

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

ETEC Júlio de Mesquita

Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

**CASCA DE BANANA E FOLHA DE BANANEIRA:
ADSORVENTES PARA RETIRADA DE CROMO VI E TARTRAZINA**

Gustavo Coradi de Morais¹

Kallel Nunes de Oliveira²

Kauan Coutinho Moreira³

Jhonny Frank Sousa Joca⁴

Maria do Socorro Sousa Silva⁵

Resumo:

A aplicação em larga escala de cromo hexavalente e tartrazina, efluentes de grande impacto ambiental, nas indústrias motiva estudos para o tratamento adequado desses materiais. Um dos métodos utilizados é a adsorção, que para ser viável deve possuir grande eficiência e baixo custo. Desse modo, o objetivo desse trabalho é a produção e estudo de dois adsorventes com princípios orgânicos, com uma posterior fabricação de um carvão ativo utilizando os materiais que seriam descartados. Para isso, foram secos e, posteriormente, aplicado H_3PO_4 e alta temperatura para a confecção de um carvão ativado com pH inicial 2. Foi testado por meio das seguintes análises: variação de massa e cinética de adsorção. Que demonstrou possuir poros de acesso fáceis para a molécula da tartrazina, juntamente a uma redução do cromo hexavalente para trivalente quando o pH do carvão se encontrou na faixa de 6.

Palavras chave: adsorção; casca de banana; folha de bananeira; cromo; tartrazina.

Abstract:

The large-scale use of hexavalent chromium and tartrazine, effluents with a major environmental impact, in industrial plants has prompted studies into the appropriate treatment of these materials. One of the methods used is adsorption, which must be highly efficient and low-cost in order to be viable. The aim of this work is therefore to produce and study two adsorbents with organic principles, with the subsequent manufacture of active charcoal using materials that would otherwise be discarded. To do this, they were dried and then H₃PO₄ and high temperature were applied to make an activated carbon with an initial pH of 2. It was tested using the following analyses: mass variation and adsorption kinetics. It proved to have easily accessible pores for the tartrazine molecule, along with a reduction of hexavalent chromium to trivalent when the pH of the carbon was in the range of 6.

1. INTRODUÇÃO

As produções globais cresceram exponencialmente durante os períodos das revoluções industriais, no qual as empresas que se formavam possuíam estratégias de mercado voltadas para o consumismo desenfreado, em que gerou um enorme número de resíduos subsequentes destes processos industriais. Atualmente, há a presença de meios tecnológicos e estratégicos para contornar a contaminação dos efluentes após a produção industrial no meio ambiente. Entretanto, a quantidade de água contaminada por esses efluentes residuais das indústrias têxtil, alimentícia, metalúrgicas e galvânica continuam sendo exorbitantes e notoriamente preocupantes.

1.1 Prejuízos da Tartrazina e Cromo VI no Meio Ambiente

A tartrazina é um azo corante sintético, utilizada para fins de tingimento de produtos, como comprimidos, maquiagens e salgadinhos. Presentes nas principais indústrias: farmacêutica, cosméticas e alimentícias.

Em excesso no meio ambiente poderá danificá-lo de diversas formas: intoxicando os seres vivos e levando alguns à óbito; impedindo a passagem de luz solar para as camadas mais profundas dos rios, inviabilizando o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, desequilibrando o meio aquático (ZANONI, 2016).

O cromo hexavalente, por sua vez, possui diversas utilidades em indústrias metalúrgicas e galvanicas. Tais como a produção de aço inox e cromagem de peças.

Diferentemente do cromo trivalente, que é essencial aos seres vivos, o cromo VI traz inúmeros malefícios quando descartado, principalmente, em altos índices. Essa substancia é altamente cancerígena, podendo causar intoxicação nos seres vivos e contaminação de solos e águas (COLASSO, 2023).

1.2 Tratamentos industriais usuais

Tendo em vista os inúmeros problemas ambientais causados por essas substâncias, torna-se imprescindível realizar os tratamentos de efluentes, sendo os principais métodos:

Técnica de Membrana: utiliza técnicas físicas, como osmose reversa, para reter partículas. Possui separação efetiva de moléculas de corante, porém apresenta custo elevado e troca constante das membranas (ZANONI, 2016).

Precipitação química: utiliza-se H_2O_2 , ferro metálico e NaOH para reduzir e precipitar o cromo VI. Rápido, mas com utilização em excesso de reagentes (HOU, 2012; ARAUJO, 2017).

Adsorção: utiliza um sólido adsorvente capaz de reter moléculas. Com alta eficiência e baixo custo, entretanto requer regeneração ou acondicionamento adequado para o adsorvente saturado (CHAKRABORTY, 2011).

1.3 Adsorventes orgânicos

Adsorvente é um material sólido no qual partículas gasosas e liquidas ficam retidas em sua superfície, em decorrência de dois principais mecanismos (NASCIMENTO, 2020):

Adsorção física: está relacionada com interações físicas que podem ser atribuídas as forças de Van de Waals. Pode ocorrer em qualquer parte da superfície do adsorvente, entretanto não apresenta muita estabilidade.

Adsorção química: relacionado com as ligações químicas que ocorre entre o adsorvente e o adsorvato. Ela acontece em sítios ativos, regiões pequenas específicas, em que o adsorvato pode se ligar quimicamente. Os sítios não estão presentes em toda parte da superfície do adsorvente.

A matéria prima para a confecção dos adsorventes orgânicos escolhidos foram a casca de banana e folha de bananeira, pois são matérias ricas em grupos funcionais orgânicos polares, como: carbonila, carboxila, hidroxila e fenóis. Com potencial para interação com cátions (CRUZ, 2009). Esses grupos estão presentes em forma de:

Casca de banana: carboidratos (celulose, amido, dentre outros); lipídios; proteínas.

Folha de bananeira: lignina; celulose; hemicelulose.

Para a produção de um carvão ativado, pode ser utilizado como biomassa para queima e transformados em adsorventes.

1.4 Carvão ativado

O carvão ativo é um tipo de adsorvente que apresenta em sua estrutura a predominância de carbono, formado por túneis e poros, onde ocorrerá a adsorção dos materiais. O carvão ativo com H_3PO_4 que apresenta de maneira majoritária 10% de carbono, são classificados como convencionais. O restante é constituído de maiores porções de hidroxiapatita, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ e em porções menores de carbonato de cálcio, $CaCO_3$ (GOMES, 2015). Os carvões ativados contendo fósforo, em soluções ácidas, são os mais propensos a atuar na contenção de metais pesados (PUZIY; PODDUBNAYA, 2002).

1.4.1 Processo de ativação

Ativação com agentes físicos: neste método, o carvão é exposto a altas temperaturas, geralmente entre 600 °C e 900 °C. Esse processo causa a queima parcial do carvão, criando uma estrutura porosa com áreas ativas na superfície (CLAUDINO, 2003).

Ativação com agentes químicos: o carvão é imerso em um agente químico oxidante, como ácido fosfórico. O agente químico reage com o carvão ativado, promovendo a remoção de impurezas e criando uma estrutura porosa (CLAUDINO, 2003).

1.5 Objetivos

Desenvolver adsorventes baseados em matéria orgânica descartada de casca de banana e folha de bananeira. Com o objetivo específico de testar a retirada de cromo hexavalente e tartrazina do meio aquoso.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E REAGENTES

2.1.1 Preparo dos materiais

Para secagem do material in natura obtido, a casca da banana e a folha de bananeira, foram colocados em fornos caseiros (Brastemp, Brasil); (Electrolux, Brasil) e uma *Airfryer* (MONDIAL, Brasil). Posteriormente, as estufas laboratoriais YA4620 (Ero Eletronic, Brasil) e estufa modelo 50A (Thermosolda, Brasil), para secagem em temperatura controlada. Para a trituração do material seco foi utilizado um multiprocessador Master RI3142 (Walita, Brasil).

2.1.2 Testes com Casca de Banana e Folha de bananeira

Preparou-se solução de tartrazina 85% (Dinâmica, Brasil) e de dicromato de potássio 98% (CRQ LTDA., Brasil), para testes de adsorção. Visando a pesagem das massas foi utilizado uma balança analítica modelo AY220 (Shimadzu, Brasil) e uma balança semi-analítica modelo AS 510 (Marte Balanças e Aparelhos de Precisão LTDA., Brasil). Em uma pequena parcela do material seco foi aplicado ácido HCl 37,5% (Anidrol, Brasil) para desobstruir possíveis poros. Para os testes com o cromo hexavalente, utilizou-se bicarbonato de sódio (Anidrol, Brasil) a fim de neutralizar o carvão.

2.1.3 Carvão vegetal ativado

Para a ativação química usou-se H_3PO_4 P.A 85% (Nuclear, Brasil) nas cascas de banana e folhas de bananeira. Para ativação física o material foi submetido à mufla modelo 10X12Y15 (FORNITEC, Brasil). Para visualização da mudança de pH foi utilizado de um pHmetro de bancada modelo Mpa-210 (MS TECNOPON, Brasil) e fitas indicadoras de pH (Qualividros, Brasil).

Para os testes com o cromo utilizou-se água oxigenada 10 volumes, ácido sulfúrico 98% (Anidrol, Brasil), acetona 99% (Anidrol, Brasil) para marcha analítica. Juntamente a aplicação de uma solução de difenilcarbazida para determinação de íons Cromo VI. Com o intuito de quantificar a possível adsorção dos testes foi utilizado o Espectrofotômetro UV-VIS (Eduotec, Brasil).

2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.2.1 Secagem e trituração do material Folha de Bananeira e casca de banana

A fim de retirar a umidade dos materiais, foi realizado secamento prévio em sol com, aproximadamente, 24h de exposição por 3 dias. Em seguida, o uso fornos caseiros, no qual eram pré-aquecidos e inserido os materiais para secagem máxima. Mais a frente os fornos foram substituídos por estufa em temperatura constante de 100°C até o secamento e triturado.

2.2.2 Testes de adsorção das matérias secas para tartrazina e cromo VI e tratadas com HCl

O material seco foi submetido a lavagens com água deionizada.

Foram realizados testes em soluções com concentrações padrão de 100 mg/L de tartrazina e 250 mg/L de íons cromo hexavalente com volumes de 25 mL. Adicionando a solução a um béquer e posterior adição do adsorvente, agitando durante 10 minutos. Realiza-se uma filtração por fim para análise do resultado.

Para outro teste, foi submetido o material em um banho de HCl de concentração 0,05 mol/L durante 10 minutos e lavagens de água deionizada. Realizou-se os mesmos testes anteriores de adsorção.

2.2.3 Preparação de carvão ativado utilizando casca e folha de bananeira

Para o preparo de carvões ativados aplicou-se ácido fosfórico na proporção 1:1 (ácido por material), deixando em descanso por 60 minutos e depois em estufa 80°C para secagem completa. Colocados na mufla à 600-650°C durante 2 horas.

2.2.4 Testes de adsorção do carvão ativado à base de casca e folha de bananeira para Tartrazina e Cromo VI

Previamente se aferiu o pH inicial do carvão em que variou de 1 a 2 e verificação de solubilidade em água. Para o cromo foi realizada uma elevação do pH para 6,0 e 8,0 utilizando uma solução de bicarbonato de sódio 1%.

Foram realizados os testes iniciais nos quais, no béquer, eram adicionados 25 mL de solução 100 mg/L de tartrazina e 250 mg/L cromo VI junto do adsorvente, agitando por 10 minutos com bastão de plástico e finalizando com filtração.

Seguiu-se o mesmo teste para os ensaios de variação de massa e ensaios de cinética de adsorção. Não houve mudanças na concentração da solução.

2.2.4.1 Testes de variação de massa para tartrazina

Com o objetivo de analisar as melhores massas para o teste de cinética foi realizado uma mudança de massa do carvão ativado:

Tabela 1 – Variação de massa dos adsorventes

Casca de banana (g)	Folha de bananeira (g)
0,10	0,10
0,15	0,15
0,20	0,20
0,25	0,25
0,30	0,30
0,40	0,40
0,45	0,60
0,50	0,80
-	1,00
-	1,20

Fonte: Os autores

Todos os testes de mudança de massa foram realizados utilizando a mesma concentração de 100 mg/L de tartrazina, 25 mL de solução e 10 minutos de agitação.

2.2.4.2 Teste de cinética de adsorção para tartrazina

Com intuito de descobrir o tempo necessário e melhor eficiência de contato entre adsorvente e adsorvato se realizou os testes de cinética, em que se determina uma massa e concentração fixa do adsorvente e da solução.

A partir da leitura dos dados dos testes de variação de massa, definiu-se 0,400g de carvão de casca e 0,800g de carvão de folha. Ambos foram submetidos à agitação pelos minutos: 1 a 10, 15 e 20.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Testes de adsorção dos materiais secos para tartrazina e cromo VI

Após a realização do primeiro teste, foi observado que os adsorventes não retiraram a tartrazina e nem o cromo, houve apenas um aumento na turbidez da solução. Mostrando que suas possíveis áreas de adsorção não conseguem reter os adsorvatos, em que o tamanho da molécula do corante e alta carga do cromo podem ter afetado.

A lavagem com HCl pretendia aumentar a porosidade e liberar possíveis regiões obstruídas do adsorvente, porém não houve adsorção das soluções

2.3.2 Testes de adsorção do carvão ativado à base de casca e folha de bananeira

Esses testes forneceram resultados positivos para a tartrazina, ambos a retiraram, com aparência final da água límpida e sem odor.

Figura 1 – Teste de adsorção utilizando carvão ativado



Fonte: Os autores

Referente ao Cromo VI, como o carvão estava com o pH próximo de 2, favoreceu o deslocamento de equilíbrio para a formação de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, alternando

a cor de amarelo para laranja. Não houve mudança na intensidade da cor. Com o aumento do pH 8,0 não houve alteração da coloração pós teste de adsorção; com o pH 6,0 causou a redução do cromo para a forma trivalente, comprovado pela análise qualitativa (VOGEL, 1981). Ao realizar a análise do Cr^{+6} com difenilcarbazida obteve-se 70,1% a menos de cromo hexavalente na amostra, em que grande parte dessa porcentagem pode ser apenas pela redução do metal, e com uma possível adsorção dos íons hexavalentes.

2.3.3 Testes de variação de massa para tartrazina

Os testes de variação de massa foram realizados a fim de obter a melhor massa de adsorvente para adsorver a solução padrão de tartrazina, e, posteriormente, realizar o teste de cinética. Os resultados podem ser observados nos gráficos abaixo:

Figura 2 – Gráfico de variação de massa do carvão Casca de Banana

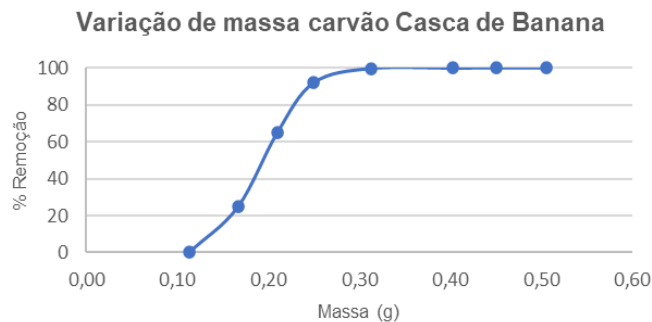
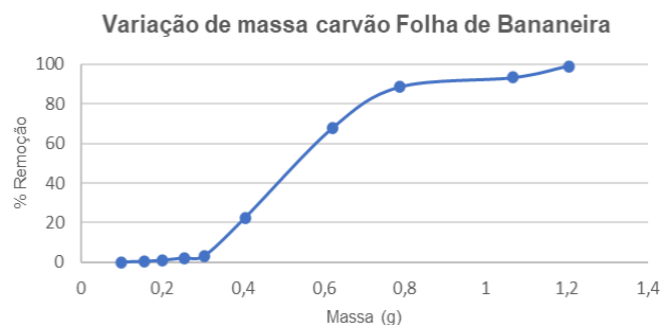


Figura 3 – Gráfico de variação de massa do carvão Folha de Bananeira



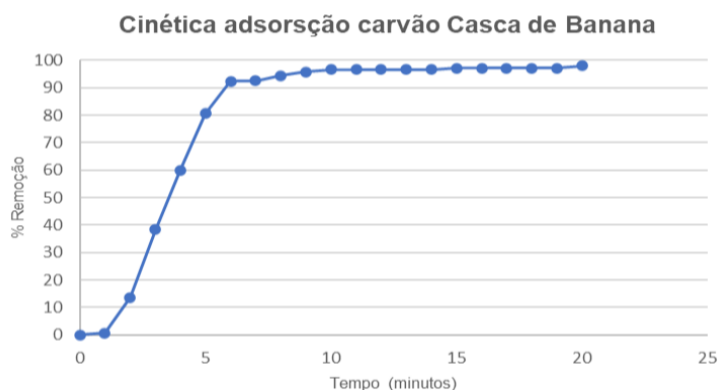
Fonte: Os autores

Analisando os resultados, a massa do carvão de folha deve ser maior que a do carvão de casca para retirar uma mesma quantidade de adsorvato no mesmo período de tempo, mostrando diferenças efetivas dentre eles.

2.3.4 Teste de cinética de adsorção para tartrazina

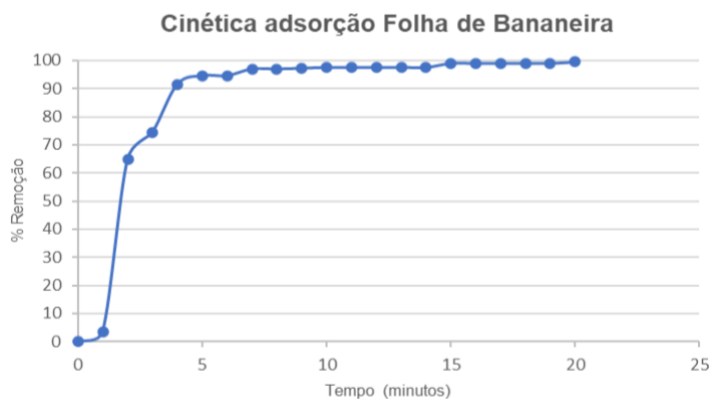
Com esse teste foi adquirido o melhor tempo de agitação para adsorver a de 25 mL de solução 100 mg/L de tartrazina. Expressado pelos gráficos:

Figura 4 – Cinética de adsorção do carvão Casca de Banana



Fonte: Os autores

Figura 5 – Cinética de adsorção do carvão Folha de Bananeira



Fonte: Os autores

Com os dados obtidos, observa-se que é necessário pouco tempo para quase saturar os adsorventes e alcançar o equilíbrio, sugerindo que os sítios ativos deles são de fácil acesso para a tartrazina.

3. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Em buscas incessantes por métodos mais baratos e sustentáveis ao meio ambiente, os adsorventes de origem orgânica possuem cada vez mais renome e incentivos. Desta forma, a folha de bananeira e casca de banana, que seriam descartadas, podem ser utilizadas para o processo de adsorção. Apesar de não se obter resultados positivos para a retirada do corante e do cromo VI e para os

adsorventes secos e tratados com HCl, abriu-se a possibilidade de uso para a produção de um carvão ativado química e fisicamente com altos teores de uma para a rápida interação com a tartrazina. Entretanto, é necessário estudos específicos das propriedades adsorptivas dos carvões ativados a fim de avaliar possíveis capacidades de reutilização, da superfície e sítios ativos por meio de isotermas. Juntamente a experimentos para aprofundar em maneiras de aproveitar a redução do cromo e fazer sua captura na forma trivalente. Com isso, disponibilizar adsorventes e novos métodos de tratamentos de efluentes de tartrazina e do metal pesado cromo VI, aumentando a sustentabilidade e utilização de materiais muitas vezes descartados.

4. REFERÊNCIAS:

ARAUJO, J. C. O.; *et al.* Avaliação de métodos para remoção do cromo hexavalente em águas industriais. **USF**. Campinas, 2017.

BILBA, K.; *et al.* Study of banana and coconut fibers: Botanical composition, thermal degradation and textural observation. **Bioresource Technology**, 2007.

BUGIERECK, A. M.; *et al.* Adsorção de corante catiônico por carvão ativado de casca de banana. **Universidade Comunitária da Região de Chapecó**. Florianópolis, 2014.

CAVALCANTE, V. R.; Produção de carvão ativado a partir de resíduos de coco, banana e laranja. **Universidade Católica de Pernambuco**. Recife, 2015.

CHAKRABORTY, S.; *et al.* Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review, **Carbohydrate Polymers**. 2011.

CLAUDINO, A. Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes. **Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, 2003.

COLASSO, C.; Toxicologia do cromo: o que você precisa saber, **Chemical risk**, 2020. Disponível em: < <https://www.chemicalrisk.com.br/toxicologia-do-cromo/> > acesso em: 17 maio de 2023.

CRUZ, Maria A. R.; Utilização da casca de banana como biossorvente. 2009. Dissertação – **Universidade Estadual de Londrina**, Londrina, 2009.

Environmental Science, 1986.

FERREIRA, F. T.; Adsorção do corante Amarelo Tartrazina utilizando Carvão Ativado e Casca de Arroz; **UFRGS**, 2013.

HOU, Y.; LIU, H.; ZHAO, X.; QU, J.; CHEN, J. P. Combination of electroreduction with biosorption for enhancement for removal of hexavalent chromium. **Journal of Colloid and Interface Science**, 2012.

LOPES, C. W.; *et al.* Síntese e caracterização de carvões ativados derivados do sabugo de milho. **URI Erechim**. Rio Grande do Sul, 2013

NASCIMENTO, R. F.; *et al.* Adsorção. **Aspectos teóricos e aplicações ambientais 2º edição**, 2020

PUZIY, A. M.; PODDUBNAYA, O. I. Synthetic carbons activated with phosphoric acid I. Surface chemistry and ion binding properties. **Carbon**. 2002.

RAMALHO, K. J. M. F.; *et al.* Utilização de carvão ativado de casca de banana como tratamento alternativo de efluentes de indústria têxtil. **Universidade São Francisco**. São Paulo, 2021.

REIS, A. S.; *et al.* Produção de carvão ativado a partir de casca de arroz. **Universidade Federal do Tocantins**. Tocantins, 2015.

VOGEL, A. I. Química Analítica Qualitativa. **Editora Mestre Jou**, São Paulo, 1981.

WEBER, W.; SMITH, E. H. Activated carbon adsorption: The state of the art.

ZANONI, M. V. B.; *et al.* Corantes caracterização química, toxicológica, métodos de detecção e tratamento. **Cultura acadêmica**. São Paulo, 2016