

OBTENÇÃO DE CARVÃO PROVENIENTE DA CASCA DE TIMBAÚVA (*Enterolobium contortisiliquum*) E SUA APLICAÇÃO NO PROCESSO DE ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO

J. P., LIMA¹, G., ALVARENGA² G., R., ROSA³, T. J., LOPES⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos.

^{2,3} Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Química Tecnológica e Ambiental.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
E-mail para contato: tjlopes@furg.br

RESUMO – Muitas indústrias usam corantes sintéticos para colorir seus produtos. A poluição decorrente do descarte de efluentes industriais em corpos d'água ocasiona um grande problema ambiental. O presente trabalho teve como objetivo principal, desenvolver e estudar a possibilidade de utilizar resíduos da agroindústria, como a casca de timbaúva na adsorção do corante azul de metileno. Foram avaliados através de técnicas de planejamento experimental, os fatores que afetam a obtenção do carvão e a sua utilização em processos de tratamento de efluentes. A variável temperatura não apresentou influência sobre o poder de adsorção, enquanto que o tempo de carbonização da casca contribuiu de forma negativa e significativa no processo de adsorção na faixa de 18 a 24 min. Portanto, estes resultados iniciais, indicam que o carvão da casca de timbaúva se credencia como adsorvente para tratamento de efluentes aquosos que possuam o corante de azul de metileno.

1. INTRODUÇÃO

Há algum tempo, as indústrias e a comunidade científica, em geral, têm se preocupado com o tratamento e o descarte correto de efluentes oriundos de processos industriais. O descarte e o tratamento incorreto dos efluentes poderão ocasionar danos à saúde pública e ao meio ambiente como: toxicidade, reatividade, corrosividade entre outros riscos químicos e biológicos (Dinâmica Ambiental, 2013). Seja em escala de bancada ou industrial, a purificação e o tratamento de efluentes se conduzem por diversas operações unitárias, mas, principalmente, por adsorção que apresenta alta eficiência de remoção de poluentes e pelo seu baixo custo operacional (Robinson *et al.*, 2001). A transferência de massa na adsorção é caracterizada pelo gradiente de concentração entre o sólido (adsorvente) e a solução fluida (adsorbato) sendo um fenômeno de superfície que é caracterizado pela afinidade entre a superfície sólida e algumas substâncias que envolvem a solução fluida, o que permite separá-las dos demais componentes do adsorbato (Gomide, 1988a).

A escolha do adsorvente industrial se dá por diversos aspectos técnicos como: seletividade, inércia química, área específica do material, porosidades (Gomide, 1988b) entre outros, mas, principalmente, pelo baixo custo monetário. O carvão mineral ativado é um

clássico adsorvente industrial, geralmente empregado como adsorvente em processos industriais, tem um preço alto no mercado pelo custo operacional e pelos equipamentos dispostos à sua fabricação.

Os setores industriais de tratamento de efluentes buscam redução de custos e alta *performance* dos adsorventes utilizados, mas para isso a comunidade científica busca novos adsorventes que tenham altos rendimentos e baixo custo. Assim, fomenta-se à pesquisa para novos adsorventes que sejam oriundos de resíduos agroindustriais e visando suceder o carvão ativado mineral (Ozsoy; Kumbur, 2006). No Brasil, é produzida uma vasta variedade de resíduos e subprodutos agroindustriais como: bagaços, cascas de diversas frutas, farelos e outras diversas especialidades de resíduos agrícolas (Silva; Pires, 2014). Para isso, a aplicação de bioadsorventes tem sido uma alternativa atraente para equilibrar custos e bioacumulação de resíduos agroindustriais e, como consequência, minimizar os impactos ambientais. Contudo, às pesquisas fomentam novas alternativas de adsorventes a partir da biomassa residual agroindustrial (Gonçalves *et al.*, 2007).

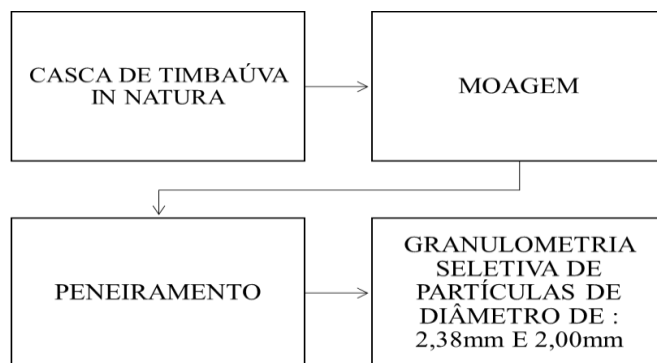
O interesse por resíduos agroindustriais que apresentam grande capacidade de adsorção, amplo campo de aplicações e avanços no desenvolvimento de tecnologias limpas e sustentáveis vem se destacando nos últimos anos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal o estudo preliminar do aproveitamento de um bioadsorvente, carvão de casca de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*) na remoção de corante azul de metileno em solução aquosa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATÉRIA-PRIMA

Casca de timbaúva: A matéria-prima para obtenção do carvão foi adquirida no município de Santo Antônio da Patrulha, no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil no período de janeiro e fevereiro de 2017. Assim, o fluxograma de obtenção de carvão oriundo da casca de timbaúva é mostrado na Figura 1. Sendo que, todo o estudo foi realizado no laboratório de desenvolvimento e simulação de processos da Escola de Química e Alimentos EQA-FURG.

Figura 1 - Fluxograma de transformação da casca de timbaúva em partículas de diâmetros específicos (2,0 a 2,38 mm).



As cascas de Timbaúva, inicialmente, passaram por uma moagem e peneiradas para obtenção de partículas de diâmetro entre 2,00 e 2,38mm.

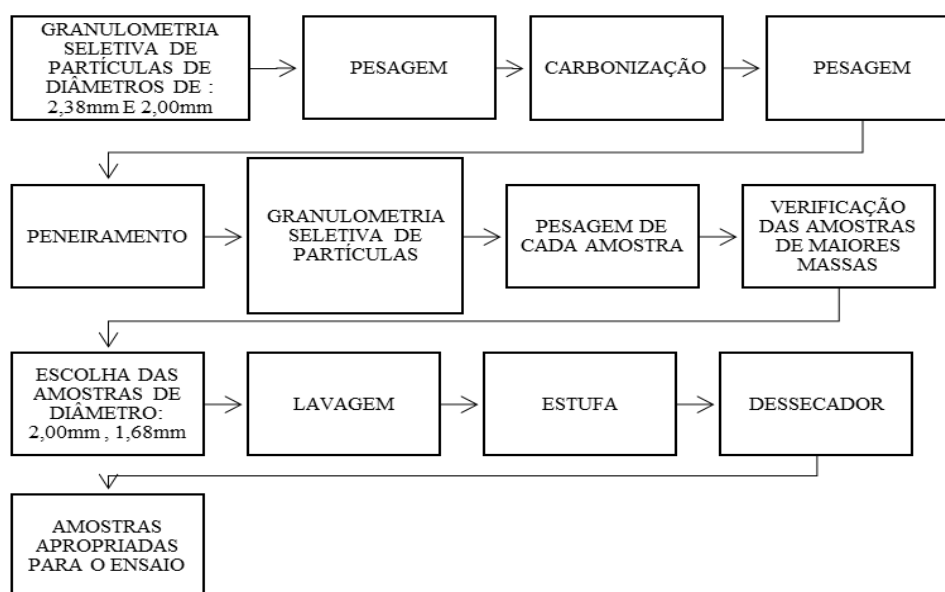
Corante azul de metileno: O corante utilizado foi o azul de metileno, que é um corante tiazínico, com características catiônicas e com comprimento de onda máximo (λ) de 665nm (Castro et al., 2009). As determinações da concentração de corante nos experimentos de adsorção foram realizadas através de uma curva padrão com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9991, Equação 1.

$$[\text{CONCENTRAÇÃO}] = 5,6815 * [\text{ABSORBÂNCIA}] \quad (1)$$

2.2. OBTENÇÃO DO CARVÃO E ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO

O carvão oriundo da casca da semente timbaúva foi obtido através de diversas operações unitárias conforme mostrado no fluxograma, Figura 2.

Figura 2- Fluxograma de obtenção do carvão



As amostras de cascas de timbaúva trituradas e de diâmetro de 2,00 a 2,38 mm foram submetidas à carbonização em um forno mufla, produzido pela Ind. Com. Fornos Magnu's Ltda., em diferentes condições de tempo e temperatura. As temperaturas utilizadas na carbonização foram de 300 e 500°C; e tempo de 20 e 40 min, na Tabela 1. Também, foi adotado um planejamento experimental fatorial completo 2². Posteriormente, à realização do planejamento, aplicou-se a Metodologia das Superfícies de Resposta (MSR) com o objetivo de obter as condições ótimas de operação.

O carvão obtido foi lavado com água destilada para retirada de cinzas produzidas durante a queima, posteriormente, as amostras de carvão foram secas em uma estufa modelo

Q314 M-242 fabricado por Quimis a 105°C por 4 horas e foram armazenadas em recipientes hermeticamente fechados.

Tabela 1 – Fatores e níveis estudados no tratamento térmico das amostras.

	Níveis codificados	
	-1	+1
Temperatura (°C)	300	500
Tempo (minutos)	20	40

O poder de adsorção do carvão após passar pelo tratamento térmico foi avaliado para cada ensaio, utilizando-se um sistema estático (batelada), utilizando um volume de 50 mL de solução de corante azul de metileno com concentração inicial de 30 ppm e 1g de adsorvente. Os frascos foram introduzidos em uma mesa agitadora orbital Oxilab, modelo OXI – 304, a uma temperatura de 30°C e agitação de 100 rpm. Após 8 horas de realização do processo de adsorção, foi retirada uma alíquota do sobrenadante para determinação da concentração de corante via espectroscopia visível.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O planejamento experimental realizado para o processo de obtenção do carvão da casca de timbaúva é apresentado na Tabela 2, juntamente com a concentração mássica de corante azul de metileno retida no adsorvente (q).

Tabela 2 – Planejamento experimental para o processo de obtenção de carvão de casca de timbaúva e as respectivas respostas para adsorção do corante.

	Tempo (minutos)	Temperatura (°C)	Massa de carvão (g)	Conc. Mássica de corante no adsorvente (mg/g)	Conc. de corante no sobrenadante (mg/L)
Ensaio-1	20(-1)	300(-1)	14,9354	1,3226	3,5479
Ensaio-2	40(+1)	300(-1)	7,9459	1,1940	6,1182
Ensaio-3	20(-1)	500(+1)	9,5646	1,3268	3,4623
Ensaio-4	40(+1)	500(+1)	7,1271	1,2094	5,8110

Através dos resultados obtidos na Tabela 2 realizou-se uma análise estatística dos efeitos das duas variáveis independentes: temperatura e tempo, sobre a variável resposta concentração mássica de corante no adsorvente. A escolha do modelo com melhor ajuste foi feita a partir da análise de variância (ANOVA) e do coeficiente de determinação (R^2). O modelo empírico a ser utilizado é o de efeitos principais e sem interações.

Com o modelo empírico realizou-se a análise dos efeitos em relação à variável resposta, que se pode observar na Tabela 3.

Tabela 3. Efeitos e índices estatísticos para o modelo empírico com efeitos principais e sem interações ($R^2 = 0,9980$).

	Efeito	Desvio Padrão	Valor de p	Limites de confiança	
				-95%	+95%
Média/Interações	1,2632	0,0028	0,0014	1,2276	1,2987
(A) Tempo	-0,1230	0,0056	0,0289	-0,1940	-0,0518
(B) Temperatura	0,0098	0,0056	0,3305	-0,0613	0,0809

Analisando-se a Tabela 3, observa-se que os valores dos efeitos para os fatores de processo temperatura e tempo, apresentam sinal algébrico diferente. No que diz respeito à temperatura, quanto maior o seu valor durante o processo de obtenção do carvão da casca de timbaúva, menor será a remoção de corante azul de metileno no processo de adsorção. Em relação ao tempo, o comportamento foi contrário, o carvão com maior tempo de residência no forno tipo mufla apresentou maior *performance* na remoção do corante em solução. Também, pode-se observar que dentro do intervalo de confiança de 95% utilizado, o tempo e a média são significativos estatisticamente, apresentando um valor de p (probabilidade) inferior a 5%, dentro do nível de significância adotado de 5% (α).

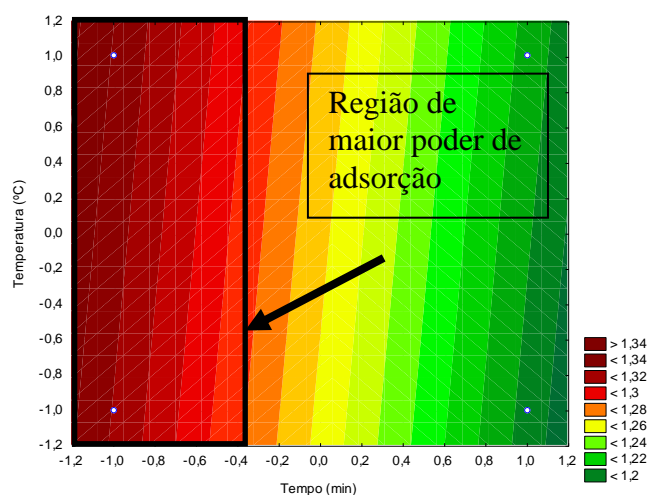
A partir da regressão foram obtidos os coeficientes do modelo empírico para a concentração de corante no adsorvente, o qual é representado pela Equação 1.

$$q = 1,2632 - 0,0615 A + 0,0049 B \quad (1)$$

Em que: q = Concentração mássica de azul de metileno no carvão de timbaúva após o processo de adsorção; A = Temperatura utilizada durante o tratamento térmico da casca de timbaúva; e B = Tempo de residência da casca de timbaúva na Mufla.

A partir da escolha do melhor modelo foi obtido o gráfico das curvas de nível para a variável resposta concentração de corante no sólido, Figura 1.

Figura 1. Curvas de nível para os fatores codificados de temperatura e tempo em relação à resposta concentração de corante no sólido.



As curvas de níveis (Figura 1) mostram a área em que se estabelece a melhor condição para remoção do corante. A faixa de tempo de tratamento térmico do adsorvente entre 18 a 24 min (níveis -0,6 a -1,2) favoreceu a transferência de corante do líquido para o sólido. Em relação à temperatura pouco afetou o sistema.

5. CONCLUSÕES

Através da utilização de técnicas de planejamento experimental, foi possível verificar a influência dos parâmetros tempo e temperatura de tratamento térmico das amostras sobre a capacidade de adsorção do carvão de casca de timbaúva. Assim sendo, observou-se que a variável temperatura não apresentou influência sobre o poder de adsorção, enquanto que o tempo contribuiu de forma negativa e significativa no processo de adsorção na faixa de 18 a 24 min. Portanto, estes resultados iniciais, indicam que o carvão de casca de timbaúva se credencia como adsorvente para tratamento de efluentes aquosos que possuam o corante de azul de metileno.

6. REFERÊNCIAS

- CASTRO, C. S.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L. C. A.; GONÇALVES, M. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de H_2O_2 . Química Nova, v. 32, n.6, p. 1561-1565, 2009.
- DINAMICA AMBIENTAL, A importância do correto descarte de produtos e resíduos químicos. Disponível em: <<http://www.dinamicambiental.com.br/blog/reciclagem/a-importancia-do-correto-descarte-de-produtos-e-residuos-quimicos/>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2017.
- GOMIDE, R. Operações unitárias: operações de transferência de massa. 1ª ed. São Paulo: Dag Gráfica e Editora Ltda., 1988 v. 4, p. 311 – 315.
- GONÇALVES, M.; GUERREIRO, C. M.; BIANCHI, L. M.; OLIVEIRA, A. C. L.; PEIREIRA, I. E.; DALLAGO, M. R. Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso, Revista Ciência Agro Técnica, v.31, p. 1386-1391, 2007.
- OZSOY, H. D.; KUMBUR, H. Adsorption of Cu (II) ions on cotton boll. Journal of Hazardous Materials, v.136, p.911-916, 2006.
- ROBINSON, T; MCMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAM, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology, v. 77 p. 247-255, 2001.
- SILVA, H. B.; PIRES, J. L. Utilização de carvão adsorvente natural da Amazônia como bioadsorvente para remoção de metais em solução aquosas. Ponto de Partida: Revista Acadêmica Discente do Campus de Marabá, v.3. p. 1-10, 2014.