Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

CARACTERIZAÇÃO DO BIOCARVÃO DE COCO VERDE E ANÁLISE DO SEU POTENCIAL PARA A PRODUÇÃO DE FILTROS DE ÁGUA NÃO TRATADA

CHARACTERIZATION OF GREEN COCONUT BIOCHAR AND ANALYSIS OF ITS POTENTIAL FOR PRODUCING UNTREATED WATER FILTERS

Felipe da Silva Rauber[1], Letícia Teixeira Braz[1], Luiza Godinho Santos[1], Milton Alexandre Cardoso[2], Fátima Fernandes Della Rocca[1] , Fabio Ruiz Simões[2]

[1] Colégio Jean Piaget, Santos, SP
E-mail para contato: fatimarocca@jeanpiaget.g12.br
[2] Universidade Federal de São Paulo, Instituto do Mar, Santos, SP
E-mail para contato: fabio.simoes@unifesp.br

RESUMO – Estudou-se a capacidade de adsorção do biocarvão de coco verde e a aplicabilidade do material para a construção de filtros. O biocarvão foi produzido por pirólise em uma mufla sem ambiente controlado, em dois procedimentos distintos, o material produzido foi caracterizado quimicamente e seu potencial de adsorção e de filtração foi testado utilizando-se uma solução aquosa de corante alimentício. Observou-se que a pirólise em temperatura máxima de 350°C por 2 horas resultou em um material com características adequadas. Os testes do potencial de adsorção do corante pelo biocarvão mostraram resultados favoráveis e indicaram que a adsorção é maior com o aumento do tempo de contato da solução de corante com o biocarvão ou com o aumento da massa de biocarvão utilizada.

Palavras-chave: Biocarvão; Fibra de coco verde; Materiais carbonáceos; Poluentes emergentes; Filtros sustentáveis.

ABSTRACT – The adsorption capacity of green coconut biochar and the applicability of this material for filter construction were studied. The biochar was produced by pyrolysis in a muffle furnace without a controlled environment through two distinct procedures. The resulting material was chemically characterized, and its adsorption and filtration potentials were tested using an aqueous solution of food dye. It was observed that pyrolysis at a maximum temperature of 350°C for 2 hours resulted in a material with suitable characteristics. The tests of the dye adsorption potential by the biochar showed favorable results and indicated that adsorption increases with longer contact time between the dye solution and the biochar, or with an increase in the mass of biochar used.

Keywords: Biochar; Green coconut fiber; Carbonaceous materials; Emerging pollutants; Sustainable filters.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a poluição da água através do descarte inadequado de resíduos sólidos é objeto de discussão devido ao seu aumento excessivo e descontrolado ao longo das últimas décadas. No ano de 2022, estima-se que os brasileiros tenham gerado cerca de 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos, tendo a região Sudeste a maior taxa de emissão, sendo de 111 mil toneladas por dia, metade da produção diária do país (ABRELPE, 2022).

De acordo com Auada *et al*. (2024), a saúde dos habitantes dessas regiões litorâneas, como a cidade de Santos, vem sendo afetada, e resíduos como os microplásticos estão presentes nos pescados consumidos pela população, representando um risco iminente à saúde dos habitantes**.** De acordo com Ambrozevicius e Pimenta (2010), as águas costeiras de Santos e muitos de seus afluentes estão contaminados por diversas substâncias, resultando em problemas ambientais e riscos à saúde pública, um problema presente em muitas cidades costeiras pelo mundo. Segundo Batista e Medeiros (2024), a falta de saneamento básico, combinada com as inundações, contribui para o agravamento de doenças transmitidas pela água, que exigem hospitalização, nas palafitas de Santos.

Neste contexto, este trabalho foca no descarte de resíduos de coco verde que, principalmente durante o verão, é expressivo nessas regiões. De acordo com Lacerda (2021), no Brasil, a casca do coco verde ainda é depositada, principalmente, em lixões e aterros sanitários, gerando impactos ambientais e custos para a gestão de resíduos (MOREIRA *et al*., 2025).

A presente pesquisa busca uma solução para os problemas supracitados e tem como objetivo o desenvolvimento de um filtro a partir do biocarvão (*biochar*) de coco verde, utilizando esse material com finalidade de filtrar água, sendo uma alternativa sustentável ao uso do carvão mineral industrial. Neste contexto, buscou-se determinar os parâmetros mais adequados para a produção do biocarvão de coco verde por pirólise lenta em mufla sem ambiente controlado, caracterizar o biocarvão obtido em termos de suas propriedades físico-químicas e avaliar a sua eficácia como material filtrante.

O *biochar* de coco verde é um biocarvão obtido a partir da queima do coco verde, a partir da pirólise do material, onde a queima lenta possibilita o acúmulo de moléculas filtrantes de carbono. O biocarvão obtido apresenta características que fazem com que seja ideal para a

ISSN 2317-1316

filtragem, entre elas: sua estrutura extremamente porosa e grande área de superfície, que retêm impurezas, metais pesados e poluentes orgânicos por meio de adsorção. De acordo com Moura *et al*. (2024) o *biochar* de coco verde pode ser utilizado como uma alternativa sustentável para evitar o uso de combustíveis fósseis, além de ser eficiente ao ser utilizado para filtrar a água de poços artesianos.

O biocarvão também é apontado como uma alternativa viável e sustentável para substituir o carvão mineral na remoção de resíduos no pós-tratamento de água residuária devido ao seu potencial de adsorção (DE OLIVEIRA *et al*., 2023). Além disso, sua capacidade também se estende à adsorção de poluentes emergentes, isto é, substâncias químicas e compostos não regulamentados cujos impactos na saúde humana e no meio ambiente ainda são estudados. (ROCHA, 2024).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental, que busca produzir um filtro sustentável a partir do biocarvão da casca de coco verde. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Pesquisas em Química e Nanotecnologia (LAPEQUI-NANO/Unifesp - Instituto do Mar) e no laboratório do Colégio Jean Piaget.

A matéria prima é o coco verde descartado em quiosques na orla de Santos, na Baixada Santista. O coco coletado foi inicialmente quebrado em pedaços menores e desmantelado para separar as fibras. Em seguida, o material foi cozido em panela de pressão, durante uma hora na pressão, para amolecer as fibras, e, depois, triturado em liquidificador. O material triturado passou por um processo de lavagem e filtração, com o uso de água e filtro de café. Ao final, foram obtidas duas amostras, uma pastosa e uma fibrosa (Figura 1A).

Após o procedimento de preparação da matéria prima, amostras do material foram colocadas em cadinhos com tampa para serem submetidas ao processo de pirólise lenta em uma mufla sem atmosfera controlada, portanto, sem injeção de nitrogênio. O equipamento utilizado é a Mufla Novus N480, do Laboratório de Datação e Dosimetria (LDD - IMar, Unifesp) (Figura 1B).

ISSN 2317-1316

Figura 1: (A) Amostras após lavagem, fibrosa à esquerda e pastosa à direita. (B) Forno mufla utilizado no processo de pirólise.



Fonte: Autoria própria.

O processo de pirólise busca eliminar a matéria orgânica indesejada da amostra para a produção de biocarvão, um material rico em carbono. A temperatura e o tempo de aquecimento são parâmetros que determinam as características do biocarvão obtido por pirólise (MARQUES *et al*., 2022; REIS, 2020). A fim de identificar a melhor combinação de parâmetros, foram realizados dois procedimentos de pirólise: para a primeira queima, uma rampa de aquecimento gradual de 5°C por minuto até atingir a temperatura de pirólise de 450°C, mantida por 5 horas, e retorno à temperatura ambiente em rampa de resfriamento de 5°C por minuto, enquanto que para a segunda pirólise, foram utilizadas rampas de aquecimento e resfriamento idênticas às anteriores mas com temperatura máxima de 350°C e tempo de permanência na temperatura máxima de 2 horas . As massas das amostras foram medidas, em uma balança analítica, antes e após o processo de pirólise.

As amostras pré e pós-queima foram analisadas por espectroscopia de FTIR (Infravermelho por Transformada de Fourier), tendo suas características comparadas com a literatura, indicando a composição do material.

Para verificar o potencial do biocarvão para filtração de água, foi preparada uma solução aquosa de corante alimentício roxo-batata de concentração 1 ml/L de corante dissolvido em água. A partir dessa concentração inicial, foram produzidas diluições, com concentrações entre 0,002 e 0,09 mL/L. As diluições foram realizadas em balões volumétricos de 10 mL, com triplicatas de cada ponto.

Cada uma das diluições foi analisada utilizando espectrofotômetro UV-Visível (GENESYS 10S Series). As absorbâncias foram medidas no comprimento de onda de máxima absorção, gerando uma relação linear entre concentração e absorbância, nomeada curva de

ISSN 2317-1316

calibração. Essa curva serviu de referência para a determinação da concentração residual de corante nas amostras após os testes de adsorção e de filtração e, desta forma, verificar a capacidade filtrante do material produzido, comparando a concentração do líquido filtrado com os pontos da curva.

Para verificar a capacidade de adsorção do biocarvão de coco verde, dois testes foram realizados. No primeiro, realizado no laboratório do colégio, duas amostras de biocarvão, de 0.5g cada, foram misturadas com 10 mL de solução estoque, e levadas a uma agitadora, onde permaneceram durante uma hora. Após a agitação, a solução ficou em descanso por 24 horas. A seguir, foi realizada a filtração dessa mistura utilizando um kitassato e um funil de Büchner com papel filtro. O líquido filtrado foi analisado por espectroscopia UV-visível e sua concentração determinada pela curva de calibração.

O segundo teste foi realizado no laboratório LAPEQUI-NANO/ IMar Unifesp. Para este procedimento, foram preparadas oito amostras, alterando a quantidade de biocarvão e mantendo o volume fixo de 5 ml da solução estoque. As massas de biocarvão utilizadas foram 0,4g; 0,3g; 0,2g; 0,1g; 0,05g e 0,03g; 0,02g e 0,01g. As misturas foram agitadas manualmente por 40 minutos, ficaram em repouso por 10 minutos e, em seguida, passaram por ultracentrifugação por 10 minutos, totalizando cerca de uma hora de contato com o material. O mesmo processo foi realizado com oito amostras de grafite industrial, material com boa capacidade filtrante, que representam o grupo controle para posterior comparação. Em seguida, todas as dezesseis amostras foram filtradas, utilizando uma seringa hipodérmica tradicional com 0,5 mL de algodão. O líquido filtrado de todas as amostras foi analisado por espectroscopia UV visível para verificar os resultados da filtração.

O primeiro teste do filtro teve como objetivo verificar se há interferência filtrante do algodão no resultado, visto que este é utilizado por uma questão estrutural na confecção dos filtros. Assim, dois discos de algodão, idênticos aos utilizados na confecção dos filtros, são inseridos e comprimidos no interior da seringa. A solução estoque é colocada na seringa e filtrada. Para estabelecer a taxa de filtração do algodão, a concentração de corante no líquido filtrado é obtida pela curva de calibração após medida de absorbância no espectrofotômetro de UV-visível. O segundo teste de filtração teve como objetivo verificar a capacidade de filtração do biocarvão de coco verde e do material controle, grafite comercial. Filtros foram montados conforme descrito acima e foram conduzidas as filtrações de volumes da solução estoque. O

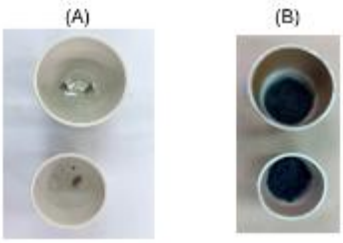
ISSN 2317-1316

líquido filtrado foi analisado por espectroscopia de UV-visível e a concentração obtida pela curva de calibração. Os resultados contribuirão para a análise de eficácia destes materiais como agentes filtrantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como descrito em Materiais e Métodos, foram realizados dois procedimentos de pirólise com tempos e temperaturas máximas diferentes, com o objetivo de identificar a melhor temperatura de pirólise para as fibras de coco verde. No primeiro, a amostra fibrosa foi colocada no cadinho de 100 ml, e a amostra pastosa no de 50 ml, e a pirólise foi realizada por 5 horas no forno mufla, a 450ºC. Foi observado que o tempo escolhido levou a carbonização da amostra (Figura 2A), o que, apesar de a amostra possuir algumas características de biocarvão, reduziu extremamente a sua massa. Com base neste resultado, o tempo de permanência da amostra sob temperatura máxima e o valor da temperatura de pirólise foram reduzidos. Além disso, a segunda amostra foi mantida em estufa por 2 horas a 100ºC, para a retirada de grande quantidade de água antes de ser submetida à pirólise em mufla. Na segunda pirólise, as amostras foram submetidas a temperatura de 350ºC por 2 horas, com a mesma rampa de aquecimento e resfriamento do primeiro procedimento. Após esse processo, obtivemos uma quantidade bem maior de amostra, com características mais adequadas (Figura 2B).

Figura 2: (A) Amostras obtidas após o 1º procedimento de pirólise. (B) Amostras obtidas após o 2º procedimento de pirólise.

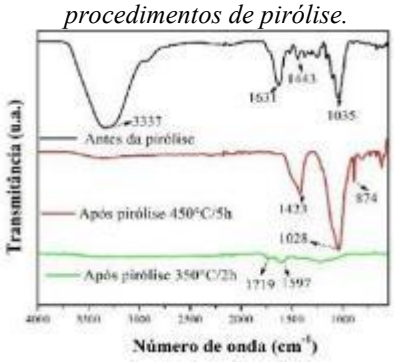


Fonte: Autoria própria

Após o processo de pirólise, foi possível identificar por análise por espectrofotometria FTIR que os dois materiais mantiveram características compatíveis com o biocarbono, com as bandas do gráfico semelhantes às esperadas, conforme figura 3. Ao analisar os resultados das caracterizações no FTIR de ambas as amostras antes da pirólise, a principal diferença notada foi na quantidade de água, sendo muito mais presente na amostra pastosa comparada à fibrosa.

ISSN 2317-1316

Figura 3: Curva obtida por FTIR a partir dos dados do material antes e depois da pirólise, pelos dois procedimentos de pirólise.

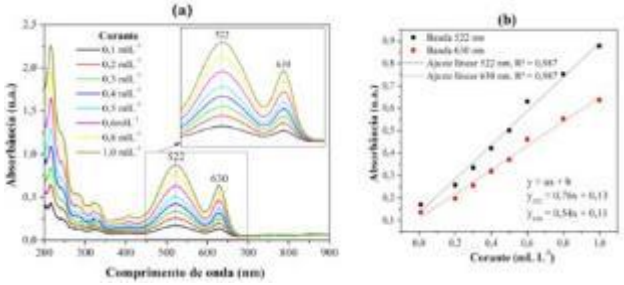


Fonte: Autoria própria

Com base em espectros de referência de diversas substâncias, disponíveis para análise comparativa, foi possível concluir que a banda em 3337 cm^{-1} representa a presença de água no material, assim, desaparecendo após ambas as queimas. Na primeira pirólise, as alterações observadas indicam uma transformação térmica intensa, portanto, representando a carbonização que foi observada no material. Já na amostra da segunda pirólise, são observadas bandas menores e bem pequenas, aproximando-se do resultado esperado para o biocarvão.

Após a produção do biocarvão, a solução estoque e as diluições foram preparadas conforme descrito na seção anterior. As amostras das diluições foram analisadas, em triplicata, no espectrofotômetro UV-visível, obtendo-se seus respectivos espectros de 200 nm a 900 nm (Figura 4(a)). Em cada espectro, foi identificado o comprimento de onda correspondente à máxima absorbância. A absorbância obtida nesse comprimento de onda, para cada concentração conhecida, foi utilizada na construção da curva de calibração, relacionando a concentração da solução à respectiva absorbância (Figura 4(b)). A função dessa curva é permitir a obtenção da concentração de amostras filtradas, permitindo avaliar a eficiência do material filtrante.

Figura 4: (a) Espectros de absorção de UV-visível das soluções diluídas, (b) Curva de calibração das diluições de solução aquosa de corante roxo-batata nas concentrações de 0,1 mL/L a 1,0 m/L.

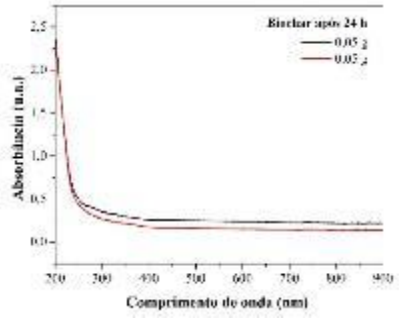


Fonte: Autoria própria

ISSN 2317-1316

O primeiro teste de adsorção do *biochar* de coco verde trouxe resultados positivos, com a concentração de corante na amostra após a filtração no funil de bünchner praticamente nula, quando observada a olho nu. Duas amostras do líquido filtrado foram analisadas no espectrofotômetro para verificar sua absorbância e observou-se uma redução drástica da concentração do composto, evidenciando sua capacidade de adsorção, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5: Espectro das amostras de líquido filtrado após 1º teste de adsorção com biocarvão.



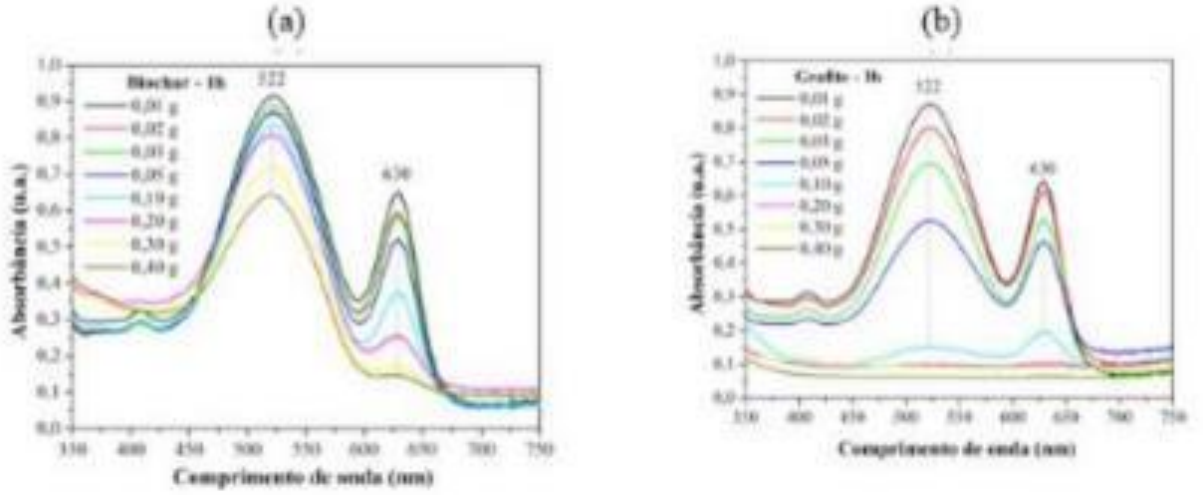
Fonte: Autoria própria

No segundo ensaio do potencial de adsorção, no qual o biochar de coco verde ficou apenas uma hora em contato direto com a solução estoque, observou-se uma menor adsorção em relação ao anterior, entretanto, foi possível observar um aumento na captura de corante com o aumento da massa de biocarvão utilizada. É possível observar nos gráficos da figura 6(a) , que nas bandas de 522 nm e 630 nm ocorreram os maiores picos de absorbância, havendo na banda 522 nm uma redução gradual conforme a massa de biochar aumentou, saindo de 0,92 de absorbância para 0,61. Já em 630 nm, a redução observada foi mais expressiva, com a absorbância diminuindo de 0,66 para 0,15. Com isso, esses resultados expressam o potencial adsortivo do biochar de coco verde para ser utilizado como material filtrante. Os resultados permitem concluir que o processo de adsorção do corante é ampliado se a quantidade de biocarvão for aumentada, mantendo-se o tempo e contato constante, ou se o tempo de contato for aumentado, mantendo-se a quantidade de biocarvão constante.

Para as amostras de grafite, conforme gráfico da figura 6(b), houve uma maior eficiência de adsorção observada nas concentrações mais altas de 0,2g a 0,4g, apresentando remoções praticamente completas, essa discrepância provavelmente está relacionada às diferenças físico-químicas dos materiais, como densidade, porosidade e área superficial. Essas características podem influenciar a interação entre o material e o composto presente na água.

ISSN 2317-1316

Figura 6: (a) Espectro das amostras de líquido filtrado após 2º teste de adsorção com biocarvão. (b) Espectro das amostras do líquido filtrado após 2º teste de adsorção com grafite industrial.



Fonte: Autoria própria

O algodão que foi utilizado em testes com a seringa foi submetido a um teste de filtração de pressão em uma seringa para comprovar a não interferência do material nos testes com seringa, e após a análise da solução pós contato com algodão do FTIR, foi comprovado que o algodão não apresenta capacidades adsortivas ou absortivas, visto que a concentração de corante na solução pós contato permaneceu a mesma.

Ao montarmos a seringa com o biochar, observamos que a substância não aderiu às paredes da seringa. Foram realizadas várias filtrações, aumentando a compressão da coluna de biocarvão no interior da seringa, porém, observou-se em todas as tentativas que a solução de corante passava pelos espaços entre a coluna de biocarvão e a parede interna da seringa, sem que ocorresse a filtração. Devido a carga elétrica do biocarvão, houve a repulsão deste com a parede da seringa, impossibilitando testes em seringas para insulina feitas de plástico, demonstrando também, possibilidade para a filtragem de micro-plásticos e metais pesados devido a esta repulsão.

4 CONCLUSÃO

O objetivo inicial do trabalho consistia na criação de um sistema filtrante utilizando o biochar obtido da casca de coco verde e, para atingir este objetivo final seria necessário, por meio de experimentação, definir os parâmetros para a produção do biocarvão, caracterizar e testar o potencial filtrante deste material. Foi possível identificar um bom procedimento de

ISSN 2317-1316

pirólise para obtenção de biocarvão de coco verde com características adequadas de acordo com a caracterização química realizada. Também foi possível demonstrar que o potencial de adsorção do biocarvão produzido é promissor, indicando sua capacidade de reter contaminantes na água. Portanto, ao analisar potencial filtrante, observamos uma possível eficácia do biochar de coco verde no processo de descontaminação de água por diferentes poluentes emergentes, como corantes e microplásticos, mas que ainda exigirá testes de eficácia, a serem realizados posteriormente.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Não foram utilizadas ferramentas de IA no desenvolvimento deste artigo.

6 REFERÊNCIAS

AUADA, M. B. *et al*. Partículas antropogênicas no trato gastrointestinal de *Cynoscion acoupa* e *Balistes capriscus* [...]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2024, Santos. Anais [...]. Santos: Unisanta, 2024. Disponível em: unisanta.br. Acesso em: 16 jun. 2026.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: https://abrelpe.org.br/. Acesso em: 10 out. 2026.

AMBROZEVICIUS, Andrea Pimenta. Poluição aquática em Santos (SP): uma abordagem interdisciplinar. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: doi.org. Acesso em: 29 mar. 2026.

BATISTA, Marina Santos Medeiro. Cobertura de saneamento básico, áreas alagáveis e a prevalência de doenças de veiculação hídrica no dique da Vila Gilda e na Zona Noroeste de Santos/SP. 2024. 96 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Saúde Coletiva, Universidade Católica de Santos, Santos, 2024. Acesso em: 29 mar. 2026.

MOURA, A. L.; SANTOS, G. W. C.; FIGUEIREDO, M. K. Estudo sobre o uso do biocarvão obtido a partir da casca de coco verde para a construção de filtros de água. Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Science, v. 2, n. 1, 2024.

ISSN 2317-1316

DE OLIVEIRA, Andriele Rodrigues; BARBOSA, Taísa Andrade; MENDONÇA, Luciana Coêlho. Adsorção de poluentes em águas residuárias utilizando biocarvão: revisão sistemática. Research, Society and Development, v. 12, n. 4, p. e23712441228, 2023.

ROCHA, Sandra Andreola Franco da. Utilização de carvão comercial e biochar proveniente de borra de café gasta na adsorção de octocrileno. 2024. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) – Câmpus Campo Mourão, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2024.