

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DO ABACATE

Sulany Moreira de Sousa¹, Emily Kelly Pereira da Silva², Evanuzia Miranda da Silva³, Marília Vasconcellos Agnesini⁴, Elaine da Cunha Silva Paz⁵

¹Estudante do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: <sulany.sousa@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso de Controle Ambiental integrado ao Ensino Médio – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: <emilly.silva10@estudante.ifto.edu.br>

³Doutoranda em Tecnologia Ambiental – UNAERP. e-mail: <evamiranda@ifto.edu.br>

⁴Docente no Curso de Engenharia Química – UNAERP. e-mail: <magnesini@unaerp.br>

⁵Docente no Departamento de Meio Ambiente – IFTO. Orientadora. e-mail: <elaine@ifto.edu.br>

1 INTRODUÇÃO

O descarte de efluentes industriais tem se mostrado um desafio ambiental crescente, principalmente em setores como o petroquímico, farmacêutico, papelero, têxtil e de plásticos. Esses efluentes apresentam elevada carga de poluentes emergentes, como fenóis, fármacos e corantes sintéticos, que resistem aos tratamentos convencionais e comprometem a qualidade da água e a biota aquática (Leite et al., 2017; Faa-Kassinis & Michael, 2013; Honorato, 2015). No caso da indústria têxtil, a complexidade dos compostos presentes – incluindo sais, metais pesados e hidrocarbonetos – intensifica a necessidade de métodos de tratamento mais eficazes (Thomas et al., 2004; Cunha & Dutra, 2014).

Entre as alternativas estudadas, o carvão ativado destaca-se como adsorvente eficiente na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, reduzindo odor, cor e sabor indesejáveis (Ansari & Mohammad, 2009; Bansal & Goyal, 2005). A utilização de biomassa residual para sua produção tem se mostrado uma opção promissora, pois alia baixo custo, abundância e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que agrega valor a resíduos agroindustriais (Mehrabinia & Adivi, 2021).

No Brasil, a produção de abacate vem crescendo e já ultrapassa 338 mil toneladas anuais, concentrada principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Ceará (IBGE, 2022). Embora seja uma fruta de grande valor econômico e tendência de expansão global (FAO, 2021), seus resíduos – como cascas e sementes – ainda são pouco aproveitados, representando uma fonte subutilizada de biomassa com potencial para a produção de carvão ativado (Spiekermann, 2021).

Nesse contexto, esta pesquisa justifica-se pela busca de soluções ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis para o aproveitamento de resíduos e pela necessidade de tecnologias mais eficazes com baixo custo para o tratamento de águas residuais.

2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo analisar o uso de resíduos do abacate, especificamente a casca e o caroço, para produção de bioadsorventes visando a remoção de um efluente sintético contendo corante têxtil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente projeto de pesquisa adotou a seguinte evolução metodológica: (i) coleta e preparação dos resíduos, (ii) caracterização dos resíduos (biomassa), (iii) pirólise da biomassa para obtenção de carvão e (iv) teste da eficiência de adsorção do carvão obtido. Os ensaios e experimentos foram realizados no Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética (LARSEN) do IFTO-Palmas.

As cascas e os caroços do abacate utilizados neste estudo foram coletados em lanchonetes na cidade de Palmas-TO. Após coletada, a biomassa foi submetida à secagem em temperatura de 50 °C por um período de 24 horas em uma estufa de esterilização. A caracterização da biomassa foi realizada de acordo com as normas e condições apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Metodologias empregadas durante a análise imediata da biomassa

Parâmetro	Norma	Princípio analítico	Fórmula de cálculo
Teor de Umidade	ASTM D 3173-85	Estufa, T = 105 °C durante 60 minutos	$TU\% = (A-B) / C * 100$ (Eq. 1)
Teor de Material Volátil	ASTM E872-82	Mufla, T = 850 °C durante 7 minutos (sem O ₂)	$TMV\% = (B-D) / C * 100$ (Eq. 2)
Teor de Cinzas	ASTM D 2415-66/86	Mufla, T = 710 °C durante 60 minutos	$TC\% = (E-F) / C * 100$ (Eq. 3)
Teor de Carbono Fixo	ASTM D 3172/07a	Por diferença	$CF\% = 100 - (TU+TMV+TC)$

Fonte: Autoria própria (2025)

Onde: **A**: peso do cadinho + peso da amostra (g); **B**: peso do cadinho + amostra após aquecimento a 105 °C (g); **C**: peso da amostra (g); **D**: peso do cadinho + amostra após aquecimento a 850 °C (g); **E**: peso do cadinho + amostra após aquecimento a 710 °C (g); **F**: peso do cadinho vazio (g); **TC**: teor de cinzas; **TMV**: teor de material volátil; **TU**: teor de umidade).

Na sequência, para realização dos ensaios de pirólise, foi definida a magnitude e o intervalo dos fatores a serem investigados na planta pirolítica. Os extremos para o fator temperatura foi de 510 °C para o valor mínimo, e, 790 °C para o valor máximo de temperatura, sendo 550 °C, 650 °C e 750 °C o valor intermediário inferior, o ponto central e o valor intermediário superior, respectivamente. Já para a taxa de aquecimento empregou-se os seguintes valores: 18 °C/min, 20 °C/min, 25 °C/min, 30 °C/min e 32 °C/min, sendo eles: extremo inferior, intermediário inferior, ponto central, intermediário superior e extremo superior, respectivamente. Foram realizados 11 ensaios de pirólise comutando os valores de cada parâmetro.

Por fim, no teste de adsorção de azul de metileno, utilizou-se uma mesa agitadora do tipo Shaker TE-141, o volume das soluções de corante padronizado em 30 mL e tempo de agitação de 60 minutos. Foram utilizadas as seguintes concentrações iniciais de azul de metileno: 20, 60 e 100 mg/L. A massa do carvão empregada no teste variou entre os seguintes valores: 0,30; 0,60 e 0,90 g. Para leitura da absorbância foi utilizado um espectrofotometro UV-VIS 6000 no comprimento de onda de 660 nm, com auxílio de uma curva de calibração para determinação da concentração final de azul de metileno na solução de corante.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do teor de umidade (2,86%) e do teor de material volátil (89,50%) demonstra o potencial favorável da biomassa em processos de degradação térmica (Demirbas, 2004). Além disso, o teor de cinzas (2,35%) e o teor de carbono fixo (5,29%) reforçam a baixa presença de minerais inorgânicos na composição da biomassa.

Nos 11 ensaios de produção de carvão, o maior rendimento de carvão foi observado no 5º

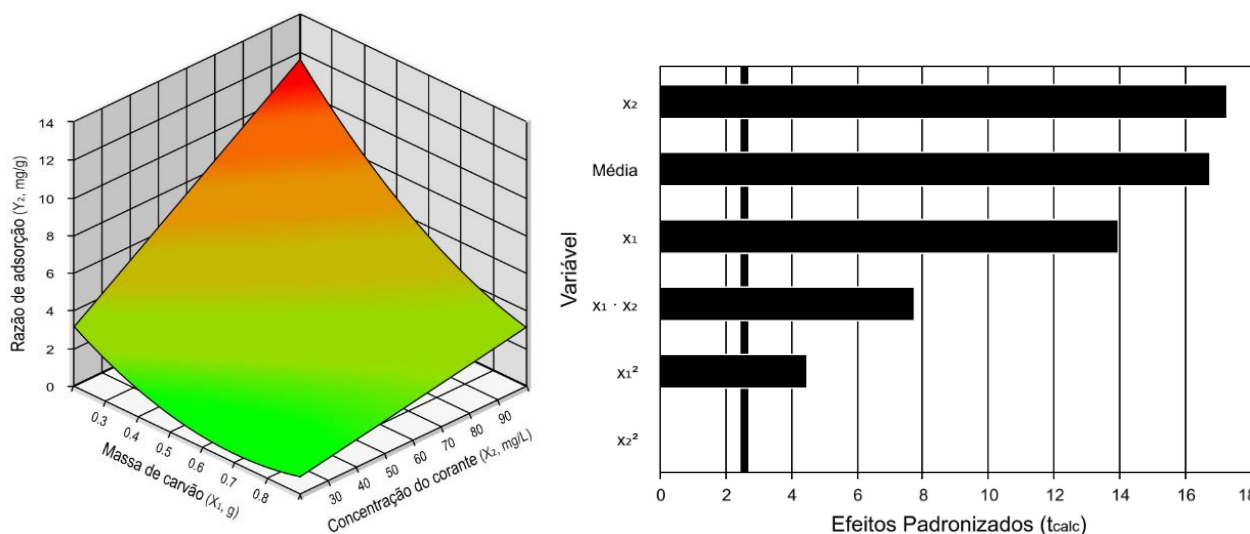
experimento, utilizando as condições de 510 °C e 25°C/min, obtendo um rendimento de carvão da ordem de 31,14%. Já o menor rendimento foi no experimento nº 2, com as condições de 750 °C e 20 °C/min, com carvão obtido na ordem de 22,58%.

Já no teste de adsorção, a maior razão de adsorção (9,99 mg/g) e eficiência (99,90%) foi observada no experimento nº 3 (0,3 g de carvão e 100 mg/L de concentração inicial de corante), enquanto a menor razão de adsorção (0,66 mg/g) foi observada no experimento nº 2 (0,9 g de carvão e 20 mg/L de concentração inicial de corante) e a menor eficiência no experimento nº 1 (97,78%), empregando as condições de 0,3 g de massa de carvão e 20 mg/L de concentração inicial de solução.

Na Figura 1 está apresentada a superfície de resposta e o diagrama de pareto do Delineamento de Faces Centradas obtido através do teste de adsorção.

A partir do diagrama de pareto apresentado é possível verificar que ambas as variáveis X_1 (massa do carvão) e X_2 (concentração inicial do corante) influenciam de forma significativa do ponto de vista estatístico. De mesma forma, observa-se na superfície de resposta valores de capacidade de adsorção mais atrativos quando se trata de concentrações de corante mais elevadas e ao reduzir a massa de carvão, reforçando ainda mais a eficiência do carvão em poluentes concentrados.

Figura 1 – Superfície de resposta e diagrama de Pareto.



Fonte: Autoria própria (2025)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta pesquisa, foi possível demonstrar que cascas e caroços de abacate podem ser valorizados como matéria-prima para produção de carvão ativado, apresentando elevada eficiência na remoção de poluentes sintéticos em solução aquosa. Esses resultados confirmam o potencial do resíduo agroindustrial como alternativa sustentável e de baixo custo para o tratamento de efluentes.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e ao IFTO pelo fomento e apoio na execução do projeto, que viabilizou a realização desta pesquisa, bem como pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- BANSAL, R. C.; GOYAL, M. (2005) Activated Carbon Adsorption. **CRC Press**, New York. 2005.
- CUNHA, G. S.; DUTRA, A. J. B. Avaliação da eletroflotação no tratamento de água produzida de petróleo. **HOLOS**, v. 3, p. 212–219, 2014.
- DEMIRBAŞ, A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. **Progress in Energy and Combustion Science**, 30(3), 219–230.
- FAA-KASSINOS, D., & MICHAEL, C. (2013). Wastewater reuse applications and contaminants of emerging concern. **Environmental Science and Pollution Research**, 20(6), 3493–3495.
- FAO; OECD. OECD-FAO (2021) Agricultural Outlook 2021–2030. **Rome: FAO; Paris: OECD**, 2021. Disponível em: <https://abre.ai/nmIp>. Acesso em: 18 jun. 2025.
- HONORATO, A. C. et al. **Biossorção do corante azul reativo 5G em efluentes têxteis utilizando resíduos agroindustriais**. 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de abacate no Brasil de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022 disponível em: <https://abre.ai/nmIs>. Acesso em: 30/03/2024.
- LEITE, A. B., et al., (2018). Activated carbons from avocado seed: Optimisation and application for removal of several emerging organic compounds. **Environmental Science and Pollution Research**, 25(8), 7647–7661.
- MEHRABINIA, E.; GHANBARI-ADIVI (2022) Examining nitrate surface adsorption method from polluted water using activated carbon from agricultural wastes. Model. **Earth Syst. Environ.**, 8 (2022) 1553–1561.
- MOHAMMAD-KHAH, A.; ANSARI, R. (2009) Activated Charcoal: Preparation, Characterization and Applications: A Review Article. **International Journal of ChemTech Research**, 1, 859–869.
- SPIEKERMANN, F.L. (2021) **Caracterização química e cinética da semente de abacate e dos biocarvões obtidos utilizando análise termogravimétrica**. 2021.
- THOMAS, J. E., TRIGGIA, A. A., CORREIA, C. A., VEROTTO FILHO, C., XAVIER, J., & MACHADO, J. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. ed. **Interciência: Petrobras**, Rio de Janeiro, Brasil. 2004.