

## SÍNTESE E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DE BIOCARVÃO ATIVADO PRODUZIDOS A PARTIR DA CASCA DA PITOMBA (*Talisia esculenta*)

Sofia O. Cunha<sup>1</sup>; Leonardo B. Cantanhede<sup>1</sup>; Marcos Vinícius de S. Aguiar<sup>1</sup>; Walinson F. Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Codó

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus São Luís Monte Castelo

**Palavras-Chave:** *Talisia esculenta*, carvão ativado, adsorção.

### Introdução

O artigo 1º, da Resolução do Conama 001 conceitua impactos ambientais como toda e qualquer “alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetam: a saúde da população; a biota; e a qualidade dos recursos naturais” (Barbosa; Barata e Hacon, 2012). A indústria de processamento têxtil, por exemplo, é caracterizada não apenas pelo grande volume de água necessário para as diversas unidades das atividades industriais, mas também pela variedade de produtos químicos usados para múltiplos processos (Bhatia, 2017). Entre todos os compostos químicos utilizados, os corantes têm protagonismo ímpar, devido ao alto potencial de poluição que eles apresentam (Arslan-Alaton; Gursoy e Schmid, 2008).

Visando maneiras de mitigar e tratar problemas relacionados a contaminação de efluentes, um método que tem sido muito estudado para tratar efluentes com estes tipos de contaminante é a adsorção, que se caracteriza principalmente por ter uma alta eficiência na remoção do corante têxtil, removendo toda a molécula do contaminante. Esta técnica não apresenta a necessidade de uma grande área física para sua aplicação, tem um baixo custo de aplicação, e curto período de tratamento do efluente, caracterizando-a por ser uma técnica relativamente rápida (Almeida *et al.*, 2016).

Entre os diferentes tipos de adsorventes, como a sílica (Parisa *et al.*, 2006) e as zeólitas (Botella; Valencia e Rey, 2022), o uso do carvão ativado tem sido utilizado para o tratamento de água, favorecido por causa de sua natureza multifuncional e por não acrescentar nada prejudicial à água tratada (Silva *et al.*, 2024). Nesse contexto, os materiais lignocelulósicos, apresentam propriedades estruturais capazes de adsorver contaminantes químicos, tanto na forma in natura, quanto na forma de carvão ativado. Estes adsorventes de baixo custo tem sido investigados em escala laboratorial para o tratamento de efluentes com diferentes graus de eficiência. Assim, pesquisas têm sido realizadas para a produção de carvões a partir de resíduos mais acessíveis e que estão disponíveis em abundância na natureza e apresentando baixo custo de aquisição, como por exemplo o carvão obtido a partir do caroço da pitomba (Nascimento; Neto e Melo, 2014).

A pitomba (*Talisia esculenta*) tem seu consumo voltado apenas no mesocarpo (polpa), enquanto o caroço e casca são descartados, sem nenhum valor agregado (Guarim Neto; Santana e Silva, 2003). Dentro desse contexto, o reaproveitamento de biomassa de rejeitos agrícolas in natura ou como carvões ativados modificados quimicamente para produção de materiais adsorventes, são propostas atrativas, economicamente viáveis devido à sua característica de baixo custo e a disposição em abundância, tem despertado crescente interesse por pesquisadores da área para a utilização no tratamento de efluentes industriais ou sistemas aquosos contaminados tanto por metais pesados, quanto por compostos de natureza orgânica, como corantes, presentes em baixas concentrações (Silva *et al.*, 2024). Neste trabalho, foi sintetizado o carvão ativado quimicamente com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), proveniente da casca da pitomba (*Talisia esculenta*). A eficiência da capacidade adsorptiva do carvão preparado foi realizada considerando a remoção do corante Rodamina B ( $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$ ) em meio aquoso. A quantificação das quantidades adsorvidas foi realizada por espectrofotometria molecular na região do Ultravioleta Visível (UV-Vis), a partir da medição direta da absorbância da Rodamina-B antes e após o contato com o carvão ativado a 554 nm.

### Material e Métodos

As cascas da pitomba foram coletadas, lavadas com água destilada e secas em estufa a  $60^\circ C$  por 24 h. Depois de seco, o material foi triturado em um moinho de facas Willey (SL-31). Para a ativação química, foi preparada uma solução do agente ativante ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) com concentração de 1,0 mol/L e colocada em contato com 100,0 g da casca da pitomba por 24 horas em uma proporção de massa 1:1 (m/m). Após esse período, o material foi seco em estufa a  $60^\circ C$  por 24 h. Em seguida, o material foi submetido ao processo de pirólise em forno mufla (SolidSteel) a  $350^\circ C$  por um período de 3 h (Mendonça, 2018). Após a carbonização, o excesso de  $H_3PO_4$  foi eliminado por lavagem com água destilada. Depois de seco em estufa a  $60^\circ C$ , a granulometria do carvão ativado da casca da pitomba (CAC-Pit) obtido foi ajustada ( $150\mu m < CAC-Pit < 300\mu m$ ).

Para determinar o pH no ponto de carga zero ( $pH_{pzc}$ ) do CAC-Pit obtido, foi preparada uma solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) 0,1 mol/L, distribuindo 20 mL dessa solução em 11 frascos de Erlenmeyer. O pH de cada frasco foi ajustado individualmente dentro da faixa de 2 a 12 utilizando soluções aquosas de Hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl) a 1,0 mol/L. Em seguida, 100 mg do CAC-Pit foi adicionado a cada frasco Erlenmeyer, que permaneceram sob agitação por 24 h. Após esse período, o pH foi medido novamente. O  $pH_{pzc}$  foi então determinado a partir da intersecção da curva ( $\Delta pH = pH_{inicial} - pH_{final}$ ) com o eixo X, onde a variação do pH é zero (Cambuim, 2009).

Para a análise da capacidade adsorptiva do CAC-Pit frente ao corante Rodamina B, foram realizados experimentos em batelada para determinar o tempo de equilíbrio do sistema adsorptivo e o efeito da massa do adsorvente na remoção do corante. Em relação ao tempo de equilíbrio, investigamos o tempo necessário para que o sistema adsorptivo entre em equilíbrio. Para isso, 100 mg do carvão foi colocado em contato com 20 mL de uma solução 37 mg/L do corante em diferentes tempos de contato (5, 10, 20, 30, 60, 90 e 120 min), o material foi filtrado e a concentração remanescente do corante foi determinada por espectrofotometria de absorção

molecular na região do ultravioleta visível (UV-Vis), a 554 nm em cubeta de quartzo de 1,0 cm.

Em relação à variação da massa do adsorvente, o objetivo foi determinar a massa ideal de carvão para a adsorção eficiente do corante. Assim, diferentes massas (5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 400 e 500 mg) foram colocadas em contato com 20 mL de uma solução 37 mg/L do corante por um período de 60 min. Em seguida, o material foi filtrado e a concentração remanescente do corante foi determinada por UV-vis. A determinação da quantidade de adsorvida e o percentual de remoção do corante foram determinados a partir das equações 1 e 2, a seguir.

$$(1) \quad q_e = \frac{(C_i - C_{eq})}{m} \times V$$

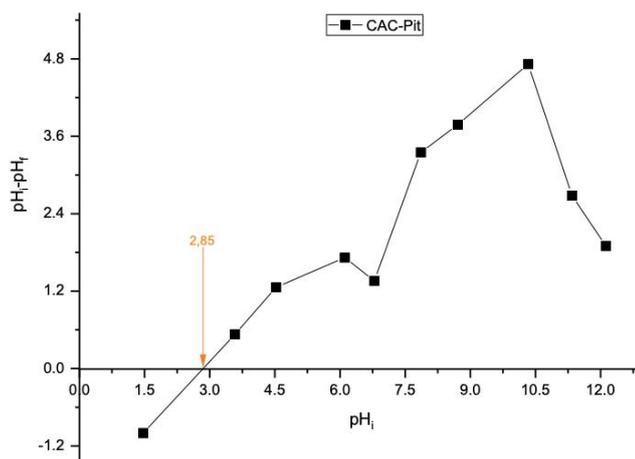
$$(2) \quad \%Remoção = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$$

Onde:  $C_i$  = concentração inicial (mg/L);  $C_f$  = concentração final (mg/L);  $C_{eq}$  = concentração no equilíbrio (mg/L);  $m$  = massa do adsorvente e  $V$  = volume da solução

## Resultados e Discussão

A determinação do pH no ponto de carga zero representa um importante parâmetro para compreender como o pH do meio reacional pode influenciar na capacidade adsorptiva de um determinado material (Nascimento; Neto; Melo, 2014). Para a adsorção de corantes catiônicos, como é o caso do corante Rodamina-B, a superfície do material adsorvente deve apresentar uma carga negativa. Assim, o  $pH_{pcz}$  do material deve ser menor que o pH da solução aquosa do corante. A Figura 1 apresenta o valor do  $pH_{pcz}$  para o CAC-Pit.

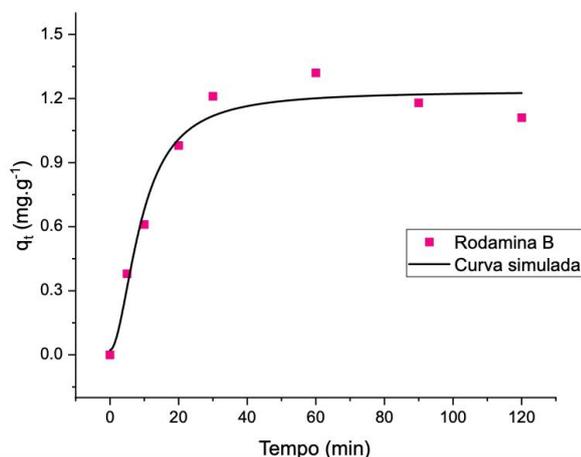
Figura 1:  $pH_{pcz}$  para o CAC-Pit,  $25,0 \pm 1,0^\circ C$ ; massa do adsorvente 0,1 g; tempo de contato de 24 horas.



O valor do pH do ponto de carga zero do carvão encontrado foi de 2,85, indicando que a partir desse pH, o carvão sintetizado apresenta uma superfície negativa. Assim, a solução aquosa do corante Rodamina-B que apresenta  $pH = 5,0$  se encontra em um pH que favorece a adsorção desse corante pela superfície do carvão ativado obtido. Outro parâmetro importante para avaliar a viabilidade econômica da utilização de materiais adsorventes na remoção de

poluentes em sistemas aquosos é o tempo de contato entre o adsorvente e o adsorvato (Silva, 2017). A Figura 2 apresenta a cinética de adsorção do corante Rodamina-B sobre o carvão ativado, em meio aquoso.

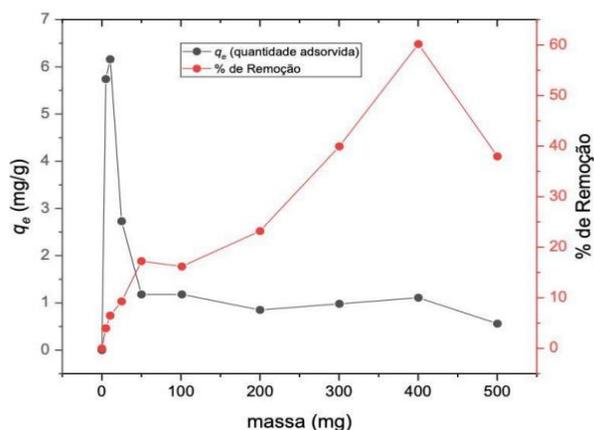
Figura 2: Cinética de adsorção do corante Rodamina-B (37 mg/L) sobre o carvão ativado (100 mg), em meio aquoso (20 mL), em agitação constante e  $25 \pm 1,0^\circ\text{C}$ .



O tempo mínimo necessário para atingir o equilíbrio adsorptivo foi de 60 minutos, com aumento gradual da capacidade adsorptiva à medida que o tempo de contato aumenta. Nos primeiros 20 minutos, a remoção do corante aumenta rapidamente. Após 60 minutos, a interação diminui, indicando o equilíbrio adsorptivo.

A relação entre a massa do adsorvente e a concentração do adsorbato é fundamental na determinação da capacidade de adsorção. Quando mantemos outras variáveis constantes, como a concentração inicial e a temperatura, podemos observar que o percentual de remoção diminui à medida que aumentamos a massa do carvão ativado (Mendonça, 2018). Isso ocorre porque a quantidade adsorvida depende da disponibilidade de sítios de adsorção na superfície do adsorvente. Quanto maior a massa, mais sítios estão disponíveis, mas a quantidade de adsorbato não é o suficiente para preencher todos esses sítios, resultando em uma capacidade máxima por grama de adsorvente que tende a diminuir (Nascimento; Neto e Melo, 2014). Portanto, é importante encontrar um equilíbrio entre a massa do adsorvente e sua capacidade adsorptiva para otimizar o processo de remoção de poluentes como o corante Rodamina-B. A Figura 3 apresenta o efeito da massa do adsorvente na adsorção do corante Rodamina-B.

Figura 3: Efeito da massa do carvão ativado na adsorção do corante Rodamina-B (37 mg/L) em meio aquoso,  $V = 20 \text{ mL}$ , agitação constante e  $25,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ .



A variação da massa do adsorvente em relação à capacidade de remoção do corante revelou que a massa de 400 mg foi a mais eficiente apresentando a maior percentual de remoção do corante (60%). Esse aumento é devido uma maior disponibilidade de sítios disponíveis para adsorção do corante. Já a diminuição da quantidade adsorvida, como o aumento da massa do adsorvente ocorre, principalmente, porque os sítios de adsorção permanecem insaturados durante a reação de adsorção, enquanto o número de sítios disponíveis aumenta com o aumento da quantidade de adsorvente (Aljeboree *et al.*, 2017).

### Conclusões

Apresentamos um carvão ativado quimicamente com ácido fosfórico, produzido a partir da casca da pitomba como um material alternativo para a remoção de contaminantes orgânicos em meio aquoso. Os resultados apresentados demonstram um potencial promissor para o carvão ativado obtido, considerando a remoção do corante Rodamina-B, em meio aquoso e a 25°C. No que diz respeito às características superficiais do carvão ativado obtido, o material apresentou pH no ponto de carga zero de 2,85, indicando que o material pode ser empregado em uma ampla faixa de pH. Já em relação aos aspectos adsorptivos do carvão, o tempo necessário para o material atingisse o equilíbrio foi de 60 min e a massa do carvão que proporciona o maior potencial de remoção do corante Rodamina-B, foi a de 400 mg, com percentual de remoção de 60%.

### Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Codó, ao Grupo de Estudos em Inorgânica e Catálise do Maranhão (GEIC) e ao CNPq pela bolsa concedida.

### Referências

- Arslan-Alaton, I.; Gursoy, B. H.; Schmid, J. E. Advanced oxidation of acid and reactive dyes: Effect of Fenton treatment on aerobic, anoxic and anaerobic processes. **Dyes and pigments**, v. 78, p. 117-130, 2008.
- Aljeboree, M. A.; Alshirifi, A. N.; Alkaim, A. F. Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S3181-S3393, 2017.
- Barbosa, Eduardo Macedo; Barata, Matha Macedo de Lima; Hacon, Sandra de Souza. A saúde no licenciamento ambiental: uma proposta metodológica para a avaliação dos impactos da indústria de petróleo e gás. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 299-310, 2012.
- Botella, E. P.; Valencia, S.; Rey, F. Zeolites in Adsorption Processes: State of the Art and Future Prospects. **Chem. Rev.** n. 122, v. 24, p. 17647–17695, 2022.
- Bhatia, S. C.; Devraj, Sarvesh. **Pollution control in textile industry**. WPI publishing, 2017



Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução do CONAMA** n. 430, de 13 de maio de 2011.

Cambuim, K. B. Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com  $H_3PO_4$  e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização e aplicações. 2009. 137p. **Tese** (Doutorado em Química) – Departamento de Química, UFPB, João Pessoa, 2009.

Carvalho, T. E. M. de; Fungaro, D. A.; Izidoro, J. de C. Adsorção do corante reativo laranja 16 de soluções aquosas por zeólita sintética. **Química Nova**, v. 33, p. 358-363, 2010.

De Almeida, É. J. R. et al. A indústria têxtil no Brasil: Uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. **Boletim das águas**, Edição 2016, nov. de 2016.

Guarim, G.; Santana, S. R.; Silva, J. V. B. Repertório botânico da "Pitombeira" (*Talisia esculenta*). **Acta Amazonica**, v. 33, n. 2, p. 237-242, 2003.

Mendonça, J. C. Caracterização e utilização de carvão ativado obtido a partir do caroço de pitomba (*Talisia Esculenta*) como adsorvente para íons  $Ca^{2+}$  e corantes. 2018. 93p. **Dissertação** (Mestrado em Química) - IFMA, São Luís – Maranhão, 2018.

Nascimento, R. D. F.; Neto, V. D. O. S.; Melo, D. D. Q. **Uso de bioadsorventes lignocelulósicos na remoção de poluentes de efluentes aquosos**. Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC), 2014.

Parisa, S. K.; Dash, S.; Patel, S.; Mishra, B. K. Adsorption of organic molecules on silica surface. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 121, n° 1–3, p. 77-110, 2006.

Silva, F. A.; Cantanhede, L. B.; Marques, I. S.; Figueredo, G. P. de. Adsorção de azul de metileno utilizando carvão ativado preparado a partir da casca do tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*). **Química Nova**, v. 47, n. 3, p. e-20230106, 2024.

Silva, G. E. H. et al. Comparação da capacidade de adsorção de Rodamina B por argilas natural e modificada. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 25-31, abr. 2017.