

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA FRUTICULTURA DE BANANA COMO ADSORVENTE: UMA ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE CORANTES

Pedro Henrique Gomes de Araújo (UFVJM) E-mail: pedro.araujo@ufvjm.edu.br

Andressa Raianny Silva Soares (UFVJM) E-mail: andressa.soares@ufvjm.edu.br

Paulo Vitor Brandão Leal (UFVJM) E-mail: paulo.leal@ufvjm.edu.br

Patrícia Xavier Baliza (UFVJM) E-mail: patricia.baliza@ufvjm.edu.br

Karla Aparecida Guimarães Gusmão Gomes (UFVJM) E-mail: karla.gusmao@ufvjm.edu.br

Lázaro Chaves Sicupira (UFVJM) E-mail: lazaro.sicupira@ufvjm.edu.br

Resumo: O vermelho do congo possui uma resistência à degradação natural, resultando em sua permanência no meio e impactos danosos ao ambiente. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a utilização de resíduos da fruticultura de banana como adsorvente na sua remoção. O caule e umbigo da bananeira foram utilizados. Os materiais foram secos, triturados e peneirados. Foram construídos filtros a partir de velas de filtro contendo: carvão ativado, caule, umbigo e um sem substrato. Uma solução de água destilada e vermelho do congo na concentração de 1 g L^{-1} foi preparada para os testes. Durante a filtração, as amostras foram retiradas e analisadas em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 495 nm. Observou-se uma eficiência inicial de 95% para o filtro contendo o caule, e dentro de um período de 360 min, o filtro ainda apresentava eficiência superior a 60%. O filtro contendo o umbigo foi desconsiderado devido a vazão. No teste de dessorção houve uma recuperação de 20% no filtro do caule, onde chegou a 84,40% de eficiência com 80 min de teste. A utilização dos resíduos de bananeira como adsorvente alternativo se mostrou promissora visto que apresentou uma boa vazão e capacidade adsorvente em relação ao vermelho do congo.

Palavras-chave: Vermelho do congo, Resíduos, Bananeira, Adsorção.

USE OF BANANA FRUITS WASTE AS AN ADSORBENT: AN ALTERNATIVE FOR THE TREATMENT OF DYES

Abstract: Congo red has a resistance to natural degradation, resulting in its permanence in the environment and harmful impacts on the environment. Thus, the objective of this work is to evaluate the use of waste from banana fruit growing as an adsorbent in its removal. The stem and navel of the banana tree were used. The materials were dried, crushed and sieved. Filters were built from filter candles containing: activated carbon, stem, navel and one without substrate. A solution of distilled water and Congo red at a concentration of 1 g L^{-1} was prepared for the tests. During filtering, samples were taken and analyzed in a spectrophotometer at a wavelength of 495 nm. An initial efficiency of 95% was observed for the filter containing the stem, and within a period of 360 min, the filter still had greater than 60% efficiency. The filter containing the umbilicus was disregarded due to flow. In the desorption test there was a recovery of 20% in the stem filter, where it reached 84.40% efficiency after 80 min of testing. The use of banana residues as an alternative adsorbent proved to be promising since it presented good flow and adsorptive capacity in relation to Congo red.

Keywords: Congo red, Residues, Banana, Adsorption.

1. Introdução

A água é um recurso essencial e indispensável para sociedade e seu uso está aumentando devido ao crescimento populacional humano (HANASAKI *et al.*, 2013). As mudanças climáticas juntamente com a questão populacional devem tornar sua disponibilidade mais restrita, o que torna sua escassez uma grande preocupação (DÖLL, 2009). A poluição dos recursos hídricos é um outro fator responsável por restringir a disponibilidade da água, sendo a indústria têxtil um dos mais relevantes com relação ao

impacto ambiental destes. Toneladas de corantes são geradas por esse ramo industrial e uma porcentagem significativa deles são descartados sem o tratamento adequado em efluentes (ARTIFON *et al.*, 2021).

O risco iminente da escassez de água acende o sinal de alerta sobre a preservação dos recursos hídricos e a necessidade de proposições de alternativas para sua economia. Nesse sentido surgem diferentes propostas tais como rodízio no fornecimento de água, redução da perda de água tratada e o tratamento de efluentes. Diversas pesquisas tem sido realizadas com o propósito de fornecer alternativas para o tratamento de corantes em efluentes provindos da indústria têxtil (CHEN *et al.*, 2019; ARTIFON *et al.*, 2021; MAJHI *et al.*, 2022).

Num contexto de gestão ambiental, que visa um desenvolvimento sustentável, a proposta de tratamento de efluentes em diferentes setores da indústria é importante para a economia de recursos hídricos. Neste cenário destaca-se a utilização da adsorção como alternativa para o tratamento de efluentes de diferentes matrizes. A adsorção pode ser definida como um processo de transferência de massa, a qual explora a habilidade de certos sólidos em concentrar, na sua superfície, substâncias específicas contidas em soluções aquosas ou em gases, resultando em uma separação que envolve as interações entre os componentes de um determinado sistema. A substância que é adsorvida é chamada de adsorvato e o material que adsorve é chamado de adsorvente ou substrato. O processo inverso da adsorção é a dessorção (ATKINS; PAULA, 2012).

Anteriormente já foi relatado o processo de adsorção em fibras naturais. E há um aumento crescente na geração de resíduos agrícolas a cada ano devido à crescente demanda populacional (CANDIDO *et al.*, 2021; BABU *et al.*, 2022; PODJAVA *et al.*, 2022). Visando uma busca alternativa para o tratamento de efluentes e da preservação ambiental, o presente trabalho tem como objetivo avaliar por meio da metodologia de superfície de resposta a adsorção de corantes catiônicos e aniônicos em resíduos provenientes da fruticultura de banana.

2. Materiais e métodos

2.1. Coleta, tratamento e caracterização do adsorvente

Os resíduos da bananeira foram coletados na colonização III, município de Porteirinha, Minas Gerais. O caule e o umbigo da bananeira foram cortados e secos à temperatura ambiente por 4 dias, depois foram triturados e peneirados em peneiras de 1 e 0,5 mm.

Foi realizado a pesagem de 20g do resíduo e posteriormente foram caracterizados em peneiras com aberturas de 710, 600, 425, 250, 180, 150, 125, 90, 75 μm .

2.2. Construção dos filtros

Foram construídos quatro filtros a partir de velas de filtro com diferentes substratos: carvão ativado, caule, umbigo e um sem substrato. As velas de filtro então foram serradas. Após, foram pesados 2g de cada substrato, e colocados dentro de cada filtro e seguidamente fechados com massa adesiva. Para garantir que os substratos não saíssem pelo bico do filtro, foi colocado um pedaço de esponja no local.

Com os filtros selados, eles foram postos dentro de pedaços de cano PVC de 100 mm para que fosse possível realizar a filtração, onde foi utilizado uma tampa para canos de 100 mm com um furo no meio para passar o bico do filtro.

2.3. Curva de calibração

Foi dissolvido 0,500 g de vermelho do congo ($C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$) em 200 mL de água destilada em um béquer de 500 ml. A solução foi então transferida para um balão volumétrico de 500 ml e completou-se o volume com água destilada.

Foram transferidas alíquotas da solução padrão de vermelho do congo de 0,2 ml, 0,4 ml, 0,6 ml, 0,8 ml, 1,0 ml, 2,0 ml, 4,0 ml e 8,0 ml para balões volumétricos de 10 ml. Completou-se o volume com água destilada. A leitura da absorbância de cada solução foi efetuada a 495 nm, em Espectrofotômetro FEMTO 700 plus. Empregou-se como branco água destilada.

2.4. Teste de adsorção e dessorção

Foi despejado a solução padrão de vermelho do congo dentro de cada filtro finalizado, onde após o início do processo de filtração, a cada 10 min foram retiradas amostras durante 60 min, depois a cada 30 min durante 2 horas e por fim a cada 60 min por 3 horas. Essas amostras foram então levadas a um Espectrofotômetro FEMTO 700 plus e suas absorbâncias analisadas em 495 nm (XAVIER, 2004). As diluições necessárias para se conseguir fazer a leitura foram feitas em 10x. Durante o teste também foi calculado a vazão dos filtros.

Na dessorção, foi despejado água quente dentro de cada filtro, onde após o início do processo de filtração, a cada 10 min foram retiradas amostras durante 120 min. As absorbâncias das amostras foram analisadas em um Espectrofotômetro FEMTO 700 plus em 495 nm. As diluições necessárias para se conseguir fazer a leitura foram feitas em 10x.

3. Resultados e discussões

3.1. Caracterização do adsorvente

Os resultados referentes ao tamanho das partículas estão na Tabela 1. Observamos que a maior parte das partículas possuem tamanho de 180 e <75 μm , representando 22,71 e 21,69%. Durante o processo de caracterização houve uma perda de 2,9464 g, provavelmente pelo fato de as partículas serem muito finas. A adsorção é intimamente relacionada com a área superficial das partículas adsorventes, onde quanto menor a partícula, maior será a área superficial e maior será a adsorção (DOS SANTOS et al., 2002).

Tabela 1 – Resultado da caracterização

Abertura (μm)	Massa Caule (g)
710	0
600	0
425	0,0765
250	2,9966
180	4,542
150	1,0422
125	0,9855
90	2,1693
75	0,9026
< 0,75	4,3389

3.2. Curva de calibração

As leituras obtidas das absorvâncias estão na Tabela 2. Com esses resultados foi construído a curva de calibração (Figura 1), onde a equação da reta foi $y = 0,0245x + 0,1479$, sendo y a absorvância e x a concentração.

Tabela 2 - Medidas das soluções de diferentes concentrações de vermelho do congo

Concentração	Absorvância
0	0
20	0,535
40	1,076
60	1,607
80	2,046
100	2,397
200	5,39
400	10,13
800	20,6
1000	23,87

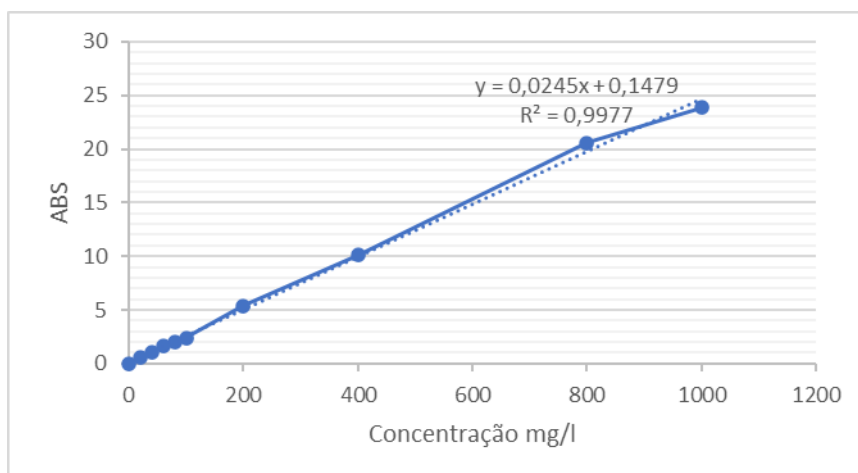


Figura 1 - Curva de calibração.

3.3. Teste de adsorção e dessorção

As absorvâncias obtidas dos filtros de caule, carvão e branco no teste de adsorção estão representadas na Tabela 3 e 4. As medidas das vazões foram realizadas pós teste de adsorção, onde o filtro com o substrato do umbigo foi inviável para a pesquisa devido a vazão ser quase nula, assim foi descartado. O carvão também não apresentou uma vazão após o teste. Talvez devida a sua capacidade de adsorção o carvão se tornou uma barreira física impedindo a passagem da solução. Dentre os substratos o caule teve o melhor desempenho, onde a vazão foi de $0,021 \text{ mL min}^{-1}$ e por fim o branco com $0,046 \text{ mL min}^{-1}$.

Tabela 3 - Absorbâncias dos filtros de caule e carvão por tempo no teste de adsorção.

Minutos	Absorbâncias	
	Caule	Carvão
10	1,237	0
20	2,143	-0,003
30	3,8	0,007
40	4,78	0,006
50	5,78	0,002
60	6,46	0,001
90	7,7	-0,002
120	8,15	0,01
150	8,51	-0,003
180	8,79	0,028
240	9,32	0,245
300	9	0,539
360	8,86	0,9

Tabela 4 - Absorbâncias do branco por tempo no teste de adsorção.

Minutos	Absorbância
	Branco
10	17,3
20	19,51
30	20,27
40	20,96
50	21,3
60	20,92
70	21,37
80	21,74
90	21,02
100	22

Utilizando a equação da curva de calibração foi possível encontrar a concentração referente a cada tempo e a eficiência de remoção de cada substrato e o branco (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 - Concentrações (mg L^{-1}) e porcentagem de eficiência por tempo do caule e carvão no teste de adsorção.

Minutos	Caule		Carvão	
	Concentração	Porcentagem	Concentração	Porcentagem
10	44,45	95,55	-6,04	100,60
20	81,43	91,86	-6,16	100,62
30	149,07	85,09	-5,75	100,58
40	189,07	81,09	-5,79	100,58
50	229,88	77,01	-5,96	100,60
60	257,64	74,24	-6,00	100,60
90	308,25	69,18	-6,12	100,61
120	326,62	67,34	-5,63	100,56
150	341,31	65,87	-6,16	100,62
180	352,74	64,73	-4,89	100,49
240	374,37	62,56	3,96	99,60
300	361,31	63,87	15,96	98,40
360	355,60	64,44	30,70	96,93

Tabela 6 - Concentrações (mg L^{-1}) e porcentagem de eficiência por tempo do branco no teste de adsorção.

Minutos	Branco	
	Concentração	Porcentagem
10	700,09	29,99
20	790,29	20,97
30	821,31	17,87
40	849,47	15,05
50	863,35	13,66
60	847,84	15,22
70	866,21	13,38
80	881,31	11,87
90	851,92	14,81
100	891,92	10,81

Um gráfico de barras foi construído para melhor visualização da porcentagem de cada filtro (Figura 2). Foi observado que o caule demonstra uma boa capacidade de adsorção. Sua eficiência inicial foi de 95,55% e após 360 min apresentava 64,44%.

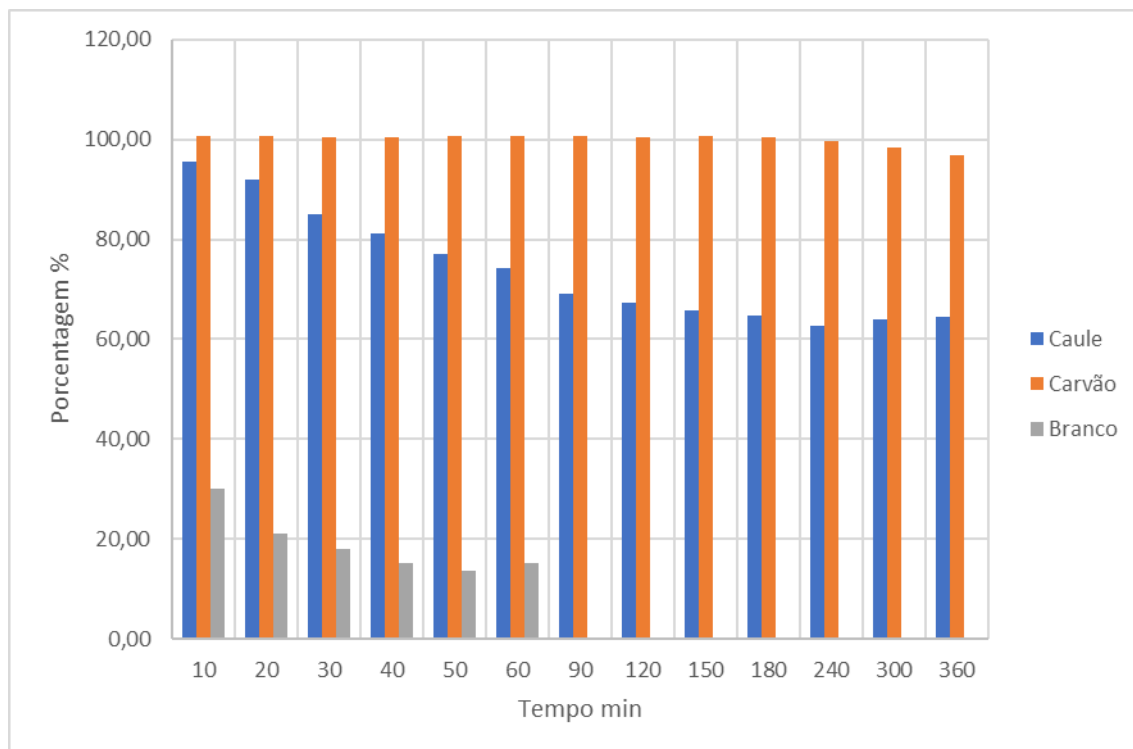


Figura 2 - Gráfico de porcentagem por tempo referente a cada filtro no teste de adsorção.

As absorvâncias obtidas dos filtros de caule e branco no teste de dessorção estão representadas na Tabela 7. Não foi possível realizar o teste de dessorção com o filtro do carvão devido a não apresentar uma vazão.

Tabela 7 - Absorvâncias dos filtros de caule e branco por tempo no teste de dessorção.

Minutos	Absorvâncias	
	Caule	Branco
10	8,48	0,451
20	8,27	0,192
30	7,72	0,333
40	6,82	0,407
50	5,87	0,199
60	5,39	0,333
70	4,09	0,344
80	3,97	0,084
90	4,23	0,155
100	4,78	0,112
110	4,76	0,18
120	4,55	0,148

Utilizando a equação da curva de calibração foi possível encontrar a concentração referente a cada tempo e a eficiência de remoção de cada substrato e o branco, estando representado na Tabela 8.

Tabela 8 - Concentrações (mg L⁻¹) e porcentagem de eficiência por tempo do caule e branco no teste de dessorção.

Minutos	Caule		Branco	
	Concentração	Porcentagem	Concentração	Porcentagem
10	340,09	65,99	12,37	98,76
20	331,51	66,85	1,80	99,82
30	309,07	69,09	7,56	99,24
40	272,33	72,77	10,58	98,94
50	233,56	76,64	2,09	99,79
60	213,96	78,60	7,56	99,24
70	160,90	83,91	8,00	99,20
80	156,00	84,40	-2,61	100,26
90	166,62	83,34	0,29	99,97
100	189,07	81,09	-1,47	100,15
110	188,25	81,18	1,31	99,87
120	179,68	82,03	0,00	100,00

Um gráfico de barras foi construído para melhor visualização da porcentagem de cada filtro (Figura 3). Houve uma recuperação de cerca de 20% no filtro do caule após a dessorção, onde anteriormente o filtro apresentava 64,44% e chegou até 84,40% de eficiência com 80 min de teste. Após esse período ocorreu pequenas variações.

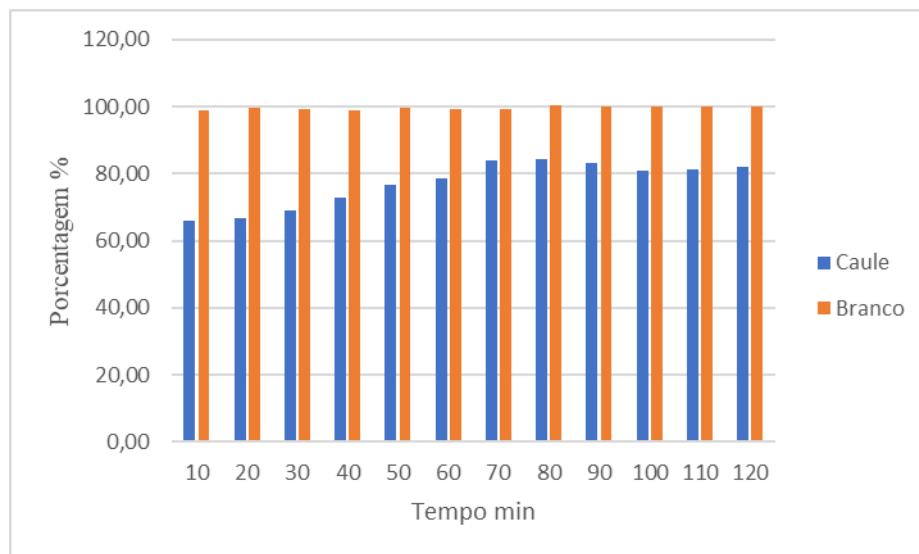


Figura 3 - Gráfico de porcentagem por tempo referente a cada filtro no teste de dessorção.

4. Conclusões

O filtro contendo o caule se mostrou eficiente para a remoção do vermelho congo da água. Enquanto que o filtro contendo umbigo apresentou uma vazão muito baixa e teve que ser descartado. Portanto, a utilização do caule de bananeira como adsorvente alternativo se mostrou promissora visto que apresentou uma boa vazão e capacidade adsorptiva em relação ao vermelho do congo.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para uma bolsa de iniciação científica.

Referências

- ARTIFON, W.; CESCO, K.; DE ANDRADE, C.J.; DE SOUZA, A.A.U.; DE OLIVEIRA, D. *Dyestuffs from textile industry wastewaters: Trends and gaps in the use of bioflocculants*. Process Biochemistry, v. 111, p. 181-190, 2021.
- ATKINS, P.; PAULA J. *Físico-Química*. Rio de Janeiro: LTC, 2012, 488p.
- BABU, R.S.; PRASANNA, K.; KUMAR, P.S. *A censorious review on the role of natural lignocellulosic fiber waste as a low-cost adsorbent for removal of diverse textile industrial pollutants*. Environmental Research, v. 215, p. 114183, 2022.
- CANDIDO, I.C.M.; PIRES, I.C.B.; DE OLIVEIRA, H.P. *Natural and Synthetic Fiber-Based Adsorbents for Water Remediation*. CLEAN–Soil, Air, Water, v. 49, n. 6, p. 2000189, 2021.
- CHEN, L.; CARO, F.; CORBETT, C.; DING, X. *Estimating the environmental and economic impacts of widespread adoption of potential technology solutions to reduce water use and pollution: Application to China's textile industry*. Environmental Impact Assessment Review, v. 79, p. 106293, 2019.
- DÖLL, P. *Vulnerability to the impact of climate change on renewable groundwater resources: a global-scale assessment*. Environmental Research Letters, v. 4, n. 3, p. 035006, 2009.
- DOS SANTOS, C.P.F.; MELO, D.M.A.; MELO, M.A.F.; SOBRINHO, E.V. *Caracterização e usos de argilas bentonitas e vermiculitas para adsorção de cobre (II) em solução*. Cerâmica, v. 48, p. 178-182, 2002.
- HANASAKI, N.; FUJIMORI, S.; YAMAMOTO, T.; YOSHIKAWA, S.; MASAKI, Y.; HIJOKA, Y.; KAINUMA, M.; KANAMORI, Y., MASUI, T.; TAKAHASHI, K.; KANAE, S. *A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways–Part 2: Water availability and scarcity*. Hydrology and Earth System Sciences, v. 17, n. 7, p. 2393-2413, 2013.
- MAJHI, P.K.; KOTHARI, R.; ARORA, N.K.; PANDEY, V.C.; TYAGI, V.V. *Impact of pH on pollutional parameters of textile industry wastewater with use of Chlorella pyrenoidosa at lab-scale: a green approach*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 108, n. 3, p. 485-490, 2022.
- PODJAVA, A.; ZARINS, A.; AVOTINA, L.; SHVIRKSTS, K.; BAUMANE, L.; RASMANE, D.A.; GRUBE, M.; KIZANE, G. *Latvian Sheep Wool Fiber as a Cheap Natural Adsorbent for the Removal of Congo Red Dye from Wastewater*. Water, Air, & Soil Pollution, v. 233, n. 11, p. 451, 2022.
- XAVIER, M.F. *Estudo da extração de antocianinas em colunas recheadas*. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; 2004.