



Preparação de carvão ativado da fibra de Alpaca e sua aplicação na adsorção do corante têxtil Azul Brilhante Remazol

Gabriella Henroz Bolognesi¹, Taís Larissa da Silva²

RESUMO

Resíduos do processamento de fibras têxteis animais podem ser considerados como uma alternativa na produção de carvões ativados (CA) e sua utilização como adsorvente para corantes têxteis pode ser uma solução sustentável para a indústria têxtil, a qual pode reutilizar um resíduo de fibra para remediar efluentes da própria cadeia produtiva. As fibras de alpaca são ricas em queratina, a qual possui alto teor de carbono, o que a qualifica como um promissor precursor de CA. O CA foi obtido a partir da impregnação do precursor com H_3PO_4 (m/v) e posteriormente foi realizada a etapa de ativação sob pirólise lenta. O carvão obtido foi caracterizado a partir de diferentes técnicas analíticas, as quais indicaram uma superfície heterogênea e com a presença de grupos químicos ácidos em sua maioria, de acordo com pH_{pzc} e método de *Boehm*. Além disso, o CA apresentou um valor de área superficial S_{BET} de $314 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. O uso de fibras animais na produção de CA é pouco reportado na literatura e poucos trabalhos disponíveis apresentam resultados bem-sucedidos. O objetivo deste trabalho foi utilizar resíduos de fibras de alpaca da região de Arequipa, Peru, como precursor para a produção de CA para adsorção do corante têxtil.

PALAVRAS-CHAVE: efluente têxtil; meio ambiente; sustentabilidade.

ABSTRACT

Residues from animal textile fibers processing can be considered as an alternative to production of activated carbons (AC) and their use as an adsorbent for textile dyes can be a sustainable solution for the textile industry, which can reuse a fiber residue to remediate effluents from the production chain itself. Alpaca fibers are rich in keratin, which has a high carbon content, which qualifies it as a promising AC precursor. The AC was obtained from the impregnation of the precursor with H_3PO_4 (m/v) and subsequently the activation step was carried out under slow pyrolysis. The carbon obtained was characterized using different analytical techniques, which indicated a heterogeneous surface with the presence of mostly acidic chemical groups, according to pH_{pzc} and Boehm's method. Furthermore, the CA presented a S_{BET} surface area value of $314 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. The use of animal fibers in the production of AC is little reported in the literature and few available studies present successful results. The objective of this work was to use alpaca fiber waste from the Arequipa region, Peru, as a precursor for the production of CA for adsorption of textile dye.

KEYWORDS: textile effluent; environment; sustainability.

INTRODUÇÃO

Os corantes sintéticos são extensivamente utilizados em vários setores industriais, dentre os quais se destacam as indústrias têxteis. O setor têxtil é gerador de grandes volumes de efluentes, os quais contém, além de altas concentrações de corantes que não se fixam as fibras durante o processo de tingimento, todos os aditivos necessários para as etapas de beneficiamento (KUNZ & ZAMORA, 2002).

Os corantes podem ser classificados de acordo com grupo cromóforo, apresentando diferenças nas estruturas e estabilidade química. O Azul Brilhante de Remazol R (RBBR) pertence à classe dos corantes antraquinônicos e representa um importante

¹ Bolsista do CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Paraná, Brasil E-mail: gabriella.bolognesi@hotmail.com. ID Lattes: 0761037556219857.

² Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Paraná, Brasil E-mail: taissilva@utfpr.edu.br. ID Lattes: 5941906552791263.



organopoluente tóxico e recalcitrante (SILVA et al., 2017). É um composto derivado do antraceno que apresenta elevada toxicidade, pelo comportamento químico similar aos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), os quais são difíceis de serem metabolizados (SILVA, et al., 2017; MECHICHI; MHIRI; SAYADI, 2006; OSMA; TOCA-HERRERA; RODRÍGUEZ-COUTO, 2010; HADIBARATA & KRISTANTI, 2012).

O processo de adsorção de compostos orgânicos sobre materiais sólidos eficientes e baratos é considerado um método de tratamento físico-químico simples e viável economicamente. A adsorção destes compostos em carvões ativados (CAs) é de grande interesse tecnológico, especialmente quando são utilizados para sua preparação precursores sustentáveis, provenientes de resíduos que não possuem destinação final apropriada. Poucos registros da utilização de fibras de pêlos como precursores para obtenção de carvão ativado são encontrados na literatura. No entanto, os trabalhos que exploram essa temática apresentam resultados bem sucedidos da utilização de pêlos de cabra (Liu et al., 2013) e cabelo humano (AHMED ET AL., 2017; SI ET AL., 2013).

O presente projeto propõe utilizar resíduos de fibras de alpacas. Essas são fibras têxteis de pêlo animal, um resíduo abundante no Peru, o maior produtor mundial das fibras deste camélídeo. O país busca soluções em países vizinhos para valorização deste resíduo e seu aproveitamento como precursor na produção de carvão ativado, seguido de sua aplicação como material adsorvente do corante têxtil Azul Brilhante Remazol mostra-se como uma alternativa promissora.

Poucos registros da utilização de fibras de pêlos como precursores para obtenção de carvão ativado foram encontrados na literatura. No entanto, os trabalhos que exploram essa temática apresentam resultados bem sucedidos da utilização de pêlos de cabra (Liu et al., 2013) e cabelo humano (Ahmed et al., 2017; Si et al., 2013) como precursores na obtenção de carvão ativado.

MATERIAIS E MÉTODOS

a) Precursor

As fibras de alpaca foram obtidas na cidade de Arequipa, no Peru. Foram obtidos resíduos de tosa e penteagem das fibras.

b) Preparação

As fibras de alpaca foram cortadas em pedaços de aproximadamente 1,0 cm. Para preparação dos CAs, 3,00 g do precursor foram misturados com 3,00 mL de ácido fosfórico (razão de impregnação 1:1 m:v) em um tubo de aço inoxidável. O produto obtido foi levado à estufa por 24 h a temperatura de 60°C. Em seguida, o reator foi inserido em um forno mufla (EDG Equipamentos EDG3P-S 7000) e submetido a rampas de aquecimento com taxa de 5°C min⁻¹. O forno foi aquecido até 500°C permanecendo nesta temperatura por 2 h. Decorrida a pirólise, o produto foi lavado na primeira vez utilizando-se solução de NaOH (0,1 mol L⁻¹), para neutralização. As próximas lavagens foram feitas com água destilada até que se alcançasse um pH próximo de 6,5. O sólido purificado foi seco em estufa a 110°C por 24 h e armazenado em dessecador com sílica para aguardar as análises.

c) Caracterização textural e química - Propriedades texturais

As propriedades texturais foram estimadas a partir da adsorção e dessorção de nitrogênio (N₂) a 77 K utilizando um adsortômetro (QuantaChrome Nova1200 surface area



analyzer). A área superficial foi determinada a partir das isotermas mediante a aplicação da equação de Brunauer-Emmett-Teller (BET) aos dados,

d) Titulação de Boehm

As quantidades de grupos ácidos oxigenadas foram determinadas usando a titulação de Boehm (Boehm, 1994).

e) pH no ponto de carga zero (pH_{PCZ})

O ponto de carga zero (PCZ) é definido como o pH em que a superfície do adsorvente possui carga neutra (Prahas et al., 2008). Para análise do pH_{PCZ} , 0,100 g do CA foi acondicionadas em tubos de polipropileno juntamente com 25,0 mL de soluções de NaCl 0,01 mol L⁻¹ com pH ajustado na faixa de 3,0 a 10,0. Os ajustes do pH das soluções foram realizados com soluções de HCl e NaOH (0,1 mol L⁻¹). Os tubos foram submetidos à agitação mecânica por 24 h. Os valores finais de pH das soluções foram determinados após o tempo de agitação. O pH_{PCZ} foi determinado como o ponto no qual a variação entre o pH inicial e pH final da solução foi igual a zero.

f) Estudo do pH de adsorção

Para checar o efeito do pH de adsorção, foram preparadas soluções de 100 mg L⁻¹ do corante ABRR, variando o pH de 3,0 a 10,0, que foram ajustadas usando soluções aquosas de HCl e NaOH 0,100 mol L⁻¹. Em seguida, foram adicionados 25,0 mL das soluções em tubos de polietileno contendo 25,0 mg do CA. O sistema foi submetido a agitação mecânica por 240 min. As concentrações remanescentes foram determinadas por espectrofotometria UV-Vis utilizando uma curva de calibração no comprimento de onda de absorção máxima (λ_{max}) de 617 nm. Os valores de capacidade de adsorção do corante (q_m) foram calculados usando a seguinte relação da Equação 1:

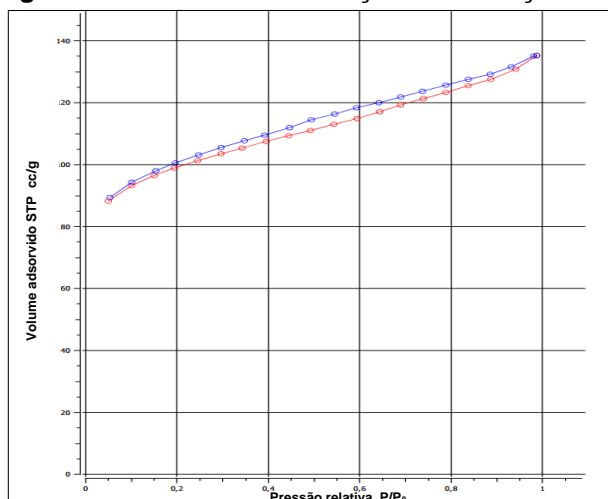
$$q_m = \frac{(C_i - C_f) \times V}{m} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde C_i é concentração inicial do ABRR (mg L⁻¹), C_f é concentração remanescente do ABRR (mg L⁻¹), V volume da solução (L), e m corresponde a massa (g) do CA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Caracterização textural

Figura 1 – Isoterma de adsorção e dessorção de N₂



Fonte: Autor (2023).

De acordo com a IUPAC, existe uma classificação das isotermas de adsorção, que conforme o perfil da isoterma, pode ser considerada do Tipo I, II, III, IV, V e VI. A partir da Figura 1, é possível observar que o CA apresentou um perfil de isoterma do Tipo IV(a). A quantidade de volume adsorvida de N₂ em valores iniciais de pressão relativa (até 0,35) pode ser atribuída à adsorção em monocamada, característica de isoterma do Tipo II. Mediante a aplicação da equação de Brunauer-Emmett-Teller (BET) aos dados, foi possível obter um valor de área de S_{BET} de 314 m² g⁻¹.

b) Titulação Boehm

O seguinte experimento foi realizado em parceria com o grupo de Estudos da Agroquímica, da Universidade Estadual de Maringá, cujos resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de grupos funcionais, a partir do método de Boehm.

Grupos químicos (mmol g ⁻¹)	Carboxílicos	Lactônicos	Fenólicos	Ácidos	Base
CA	1,35	0	0,42	1,67	1,18

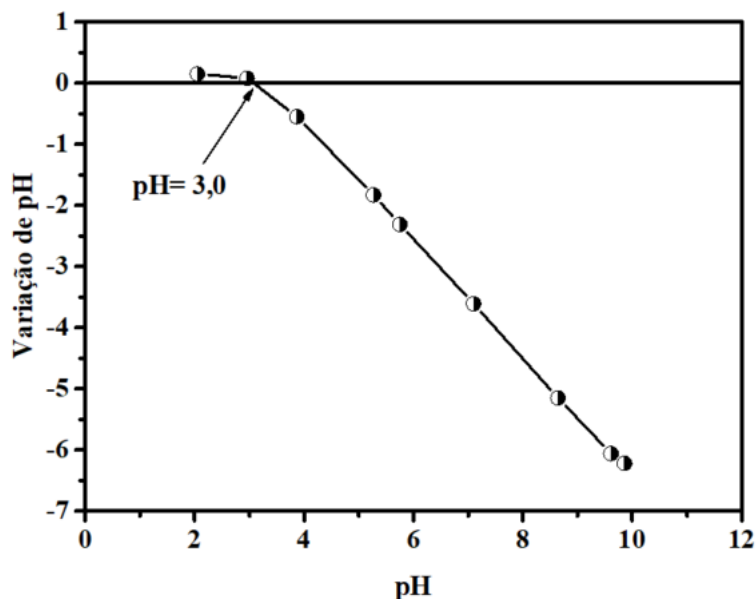
Fonte: Grupo de pesquisa Agroquímica UEM (2023).

De acordo com a **Tabela 1**, observa-se que a superfície do CA é constituída predominantemente por grupos ácidos (1,67 mmol g⁻¹), sendo que os grupos carboxílicos estão presentes em maior quantidade (1,35 mmol g⁻¹), seguido dos grupos fenólicos (0,42 mmol g⁻¹). Observa-se ainda a ausência de grupos lactônicos na superfície do material carbonáceo. É possível observar também a presença de grupos básicos no CA, com uma quantidade de 1,18 mmol g⁻¹. Os resultados obtidos corroboram com o valor de pH_{PCZ}, que apresentou um valor de pH de superfície ácido (3,0).

c) pH_{PCZ}

O pH_{PCZ} representa o pH no qual a carga de superfície dos materiais é igual a zero. Na **Figura 2** está representado o valor de pH_{PCZ} determinado por meio da dedução do pH final e do pH inicial, em que o ΔpH é zero (Prahas et al., 2008). De acordo com o resultado obtido, o valor de pH_{PCZ} encontrado foi de 3,0, indicando que para valores de pH acima de 3,0, a superfície do material está carregada negativamente, favorecendo o processo de adsorção de adsorbatos que estejam carregados positivamente. Já para valores de pH menores de 3,0, a superfície do CA encontra-se carregada positivamente, possibilitando que a adsorção ocorra de maneira favorável entre moléculas aniônicas. A característica ácida do material é devida ao processo de ativação com um ácido. Embora tenha sido lavado diversas vezes, o carvão mantém sua característica ácida em virtude dos grupos químicos presentes na superfície, algo desejado na produção de CA.

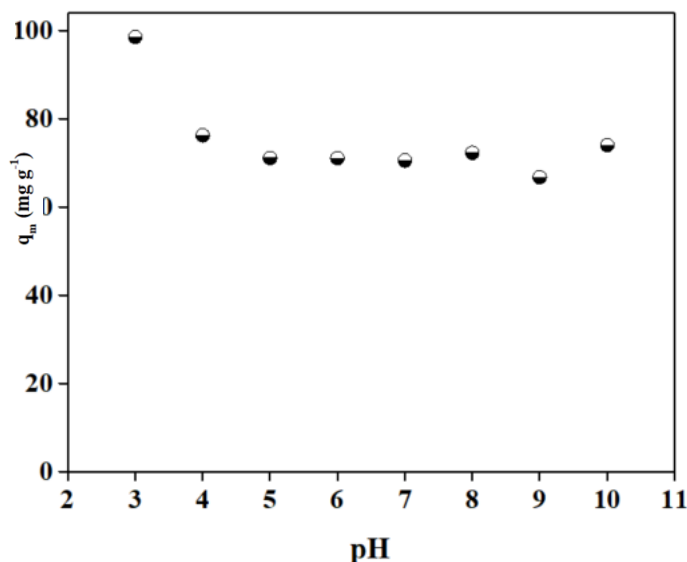
Figura 2 – Gráfico de pH_{PCZ} para o CA.



Fonte: Autor (2023).

d) Estudo de adsorção – estudo do pH de adsorção

Figura 3 – Efeito do pH de adsorção do ABRR sobre o CA



Fonte: Autor (2023).

CONCLUSÕES

A produção de carvão ativado a partir de resíduos de pêlos de alpaca apresentou resultados que indicam sua viabilidade de aplicação na remoção do corante azul brilhante remazol R. Embora não tenha sido possível realizar todos os ensaios cinéticos e isotérmicos para verificar a eficiência do material, observou-se área superficial satisfatória, bem como superfície química favorável à adsorção do corante ABRR. Espera-se dar continuidade aos experimentos e testar o material com outros adsorbatos futuramente.

Conflito de interesse

Declaramos que não há conflito de interesse na elaboração e divulgação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.J.; ISLAM, MD.A.; ASIF, M.; HAMEED, B.H.(2017) Human hair-derived high surface area porous carbon material for the adsorption isotherm and kinetics of tetracycline antibiotics. **Bioresource Technology** 243 p. 778-784.

HADIBARATA, T. & KRISTANTI, R.A. (2012) Effect of environmental factors in the decolorization of Remazol Brilliant Blue R by Polyporus sp. S133. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 57, n. 2, p. 1095-1098.

KUNZ, A.; ZAMORA, P. P. (2002) Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova** 25 p. 278-82.



LIU, H.; NING, W.; CHENG, P.; WANG, Y.; ZHANG, C. (2013) Evaluation of animal hairs-based activated carbon for sorption of norfloxacin and acetaminophen by comparing with cattail fiber-based activated carbon. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis** 101 p. 156-165.

MECHICHI, T; MHIRI, N.; SAYADI, S. (2006) Remazol Brilliant Blue R decolourization by the laccase from *Trametes trogii* **Chemosphere**, v. 64, n. 6, p. 998-1005.

MÉTIVIER-PIGNON, H.; FAUR-BRASQUET, C.; LE CLOIREC, P. (2003) Adsorption of dyes onto activated carbon cloths: approach of adsorption mechanisms and coupling of ACC with ultrafiltration to treat colored wastewaters. **Sep Purif. Technol.** 31 p. 3-11.

OSMA, J.F.; TOCA-HERRERA, J.L.; RODRÍGUEZ-COUTO, S. (2010) Transformation pathway of Remazol Brilliant Blue R by immobilised laccase. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 22, p. 8509-8514.

PRAHAS, D; KARTIKA, Y; ISMADJI, S. (2008) Activated carbon from jackfruit peel waste by H_3PO_4 chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization. **Chemical Engineering Journal**, v. 140, n. 1-3, p. 32-42.

SILVA, L. A. S. DA.; OLIVEIRA, J. M. DE; DUARTE, E. A. A.; BARRETO, N. S. E.; CAZETTA, M. L. (2017) Descoloração do corante Azul Brilhante de Remazol R por leveduras isoladas de moluscos do Rio Subaé, no Estado da Bahia, Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22, n. 6, p. 1065-1074.