

APROVEITAMENTO DE ESCAMA DE PEIXE PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO E SUAS APLICAÇÕES

Thiago Minuzzi Batista¹, Kayo César Gomes Mota², Sophia Almeida Alves³, Elaine da Cunha Silva Paz⁴, Marcelo Mendes Pedroza⁵, Claudia da Silva Aguiar Rezende⁶

¹Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Para Internet – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: <thiago.batista4@estudante.ifto.edu.br>

²Estudante do Curso Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio – IFTO. Voluntário. e-mail: <kayo.mota@estudante.ifto.edu.br>

³Estudante do Curso Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio – IFTO. Voluntário. e-mail: <sophia.alves@estudante.ifto.edu.br >

⁴Docente Prof. Doutorado em Tecnologia Ambiental – IFTO. Orientador(a). e-mail: <elaine@ifto.edu.br

⁵Docente Prof. Doutor em Engenharia Química – IFTO. Orientador(a). e-mail: <mendes@ifto.edu.br

⁶Docente do Departamento de Meio Ambiente – IFTO. Orientador(a). e-mail: <claudia@ifto.edu.br

INTRODUÇÃO

A produção mundial de peixes atingiu 186,6 milhões de toneladas métricas em 2023, superando o volume de 184,6 milhões de toneladas registrado em 2022, sendo o peixe um dos alimentos mais consumidos globalmente, com a China liderando a captura, seguida por Indonésia e Índia (Shahbandeh et al., 2024). No Brasil, a produção de peixes de cultivo alcançou 860.355 toneladas em 2022, gerando receita aproximada de R\$ 9 bilhões e apresentando crescimento acumulado de 48,6% entre 2014 e 2022 (Anuário et al., 2023).

Nesse contexto, as escamas de peixe destacam-se como matéria-prima sustentável, compostas por frações orgânicas e inorgânicas, sendo a inorgânica cerca de 75% mais eficiente na remoção de contaminantes (Gadore et al., 2024; Verma et al., 2023; Lu et al., 2024; Xiaoxiao et al., 2024). Além disso, a hidroxiapatita extraída dessas escamas tem mostrado potencial para adsorção de poluentes tóxicos, ampliando suas possibilidades de uso ambiental.

O biochar proveniente de biomassa, como escamas de peixe, apresenta elevada área superficial, porosidade acentuada e grupos funcionais ativos, o que o torna indicado para aplicações tecnológicas e ambientais, destacando-se por ser reciclável, economicamente viável e ambientalmente seguro (Chen et al., 2019; Thomas et al., 2019). Estudos confirmam sua eficiência na remoção de contaminantes diversos, reforçando seu potencial como solução sustentável para o tratamento de efluentes (Amalina et al., 2022).

OBJETIVO

Realizar a pirólise de escamas de peixe para a produção de carvão ativado, com o objetivo de avaliar sua aplicação como material adsorvente em processos de tratamento ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios experimentais foram conduzidos nas instalações dos Laboratórios de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética (LARSEN), localizado no Campus Palmas do Instituto Federal do Tocantins (IFTO). As etapas analíticas desenvolvidas ao longo da pesquisa estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma dos procedimentos experimentais



Fonte: Autor, 2025.

A Tabela 1 reúne os parâmetros avaliados e os métodos empregados na caracterização da biomassa e do carvão ativado.

Tabela 1 – Parâmetros e métodos de caracterização da biomassa e do carvão

Tipo	Análise	Método analítico
Análise Imediata da biomassa e carvão	Umidade	ASTM D 3173-87
	Material volátil	ASTM D3175-07
	Cinzas	ASTM D3174-04
	Carbono fixo	ABNT NBR 8299-1983

Fonte: Autor, 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Valores obtidos para os parâmetros característicos da biomassa

Variável analítica (%)	Biomassa desta pesquisa	Outros autores	
		Silva et al., (2019)	Monroe et al. (2024)
Umidade	9,25	11,3	3,8
Voláteis	65,01	35,2	67,0
Cinzas	1,44	45,9	26,0
Carbono fixo	24,30	7,6	7,0

Fonte: Autor, 2025.

A análise imediata da biomassa de escamas de peixe indicou 9,25% de umidade, 65,01% de voláteis, 1,44% de cinzas e 24,30% de carbono fixo, valores compatíveis com dados da literatura.

O baixo teor de umidade da biomassa, inferior a 10%, conforme recomendado por (ALMEIDA, 2008), favorece a eficiência da pirólise, enquanto o teor de cinzas observado reflete a presença de minerais da fração inorgânica, como a hidroxiapatita ligada ao colágeno, conforme descrito por (MELO, 2017), indicando características adequadas para o processo de degradação termoquímica.

Tabela 3 – Valores da caracterização do carvão

Variável analítica (%)	Carvão (650 °C)
Umidade	4,52
Material volátil	29,45
Cinzas	65,37
Carbono fixo	0,66

Fonte: Autor, 2025.

O carvão ativado produzido apresentou um alto teor de cinzas, alcançando 65,37%. Segundo (RAVEENDRAN, 1995), esse resultado pode estar associado à elevada concentração de substâncias inorgânicas na biomassa, como silício, além de metais dos grupos alcalinos (como sódio e potássio) e alcalino-terrosos (como cálcio e magnésio). Esses constituintes, por não se volatilizarem durante a pirólise, tendem a permanecer no resíduo sólido, o que contribui significativamente para o aumento do percentual de cinzas, podendo ultrapassar 25%, como verificado neste trabalho.

A avaliação dos teores de material volátil e de carbono fixo é essencial em processos voltados à geração de energia, pois esses parâmetros influenciam diretamente o comportamento da combustão. De acordo com (PAZ, 2017), altos níveis de voláteis associados a baixos teores de carbono fixo indicam uma combustão mais rápida do material combustível.

A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de adsorção do carvão ativado produzido realizado com o Delineamento de Faces Centradas (DFC), conforme descrito na metodologia, para diferentes concentrações de corante e quantidades de carvão.

Tabela 4 – Resultado do teste de adsorção em relação à massa de carvão e à concentração de corante

Experimentos	Massa de carvão (g)	Concentração do corante (mg/L)	Razão de adsorção (mg/g)
1	0,30	20	0,395
2	0,90	20	0,177

3	0,30	100	1,195
4	0,90	100	0,189
5	0,30	60	0,643
6	0,90	60	0,251
7	0,60	20	0,140
8	0,60	100	0,492
9	0,60	60	0,161
10	0,60	60	0,154
11	0,60	60	0,180

Fonte: Autor, 2025.

Os ensaios de adsorção com Azul de Metileno e diferentes massas de carvão ativado de escamas de peixe mostraram que a razão de adsorção variou de 0,140 mg/g a 1,195 mg/g, sendo o maior valor obtido com 0,30 g de carvão e 100 mg/L de corante, indicando maior saturação da superfície do biochar em condições de alta concentração de adsorbato e menor quantidade de adsorvente. Já o menor desempenho ocorreu com 0,60 g de carvão e 20 mg/L de corante, revelando que o excesso de adsorvente frente ao corante reduz a eficiência por grama, em conformidade com a cinética de adsorção, que depende do gradiente de concentração para o transporte de massa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas demonstraram que o carvão ativado obtido a partir de escamas de peixe apresenta características promissoras para uso como adsorvente, atendendo aos parâmetros físico-químicos necessários para aplicações ambientais. Os ensaios de adsorção confirmaram sua eficiência na remoção de corante, principalmente em condições que favorecem a saturação da superfície do material.

Apesar dos resultados positivos, ressalta-se que o elevado teor de cinzas pode limitar sua aplicação em processos que exigem elevada pureza do adsorvente, como na remoção de contaminantes metálicos ou em sistemas mais sensíveis à presença de resíduos inorgânicos. Isso evidencia a necessidade de estudos adicionais para otimizar o processo de produção e reduzir a carga de cinzas. Ainda assim, o trabalho reforça o potencial do aproveitamento de resíduos de pescado como alternativa sustentável para o tratamento de efluentes.

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

ALMEIDA, M. B. B. de. *Bio-óleo a partir da pirólise rápida, térmica ou catalítica, da palha da cana-de-açúcar e seu co-processamento com gás-óleo em craqueamento catalítico*. 2008. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

AMALINA, F. et al. A comprehensive assessment of the method for producing biochar, its characterization, stability, and potential applications in regenerative economic sustainability – A review. *Cleaner Materials*, v. 3, p. 1–18, 2022.

ANUÁRIO DA PISCICULTURA. Peixe BR. *Anuário 2023: piscicultura no Brasil*. São Paulo: Peixe BR, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario>. Acesso em: 18 abr. 2024.

CHEN, B. et al. Biochar characterization and its environmental applications. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 49, p. 254–289, 2019.

CHEN, Xue-Li et al. *Nanoscale zero-valent iron and chitosan functionalized Eichhornia crassipes biochar for efficient hexavalent chromium removal*. International journal of environmental research and public health, v. 16, n. 17, p. 3046, 2019.

GADORE, R. et al. Application of fish scale waste as bioadsorbent for heavy metals removal: a review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 12, n. 3, p. 104561, 2024.

LU, W.; ZHAO, Y. Hydroxyapatite-modified biochar for environmental applications: Preparation, properties and mechanisms. *Environmental Research*, v. 224, p. 115422, 2024.

SHAHBANDEH, M. et al. Global fish production volume 2002-2023. *Statista*, 2024. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/>>. Acesso em: 25 jun. 2025.

THOMAS, S. C. et al. *Biochar for environmental management: Science and technology*. London: Earthscan, 2019.

VERMA, R. et al. Synthesis of hydroxyapatite from fish scales for environmental applications. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 19, p. 100661, 2023.

MELO, D. M. A. et al. *Caracterização e aplicação de escamas de peixe como adsorventes*. Revista Matéria, v. 22, n. 2, p. 1–8, 2017.

MONROE, L. M. et al. *Thermochemical behavior of fish scale biomass*. Waste and Biomass Valorization, v. 15, p. 1557–1568, 2024.

PAZ, E. C. S. *Produção e caracterização de carvão ativado a partir de fibra de coco para remoção de corantes*. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

RAVEENDRAN, K. et al. *Properties of biomass and its suitability for gasification*. Fuel, v. 74, p. 182–188, 1995.

SILVA, A. F. *Caracterização de resíduos de escamas de peixe para fins energéticos*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – IFTO, Palmas, 2019.

XIAOXIAO, L. U.; JINGCHAN, Z. H. A. O. *Adsorption of ciprofloxacin on co-pyrolyzed biochar from fish scale and pine needle*. Chinese Journal of Analytical Chemistry, v. 52, n. 1, p. 100350, 2024.