Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.12, 2024
ISSN 2178-6925

CARACTERÍSTICA FITOQUÍMICA, ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ADSORTIVA E ALELOPÁTICA DO EXTRATO DO FRUTO DE BURITI (M*auritia Flexuosa* L. f.)

PHYTOCHEMICAL CHARACTERISTICS, PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS AND ADSORPTIVE AND ALLELOPATHY ACTIVITY OF BURITI FRUIT EXTRACT (*Mauritia Flexuosa* L. f.)

Paloma Lima Seixas
Graduanda em Química Industrial- Universidade Federal do Amazonas
Graduada em Enfermagem- Universidade do Norte do Paraná
Pós-Graduanda em Urgência e Emergência e UTI Adulto- Singular Educacional
Email: palomalima760@gmail.com

Eldon Carlos dos Santos Colares
Farmacêutico- Instituto Esperança de Ensino Superior
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ
Grupo de Pesquisa de Materiais Eletrocatalíticos e Alelopatia (MEA)-Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
E-mail: eldon.colares@hotmail.com

Diana Vinhote Corrêa
Graduanda em Química Industrial- Universidade Federal do Amazonas
Email: diana.vinhote.correa@gmail.com

Mateus Feitosa Santos
Farmacêutico Generalista, Universidade Federal do Amazonas
Grupo de Pesquisa em Produtos Naturais-(GPPN)
Laboratório de fitoquímica e Semissíntese FITOPHAR-UFAM-FCF
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ
Grupo de Pesquisa de Materiais Eletrocatalíticos e Alelopatia (MEA)-Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
E-mail: mateusfeitosa035@gmail.com

Joel dos Santos Batista
Graduado em Química Industrial- Universidade Federal do Amazonas
Mestre em Ciências e Tecnologia Para Recursos Amazônicos
Email: santosjoel229@gmail.com

RESUMO

Os corantes são poluentes ambientais reconhecidos como problemas mundiais requerem alternativas inteligentes para sua remoção. Dentre os principais corantes utilizados no mercado destaca-se o Amarelo de Tartrazina que pode ocasionar diversos danos ao meio ambiente. O desenvolvimento de bioadsorventes faz-se fundamental para a sustentabilidade e controle de plantas invasoras. Uma das espécies botânicas candidatas ao desenvolvimento de bioadsorventes é a *Mauritia flexuosa* L.f conhecida como buriti. Este artigo objetivou avaliar: Perfil Fitoquímico, Análise Físico-Química e atividades

adsortiva e alelopática do extrato aquoso dos frutos de *Mauritia flexuosa* L.f O substrato de *Mauritia flexuosa* L.f foi adquirido em comércio local da cidade de Itacoatiara levado para Itacoatiara, seco em estufa e triturado em moinho de facas. O bioadsorvente foi obtido por meio da rota ácida. Foram avaliados: Potencial de Carga Zero, Titulação de Bohem, Melhor Massa, Microscopia Eletrônica de Varredura, Difração de Raio X. O perfil fitoquímico foi determinado através de reações cromáticas conforme metodologia descrita por Matos, 2009. O ensaio alelopático *in vitro* foi conduzido em câmara de germinação, a uma temperatura de 25 ºC e fotoperíodo de 12 horas, utilizando diferentes concentrações do extrato aquoso 0,1 e 1%. Foram utilizadas 20 sementes de tomate e para a avaliação das seguintes variáveis: porcentagem de germinação, tempo médio de germinação, velocidade de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento médio radicular. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do software SISVAR. O potencial de carga zero apresentou valor entre pH1 e 4. A titulação de Bohem apresentou resultados para cromenos, cetonas e pironas. A melhor massa variou de 0,1 mg a 2,0 g de material de buriti. A análise por MEV apresentou valores de 10µm, A análise por DRX apresentou-se estável. O perfil fitoquímico apresentou: flavonoides, saponinas e taninos. O extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L.f apresentou atividade alelopática frente sementes de tomate são necessários estudos futuros buscando investigar o mecanismo de ação dos componentes do extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L e sua atividade alelopática.

Palavras-chave: Alelopatia; Bioadsorvente; *Mauritia flexuosa* L.f ; Sementes.

ABSTRACT

Dyes are environmental pollutants recognized as global problems that require intelligent alternatives for their removal. Among the main dyes used in the market, Tartrazine Yellow stands out, as it can cause several damages to the environment. The development of bioadsorbents is essential for sustainability and control of invasive plants. One of the botanical species that is a candidate for the development of bioadsorbents is *Mauritia flexuosa* L., known as buriti. This article aimed to evaluate: Phytochemical Profile, Physicochemical Analysis and adsorptive and allelopathic activities of the aqueous extract of the fruits of *Mauritia flexuosa* L. The substrate of *Mauritia flexuosa* L. was purchased from a local store in the city of Itacoatiara, taken to Itacoatiara, dried in an oven and ground in a mil knives. The bioadsorbent was obtained through the acid route. The following were evaluated: Zero Charge Potential, Bohem Titration, Best Mass, Scanning Electron Microscopy, X-ray Diffraction. The phytochemical profile was determined through chromatic reactions according to the methodology described by Matos, 2009. The in vitro allelopathic assay was conducted in a germination chamber, at a temperature of 25 °C and a photoperiod

of 12 hours, using different concentrations of the aqueous extract 0.1 and 1%. Twenty tomato seeds were used to evaluate the following variables: germination percentage, average germination time, germination speed, germination speed index and average root length. The data obtained were statistically analyzed using the SISVAR software. The zero charge potential presented a value between pH 1 and 4. The Bohem titration presented results for chromenes, retomes and pyrones. The best mass ranged from 0.1 mg to 2.0 g of buriti material. SEM analysis showed values of 10 µm. XRD analysis was stable. The phytochemical profile showed: flavonoids, saponins and tannins. The aqueous extract of *Mauritia flexuosa* L. f showed allelopathic activity against tomato seeds; future studies are needed to investigate the mechanism of action of the components of the aqueous extract of *Mauritia flexuosa* L f. and their allelopathic activity.

Keywords: Allelopathy; Bioadsorbent; *Mauritia flexuosa L.f*; Seeds.

1. INTRODUÇÃO

Os corantes são poluentes ambientais reconhecidos como problemas mundiais requer soluções criativas e que podem persistirem na natureza por longos períodos de tempo além de ocasionarem danos à saúde humana e aos ecossistemas, o que é uma preocupação crescente (Reck e Paixão, 2016). Em virtude disto, a comunidade científica vem estudando novos métodos eficazes e sustentáveis capazes de atuarem na degradação de corantes (Santos et al, 2021).

Dentre as aplicações que os corantes possuem está a de conferir cores permanentes às fibras, mantendo a sua cor mesmo sob influência de luz solar, luz artificial, água e produtos químicos. A maioria destes corantes são solúveis em água e absorvem luz visível entre 400 a 700 nm, o que lhe confere uma solidez considerável. Quando esses corantes poluem fontes de água, podem prejudicar a fotossíntese e o metabolismo dos organismos aquáticos e aumentar a necessidade de oxigênio da água (Reck e Paixão, 2016).

Segundo Alshehrei (2020), os corantes são usualmente agrupados baseados em seus elementos cromóforos, sendo que a maioria dos corantes utilizados na indústria são derivados azo (-N=N-) encontrados em aditivos alimentares e compostos sintéticos são incluídos nos alimentos com múltiplos objetivos como: garantir estabilidade, prevenir a deterioração e também proporcionar textura, aspecto, sabor, frescor e coloração desejáveis.

Dentre os diversos corantes existentes no mercado podemos citar o amarelo tartrazina (tartrazine yellow), de fórmula molecular $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$, aniônico aromático homogêneo, com alta solubilidade em água e ótima estabilidade, pertencente à classe dos monoazotados, com massa molar de 534,36 g/mol e solubilidade em água de 20 g/100 mL a 25°C (Anvisa; Farmacopeia, 2019).

Uma vez que os corantes são lançados em reservatórios tornam-se uma ameaça ao ecossistema. As formas convencionais de tratamento para este tipo de efluentes incluem métodos físicos e químicos, como filtração por membrana, floculação e condensação de coagulação, tratamento químico, como oxidação profunda, troca iônica, irradiação e adsorção, fotodegradação e métodos de tratamento como biodegradação (Lima, 2017).

Em virtude disso, torna-se fundamental a utilização de fontes renováveis para o desenvolvimento de novos materiais de cunho acessível afim de realizar a implementação da química verde, método que geralmente envolve a utilização de matérias-primas extraídas de resíduos industriais gerado em escala ou de produtos vegetais que são facilmente obtidos (Lima, 2017).

O desenvolvimento de adsorventes alternativos além de promoverem a sustentabilidade, também têm sido o foco de muitas pesquisas (Mendonça et al, 2021). Os bioadsorventes são sedimentos resultantes da agroindústria, tais como: bagaço, cascas, sementes, escória e cinzas, que após modificações são capazes de ser ácidas e básicas, impulsionando cargas livres e sítios (Piquet; Martelli, 2024).

Adsorventes alternativos de origem natural oferecem várias vantagens em comparação com surfactantes e adsorventes sintéticos quando utilizados na técnica de adsorção. Entre essas vantagens estão a melhor compatibilidade ambiental, a maior biodegradabilidade e a menor toxicidade (Lima, 2017).

Dentre os produtos os quais tem despertado interesse da comunidade científica destaca-se a *Mauritia flexuosa* L. f, popularmente conhecido pelos habitantes ribeirinhos como buriti, possui distribuição geográfica limitada à América do Sul e está amplamente presente em toda a região Amazônica, adapta-se muito bem a solos pobres, ácidos e alagados, os quais são inadequados para a agricultura (Lima, 2017).

Outras aplicações biológicas que as plantas podem apresentar é no estudo do potencial alelopático que consiste nos efeitos que uma planta pode apresentar sobre as outras uma vez que sabe-se que produtos oriundos do metabolismo secundário de plantas podem atuar como inibidores do processo de germinação das sementes além de impedir a propagação de plantas daninhas o que evidencia a atividade herbicida capaz de reduzir a utilização de agrotóxicos e agroquímicos sintéticos os quais podem causar danos aos plantios e aos ecossistemas (Day, 2020).

Nesse sentido e baseado nas literaturas este trabalho tem como o objetivo deste trabalho é investigar as atividades adsortivas e alelopática da biomassa de *Mauritia flexuosa* L.f, preenchendo uma lacuna na literatura cientifica sobre o potencial bioativo dessa espécie.

2. METODOLOGIA

2.1 Obtenção da Biomassa

O substrato foi adquirido com um comerciante de polpas localizado no bairro Santo Antônio, na rua Uatumã, em Itacoatiara, Amazonas. Realizou-se uma única coleta de aproximadamente 50 kg de material.

2.2 Seleção e Pré-Tratamento

O material coletado foi inicialmente colocado no sol por um dia para remover o excesso de água das sementes. Após essa secagem inicial, o material foi levado ao laboratório de pesquisa Instituto de Ciência Exatas e Tecnologia (ICET) e submetido a uma estufa microprocessada a 100 °C por 4 horas. Com as sementes secas, utilizou-se uma pinça de aço para remover o endocarpo que envolve cada semente.

Em seguida, levou-se o material em um moinho mecânico até que atingisse a granulometria entre 16 e 32 mesh, equivalente a 0,5 mm e 1 mm, e assim lavado com água destilada para garantir a remoção de impurezas, sendo, por fim, submetido a uma nova secagem em estufa para garantir a completa remoção de umidade residual.

2.3 Obtenção do bioadsorvente pela rota básica acido

Após atingir a temperatura ambiente, retirou-se uma alíquota, devidamente pesada em balança analítica, que foi transferida para um béquer de 2 litros. Preparou-se uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) com concentração de 3molar, que foi adicionado ao béquer contendo o material, mantendo-o em contato por 12 horas. Após esse período, realizou-se a lavagem do material deixando-o pronto para os testes de adsorção. O mesmo procedimento foi aplicado para o ácido.

2.4 Titulação de Bohem

Com objetivo de caracterizar os grupos funcionais, prepararam-se seis soluções: ácido clorídrico nas concentrações de 0,1 M e 0,02 M; hidróxido de sódio a 0,1 M e 0,02 M; bicarbonato de sódio a 0,1 M e carbonato de sódio a 0,05 M. Em cada 50 mL dessas soluções, adicionaram-se 50 mg do material triturado, e 10 mL foram retirados para titulação.

2.5 Análise Físico-Química

2.5.1 Condutividade elétrica e PH

O extrato (aquoso) a 1% foi submetido aos testes de condutividade elétrica e pH.

2.5.2 Refratividade

O extrato (aquoso) a 1% foi submetido ao teste de refratividade em refratômetro onde com uma pipeta Pasteur individualmente foi adicionado o extrato na lente do equipamento e anotou-se o valor das leituras.

2.6 Caracterização do resíduo do buriti

2.6.1 Ponto de Carga Zero

Para a realização do pH do Ponto de Carga Zero (pHPCZ), o experimento foi conduzido utilizando 12 Erlermeyer de 100 mL no qual foi adicionado 0,100 g da biomassa de buriti, em seguida foi preparo uma solução com pH previamente ajustado com soluções de ácido sulfúrico a 3 mol L^{-1} e de hidróxido de sódio a mesma concentração, retirou-se uma alíquota de 50 mL e com o auxílio de um medidor de pH da marca phamtro Simpla 140, ajustando as alíquotas no pH de 1 a 12, após 24 horas a solução foi novamente levada ao aparelho para a leitura do pH final no aparelho espectrofotômetro BEL UV-M51.

2.6.2 Melhor Massa

Com objetivo de analisar a melhor massa, pesou-se diferentes massas da biomassa de buriti de 0,1 g a 2,0 g, posteriormente a isso, adicionou-se 50 mL da solução do corante e após 1 hora, foi executada a leitura no espectrofotômetro BEL UV-M51.

2.6.3 Adsorção assistida em varredura em diferentes temperaturas

O ensaio foi realizado retirando uma alíquota de 50 mL da solução estoque para cada ensaio, como limite de absorbância próxima de 1. Foi adicionado 0,100 g de substrato *Mauritia flexuosa* L. f. em béquer com 50 mL da solução ajustado no pH 1.

O procedimento foi realizado para diferentes temperaturas (25, 35 e 45). As leituras obedeceram ao tempo de duração de 1 hora e durante os primeiros 30 minutos, foram realizadas leituras de 5 em e minutos, em seguida, de 10 minutos em 10 minutos, até que atingisse o tempo de 60 minutos ou 1 hora.

2.6.4 MEV

Para a análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizou-se um microscópio de emissão de campo, modelo JEOL 7500F, operando em diferentes ampliações. A amostra de buriti foi revestida com uma fina camada de ouro por meio de um processo de pulverização, e, em seguida, foi examinada com o microscópio eletrônico de varredura. A análise foi realizada com feixe de elétrons de 250 kV o que possibilitou a captura de microfotografias detalhadas da estrutura superficial do adsorvente.

2.6.5 DRX

O difratômetro de raio x Rigaku MiniFlex é um dos modelos mais utilizados em laboratórios. Neste equipamento, a radiação de raios X é incidida sobe o material na uma energia especifica, no ângulo 20°. Em seguida, é gerado um gráfico que apresenta picos característicos, os quais serão analisados posteriormente.

2.7 Perfil Fitoquímico

2.7.1 Preparo do Extrato

Para preparar a infusão de buriti, pesou-se 1 gramas dos frutos já triturados e secos em balança analítica. Adicionaram-se 100 mL de água destilada previamente fervida a 90 ºC, e o béquer foi vedado com parafilm. A mistura foi deixada em repouso até atingir a temperatura ambiente e, posteriormente, foi filtrada utilizando um sistema de filtração simples.

2.7.2 Prospecção Fitoquímica para Flavonoides

O teste qualitativo para a caracterização de flavonoides foi realizado da seguinte maneira, conforme método descrito por Matos, (2009).

a) **Reação com hidróxidos alcalinos:** em um tubo de ensaio, adicionou-se 1 mL do extrato aquoso, seguido pela adição de 9 mL de água destilada. Em seguida, separou-se 5 mL dessa solução final para outro tubo de ensaio, ao qual foram acrescentadas 25 gotas de solução de hidróxido de sódio a 1 mol/L. A presença de flavonoides com grupos hidroxilas fenólicas livres foi confirmada pelo aparecimento de coloração amarela na solução.
b) **Reação com cloreto férrico:** Em um tubo de ensaio, adicionaram-se 1 mL do extrato vegetal e 9 mL de água destilada. Dessa solução, transferiram-se 5 mL para outro tubo. A seguir, foi adicionada uma gota de solução de cloreto férrico 2% (m/v) em um dos tubos, enquanto o segundo tubo foi mantido sem a adição de qualquer reagente, como controle.

2.7.3 Prospecção Fitoquímica para Taninos

Para a identificação de taninos, dissolveram-se 20 mL do extrato em 2 mL de metanol, e, em seguida, adicionaram-se 4 mL de água destilada. A solução foi filtrada utilizando um funil e papel filtro. Posteriormente, a amostra foi dividida em dois tubos de ensaio, com 3 mL em cada. Na primeira reação, adicionaram-se cinco gotas de cloreto férrico a 20% no primeiro tubo. Na segunda reação, foram adicionadas duas gotas de ácido clorídrico aos extratos, seguidas pela adição de algumas gotas de solução de albumina a 2% no segundo tubo.

2.8 Atividade Alelopática

O bioensaio de germinação foi realizado no laboratório de Farmácia da Universidade Federal do Amazonas (N° 109), utilizando placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo 4 folhas de papel filtro. Duas folhas foram colocadas na base e duas na tampa das placas, todas previamente autoclavadas a 120 ºC e pressão de 1 kgf/cm² por 30 minutos, e umedecidas com água.

O extrato aquoso foi diluído nas concentrações de 1, 0,1 % (peso/volume - p/v). Foram distribuídas 20 sementes por placa, as quais foram previamente desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%. As avaliações da germinação foram feitas diariamente até o décimo dia, e os resultados foram expressos de acordo com as diretrizes estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Dois controles foram utilizados: água destilada e solução de água destilada com Tween 80 (Polissorbato 80).

Na semeadura, as soluções com as diferentes concentrações do extrato foram aplicadas no papel filtro da tampa das placas de Petri, em contato direto com as sementes. As placas foram mantidas em fotoperíodo de 12 horas de luz, a uma temperatura de 25ºC, em câmara BOD. As soluções de teste foram adicionadas uma única vez, no início do bioensaio. Consideraram-se sementes germinadas aquelas que apresentaram protrusão da radícula de, no mínimo, 2 mm.

Foram avaliadas as variáveis: Porcentagem de germinação, Tempo Médio de Germinação, Velocidade de Germinação, Índice de Velocidade de Germinação e Comprimento Médio Radicular monitoradas estatisticamente pelo software SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Obtenção da biomassa e Pré-tratamento da biomassa

Foram colocados um total de 50 Kg de material, no entanto, apenas o mesocarpo e as cascas, que possuem características esponjosas e porosas, foram utilizados, aproximadamente 1 Kg desse material foi separado para ser triturado e utilizado nos testes como bioadsorventes em sua forma *in natura*.

3.2 Titulação de Bohem

Este método é clássico para identificar e quantificar os grupos funcionais presentes na superfície da biomassa. Esses grupos desempenham um papel crucial na interação com o adsorbato, influenciando a eficiência do processo de adsorção.

O quadro 1 apresenta o resultado referente a essa análise.

Tabela 1. Valores referentes a titulação de Bohem para identificar e quantificar os grupos funcionais na superfície do material in natura.

Valores adquiridos mediante a titulação de Bohem					
Grupos Superficiais	**Carboxílicos**	**Lactônicos**	**Fenólicos**	**Carbonílicos**	**Básicos**
Valores	0,553	0,213	0,853	0,709	2,598

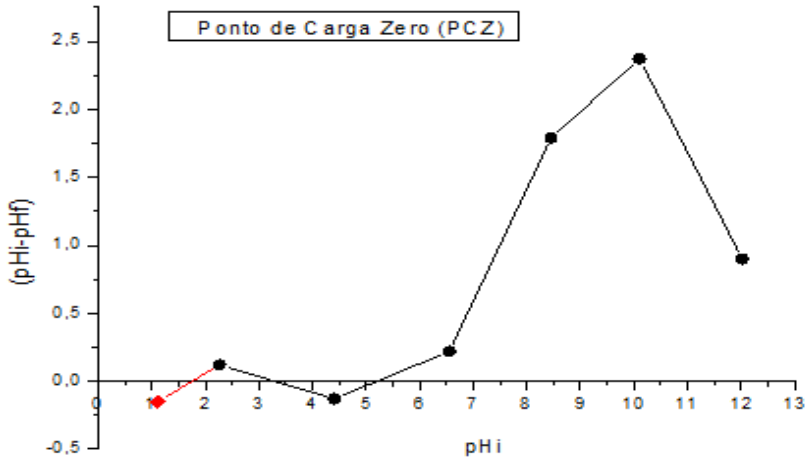
Fonte: Os autores, (2024)

O quadro 1, apresenta os valores obtidos na titulação de Bohem, onde foram identificados cinco grupos funcionais na superfície do material. O grupo básico, que compreende cromenos, cetonas e pironas, apresentou maior valor, indicando uma afinidade predominante na superfície com corantes aniônicos.

3.3 Potencial de Carga Zero

O ponto de carga zero (PCZ) é o valor de pH em que a superfície de um material fica eletricamente neutra, sem atrair ou repelir cargas. O gráfico 1, foi elaborado variando o pH de 1 até o pH 12.

Gráfico 1. Estudo do ponto de carga zero, feito com 100 mg de material *in natura* em diferentes faixas de pH.



Fonte: Os autores, (2024)

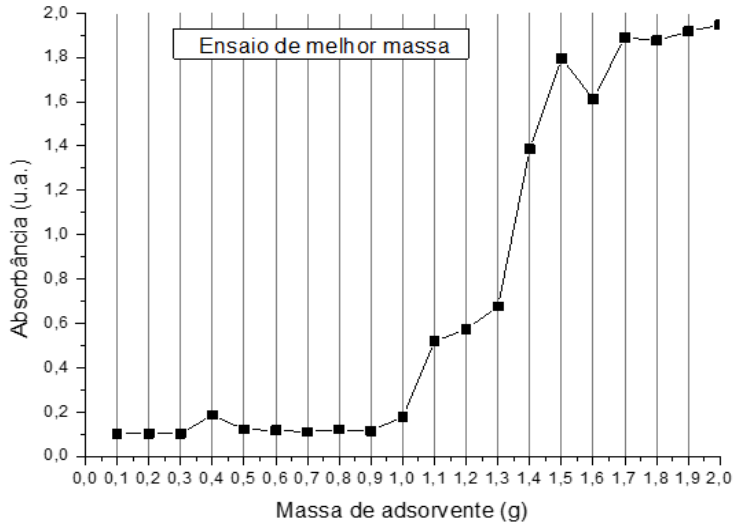
A análise de caracterização utilizando o ponto de carga zero (PCZ) foi conduzida para entender a reatividade dos grupos funcionais da biomassa do buriti em diferentes condições de pH. Observou-se no Gráfico 1, que o PCZ ocorre no pH 1 - 1,5 e 3,5 - 5, indicando que a superfície da biomassa de buriti adquire carga positiva nessas condições.

Segundo Oliveira, 2021, esse comportamento ocorre porque, o pH da solução está acima do ponto isoelétrico, a superfície do material adquire carga negativa.

3.4 Melhor Massa

O Gráfico 2 representa a melhor massa obtida a partir do buriti.

Gráfico 2. Determinação de melhor massa, variando de 0,1 mg a 2,0 g de material de buriti.



Fonte: Os autores, (2024)

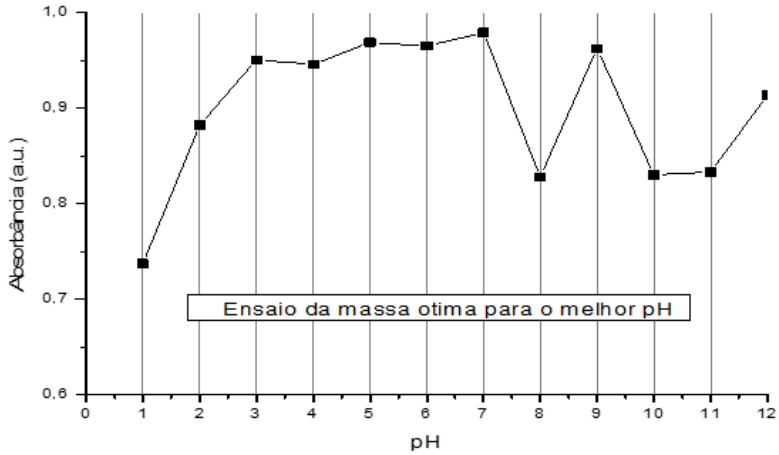
No Gráfico 2, observa-se que, à medida que a massa de adsorvente aumenta de 0,1 mg até cerca de 0,9 mg o crescimento da absorbância é pouco, indicando certa regularidade, sugerindo uma maior quantidade de corante sendo adsorvida, ou seja, esse comportamento indica que a superfície do adsorvente ainda possui uma grande disponibilidade de sítios ativos para capturar moléculas do corante amarelo tartrazina nesse intervalo de massa.

Enquanto o processo avança, na massa de 1,0 g o crescimento é exponencial, sendo que as moléculas de corante estão se concentrando no meio garantido que parte nenhuma do corante seja retirado e não ocorre o processo

de adsorção, compreendo que massa superior a 1,0 g é ineficiente ou possui baixa adsorção.

3.4.1 Massa Ótima Melhor pH

Gráfico 3. Ensaio da massa ótima para o melhor pH



Fonte: Os autores, (2024)

No Gráfico 3, observa-se que no pH 1 as condições são ideias, porque as cargas superficiais são favorecidas, isso porque os grupos carboxilas, lactonas, fenólicos e carboxílicos, por serem ácidos, interagem diretamente com o corante, sem interação significativa com a solução, o que favoreceu maior remoção. Em pH 8, 10 e 11, também há um favorecimento, porém, observa-se uma alteração na coloração para uma amarelo escuro.

Essa mudança se deve à migração das biomoléculas da superfície para a solução, competindo pela adsorção e resultando em um desempenho bem inferior aos demais pHs. Em pH 1, obteve-se uma adsorção de aproximadamente 75% do corante amarelo tartrazina.

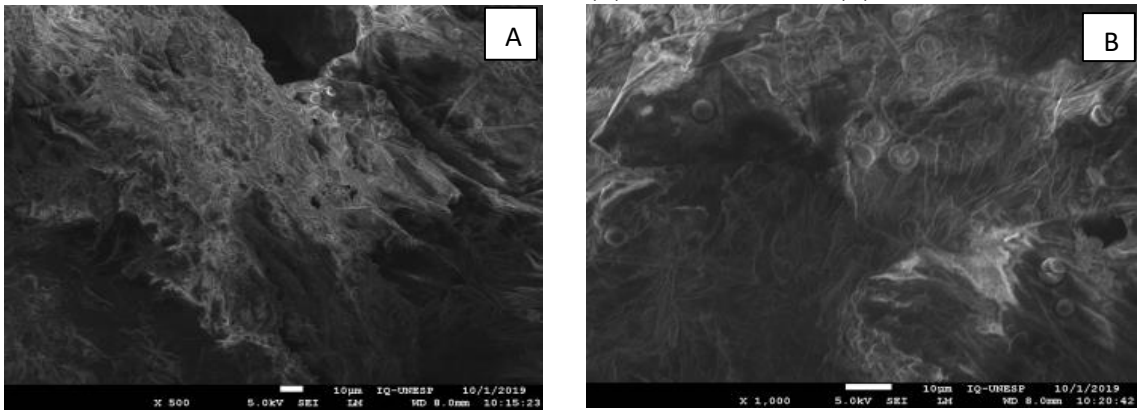
3.5 MEV

A microscopia eletrônica de varredura (MEV), permite visualizar a superfície do material, fornecendo informações detalhadas sobre morfologia e a porosidade do adsorvente.

Como esperado para sólidos amorfos, caracterizados pela ausência de estrutura regular, observa-se na **Figura A**, que representa o bioadsorvente sem

tratamento, sulcos ou rachadura irregulares que penetram o material. Esses locais funcionam como áreas de deposição do corante. **Na Figura B**, pequenos pontos na forma de discos, ausentes na **Figura A**, representam as moléculas de corante adsorvidas nesses espaços de carga.

Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura, referente ao material in atura em imagem de 10 micrometro sem adsorbato (A) e com adsorbato (B).

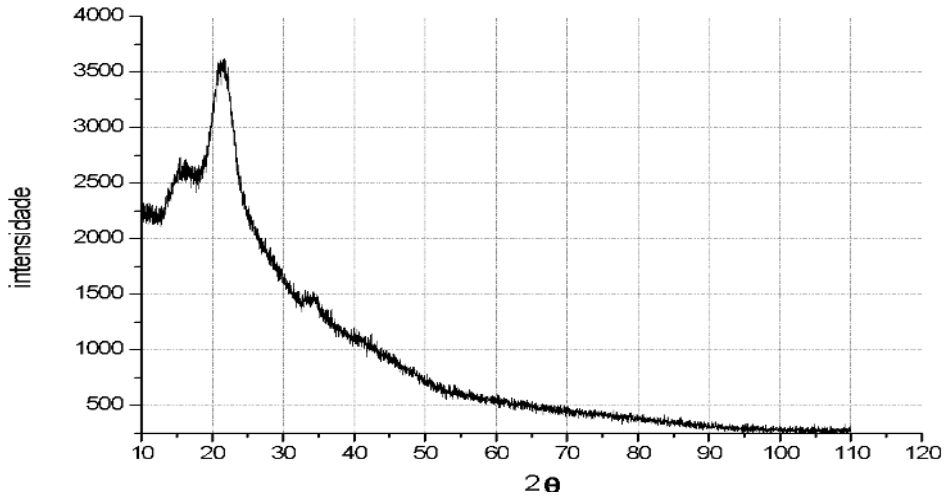


Fonte: Os autores, (2024)

3.6 DRX

Outra técnica utilizada para caracterizar o adsorvente foi a difração de raio X, conforme mostra no gráfico abaixo para a biomassa de buriti. Contudo, essa técnica apresenta melhor aplicabilidade em materiais cristalinos, como carvão ativado, podendo revelar resíduos ou impurezas que não foram removidos durante o processo de lavagem. Esses resultados são apresentados no gráfico 4 a seguir.

Gráfico 5. Difração de raio-X (DRX), do bioadsorvente do buriti.



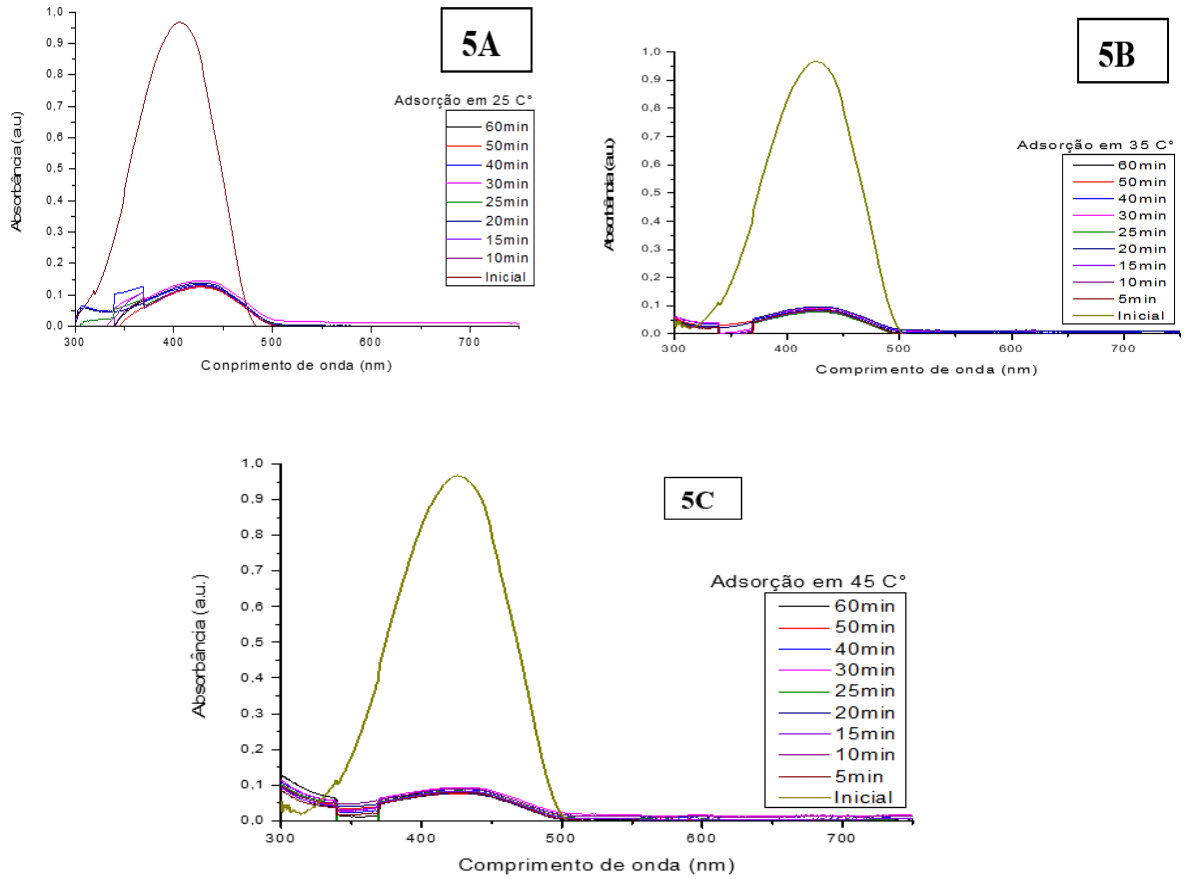
Fonte: Os autores, (2024)

Para a caracterização do carvão ativado utilizando cloreto de zinco e outros metais, essa técnica foi inicialmente empregada para identificar tais metais, devido às assinaturas distintas que exibem na análise por raios X. Georgin *et al.*, (2018), em seu estudo sobre um bioadsorvente derivado da casca da castanha-do-pará, foram identificados dois picos de difração de raio X (DRX) aos ângulos de 15° e 25°, atribuídos à presença de lignina e celulose, polímeros de estruturas desorganizada. Resultados similares foram obtidos para o buriti na presente pesquisa

3.7 Adsorção assistida em varredura em diferentes temperaturas

Os gráficos 5A, 5B e 5C apresentam os resultados referentes as temperaturas de 25°C, 35°C e 45°C.

Gráficos 5A, 5B e 5C: Adsorção assistida em varredura para temperaturas de 25 °C, 35 °C e 45 °C



Fonte: Os autores, (2024)

O Gráfico 5A, corresponde a adsorção na temperatura de 25 °C, com absorbância próxima de 1 para todas as condições térmicas. Observa-se que a adsorção ocorre de maneira acelerada e não apresenta variações significativas ao longo do tempo de 60 minutos de ensaio. As curvas referentes aos tempos de 10 e 60 minutos se sobrepõem, indicando estabilidade no processo.

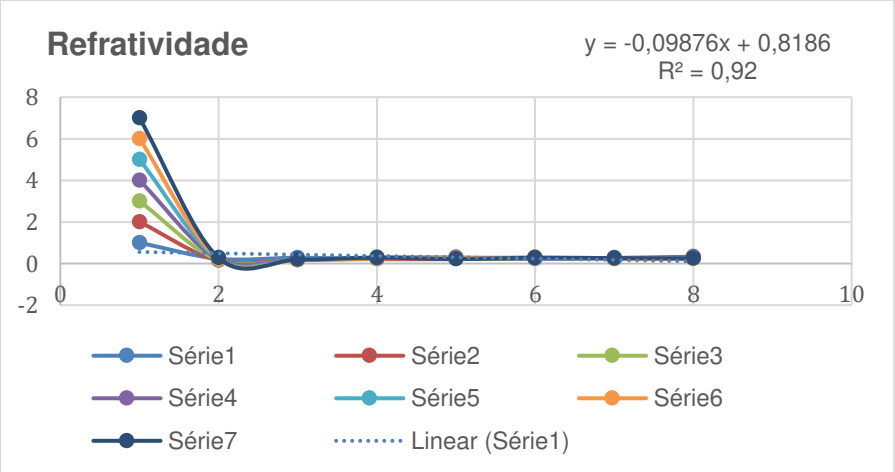
O Gráfico 5B, refere-se à adsorção na temperatura de 35 °C, os resultados são semelhantes aos observados Gráfico 5A, com a curva de 5 minutos se sobrepondo à de 60 minutos. Esse comportamento sugere que a adsorção ocorre rapidamente devido ao favorecimento de interações de cargas.

O Gráfico 5C, apresenta à adsorção na temperatura de 45 °C, as observações padrões próximos dos Gráfico 5A e 5B, apresentam curvas de 5 minutos sobrepondo-se à de 60 minutos.

3.8 Parâmetros Físico-Químicos

Os parâmetros físico-químico: Refratividade, Condutividade Elétrica e pH são apresentados nos gráficos 6A, 6B e 6C.

Gráfico 6A. Análise de Refratividade



Fonte: Os autores, (2024)

Na análise de refratividade os valores foram de 0,1 a 0,3 em função da concentração do extrato, pois, conforme Ferreira e Borguetti (2004), os extratos podem conter substâncias como açúcares e aminoácidos, que têm o potencial de influenciar a concentração iônica e serem ativas osmoticamente. Por isso, esses parâmetros foram analisados.

Gráfico 6B. Análise de Condutividade Elétrica

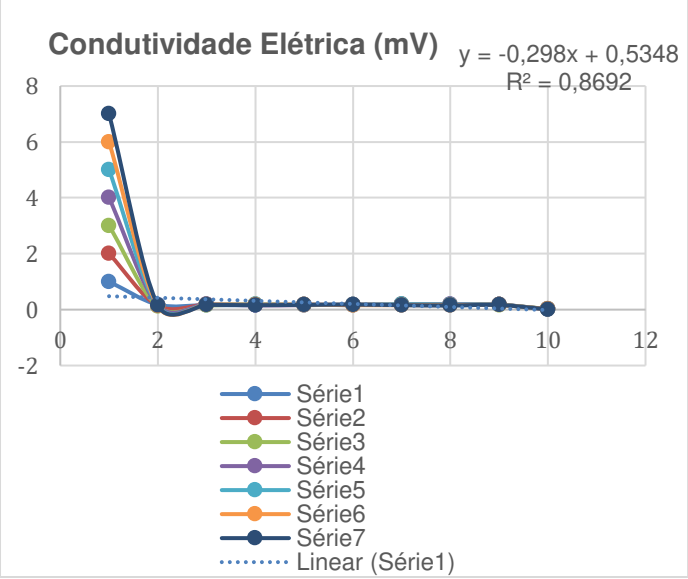
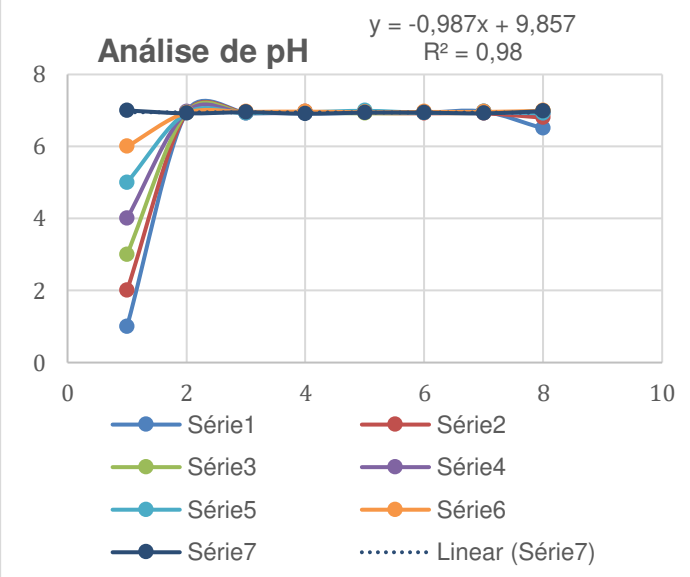


Gráfico 6C. Análise de pH



Fonte: Os autores, (2024)

Os valores de Condutividade Elétrica, Refratividade e pH mantiveram-se estáveis durante todo o procedimento experimental. A condutividade elétrica (CE) e o pH são parâmetros importantes na análise de extratos aquosos vegetais, especialmente em estudos alelopáticos e fisiológicos. Ambos podem influenciar as propriedades físicas e químicas dos extratos, afetando suas interações com organismos ou sistemas biológicos.

A condutividade elétrica mede a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica, o que está diretamente relacionado à presença de íons dissociados na solução. Nos extratos aquosos vegetais, a condutividade elétrica é influenciada pela concentração de compostos iônicos, como sais minerais, aminoácidos, açúcares e outros solutos solúveis em água.

A refratividade pode ser usada para estimar a concentração de compostos solúveis, especialmente substâncias que afetam a viscosidade e a densidade da solução. No contexto de extratos vegetais, compostos como açúcares, flavonoides, aminoácidos e outros solutos solúveis em água podem alterar a refratividade da solução.

O pH também influencia a disponibilidade de nutrientes no solo e em soluções nutritivas. Extratos com pH muito ácido ou muito alcalino podem ter efeitos tóxicos ou inibitórios sobre a germinação e o crescimento das plantas.

Além disso, o pH do extrato pode afetar a toxicidade de compostos presentes, alterando o efeito do extrato sobre outras plantas

3.9 Perfil Fitoquímico

O perfil fitoquímico da *Mauritia flexuosa* L. f. apresentou em sua constituição os seguintes metabólitos conforme tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Perfil fitoquímico dos frutos de *Mauritia flexuosa* L. f

Classe de Metabólitos	Ausência	Presença
Flavonoides	+	-
Flavonas	+	-
Taninos Condensados	+	-
Taninos Hidrolisáveis	+	-

Fonte: Os autores, (2024)

O perfil fitoquímico do extrato dos frutos secos e triturados de *Mauritia flexuosa* L. f. apresentou: Flavonoides, Flavonas, Taninos Condensados e Taninos Hidrolisáveis.

O fruto do *buriti* é conhecido por ser altamente nutritivo, com uma grande concentração de carotenoides (principalmente betacaroteno), mas também contém uma variedade de compostos fenólicos, incluindo flavonoides. Esses flavonoides podem estar presentes em diferentes partes do fruto, como na casca, polpa e sementes (Cunha et al, 2019).

Embora a maior parte da literatura se concentre em compostos como carotenoides e ácidos graxos presentes no buriti, alguns estudos sugerem que flavonas podem estar presentes nos extratos dessa planta. Alguns flavonoides conhecidos, que podem incluir flavonas ou suas variantes, encontrados em plantas da mesma família (Arecaceae) e em outras espécies vegetais nativas, incluem: Apigenina e Luteolina (Cunha et al, 2019).

Apesar de os estudos específicos sobre os taninos no buriti não sejam tão abundantes, como ocorre com outros compostos como carotenoides, flavonoides e ácidos graxos, algumas fontes indicam que o buriti contém tanto taninos condensados quanto taninos hidrolisáveis.

3.10 Atividade Alelopática

Os resultados dos efeitos alelopáticos do extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L. f. frente as sementes de tomate são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Efeito alelopático do extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L. f. sobre sementes de tomate

Tratamentos	Germinação	TMG	IVG	VG	CMR
T0	94,2 a	8,77 ab	11,49 c	3,88 cb	32,5b
T1	79,8 a	5,84 ab	11,85 c	3,32 cb	39,7b
T2	46,25 b	2,82 ac	3,20 ac	0,93 ad	14,8 c
T3	39,25 b	2,96 ac	2,52 ac	0,72 ad	14,2 c

Fonte: Os autores, (2024)

Legenda: T0= água, **T1**= Água+TWEEN80, **T2**=1%, **T3**=0,1%, **TMG**= Tempo médio de germinação, **IVG**=Índice de velocidade de germinação, **VG=**velocidade da germinação. **%G=** porcentagem de germinação. **CRM:** Comprimento Médio Radicular.

O processo de resistência ou tolerância acerca do uso de aleloquímicos pode variar de uma espécie de planta para outra, por conta disto foi selecionada a cultivar: *Solanum licopersicum* (tomate) pelo fato de ser uma hortaliça considerada de alta sensibilidade a aleloquímicos presentes em extratos vegetais (Alves et al, 2004).

O extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L. f. influenciou na Porcentagem de Germinação, no Tempo Médio de Germinação, Velocidade Média de Germinação, no Vigor pelo Índice de velocidade de germinação e Comprimento Médio Radicular das cultivares testadas no procedimento experimental.

Os tratamentos controle (H_2O e Etanol 70%) não inibiram o processo germinação das sementes de tomate. Contudo, quando estas foram submetidas às concentrações de 1% e 0,1% do extrato aquoso de *Mauritia flexuosa* L. f. em todos os tratamentos a germinação e os demais parâmetros foram afetados pelo fato de se apresentarem sensíveis aos tratamentos contendo o extrato (Alves et al, 2004; Costa, 2018).

A concentração de 1% e 0,1% no tratamento para as sementes de tomate promoveram uma redução de 53,75% e 60,5% o efeito destas concentrações nos parâmetros avaliados as outras concentrações não diferiram estatisticamente entre si. A variável tempo médio de germinação (TMG) corresponde ao período necessário para que as sementes germinassem, com base nas diferentes concentrações do extrato. Nos dois testes, as concentrações do extrato influenciaram diretamente esse parâmetro, retardando o processo de germinação (Alves et al, 2004).

Quanto a velocidade de germinação (VG) é possível afirmar que esta análise se trata de um parâmetro inversamente proporcional ao tempo médio de germinação. Neste sentido foi possível analisar que para as sementes de tomate os tratamentos contendo o extrato reduziram a velocidade média de germinação diferente dos controles utilizados (Costa, 2018).

O parâmetro índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes foi avaliado por meio redução no valor dessa variável em relação aos tratamentos controles, indica menor vigor das sementes utilizadas. Os tratamentos 1% e 0,1% frente as sementes de tomate afetaram drasticamente o IVG das sementes utilizadas (Costa, 2018).

O Comprimento Médio Radicular das sementes germinadas em ambos os testes apresentou radícula longa nos tratamentos controle, diferente do ensaio realizado usando as concentrações 1% e 0,1%. Estes resultados foram similares aos obtidos por Diógenes, (2014) que avaliou o efeito alelopático dos extratos das folhas de Ziziphus joazeiro Mart.

4 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou o potencial da biomassa do fruto de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) como bioadsorvente viável para a remoção do corante amarelo Tartrazina.

Os parâmetros físico químicos: pH, refratividade e condutividade elétrica mantiveram-se estáveis durante todo experimento. O extrato aquoso apresentou potencial alelopático frente as sementes de tomate.

A análise do ponto de carga zero indicou que a superfície do material é ideal para adsorção em faixas de pH ácidas, especialmente entre pHs 1 - 1,5 e 3,5 - 5. Essa característica sugere que o bioadsorvente de buriti é mais eficaz em condições ácidas.

O MEV revelou uma superfície heterogênea e irregular, com sulcos que servem como sítios adsortivos para o corante. Já a análise de DRX confirmou a presença de lignina e celulose, materiais típicos da biomassa, que contribuem para a resistência estrutural e a capacidade de adsorção do bioadsorvente.

Devem ser realizados testes complementares afim de investigar diferentes potenciais biológicos da espécie *Mauritia flexuosa* L. f.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSHEHREI, F. Role of microorganisms in biodegradation of food additive Azo dyes: a review. **African Journal of Biotechnology**, v. 19, n. 11, p. 799-805, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA); DA FARMACOPEIA, C. Amarelo de Tartrazina if040-00. [sl] f**armacopeia brasileira, 6. Ed., v. 2 - monografias - insumos farmacêuticos e especialidades**, 2019.

COSTA, R. M. C.; FREIRE, A. L. O. Efeito alelopático de extratos aquosos de Prosopis juliflora (SW.) D.C. na emergência e no crescimento inicial de plântulas de Mimosa tenuiflora (WILLD.) Poiret. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 139-146, 2018.

CUNHA, MARCOS JUNIOR et al. Perfil físico-químico e nutricional de iogurte enriquecido com polpas de buriti (Mauritia flexuosa Linn.). **REVISTA**, p. 54, 2019.

DAY M., WITT A., WINSTON R. Controle biológico de ervas daninhas em países de baixa e média renda. Curr. Opinião. **Inseto Sci.** v.38, p.92-98, 2020.

DIÓGENES, F.É et al. (2014). Atividade alelopática do extrato de folhas Ziziphus joazeiro Mart. Rhamnaceae. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9, 01-04.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.

GEORGIN, J. et al. Biosorption of cationic dyes by Pará chestnut husk (Bertholletia excelsa). **Water Science & Tecchnology.** N. 77.6. 2018.

LIMA, S. N. P. **Caracterização das fibras de buriti e sua aplicabilidade como adsorvente de metais e corantes.** 2017, 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia. Gurupi - TO, 2017.

MATOS, F. J. de A**. Introdução à fitoquímica experimental**. 3. ed./ Fortaleza: Edições UFC, p. 15, 2009.

OLIVEIRA, C. F. S. **Bioadsorvente derivado do carvão da casca da castanha de caju para remoção de contaminante em água produzida. f**. 128. Tese (doutorado)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós- Graduação em Ciências de Materiais, Natal, RN, 2021

PIQUET, A. B. M; MARTELLI, M. C. Bioadsorventes produzidos a partir de resíduos orgânicos para remoção de corantes: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022.

RECK, I. M; PAIXÃO, R. M. Impactos ambientais dos corantes azo e tratamentos de remoção: uma revisão. **Uningá Review**, v. 28, n. 2, 2016.

SANTOS, K. M. S et al. Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio". **Quim. nova esc. – São Paulo-SP**, BR V. 43, n 4, p. 411-417, 2021.