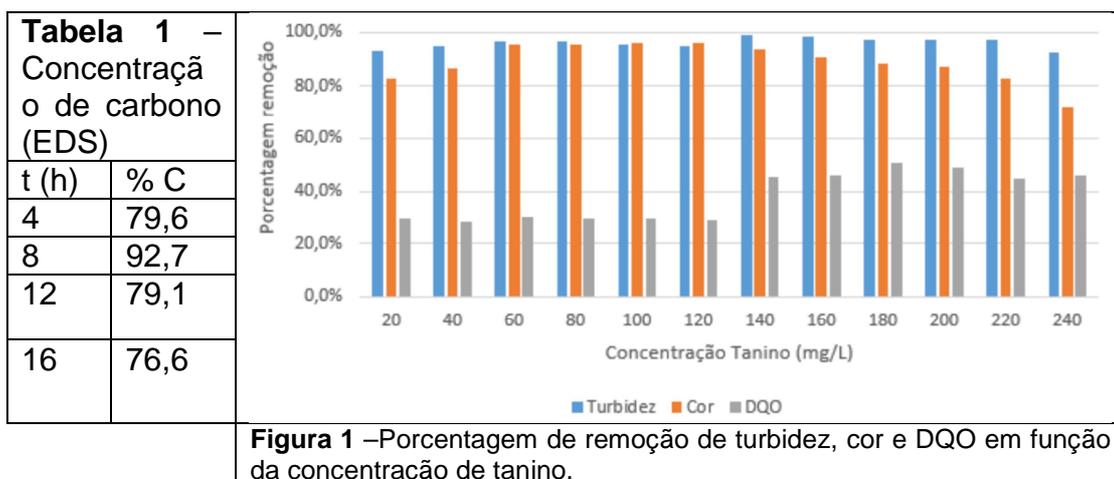
O lodo utilizado na produção do hidrocarvão foi obtido a partir de testes da floculação de amostras de efluente de uma lavanderia industrial de Maringá-PR. Em cada teste foram utilizados 500 mL de efluente e concentrações de 20 a 240 mg L<sup>(-1)</sup> de tanino. Os experimentos foram realizados em jar-test (Milan, JT 101/6). Os ensaios seguiram o procedimento de Couto Junior et al. (2013). A suspensão foi filtrada a vácuo e o lodo obtido, seco a 100 °C em estufa por 24 h. O efluente bruto e os clarificados obtidos tiveram suas propriedades físico-químicas de cor, turbidez e DQO analisadas com um espectrofotômetro (Hach, DR/20) em 455, 860 e 600 nm, respectivamente. O lodo produzido com melhor clarificado na etapa anterior foi utilizado para a síntese de hidrocarvão (HC), (5 g de lodo por 20 mL de água deionizada, 220 °C), a diferentes tempos (4 a 16 horas). Os hidrocarvões obtidos foram caracterizados por espectrometria de raios-X por energia dispersiva (EDS) e o que apresentou maior quantidade de carbono em sua composição foi denominado HC-LODO, o qual foi caracterizado por adsorção de N<sub>2</sub> e ponto de carga zero – PCZ e utilizado nos ensaios de adsorção. Foi analisada a capacidade de adsorção de AM (25 mL, 100 mg L<sup>(-1)</sup>) pelo HC-LODO (50 mg) alterando o pH inicial (2,0 a 11,0). A suspensão foi agitada por 24 horas a 30 °C e 150 rpm. Os estudos de cinética da adsorção do corante se deram nas mesmas condições, mas no pH em que houve melhor resultado. Os modelos de pseudo-primeira, pseudo-segunda ordens e de Elovich foram ajustados aos dados experimentais. Os dados de isoterma foram obtidos nas mesmas condições, mas com concentrações de AM variando de 15 a 350 ppm e durante o período de equilíbrio encontrado nos testes referentes à cinética do processo. Os modelos de Langmuir, Freundlich e Sips foram ajustados aos dados experimentais.

## Resultados e Discussão

Os resultados da remoção de turbidez, cor e DQO do efluente bruto em função da concentração de tanino podem ser verificados na Figura 1. A taxa de remoção das características analisadas é diretamente proporcional à concentração de tanino até o valor de 220 mg L<sup>(-1)</sup>, a partir do qual verifica-se que o tanino se mantém em suspensão, perdendo sua eficiência e contribuindo para o aumento dos parâmetros estudados. Além disso, verifica-se uma alta remoção da DQO a partir da concentração de 140 mg L<sup>(-1)</sup>

1). Como essas taxas de remoção se mostraram similares, o lodo obtido com a adição de tanino à concentração de 140 mg L<sup>(-1)</sup> foi utilizado nos testes de hidrocarbonização, pois exige um menor gasto da solução de tanino, garantindo um dos melhores resultados observados: remoção de 99% da turbidez, 94% da cor e 46% da DQO iniciais.

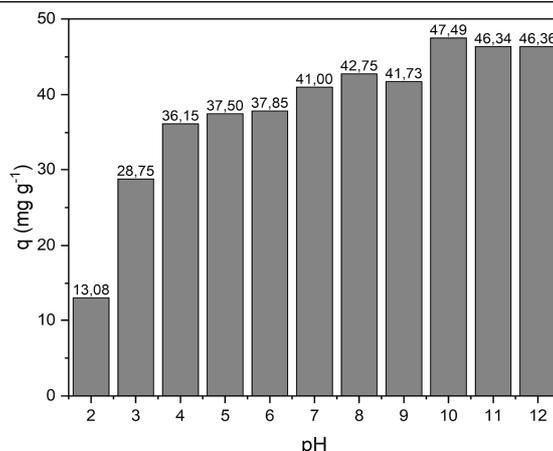
Na Tabela 1, pode-se observar que o ensaio de 8 horas gerou o hidrocarvão com maior concentração de carbono em sua composição, sendo assim, esse foi designado como HC-LODO e utilizado nas etapas seguintes do estudo.



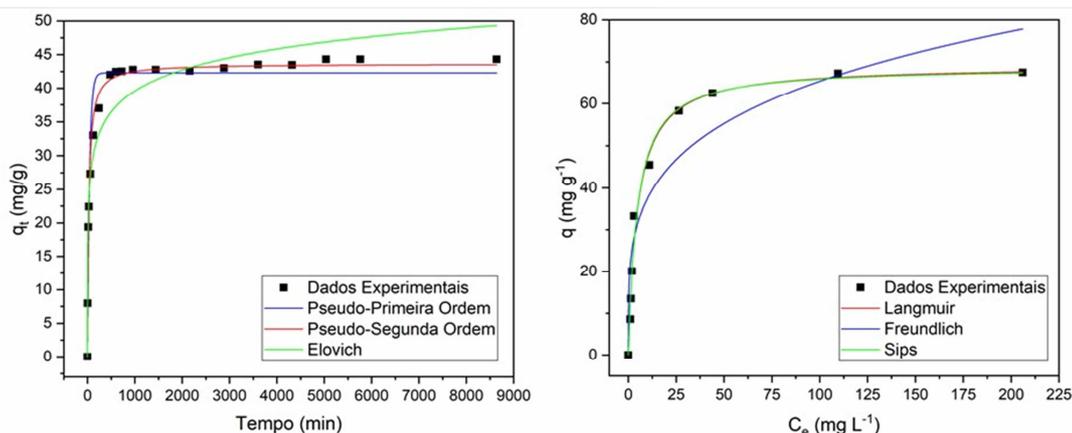
A caracterização do HC-LODO por adsorção de N<sub>2</sub>, confirmou pouca porosidade e uma área superficial específica dentro do que é esperado (Fagnani et al., 2019)). Tais dados se apresentam na Tabela 2. HC-LODO é levemente ácido, com PCZ de 6,45.

Foi avaliada a influência do pH do meio na adsorção do corante azul de metileno (AM), apontando um aumento na capacidade de adsorção a partir do pH 4, chegando ao máximo em pH 10 (47,49 mg g<sup>(-1)</sup>), como mostra a Figura 2. Como o PCZ do HC-LODO é neutro e o corante AM é catiônico, um meio básico favorece a adsorção, uma vez que o adsorvente apresenta sua superfície negativamente carregada, no entanto em meios muito básicos, um excesso de cargas negativas pode inibir a atração eletrostática entre o corante e o hidrocarvão (Mouni, et al.). Em relação à cinética, 30 minutos foram suficientes para atingir 50% de sua capacidade máxima de adsorção de 43 mg g<sup>(-1)</sup>. Nos testes de isoterma o hidrocarvão apresentou uma capacidade máxima de adsorção de AM de 67,5 mg g<sup>(-1)</sup>. Observa-se, portanto, uma forte interação entre o corante e a superfície do hidrocarvão e coincidindo com o resultado obtido em outros trabalhos (Araújo et al., 2020, Junhua et al., 2018). Os dados de cinética da adsorção e o da isoterma de equilíbrio, (Figura 3), foram melhor ajustados para o modelo de pseudo-segunda ordem (R<sup>2</sup> = 0,987 e  $\chi^2$  = 2,306) e ao modelo de Langmuir (R<sup>2</sup> = 0,986 e  $\chi^2$  = 9,257), respectivamente. Observa-se a rápida obtenção de equilíbrio na cinética e um pronunciado platô na isoterma.

<b>Tabela 2 – Caracterização do HC-Lodo por adsorção de N<sub>2</sub></b>	
S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	11,406
V <sub>P</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	0,042
D <sub>P</sub> (nm)	14,814



**Figura 2 – Influência do pH na adsorção do corante AM no HC-LODO**



## Conclusões

O uso de tanino como agente coagulante/floculante apresentou bons resultados, diminuindo a turbidez, cor e DQO do efluente bruto de lavanderia, sendo a melhor concentração de 140 mg de tanino por litro de efluente. O lodo produzido foi submetido à hidrocarbonização a 220 °C durante 8 horas, resultando em um HC composto por 92,7% de carbono (obtido pelo EDS). O ensaio cinético atingiu o equilíbrio após 96 horas e a isoterma mostrou uma capacidade máxima de adsorção do AM de 67,5 mg g<sup>(-1)</sup>. O valor ótimo do pH do meio foi igual a 10 e os modelos matemáticos para os quais a cinética e a isoterma do processo melhor se ajustaram foram o de pseudo-segunda ordem e o de Langmuir, respectivamente. Sendo assim, o HC produzido se mostrou promissor para a remoção de AM de efluentes.

## Referências

ARAÚJO, T. P., et al., **Biosorption mechanisms of cationic and anionic dyes in a low-cost residue from brewer's spent grain**, Environmental Technology, doi: 10.1080/09593330.2020, 2020

COUTO JUNIOR, O. M., et al., **Study on coagulation and flocculation for treating effluents of textile industry**. Acta Scientiarum. Technology, 35, 1, 83-88, 2013.

FAGNANI, H. M.C., et al., **CO<sub>2</sub> adsorption in hydrochar produced from waste biomass**. SN Applied Sciences, 1, 1031-1041, 2019.

JUNHUA Y. et al., **Facile synthesis and highly efficient selective adsorption properties of Y<sub>2</sub>Mo<sub>4</sub>O<sub>15</sub> for methylene blue: Kinetics, thermodynamics and mechanical analyses**. Journal of Rare Earths, 36, 8,844-850, 2018.

MENEZES, J. C. S. S., **Tratamento e reciclagem do efluente de uma lavanderia industrial**. 2005. 118 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia-Área de Concentração Tecnologia Mineral) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MOUNI, L. et al., **Removal of methylene blue from aqueous solutions by adsorption on kaolin: Kinetic and equilibrium studies**. Applied Clay Science, v. 153, p. 38–45, 2018.

YANG, C. et al., **Preparation and characterization of poly(AA co PVP)/PGS composite and its application for methylene blue adsorption**. Journal of Colloid and Interface Science, 443, 97-104,2015.