



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL
CAMPUS LARANJAL DO JARI

ESTEFANE REIS GONÇALVES

**PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO
OBTIDO DOS CAROÇOS DE *Oenorcapus batua* MART. NA ADSORÇÃO DE
AZUL DE METILENO**

LARANJAL DO JARI

2024

ESTEFANE REIS GONÇALVES

**PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO
OBTIDO DOS CAROÇOS DE *Oenorcapus batava* MART. NA ADSORÇÃO DE
AZUL DE METILENO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Coordenação do curso superior de
Tecnologia em Gestão Ambiental, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Tecnólogo em Gestão Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Jaceguai Soares da Silva
Coorientador: Mateus Alho Maia

LARANJAL DO JARI

2024

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G635p Gonçalves, Estefane Reis
 Produção, caracterização e utilização de carvão ativado de *Oenocarpus batatau*
 mart. na adsorção de azul de metileno / Estefane Reis Gonçalves - Laranjal do
 Jari, 2023.
 36 f.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari,
 Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, 2023.

 Orientador: Dr. Jaceguai Soares da Silva.
 Coorientador: Mateus Alho Maia.

 I. Adsorção. 2. Corante. 3. Patatá. I da Silva, Dr. Jaceguai Soares,
 orient. II. Maia, Mateus Alho, coorient. III. Título.

ESTEFANE REIS GONÇALVES

**PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO
OBTIDO DOS CAROÇOS DE *Oenocarpus bataua* MART. NA ADSORÇÃO DE
AZUL DE METILENO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Coordenação do curso superior de
Tecnologia em Gestão Ambiental, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Tecnólogo em Gestão Ambiental.
Orientador: Dr. Jaceguai Soares da Silva
Coorientador: Mateus Alho Maia

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JACEGUAÍ SOARES DA SILVA
Data: 22/01/2024 10:53:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Orientador – Prof. Dr. Jaceguai Soares da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari

Documento assinado digitalmente
 MATEUS ALHO MAIA
Data: 24/01/2024 08:32:32-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Coorientador – Mateus Alho Maia

Externo: Jary Soluções Sustentáveis

Documento assinado digitalmente
 WANDERSON MICHEL DE FARIAS PANTOJA
Data: 22/01/2024 21:17:23-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Membro da banca examinadora – Prof. Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari

Documento assinado digitalmente
 RAIMUNDO DE MOURA ROLIM NETO
Data: 22/01/2024 11:58:10-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Membro da banca examinadora – Prof. Me. Raimundo de Moura Rolim Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari

Aprovada em: 22 de dezembro de 2023

Nota: 9.6

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e confiança para acreditar no meu sonho e lutar por alcançar aquilo que acredito.

A minha família e a todos os amigos eu quero gritar bem alto meu agradecimento porque nunca duvidaram das minhas capacidades e tornaram possível a realização do meu grande objetivo.

Ao meu orientador, o professor Dr. Jaceguai Soares, por todo apoio, carinho e preocupação durante a realização deste trabalho. Gratidão.

Ao meu coorientador, Mateus Maia por ter se empenhado em ajudar para que a pesquisa fosse realizada.

A parceria do Técnico do Laboratório de Florestas Jackson Barbosa, pelo acompanhamento e disposição em ajudar sempre que precisei.

Ao professor Dr. Williams Raphael pelas suas contribuições nas análises de adsorção.

Aos professores do colegiado do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental por terem contribuído com o meu desenvolvimento profissional.

A todas as pessoas que não mencionei eu quero deixar bem claro que não estão esquecidas: se me tocaram de algum modo podem ter certeza de que agradeço com toda intensidade.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari por todo o suporte que me foi ofertado durante a realização desta graduação.

RESUMO

O aumento do despejo incorreto de efluentes em ambientes naturais tem contribuído para o aumento dos casos de poluição ambiental, principalmente no que diz respeito a presença de corantes em ambientes aquáticos. Nesta perspectiva, faz-se necessário a busca por estratégias para a remoção dessas substâncias que sejam de baixo custo e com alta taxa de eficiência. É neste panorama que a produção de carvão ativado de materiais alternativos desponta-se como uma solução para essa problemática. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência do carvão ativado derivado de caroços de patauá (*Oenorcapus bataua*) para a absorção do corante azul de metileno em meio aquoso. A metodologia empregada consistiu na queima dos caroços de patauá em altas temperaturas, bem como realizar a ativação física. Foi preparado uma solução de azul de metileno com volume de 1000 mL. Logo em seguida foram fracionadas em concentrações de 5,10 e 15 ppm. Os resultados obtidos nesse estudo foram promissores, tendo em vista que a adsorção do azul de metileno em meio aquoso foi de 72,45%, 80,97% e 89,99%. Conclui-se que os caroços de patuá são uma excelente alternativa para material adsorvente devido as suas altas taxas de adsorção.

Palavras-chave: adsorção; corante; patauá.

ABSTRACT

The increase in incorrect disposal of effluents in natural environments has contributed to the increase in cases of environmental pollution, especially with regard to the presence of dyes in aquatic environments. From this perspective, it is necessary to look for elimination strategies for these substances that are low cost and have a high efficiency rate. It is in this context that the production of activated carbon from alternative materials emerges as a solution to this problem. Thus, the present study aimed to evaluate the efficiency of activated carbon derived from patauá seeds (*Oenocarpus Bataua*) for the adsorption of methylene blue dye in aqueous medium. The methodology used consisted of burning the patauá seeds at high temperatures, as if a physical activation were carried out. A methylene blue solution with a volume of 1000 ml was prepared. Shortly after, they were fractionated into concentrations of 5, 10 and 15 ppm. The results obtained in this study were promising, considering that the adsorption of methylene blue in aqueous medium was 72.45%, 80.97% and 89.99%. It is concluded that patauá seeds are an excellent alternative as adsorbent material due to their high adsorption rates.

Keywords: adsorption; dye; patauá.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura molecular do azul de metileno	16
Figura 2 – Caroços de patauá in natura.	18
Figura 3 – Processo de preparo do carvão ativado: (A) Liquidificador industrial marca Camargo e (B) Diferentes granulometrias dos caroços de patauá.	19
Figura 4 – Ativação química dos caroços de patauá.	20
Figura 5 – Azul de metileno em diferentes concentrações.	21
Figura 6 – Espectrofotômetro usados na análise de adsorção de azul de metileno.	22
Figura 7 – Curva analítica da absorção do azul de metileno em função da concentração.	23
Figura 8 – Amostras para determinação do teor de umidade.	25
Figura 9 – Percentual de adsorção de azul de metileno pelo carvão ativado de caroços de patauá.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teor de umidade do carvão de caroços de patauá.	25
Tabela 2 – Teor de cinzas do carvão de caroços de patauá.	26
Tabela 3 – Teor de matéria volátil do carvão de caroços de patauá.	27
Tabela 4 – Resultados experimentais para a adsorção do azul de metileno	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Carvão ativado.....	13
3.2	Patauá (<i>Oenorcapus bataua</i> Mart.)	14
3.3	Corante básico azul de metileno.....	15
4	METODOLOGIA	18
4.1	Área em estudo	18
4.2	Produção do carvão ativado	18
4.3	Caracterização do carvão ativado	20
4.4	Preparo da solução de azul de metileno	21
4.5	Adsorção de azul de metileno em carvão ativado de caroços de patauá	21
4.6	Eficiência da remoção de azul de metileno.....	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1	Determinação do teor de umidade.....	25
5.2	Teor de cinzas	26
5.3	Teor de matéria volátil e carbono fixo no carvão ativado de caroços de patauá.....	27
5.4	Resultado da adsorção de azul de metileno em carvão ativado	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos observa-se o aumento nos índices de degradação ambiental, principalmente os relacionados a contaminação das águas. Tais fatos destacam a necessidade de buscar soluções para essa problemática. Dentro dessa perspectiva, o carvão ativado mostra-se bastante promissor (BORGES et al. 2016).

O carvão ativado é um material carbonizado com alto teor de carbono e alta porosidade, pode ser ativado em processo físico e químico, aumentando assim suas características. Nota-se que o carvão ativado pode ser obtido através da carbonização do material vegetal, tais como cascas e raízes de árvores, caroços, cascas e ouriços de frutas. Observa-se ainda que este material possui alta capacidade de adsorção de impurezas em meio aquoso e gasoso, tornando-o assim uma excelente ferramenta para o tratamento de água para consumo humano (CLAUDINO, 2003; MUCCIACITO, 2006; BRUM, 2008; HAMEED, 2009).

A literatura demonstra um número significativo de estudos sobre a busca por diferentes tipos de precursores para a produção de carvão ativado, utilizando principalmente os resíduos provenientes das atividades agroindustriais. O uso destes resíduos é de grande relevância para solucionar o problema dos descartes incorretos desses subprodutos diretamente na natureza, diminuindo ainda os custos de produção do carvão ativado, além de agregar valor nos produtos finais da cadeia produtiva (KOSHELEVA; MITROPOULOS; KYZAS, 2019). Frisa-se ainda que estes materiais possuem grande importância na produção de novas tecnologias para o controle da poluição (RUIZ; FERRERALORENZO; FUENTE, 2017).

Para Crini e Lichtfouse (2019) o carvão ativado possui diversas aplicações, porém, as mais comuns são a filtração, purificação, desodorização e separação. De acordo com o trabalho de Gürses (2019), o carvão ativado apresenta elevados índices de área superficial, alta pureza e natureza microporosa, o que lhe confere as características necessárias para ser um bom adsorvente.

Com a crescente demanda de novas tecnologias para o tratamento de água, torna-se relevante o uso de resíduos gerados a partir do beneficiamento frutos amazônicos, tendo em vista o grande volume produzido pós-beneficiamento e que são dispostos incorretamente no meio ambiente.

Dentro desta perspectiva de inovação de tecnologia e de redução de resíduos da agroindústria amazônica, destaca-se a relevância da produção do carvão ativado

a partir dos caroços do patauá, para o tratamento de água. O patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.) é um fruto típico das regiões da Floresta Amazônica (VIEIRA et al., 2015), sendo bastante consumido pela população, assim como o açaí e a bacaba, sendo considerado ainda uma espécie “oligárquica”, sua produção anual varia entre 10 toneladas de fruto por ano, como aponta o estudo de Hidalgo et al., (2016).

Cita-se que as espécies com características “oligárquica” têm grande capacidade de aproveitar recursos disponíveis no ambiente e, conseqüentemente, competem intensamente com outras plantas. Elas formam populações densas e ocupam grandes áreas, frequentemente tornando-se as espécies mais abundantes e dominantes em um determinado ecossistema. Essas espécies têm estratégias de crescimento e reprodução que as tornam competitivas e bem adaptadas ao ambiente em que vivem. Além disso, as espécies vegetais oligárquicas costumam ter grande capacidade de regeneração e rápida invasão de áreas perturbadas (LORENZI et al., 2004).

Diante desse cenário, o presente trabalho surge a partir do seguinte questionamento: O carvão ativado dos caroços de patauá pode ser utilizado para remoção de corantes em meio aquoso?

Assim, transformar os resíduos provenientes do beneficiamento do patauá é uma alternativa para agregar valor ao produto, além de contribuir para a produção de uma nova tecnologia ambiental, de baixo custo, alta eficiência e que pode ser usada no tratamento da água de consumo da população do município de Laranjal do Jari, extremo sul do Amapá.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a eficiência do carvão ativado derivado de caroços de patauá (*Oenorcapus bataua*) para a absorção do corante azul de metileno em meio aquoso.

2.2 Objetivos Específicos

- Produzir carvão ativado a partir dos caroços de patauá por meio da ativação química e física;
- Realizar a caracterização físico-química do carvão ativado produzido;
- Avaliar a eficiência do carvão produzido para a de adsorção do corante azul de metileno.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Carvão ativado

Sabe-se que o carvão ativado (CA) é um produto carbonáceo, sendo gerado a partir dos processos de queima e ativação, sendo a ativação física ou química, tais metodologias aumentam a porosidade final do produto. Nota-se que após a ativação realizada no processo de obtenção do CA, sua porosidade pode ser classificada de acordo com as dimensões de seus poros, sendo elas em macro, meso e microporos, como apontam os estudos de Valência (2007) e Di Bernardo et al., (2017). Observa-se ainda que a matéria-prima utilizada para a produção do CA possui relação direta com a distribuição dos poros, assim como a metodologia utilizada em sua ativação, além de outros parâmetros relevantes em sua produção (VALÊNCIA, 2007).

Nota-se na literatura pesquisada o uso de diferentes precursores para a produção de CA, como por exemplo, madeira, casca de coco, arroz, nozes, castanha-do-brasil, além de alguns carvões minerais como o antracito, betuminoso e o linhito, assim como a turfa e caroços de frutos e frutas (KHAH, ANSARI, 2009; ZAGO, 2010; MAIA et al., 2019). Atualmente os CA mais consumidos no Brasil são os obtidos de madeira, carvão betuminoso e sub-betuminoso, osso e casca de coco (BISCOLA, 2019). Em sua produção observa-se o emprego das metodologias de carbonização e ativação, para o aumento dos poros internos. Os estudos de Yu et al., (2016) e Di Bernardo et al., (2017) ressaltam que essas metodologias elevam a capacidade de adsorção do CA, tendo em vista a expansão da área específica superficial e de seus grupos funcionais.

Ainda, conforme a literatura pesquisada, é possível observar uma gama de trabalhos que utilizaram diversos tipos de CA para a adsorção de contaminantes e microcontaminantes presentes em diferentes concentrações em meio aquoso, tendo sucesso em sua utilização (MARMO et al., 2010; FERNANDES et al., 2011; SILVA et al., 2012; LEAL 2013; VOLTAN 2014; GUERRA 2014; VALENÇA et al., 2017; MAIA et al., 2019).

Estudos realizados utilizando os resíduos da agroindústria amazônica, como a casca da castanha-do-brasil, os caroços de açaí e da bacaba, para a produção de carvão ativado mostraram-se bastante promissores, principalmente no que diz respeito a adsorção do metal pesado alumínio (MAIA et al., 2019).

A crescente contaminação dos recursos hídricos por metais pesados e efluentes da indústria têxtil vem gerando diversas discussões sobre a gravidade do problema e como isso tem afetado a qualidade ambiental dos ecossistemas e da vida da população. Essa contaminação é devido ao aumento das atividades relacionadas aos garimpos ilegais em áreas de proteção, como territórios indígenas (LIMA, 2013; OLIVEIRA; FRANÇA; ROCHA, 2015).

Tais fatos destacam a importância de criar mecanismos que sejam capazes de tratar os recursos contaminados por metais pesados e corantes da indústria têxtil, principalmente no que diz respeito a contaminação de águas que são utilizadas para o consumo da população ribeirinha, tendo em vista os riscos que tais metais ocasionam para a saúde humana (MENDONÇA, 2012; VICQ, 2015).

Existem diversas estratégias para o tratamento de recursos contaminados por metais pesados, como a precipitação por via química, osmose reversa, ultrafiltração, flotação, entre outras (AGUIAR, et al., 2002; FONSECA; CASTRO; PEREIRA, 2021). Salienta-se que tais práticas são economicamente inviáveis por terem custo elevado, além de produzirem grandes quantidades de resíduos, como o lodo (VAZ et al., 2018).

Outra técnica que pode ser empregada para a remoção de metais pesados em efluentes é o uso do carvão ativado. O carvão ativado consiste em um material com alto teor de carbono e que após o processo de ativação, física ou química, apresenta características que lhe conferem a capacidade de adsorver os poluentes dos efluentes (ABREU, 2013).

Dentro desta perspectiva, o uso de caroços de frutos amazônicos pode ser uma alternativa eficiente, além de ser de baixo custo de produção e de não agredir o meio ambiente.

3.2 Patauá (*Oenorcapus bataua* Mart.)

O patauzeiro é uma palmeira amazônica cujo fruto é bastante consumido em comunidades ribeirinhas localizadas nessa região. Tendo fruto pequeno, com formato redondo, anelado e quando maduro apresenta cor púrpura escura, além de ser recoberto por uma camada cerosa e esbranquiçada, como frisa Vieira et al., (2015). Nota-se que a polpa desde fruto é uma fonte de proteínas, gorduras e carboidratos, tendo valor nutritivo comparado a carne e ao leite materno, segundo Guarín e Valle (2014). Darnet et al., (2011) apontam em sua pesquisa que a polpa do patauá equivale

a 40% do peso total do fruto. Ressalta-se ainda que este fruto possui compostos bioativos, como os compostos fenólicos, com capacidade antioxidante (REZAIRE et al., 2014).

Essa espécie pertence à família botânica *Arecaceae* e do gênero *Oenocarpus*. Representa um grande valor econômico para as regiões do Acre, tendo em vista a sua facilidade de localização no estado (CARVALHO et al., 2016). O patauzeiro é uma palmeira arbórea, com monocaule, de estipe reto, liso e colunar, tem altura base de 4 a 26 metros e diâmetro de 15 a 54 cm. Nota-se que nesta espécie é possível observar as suas raízes fasciculadas, não possui palmito em seu topo, com folhas eretas e de coloração verde escura e dispostas de modo divergente (CAVALCANTE, 1991; VILLACHICA et al., 1996; LORENZI et al., 2004).

Salienta-se que as regiões com maiores concentrações de patauá são aquelas com índices pluviométricos elevados, ou seja, longos regimes de chuvas, porém, existe adaptações da espécie para assegurar sua sobrevivência em regiões mais secas, como pontua o estudo de Henderson et al. (1995). Esse fato pode estar relacionado com a sua distribuição na região do Amapá, mais especificamente no município de Laranjal do Jari.

3.3 Corante básico azul de metileno

A indústria têxtil vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, tendo em seus produtos o grande apreço pelo uso de corantes sintéticos, para realizar o tingimento de suas peças (MONTEIRO, 2010). Apesar de sua importância para a economia do país, faz-se necessário comentar que os seus efluentes são um dos principais fatores que contribuem para a contaminação de águas superficiais por corantes (RODRIGUES et al., 2010). Um desses corantes é o azul de metileno. Esse composto tem uma gama de aplicações desde a indústria têxtil, tingimento de algodão, lã e papel, tinturas temporárias para cabelos e na indústria madeireira (OLIVEIRA; SILVA; VIANA, 2013).

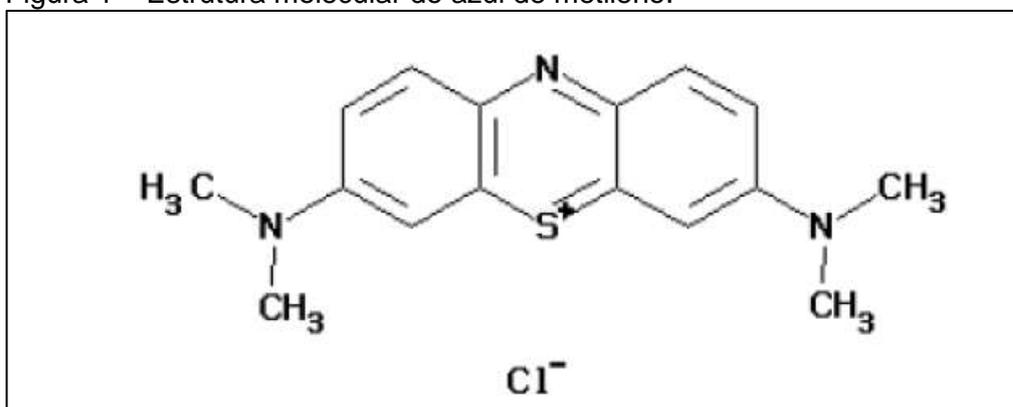
Observa-se que a indústria de papel e celulose traz consigo uma série de passivos ambientais quando suas atividades não cumpre os padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente, cita-se como exemplo os altos índices de consumo de água em seus processos produtivos, assim como a geração de efluentes que se

não receberem o devido tratamento tornam-se um grande problema ambiental (BENDER; SOUZA; VIDAL, 2019).

A literatura pesquisada salienta que a presença de cor nos efluentes das indústrias de papel e celulose tem relação direta com a lignina e seus derivados, demonstrando ainda que essa coloração contribui para a dificuldade da degradação biológica do efluente no meio ambiente. Os estudos apontam que apesar da coloração não ser uma representação de contaminação dos recursos hídricos, em altas concentrações esse elemento dificulta o processo de fotossíntese da flora aquática devido a dificuldade de penetração da luz no ambiente, assim como auxilia no surgimento de compostos recalcitrantes, que afeta diretamente na sobrevivência dos organismos aquáticos (PIVELI; KATO, 2005; CLETO; GUIMARÃES; BUZZINI, 2007).

O corante azul de metileno é considerado catiônico que tem relação com a classe das fenotiazinas. É um pó de aparência escura e cristalina, tem massa molar igual a $319,8 \text{ g mol}^{-1}$ com $\text{pKa } 1 = 5,5$ e $\text{pKa } 2 = 6,0$. É solúvel em água $43,6 \text{ g L}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, podendo ser detectado em regiões do visível em até 664 nm (MISHRA; KUMAR, 2015). A estrutura molecular desse corante é vista na Figura 1, dada a seguir.

Figura 1 – Estrutura molecular do azul de metileno.



Fonte: Merck Millipore Chemicals (2013).

Estudos apontam que o azul de metileno não tem alta toxicidade quando em comparação com os metais pesados, porém, quando uma pessoa tem exposição aguda a esse corante é possível apresentar alguns sintomas como aumento do batimento cardíaco, dor de cabeça intensa, náuseas, vômitos, diarreia e necrose do tecido humano (OLIVEIRA; SILVA; VIANA, 2013; FREITAS, 2013). Observa-se que é um dos principais corantes encontrados em ambientes contaminados por efluentes da indústria têxtil (COSTA; OLIVEIRA, 2017).

Para minimizar os impactos ambientais dos efluentes dessa indústria é possível aplicar várias técnicas de tratamento de efluentes que contém correntes, adsorção, eletroquímica, precipitação, filtração, ozonização entre outros (BRASIL, 2011). Porém, nota-se que o emprego da adsorção em efluentes líquidos é o processo de tratamento que mais vem sendo utilizado para a remoção de corantes (COSTA; OLIVEIRA, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Área em estudo

A metodologia a ser aplicada neste projeto ocorreu a partir de testes experimentais utilizando caroços de patauá e soluções sintéticas contendo azul de metileno. Os testes ocorreram no Laboratório de Química do Instituto Federal do Amapá, *Campus Laranjal do Jari*.

4.2 Produção do carvão ativado

A produção e ativação do carvão ativo de caroços de patauá foi realizada conforme a metodologia descrita por Silva (2018). Na Figura 2 tem-se uma imagem dos caroços de patauá após o seu beneficiamento para a produção do vinho de patauá.

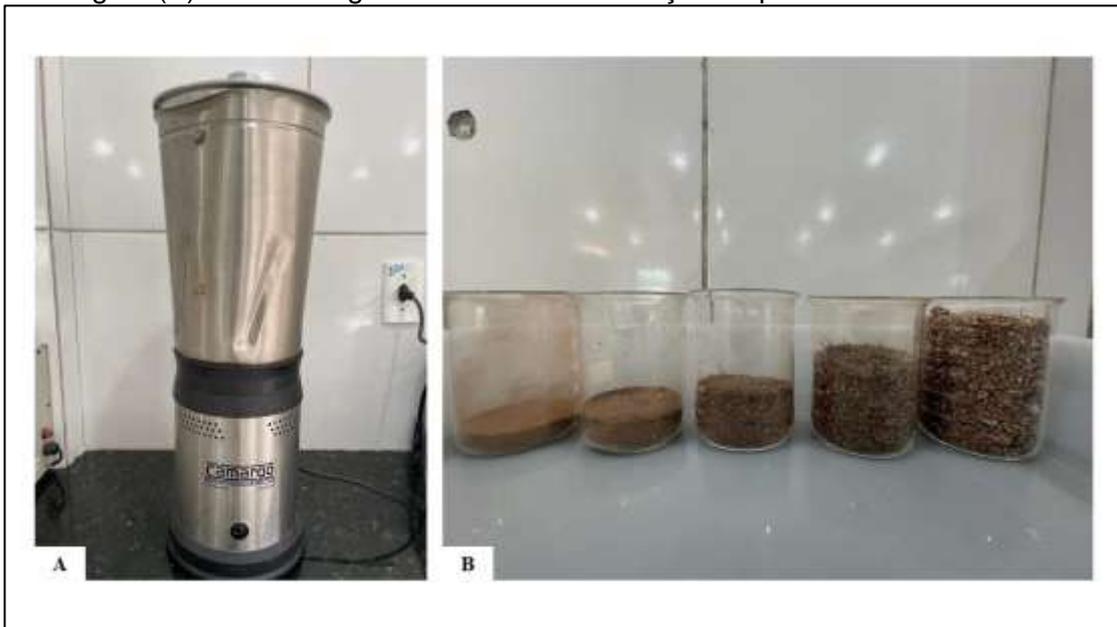
Figura 2 – Caroços de patauá *in natura*.



Fonte: Autora (2023).

A biomassa investigada nesse trabalho foi proveniente do Estado do Amapá, coletadas nas “batedeiras” do município de Laranjal do Jari, sendo tratada e processada no Instituto Federal do Amapá-IFAP, através seguintes procedimentos: lavagem com água destilada, secagem em estufa, moagem em liquidificador industrial e, por fim, o peneiramento com diferentes malhas de aberturas (Figura 3).

Figura 3 – Processo de preparo do carvão ativado: (A) Liquidificador industrial marca Camargo e (B) Diferentes granulometrias dos caroços de patauá.



Fonte: Autora (2023).

Após esses processos foi utilizada a menor granulometria disponível para o processo de ativação física, que consistiu na queima em altas temperaturas. Quanto a ativação química, esta foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) e na proporção de 1:1 de NaOH e do carvão obtido, salienta-se que ao adicionar o reagente com o caroço *in natura* percebeu-se uma mudança na coloração para um vermelho intenso, como pode ser observado na Figura 4, dada a seguir.

Figura 4 – Ativação química dos caroços de patauá.



Fonte: Autora (2023).

4.3 Caracterização do carvão ativado

Para caracterização físico-química do carvão ativo de patauá foram realizados os ensaios a seguir:

- Análise Granulométrica (determinação de tamanhos de uma amostra utilizando peneiras);
- Determinação do Teor de Cinzas (aquecimento da amostra seca, em uma mufla elétrica, durante quatro horas ou até a obtenção de cinza clara);
- Determinação do Teor de Umidade (perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida, utilizando uma estufa);
- Determinação do Teor de Matéria Volátil (teor de matéria volátil corresponde à porcentagem da massa perdida em relação à massa original, utilizando uma mufla);

- Determinação do Teor de Carbono Fixo (determinado através da umidade, matéria volátil e cinzas). Utilizando a seguinte equação: Carbono fixo [%] = 100% - umidade [%] – matéria volátil [%] – cinzas [%].

4.4 Preparo da solução de azul de metileno

Foi preparada 1000 mL de solução estoque de azul de metileno PA ($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$) 10.000 mg.L^{-1} com a finalidade de obter diversas soluções com concentrações distintas a partir de uma mesma solução estoque (Figura 5). Estas soluções com concentrações diferentes foram obtidas por meio de diluição.

Figura 5 – Azul de metileno em diferentes concentrações.



Fonte: Autora (2023).

4.5 Adsorção de azul de metileno em carvão ativado de caroços de patauá

Foram pesadas 20 mg de carvão ativado de caroços de patauá e colocadas em 4 becker de 50 mL com 20 mL de solução de azul de metileno, 5, 10 e 15 ppm, deixando em contato por 60 min. Após esse período, com auxílio de uma pipeta de Pasteur as amostras foram colocadas em duas cubetas de quartzo para a realização

de varreduras de absorvância para detectar a faixa espectral de absorção do azul de metileno. A leitura da absorvância foi realizada utilizando o espectrofotômetro (UV/Vis) Biochrom Libra S70 (Figura 6), com comprimento de onda 665 nm.

Figura 6 – Espectrofotômetro usados na análise de adsorção de azul de metileno.



Fonte: Autora (2023).

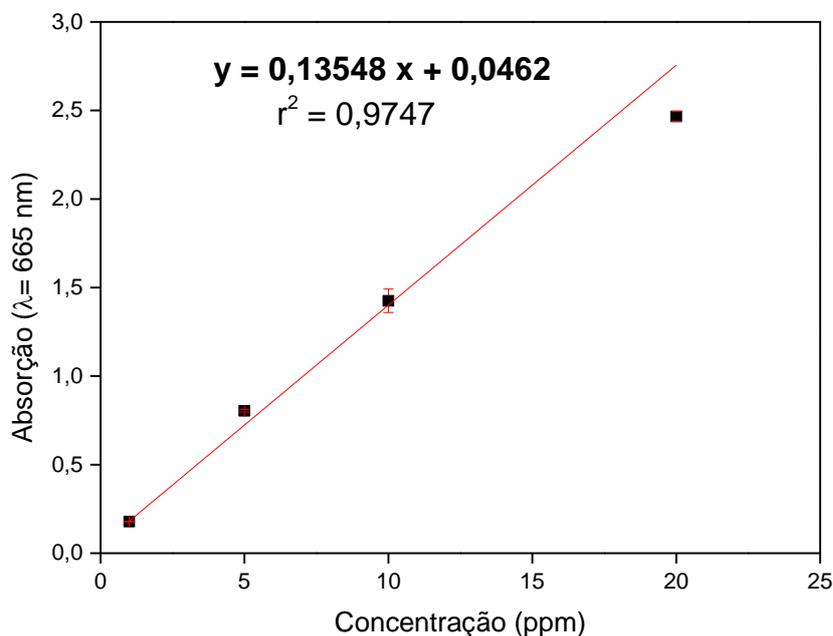
Após a coleta dos resultados foi construído a curva de absorção e as taxas de adsorção do corante por carvão ativado de patauá.

4.6 Eficiência da remoção de azul de metileno

Para avaliar variação da concentração do corante pelo tempo de ensaio foi feita a curva de calibração do corante azul de metileno para o comprimento de onda de 665 nm, previamente determinado na varredura da solução de 0,020 g/L.

Na Figura 7 é apresentado o ajuste linear da curva de calibração que relaciona a concentração do corante azul de metileno e a absorvância lida no espectrofotômetro.

Figura 7 – Curva analítica da absorção do azul de metileno em função da concentração.



Fonte: Autora (2023).

Para calcular a adsorção ou no não do carvão do patauá do azul de metileno é só utilizar os valores de absorção na equação de primeiro grau para encontrar a concentração após o tempo de contato.

Onde:

Y= valor de absorção feito por meio da análise no espectrofotômetro.

x= concentração de azul de metileno em ppm após o contato com o adsorvente.

Por exemplo após o contato com o carvão de patuá uma amostra de 5 ppm demonstra um valor de absorbância de 0,246.

$$y = 0,13548x + 0,0462$$

Isolando o x temos que:

$$x = (y - 0,0462)/0,13548$$

$$x = (0,246 - 0,0462)/0,13548$$

$$x = (0,1998)/0,13548$$

$$x = 1,47 \text{ ppm}$$

Para calcular a taxa de adsorção do azul de metileno no carvão ativado de caroços de patauá, utilizou-se a seguinte fórmula.

$$\%ads = [1 - (Cf/Ci)] * 100$$

Onde:

Ci- Concentração inicial antes do contato com o caroço

Cf- Concentração final após o contato com o caroço

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Determinação do teor de umidade

Para determinar a umidade presente nas amostras analisadas foi realizado uma análise com 2 amostras. A Figura 8 apresenta-se as amostras com granulometria de 0,150mm.

Figura 8 – Amostras para determinação do teor de umidade.



Fonte: Autora (2023).

O resultado da determinação do teor de umidade obtido para o carvão dos caroços de patauí está descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Teor de umidade do carvão de caroços de patauí.

Amostras	Peso Inicial	Peso final	Umidade (%)
A01	46,9542 g	39,4872 g	15,90
A02	49,7826 g	40,5262 g	18,59
Média			17,24

Fonte: Autora (2023).

Os teores de umidade para o carvão ativado dos caroços de patauí mostraram uma variação significativa, como pode ser observada na tabela acima. Estudos

apontam que teores elevados de umidade em carvões ativados podem comprometer a adsorção de substâncias, visto que a umidade pode preencher os poros do carvão ativado, reduzindo assim a disponibilidade de superfície para a adsorção da substância. Isso ocorre porque a água ocupa espaço nos poros que poderiam ser usados para a adsorção da substância (VALCARENGHI; RIBEIRO, 2013; DIAS, 2013).

Salienta-se que o valor máximo permitido de umidade em um carvão ativado utilizado no tratamento de água para consumo é de 8% (ABNT, 1991). Porém, estudos recentes frisam que em outras aplicações, que não seja o abastecimento público, o teor de umidade pode variar de 10 a 40 % (FISCHER et al., 2019), ou seja, para a adsorção de corantes sintéticos o valor médio apresentado pelo carvão ativado de caroços de patauí é propício para um desempenho eficiente de remoção.

5.2 Teor de cinzas

Os resultados para o teor de cinzas do carvão ativado dos caroços de patauí encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 2 – Teor de cinzas do carvão de caroços de patauí.

Amostras	Peso Inicial	Peso final	Cinza (%)
A01	1 g	0,8762 g	12,38
A02	1 g	0,9495 g	5,05
Média			8,71

Fonte: Autora (2023).

O teor de cinzas em um carvão ativado pode interferir nas propriedades de adsorção do material empregado, principalmente levando em consideração que as cinzas podem ocupar os sítios de adsorção na superfície do carvão ativado, competindo com as substâncias que se deseja adsorver. Isso reduz a capacidade do carvão ativado de adsorver essas substâncias, como pontua Dias (2013).

Observando a média, 8,71%, apresentada pelo carvão ativado de caroços de patauí para o teor de cinzas esse resultado é de grande relevância para a adsorção de substâncias contaminantes, visto que quanto menor o teor de cinzas de um carvão

ativado, maior será a superfície de contato entre o adsorvente e o adsorvato (LIMA et al., 2014).

5.3 Teor de matéria volátil e carbono fixo no carvão ativado de caroços de patauá

Os resultados para o teor de matéria volátil do carvão ativado dos caroços de patauá encontram-se na Tabela 3, apresentada logo abaixo.

Tabela 3 – Teor de matéria volátil do carvão de caroços de patauá.

Amostras	Peso Inicial	Peso final	(%)
A01	45,592 g	39,987 g	12,29
A02	46,846 g	39,218 g	16,28
Média			14,28

Fonte: Autora (2023).

Observa-se a partir desses resultados que o carvão ativado de caroços de patauá apresenta um teor de matéria volátil interessante, visto que os valores não são elevados, tendo média de 14,28% desse material. Salienta-se que a presença de matéria volátil na amostra pode levar à formação de uma camada de material volátil nos poros do carvão ativado, ou seja, a capacidade de adsorção do carvão ativado pode ser comprometida, reduzindo assim a área de contato disponível para a substância-alvo (CATELAN; MENDES, 2019).

O valor de carbono fixo para o carvão ativado de caroços de patauá foi de 59,77%. Estudos apontam que quanto maior o teor de carbono fixo e o menor teor de matéria volátil são um indicativo de eficiência e eficácia para a produção de carvão ativado (CHEN et al., 2012; HAMZA, et al., 2016).

5.4 Resultado da adsorção de azul de metileno em carvão ativado

Nota-se que a partir da aplicação do reagente na amostra dos caroços de patauá houve uma reação química que mudou a coloração do carvão, tal fato seria um obstáculo para a leitura no espectrofotômetro devido aos índices elevados de cor. Por esse motivo optou-se por analisar apenas a ativação física dos caroços de patauá.

O resultado do planejamento de experimentos é mostrado na Tabela 4, frisando que a melhor condição de adsorção de azul de metileno pelo carvão ativado de caroços de patauá deu-se na concentração de 5 ppm, com remoção de 89,99% do corante no meio aquoso.

Tabela 4 – Resultados experimentais para a adsorção do azul de metileno

Concentração inicial (ppm)	Concentração final após adsorção (ppm)			Concentração média final (ppm)	Desvio padrão	Taxa de redução (%)
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3			
5	0,52997	0,49306	0,50044	0,50782	±0,01953	89,99
10	1,91025	1,86596	1,90286	1,89302	±0,02373	80,97
15	4,16888	4,15412	4,13198	4,15166	±0,01858	72,45

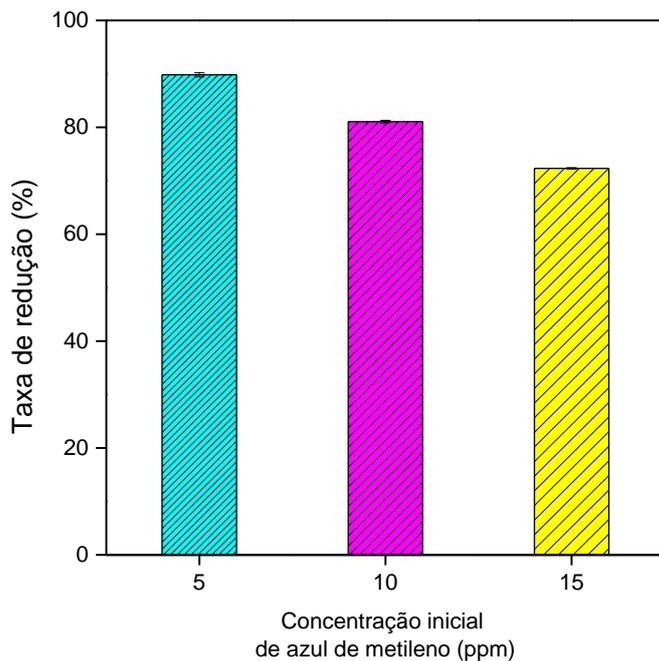
Fonte: Autora (2023).

O estudo de Costa e Melo (2018) apresenta resultados semelhantes a esse trabalho, pontuando que ao aplicar a técnica de ativação química no precursor do carvão a superfície de adsorção aumenta consideravelmente. Os autores utilizaram dois tipos de material para a produção do carvão, sendo cascas de limão taiti lavadas e cascas de limão taiti modificadas com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,10 M (COSTA; MELO, 2018).

Corroborando com estes resultados, a pesquisa de Tramontin et al. (2011), demonstram que ao aumentar a quantidade de massa adsorvente a substância-alvo será adsorvida em maior percentual. Os autores encontraram resultados de remoção de 95% do azul de metileno em meio aquoso após o emprego do carvão ativado (TRAMONTIN et al., 2011).

Na Figura 9, observa-se que para as concentrações de 10 e 15 ppm, a adsorção foi de 80,97% e 72,45%, respectivamente.

Figura 9 – Percentual de adsorção de azul de metileno pelo carvão ativado de caroços de pataúá.



Fonte: Autora (2023).

Ressalta-se que esses resultados são esperados devido ao uso da massa igual de adsorvente para todas as concentrações de azul de metileno, ou seja, com o aumento das concentrações e a permanência da massa de adsorvente é comum que o percentual de adsorção do corante diminua. Esse fato é observado no estudo de Leal et al. (2012, p.169), onde “a eficiência de adsorção aumentou quando a quantidade de adsorvente aumentou de 0,05g (1:200) para 0,1g (1:100)”.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carvão ativado dos caroços de patauá apresentou uma boa capacidade de adsorção de azul de metileno em meio aquoso, com percentual de adsorção variando entre 72,45%, 80,97% e 89,99%. Observou-se que alguns fatores podem contribuir negativamente para a adsorção de substâncias-alvo, como o azul de metileno, cita-se que o teor de cinzas, umidade e matéria volátil agem diretamente na qualidade do adsorvente, percussores com índices elevados desses compostos terão menor capacidade de adsorção.

Salienta-se que este estudo contribuiu para realizar a caracterização física do carvão ativado dos caroços de patauá, principalmente no que diz respeito ao teor de umidade, cinzas e matéria volátil dessa matéria-prima.

Por fim, pode-se concluir que o carvão ativado obtido dos caroços de patauá é viável para a remoção de azul de metileno em meio aquoso. Pontuando ainda que tal estratégia permite a solução de impactos ambientais devido o despejo inadequado dos resíduos pós-beneficiamento do “vinho de patauá” diretamente no meio ambiente, além de reduzir possíveis contaminações de ambientes aquáticos por corantes sintéticos.

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- fazer experimentos com materiais de outras palmeiras amazônicas a fim de estabelecer uma relação entre as espécies analisadas e sua capacidade de adsorção;
- verificar como o pH influencia nos pontos de adsorção;
- fazer os mesmos experimentos com adsorbatos diferentes para identificar com quais deles o carvão ativado de materiais alternativos possui maior afinidade;
- buscar um método de ativação química que não produza pigmentação que irá interferir no processo de leitura de absorbância em espectrofotômetro.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Carvão ativado pulverizado – Especificação – EB-2133**. Rio de Janeiro, 1991

ABREU, M. B. **Preparação de Carvão Ativado de Bagaço de Cana-de-Açúcar e sua Aplicação na Adsorção de Cd (II) e Cu (II)**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana -Pr, p. 1-52, 2013.

AGUIAR, Mônica Regina Marques Palermo de; NOVAES, Amanda Cardoso; GUARINO, Alcides Wagner Serpa. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quim. Nova**, Vol. 25, No. 6B, Rio de Janeiro -Rj, p. 1145-1154, 15 maio 2002.

BENDER, A. F.; SOUZA, J. B.; VIDAL, C. M. S. Advanced treatment technologies for the removal of color and phenol from the effluent of paper industry wastewater. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 571-582, 2019.

BISCOLA, T. A. **Influência das condições de aplicação do carvão ativado pulverizado na eficiência de remoção de azul de metileno no tratamento em ciclo completo**. 112f. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2019.

BORGES, R. M. et al. Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos no tratamento de água de abastecimento. **Eng Sanit Ambient**, v.21 n.4, p. 709-720, 2016.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, completa e altera a Resolução n° 357, de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília. DF. 2011.

BRUM, S. S. et al. Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. **Revista Química Nova**. v. 31. p. 1048-1052. 2008.

CARVALHO, A.V; SILVEIRA, T.F; SOUSA, S.H.B; MORAES, M.R; GODOY, H.T. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de bacaba-de-leque (*Oenocarpus distichus* Mart.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 4, p. 1-9, 2016.

CATELAN, T. C.; MENDES, A. N. F. Produção de carvão ativado a partir da palha de milho e posterior utilização para remoção do corante azul de metileno de efluentes aquosos. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 139–154, 2019.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 3 ed. CEJUP, CNPq. Museu Paraense Emílio Goeldi – Coleção Adolfo Ducke. Belém. 279 pp. 1991.

CHEN, Y.; YANG, H.; WANG, X.; ZHANG, S.; CHEN, H. Biomass-based pyrolytic polygeneration system on cotton stalk pyrolysis: influence of temperature. **Bioresour. Technol.**, v. 107, p. 411–418, 2012.

CLAUDINO, A. **Preparação de Carvão Ativado a partir de Turfa e sua Utilização na Remoção de Poluentes**. 100f. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CLETO, E. P.; GUIMARÃES, L. G.; BUZZINI, A. P. A remoção de cor em efluente da indústria de papel e celulose por processo eletrolítico. **São Carlos**, [s. n.], 2007.

COSTA, D. M. A.; OLIVEIRA, R. A. **Adsorção de cromo por resíduos da casca da melancia sugar baby (*Citrullus Lanatus*)**. In: Simpósio Nordeste de Química, 3, 2017, Campina Grande. Anais. Campina Grande-PB, 2017.

COSTA, D. M. A.; MELO, J. J. S. Estudo da capacidade de remoção de azul de metileno pela biomassa da casca do limão taiti (*Citrus Latifolia*). **Holos Environment**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 271–282, 2018.

CRINI, G.; LICHTFOUSE, E. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 1, p. 145-155, 2019.

DARNET, S. H.; SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C.; LINS, R. T. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region. **Food Science and Technology** (Campinas), 31(2), 488-491. 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 3 ed. São Carlos-SP: LDIBE, 2017.

DIAS, P. S. **Caracterização dos carvões ativados obtidos a partir da casca do cupuaçu e do caroço do pequi e avaliação do processo de adsorção de azul de metileno em meio aquoso**. 103f. 2013. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – Campus de Itapetinga. 2013.

FERNANDES, R.; BRESAOLA JUNIOR, R. Remoção de 17 α -etinilestradiol de águas para abastecimento, utilizando diferentes tecnologias de tratamento físico-químico. **Revista DAE**, Campinas-SP, 2011.

FISCHER, H. C. V. et al. Estudo da capacidade de adsorção de carvões ativados comerciais versus tempo de armazenamento. **Ci. FI.**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1090-1099, jul./set. 2019.

FONSECA, L. A.; CASTRO, M. M. F. de; PEREIRA, M. A. Estudo das características do carvão ativado a partir do bagaço da cana-de-açúcar na adsorção do Chumbo em

efluentes industriais. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 117642–117667, 2021.

FREITAS, P. A. M. Estudo cinético da adsorção do corante indigo blue (2, 2-bis-2, 3-diidro-3-oxoindolilideno) em fibras de casca de coco verde (*cocos nucifera* l). **Escola de Engenharia Mauá**, 2013.

GUARÍN, J. R.; VALLE, J. I. Modeling the stipe growth of the oenocarpus bataua palm in the Central Cordillera of the Andes, Colombia. **Forest Ecology and Management**, 314(1), 141-149. 2014.

GUERRA, J. F. **Remoção do herbicida 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) no tratamento convencional de água e associado à adsorção em carvão ativado em pó (CAP) em escala piloto**. 2014. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

GÜRSES, A. **Natural products in adsorption technology**. In: SHAHID-UL, I. (org.). *Integrating green chemistry and sustainable engineering*. Estados Unidos: Scrivener, 2019. p. 397-441.

HAMZA, U. D.; NASRIA, N. S.; AMIN, N. A. S; MOHAMMED, J.; ZAIN, M. H. Characteristics of oil palm shell biochar and activated carbon prepared at different carbonization times. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 17, p. 7999-8006, 2016.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995. 51 p.

HIDALGO, P. S. P.; NUNOMURA, R. C. S.; NUNOMURA, S. M. Plantas oleaginosas amazônicas: Química e atividade antioxidante de patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.). **Revista Virtual de Química**, 8(1), 130-140.

KHAH, M. A.; ANSARI, R. Activated charcoal: preparation, characterization and applications: a review article. **International Journal of Chemistry & Technology Research**, Rasht, Iran, v.1, n.4, p. 2745-2788, 2009.

KOSHELEVA, R.I.; MITROPOULOS, A.C.; KYZAS, G.Z. Synthesis of activated carbon from food waste. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, p. 429-438, 2019.

LEAL, W. P. **Remoção do Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) por Adsorção em Carvão Ativado Pulverizado Associado ao Tratamento Convencional de Água para Consumo Humano**. 2013. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2013.

LEAL, P. V. B. et al. Estudo da adsorção do corante azul de metileno em resíduos de babaçu. **J. Biotec. Biodivers**. v. 3, N.4: pp. 166-171, Nov. 2012

LIMA, D. P. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do rio Cassiporé, estado do Amapá, Amazônia, Brasil.** 147p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2013.

LIMA, L. S. et al. Characterization of activated carbons from different sources and the simultaneous adsorption of Cu, Cr, and Zn from metallurgic effluent. **Separation and Purification Technology**, [s.l.], v. 122, p. 421–430, 2014.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; COSTA, J. T. de M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas.** Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, 432p. 2004.

MAIA, M. A. et al. **O uso do carvão ativado de resíduos agroindustriais na produção de carvão ativado utilizado na remoção de alumínio da água de poços artesianos.** In: SILVA-MATOS, R. R. S. Meio Ambiente: Inovação com Sustentabilidade 2. 2ed.: Atena Editora, 2019, v. 2, p. 256-262.

MARMO, C. R.; SANTOS, B. V. A. P.; JÚNIOR, R. B. Remoção de trihalometanos (THM) em águas de abastecimento por tratamento convencional e adsorção em carvão ativado em pó (CAP). **Revista DAE**, p. 19-25, 2010.

MENDONÇA, F. P. C. **Influência da Mineração na Geoquímica das Águas Superficiais e dos Sedimentos no Alto Curso da Bacia do Ribeirão Mata Porcos, Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais.** 131 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2012.

MISHRA, A.; KUMAR, S.; BHATNAGAR, A. **Potencial da Lacase Fúngica na Descoloração de Corantes Sintéticos.** In: Tratamento Microbiano de Águas Residuais (pp. 127-151). Elsevier, 2019.

MONTEIRO, S. M. **Mesocarpo de coco verde (*cocos nucifera*) e pó de serragem da Tatajuba (*Bagassa Guianensis Aubi*) como adsorventes em meio aquoso.** Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Maranhão, 2010.

MUCCIACITO, J. C. Conceitos e aplicações do carvão ativado. **Revista Meio Filtrante.** Ano V- edição nº22. set-out. 2006.

OLIVEIRA, H. S. P.; FRANÇA, S. C. A.; ROCHA, E. J. P. Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixes no rio Tapajós. **Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais.** Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, S. P.; SILVA, W. L. L.; VIANA, R. R. Avaliação da capacidade de adsorção do corante azul de metileno em soluções aquosas em caulinita natural e intercalada com acetato de potássio. **Cerâmica**, v. 59, n. 350, p. 338–344, abr. 2013.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos.** 1 ed. São Paulo: ABES, 2005.

REZAIRE, A.; ROBINSON, J. C.; BEREAU, D.; VERBAERE, A.; SOMMERER, N.; KHAN, M. K.; DURAND, P.; PROST, E.; FILS-LYCAON, B. Amazonian palm *Oenocarpus bataua* ("patawa"): Chemical and biological antioxidant activity: Phytochemical composition. **Food Chemistry**, 149(1), 62-70. 2014.

RODRIGUES, K.; VIDAL, C. B.; BARBOSA, B. A. A.; WANDERLEY, C. R. P.; DUARTE, I. C. S.; MARINHO, G. Viabilidade do tratamento de água residuária sintética têxtil em reator aeróbico de leito fixo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 99-106, 2010.

RUIZ, B.; FERRERA-LORENZO, N.; FUENTE, E. Valorisation of lignocellulosic wastes from the candied chestnut industry. Sustainable activated carbons for environmental applications. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, n. 2, p. 1504-1515, 2017.

SILVA, N. C.; FILHO, N.L.D.; BASTOS, A.C.; VIEIRA, E.G.; GARCIA, E.F.; SOARES, I.V.; PERUJO, S.D. Remoção de antibióticos em meio aquoso usando carvão ativado preparado a partir da casca de coco da baía. **Revista Sociedade Brasileira de Química**, Ilha Solteira-SP, 2012.

SILVA, R. A. S. da. **Padronização de bioensaios com *Lactuca sativa* L. e sua aplicação na avaliação toxicológica de efluentes contendo azocorantes tratados por fotofenton**. 2022. 106 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Instituto de Química e Biotecnologia, Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021.

TRAMONTIN, Deise P.; PETERSON, Michael; PIZZOLO, Juliana P.; PIZZOLO Jussara P. **Adsorção do corante básico (azul de metileno) por carvão ativado preparado a partir de finos de carvão**. III Congresso Brasileiro De Carvão Mineral. Gramado, RS. 2011.

VALCARENCHI, G.; RIBEIRO, L. F. P. **Adsorção de azul de metileno de solução aquosa com utilização de pó de serragem de MDF e madeirite e carvão ativado granular**. 50f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

VALENCIA, C. A. V. **Aplicação da adsorção em carvão ativado e outros materiais carbonosos no tratamento de águas contaminadas por pesticidas de uso agrícola**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007.

VALENÇA, R. M.; MACÊDO, W. V.; RODRIGUES, C. C.; NÓBREGA, S. W. Adsorção de Fluoreto em Solução Aquosa e em Água de Abastecimento em Carvão Ativado à Base de Casca de Castanha-do-Brasil. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 14, n. 2, p. 44-54, jul./dez. 2017.

VICQ, R. F. C. **Mapeamento Geoquímico e Estabelecimento de Valores de Referência (Background) de Sedimentos Fluviais do Quadrilátero Ferrífero**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia. Ouro Preto, MG, 2015.

VIEIRA, T. S.; SEIXAS, F. R. F.; CINTRA, D. E. C. Caracterização físico-química e da fração lipídica do patauá proveniente da aldeia baixa verde no município de Alto Alegre dos Parecis-RO. **Revista Científica da UNESCO**, 13(16), 95-103. 2015.

VILLACHICA, H.; CARAVALHO, J.E.U de; MÜLLER, C.H.; DÍAZ, S.A.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazonica. Secretaria Pro-tempore, 367p, 1996.

VOLTAN, P. E. N. **Remoção de diuron e hexazinona por meio de adsorção em carvão ativado, oxidação e tratamento em ciclo completo**. 2014. 256p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2014.

ZAGO, J. F. **Influência das características físico-químicas de carvões ativados na adsorção de saxitoxinas**. 2010. 182p. Tese (Tese de doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.

YU, F. LI, Y.; HAN, S.; MA, J. Adsorptive removal of antibiotics from aqueous solution using carbon materials. **Chemosphere**, v. 153, p. 365–385, 2016.