

PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DA INFLORESCÊNCIA DA MACAMBIRA

Jonathan da Silva Lima ¹, Joselito Medeiros de Freitas Cavalcanti ²

RESUMO

Os carvões ativados possuem uma grande porosidade e são materiais ricos em carbono, possibilitando que os mesmos sejam capazes de adsorver moléculas tanto na fase líquida como gasosa. Este trabalho possui como objetivo a produção de carvão ativado a partir da inflorescência da Macambira. A Bromélia laciniosa (macambira) é bastante encontrada na região central do Rio Grande do Norte, uma planta que possui uma porosidade natural, tendo isso em vista pode ser uma fonte alternativa para produção de carvão ativado. A ativação da inflorescência de Macambira deu-se por meio do procedimento de pirólise em temperaturas de 400 °C, 450 °C e 500 °C em um forno tipo vertical (Mufla). Foi aplicado na ativação química uma solução de cloreto de zinco na concentração de 10% m/v. Realizou-se o teste do corante de azul de metileno na concentração de 48,5 mg/L para etapa de adsorção de carvão ativado. Após os procedimentos de pirólise e ativação, o carvão ativado sintetizado apresentou resultados positivos para adsorção do corante, indicando que inflorescência da Macambira é uma matéria-prima viável para produção de carvão ativado.

Palavras-chave: Adsorção; Carvão ativado; Macambira; Pirólise.

Data de submissão: 23/11/2022 **Data de aprovação:** 28/11/2022

Disponibilidade:

1 INTRODUÇÃO

O carvão ativado é um material com uma enorme capacidade de adsorção por isso o mesmo é muito utilizado no tratamento de água e efluentes. O uso, porém, destes adsorventes é normalmente limitado em razão do alto custo (BACCAR et. al., 2009). Neste contexto, vem-se buscando por materiais alternativos e de baixo custo que possam ser utilizados na produção de carvão ativado.

Medeiros (2005) e Fernandes (2010), citam que a utilização do carvão ativado como adsorvente tem muita presença em diversos setores, sendo industrial, transporte, agrícola e energia, nos quais apresenta resultados bastante positivos. Tendo isso em vista o carvão ativado pode ser considerado uma tecnologia para o controle ambiental.

Diante disso, a inflorescência da macambira pode ser utilizada como matéria-prima para produção de carvão ativado. Pois é um material que possui porosidade natural e por sua vez é rica em carbono, assim atendendo os principais requisitos para poder produzir carvão ativado. Dessa forma esse trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da produção a partir desse material.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Carvão Ativado

Um dos adsorventes mais utilizados para a remoção de contaminantes de meios aquosos é o carvão ativado, por ter uma alta capacidade de captura de moléculas por interação química e elevada taxa de remoção por causa de sua grande área superficial específica (Park & Kim, 1999). A aplicação desse material no tratamento de efluentes está relacionada ainda à redução de material orgânico, principalmente de espécies que alteram a cor de efluentes.

Segundo Ozdemir et al (2014), para a produção do carvão ativado, existe dois métodos mais utilizados que são as ativações por processos químicos ou físicos. A ativação por processo físico consiste na eliminação de impurezas, tais como os voláteis, por meio de pirólise/carbonização a fim de obter uma estrutura constituída basicamente por carbono.

Para ativação química, ocorre em temperaturas mais baixas com relação à ativação física, o processo ocorre na presença de agentes ativantes, tais como ácido fosfórico (H_3PO_4), cloreto de zinco ($ZnCl_2$), hidróxido de potássio (KOH), hidróxido de sódio (NaOH), ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H_2SO_4), entre outros. Estes agentes químicos utilizados são agentes de desidratação que influenciam na decomposição pirolítica e inibem a formação de alcatrão, aumentando o rendimento de carbono. A ativação química apresenta algumas vantagens em relação como menor temperatura de pirólise e maior rendimento e obtenção de material com maior área superficial específica. (Ozdemir et al, 2014)

2.2 Adsorção

A adsorção é um dos fenômenos físicos mais utilizados nos estudos de sólidos porosos. O processo de adsorção é espontâneo, em que as moléculas percorrem e ficam retidas nas superfícies de um sólido, pelo fato de existirem interações nessas superfícies. (SCHETTINO et. al., 2007). A adsorção é um fenômeno físico-químico, onde o soluto é removido de uma fase gasosa ou líquida e passa para a superfície de uma fase sólida. Logo, nos processos de adsorção, chama-se o sólido de adsorvente, como carvão vegetal, carvão ativado, argilas ativadas, alumina, etc.; e o líquido/gás adsorvido é chamado de adsorvato (VIEIRA, 2009).

A adsorção é comumente utilizada em remoção de poluentes e odores, seja em indústrias, esgotos, remoção de contaminantes, secagem de gases, dentre outros (SCHNEIDER, 2008). Os fatores analisados para realizar o processo de adsorção são: natureza do adsorvente, do adsorbato e as condições de adsorção. O que influencia na capacidade de adsorção de um determinado material é o tamanho e distribuição de poros, tamanho e distribuição de poros, área superficial específica, teor de cinzas, densidade e a natureza de grupos funcionais presentes na superfície (FERNANDES, 2008).

Os meios de adsorção são divididos em adsorção física e adsorção química, e a diferença entre as mesmas está nas forças que cada uma exerce e a intensidade de ligação entre as moléculas do adsorvente e as moléculas adsorvidas (ALBUQUERQUE-JUNIOR, 2002).

No caso da adsorção física, as forças entre o adsorbato e o adsorvente são fracas, comparando-se às forças de atração presentes na sublimação de vapores. Tal tipo de adsorção, também se conhece essas forças como forças de Van der Waals. Já na adsorção química, ocorre de tal forma: os elétrons são transferidos entre a superfície do adsorvente

e o adsorbato, assim, formando-se uma ligação química entre eles. Com base nisso, pode-se afirmar que essa interação é mais forte que a adsorção física (DI BERNARDO e DANTAS, 2002; MULLER, 2008).

2.3 Macambira

A Bromélia Laciniosa, popularmente conhecida como Macambira, é uma planta nativa do nordeste brasileiro. A mesma faz parte da família das Bromélias, pode ser encontrada em afloramentos rochosos e nas áreas preservadas da caatinga. Essa bromélia é muito conhecida no Nordeste pois, decorrentemente das épocas de estiagem, pode ser utilizada na alimentação de animais e até mesmo na alimentação humana por causa da sua capacidade de suportar grandes períodos de seca (SÁ, 2016).

A Bromélia laciniosa possui folhagens finas, que chegam até a um metro de comprimento, possui raízes finas e superficiais, características de plantas presentes em regiões áridas, se alimenta do ar atmosférico, possuindo umidade suficiente que garanta sua sobrevivência durante longos períodos de seca. Tal espécie pode ser encontrada em diversas cores, variando de diversas tonalidades de verde à roxo. (FARIAS et. al., 2011).

Pode-se definir inflorescência como uma haste, ramos ou sistemas de ramos que produzem flores. As inflorescências dividem-se em dois grupos: o grupo das inflorescências racemosas, que possuem um eixo principal que termina em uma gema e cresce mais que os ramos laterais; e o grupo das cimosas, caracterizado por eixos que resultam em uma flor (SANTOS, s. d.; SOUSA, 2010).

De acordo com Sousa (2010), a inflorescência divide-se em dois tipos: a inflorescência do tipo simples, onde os ramos de primeira ordem, tais como o racemo, espiga, espádice, umbela, carimbo, amento, pleiocásio, entre outros; e os de segunda ordem, que são os ramos que possui mais de uma ordem, como por exemplo: duplo racemo, dupla espiga, panícula, tirso, entre outros. A inflorescência presente na Macambira é do tipo racemo: possui um pêndulo simples, com flores em volta da haste. Com relação à haste, a mesma possui estrutura semelhante à da cortiça, aparentemente porosa.

3. METODOLOGIA

3.1 Processos

O experimento aconteceu nos Laboratórios de Química 1 e 2, da UFERSA – Campus Angicos, sendo feito em duas etapas. A primeira etapa consistiu no processo de carbonização (pirólise) do material e a segunda etapa consistiu no processo de ativação do material.

Na primeira etapa foi realizado a coleta da matéria-prima, sendo a inflorescência de macambira. A coleta ocorreu no município de Angicos/RN, localizado na região central do estado do Rio Grande do Norte. Ainda nesta etapa, a matéria prima foi retalhada em pedaços pequenos e colocado dentro de uma lata de aço.

A Figura 1 retrata a inflorescência de macambira cortada.

Figura 1 - Inflorescência de Macambira



Fonte: Autoria própria, 2022

A Figura 2, mostra a macambira retalhada e colocada dentro de uma lata de aço para que ocorra o processo de pirólise.

Figura 2 – Matéria Prima dentro da lata de aço



Fonte: Autoria própria, 2022

Após o material ser retalhado e dividido em 3 amostras, os mesmos foram colocados dentro de uma lata de aço, a lata foi tampada e levada ao Forno Mufla em ocasiões diferentes, em temperatura de 400 °C, 450 °C e 500 °C, respectivamente durante 2 horas. A Figura 3, corresponde ao forno Mufla, usado para o processo de pirólise do material.

Figura 3 – Forno Mufla.



Fonte: Autoria própria, 2022

Em seguida, os materiais obtidos após o tratamento térmico foram moídos e em seguida passado em peneira malha 30, afim de obter granulados menores conforme é visto na Figura 4.

Figura 4 – Material após ser passado em peneira malha 30



Fonte: Autoria própria, 2022

Após a finalização da primeira etapa foi dado início ao processo de ativação do material peneirado. Para tal procedimento foi utilizado um processo químico feito com a imersão de uma amostra em solução de cloreto de zinco – $ZnCl_2$, na concentração de 10 % m/v e na proporção de 1:5 (carvão: solução, massa: volume). o sistema foi coberto com um filme plástico, permanecendo em repouso por 24 horas. Decorrido este tempo, a amostra foi lavada com água destilada e seca em estufa a $110 \pm 5^\circ C$.

O material, após seco, foi colocado em um recipiente de aço fechado, e pirolisado novamente em forno tipo vertical (Mufla), uma parte do material sendo a $400^\circ C$, outra parte a $450^\circ C$ e por fim a terceira parte a $500^\circ C$, sendo mantida nessa temperatura durante 2 horas. O carvão ativado foi limpo com uma solução de ácido clorídrico – HCl; 2 mol/L, para a remoção e desobstrução dos poros. Ao final do processo, a amostra foi seca em estufa a $110 \pm 5^\circ C$ por 24 horas, seguindo o mesmo processo por De Costa (2015).

Figura 5 - Carvão ativado de inflorescência de macambira pirolisado a 400, 450 e $500^\circ C$, respectivamente.



Fonte: Autoria própria, 2022

3.2 Teste de adsorção

Para meios de comparação e efetividade os carvões foram introduzidos em (10 ml) de uma solução de azul de metileno com concentração de 48,5 mg/L. As amostras, A, B e C de gramaturas: 0,1108g, 0,2098g, 0,3023g respectivamente foram obtidas a uma temperatura de $400^\circ C$, as amostras D, E e F de gramaturas: 0,1053g, 0,200g, 0,3010g respectivamente foram em $450^\circ C$; por fim as amostras G, H e I de gramaturas: 0,1071g, 0,2046g, 0,3042g foram obtidas em $500^\circ C$.

Após a disposição dos carvões nos beckers ou erlenmeyers, foi feita uma agitação manual durante um minuto, e logo após foi deixado em repouso por 24 horas. Nas figuras 6, 7 e 8, mostram as soluções de azul de metileno juntamente com o carvão ativado.

Figura 6 – Amostras a 400°C



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 7 – Amostras a 450°C



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 8 – Amostras a 500°C



Fonte: Autoria própria, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização das duas etapas e esperado o tempo de repouso a solução foi filtrada com auxílio de um funil, papel filtro e balão de Erlenmeyer.

Figura 9 – A solução sendo filtrada



Fonte: Autoria própria, 2022.

Logo após a filtragem das soluções, foi observado que apenas a amostra (G) apresentou vestígios aparente do corante.

Figura 10 – Amostra (G)



Fonte: Autoria própria, 2022

Por último, foi feita a observação que as demais soluções ficaram incolores.

Foram comparados os carvões produzidos com o processo de pirólise em temperaturas diferentes, não demonstrando resultados tão distintos, possivelmente por influências laboratoriais que podem ter ocorrido desde o processo de pirólise até o procedimento de filtração. Tendo uma vez em vista, por não ter sido realizado os processos em um ambiente totalmente controlado.

Tabela 1: Resultados após o processo de filtração

Carvão	Amostra	Teor de carvão na solução (g/ml)	Resultado
400° C	A	0,01108	Imperceptível
	B	0,02098	Imperceptível
	C	0,03023	Imperceptível
450° C	D	0,01053	Imperceptível
	E	0,02003	Imperceptível
	F	0,03010	Imperceptível
500° C	G	0,01071	Perceptível
	H	0,02046	Imperceptível
	I	0,03042	Imperceptível

Conforme os dados apresentados, a melhor amostra para o processo de limpeza da solução foi a amostra D, do carvão ativado produzido a partir da Macambira, tendo o menor teor de carvão para a limpeza da solução de azul de metileno.

Pode-se analisar tais dados pondo-os em comparação com o estudo desenvolvido por SILVA(2022), que também faz o processo de adsorção com o carvão de macambira não ativado, apenas processado por pirólise a 400°C, conforme apresenta-se na tabela abaixo:

Tabela 2: Resultados Obtidos por SILVA(2022)

Carvão	Amostra	Teor de carvão na solução (g/ml)	Resultados
Macambira	A	0,01	Pouco presente
	B	0,02	Não perceptível
	C	0,03	Não perceptível
	D	0,04	Não perceptível
	E	0,05	Não perceptível

Fonte: Adaptado de SILVA (2022)

Em virtude disso, vale salientar que os dados no trabalho em curso são semelhantes aos apresentados na tabela 2. Os resultados são bastante semelhantes, entretanto, o carvão ativado nos processos com a queima a 400°C e 450°C não apresentam coloração no processo de filtração.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do obtido, a macambira apontou ser uma excelente matéria-prima para a produção de carvão. É presumível que, pela temperatura usada no processo de pirólise (queima da matéria-prima) tenha deixado um pouco de matéria orgânica, possibilitando a adsorção do azul de metileno.

Ademais, convém salientar que tanto a amostra de 400°C, 450°C e 500°C, obtiveram bons resultados. No entanto a amostra de carvão ativado que obteve o pior resultado foi a amostra G da tabela 1, de 0,1071g, na qual se foi possível observar uma sutil coloração azul, vestígios do corante.

Como já citado anteriormente, o ambiente não controlado pode gerar alguns resultados não esperados, assim como o processo de pirólise. Isso pode justificar a presença da cor azul de metileno na amostra G. Outro fator que pode gerar alterações na qualidade da adsorção é a presença de cinzas provenientes do processo de pirólise.

Uma sugestão para possíveis estudos futuros seria a remoção da casca da inflorescência previamente, tendo em vista que a mesma pode ser a principal geradora de cinzas no processo.

REFERÊNCIAS

MEDEIROS, L. L. Obtenção de Carvão ativado via oxidação química, a partir de resíduos lignocelulósicos para estocagem de gás natural. Relatório das atividades para CNPQ, Brasília, DF, 2005.

FERNANDES, K. A. Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. Revista da Graduação da PUC, v. 3, n. 2, 2010. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/7906> . Acesso em: 11 nov. 2022.

Park, S. J.; Kim, K. D. J. Adsorption behaviors of CO₂ and NH₃ on chemically surface treated activated carbons. Journal Colloid Interface Science 1999, 212, 186

Guo, Y.; Rockstraw, D. A. Physicochemical properties of carbons prepared from pecan shell by phosphoric acid activation. Bioresource Technology 2007, 98, 1513. [5] Ozdemir, I.; Sahin, M.; Orhan, R.; Erdem, M. Preparation and characterization of activated carbon from grape stalk by zinc chloride activation. Fuel Processing Technology 2014, 125, 200.

Foo, K. Y.; Hameed, B. H. Adsorption characteristics of industrial solid waste de Costa, P. D. et al. 1285 Rev. Virtual Quim. [Vol 7] [No. 4] [1272-1285] derived activated carbon prepared by microwave heating for methylene blue. Fuel Processing Technology 2012, 99, 103.

Salleh, M. A. M.; Mahmoud, D. K.; Karin, M. A. A.; Idris, A. Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review. Desalination 2011, 280, 1.

Ahmadpour, A.; Do, D. D. The preparation of active carbons from coal by chemical and physical activation. Carbon 1996, 34, 471.

Pereira, E.; Oliveira, L. C. A.; Vallone, A.; Sapag, K.; Pereira, M. Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl₃ como agente ativante. Química Nova 2008, 31, 1296. [CrossRef]

Sud, D.; M., Mahajan, G.; Kaur, M. P. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review. Bioresource Technology 2008, 99, 6017. [CrossRef] [PubMed]

Pathania, D.; Sharma, S.; Singh, P. Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficus carica bast. Arabian Journal of Chemistry 2014, no prelo. [CrossRef]

Rafatullah, M.; Sulaiman, O.; Hashim, R.; Ahmad, A. Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review. *Journal of Hazardous Materials* 2010, 177, 70.

Gerçel, Ö.; Özcan, A.; Özcan, A. S.; Gerçel, H. F. Preparation of activated carbon from a renewable bio-plant of *Euphorbia rigida* by H₂SO₄ activation and its adsorption behavior in aqueous solutions. *Applied Surface Science* 2007, 253, 4843.

Zaini, M. A. A.; Zakaria, M.; Mohd.-Setapar, S. H.; Che-Yunus, M. A. J. Sludge-adsorbents from palm oil mill effluent for methylene blue removal. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2013, 1, 1091. [15]Kandiyoti, R.; Lazaridis, J. I.; Dyrvold, B.; Weerasinghe, R. Pyrolysis of a ZnCl₂-impregnated coal in an inert atmosphere. *Fuel* 1984, 63, 1583. [CrossRef]

Mohanty, K.; Das, D.; Biswas, M. N. Adsorption of phenol from aqueous solutions using activated carbons prepared from *Tectona grandis* sawdust by ZnCl₂ activation. *Chemical Engineering Journal* 2005, 115, 121.