

Estudo comparativo da capacidade de adsorção do carvão ativado comercial e não comercial na remoção de nutrientes presentes em água do Rio Tapajós em Santarém-PA

 <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2025.v9.1653>

Milene Farias de Sousa¹
Anna Raisa da Costa Alves²
Lucinewton Silva de Moura³

Data de submissão: 21/1/2025. Data de aprovação: 28/5/2025. Data de publicação: 18/6/2025.

Resumo – A poluição causada em corpos hídricos, decorrente de atividades antrópicas, exige, cada vez mais, intervenções, soluções e alternativas que garantam a qualidade da água, das espécies aquáticas e, consequentemente, da saúde pública. Assim, este estudo tem como objetivo principal comparar a capacidade de adsorção do carvão ativado, comercial e não comercial, na remoção de nutrientes específicos da água do Rio Tapajós, em Santarém-PA, sendo este corpo hídrico um importante recurso da Amazônia Brasileira. Para isso, foram analisados parâmetros físico-químicos, como turbidez, pH, amônia, nitrato, nitrito, ferro e fosfato, antes e após o tratamento com carvão ativado. A coleta foi realizada em dois pontos distintos: Praia da Vera Paz (P1) e Praia da UFOPA (P2). Os resultados mostraram que o carvão ativado comercial apresentou maior capacidade de adsorção na remoção dos nutrientes analisados. Destacamos uma significativa capacidade de adsorção da concentração de amônia tanto no carvão ativado comercial como do não comercial, com uma redução na concentração inicial de 0,89 mg/L para 0,24 mg/L no tratamento com carvão ativado comercial e de 0,56 mg/L com o carvão ativado não comercial. O carvão ativado não comercial, produzido de biomassa (caroço de açaí), destacou-se como alternativa sustentável, embora com menor capacidade de adsorção. Este estudo reforça a importância de soluções acessíveis e sustentáveis para tratamento de água, recomendando a continuidade das pesquisas no Rio Tapajós e ações de conscientização ambiental.

Palavras-chave: Carvão ativado. Caroço de açaí. Corpo hídrico. Qualidade da água.

Comparative study of the adsorption capacity of commercial and non-commercial activated carbon in the removal of nutrients present in water from the Tapajós River in Santarém-PA

Abstract – Pollution caused in water bodies due to human activities increasingly requires interventions/solutions and alternatives to ensure water quality, the quality of aquatic species and, consequently, public health. Thus, the main objective of this study is to compare the adsorption capacity of commercial and non-commercial activated carbon in the removal of specific nutrients from the water of the Tapajós River, in Santarém-PA, this water body has being an important resource of the Brazilian Amazon. For this, physical-chemical parameters, such as turbidity, pH, ammonia, nitrate, nitrite, iron and phosphate, were analyzed before and after treatment with activated carbon. The collection was carried out at two different points:

¹ Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, Pará, Brasil.  milenesousastm@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-5223-1682>.

² Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, Pará, Brasil.  raisaalves31@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-4661-4318>  <http://lattes.cnpq.br/6565157458713687>.

³ Doutor em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas. Professor do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, Pará, Brasil.  lucinewton.moura@yahoo.com.br  <https://orcid.org/0000-0002-9266-946X>  <http://lattes.cnpq.br/2577499231565227>.

Praia da Vera Paz (P1) and Praia da UFOPA (P2). The results showed that commercial activated carbon had a higher adsorption capacity in removing the nutrients analyzed. We highlight a significant adsorption capacity of the ammonia concentration in both commercial and non-commercial activated carbon, with a reduction in the initial concentration from 0.89 mg/L to 0.24 mg/L in the treatment with commercial activated carbon and 0.56 mg/L with non-commercial activated carbon. Non-commercial activated carbon, produced from biomass (açai seed), stood out as a sustainable alternative, although with a lower adsorption capacity. This study reinforces the importance of affordable and sustainable solutions for water treatment, recommending the continuation of research in the Tapajós River and environmental awareness actions.

Keywords: Activated carbon. Açai seed. Water body. Water quality.

Investigación comparativa de la capacidad de absorción del carbón activado comercial y no comercial en la remoción de nutrientes en el agua del río Tapajós, en Santarém-PA

Resumen – La contaminación ocasionada en las masas de agua, resultante de las actividades humanas, requiere más y más intervenciones, soluciones y alternativas para garantizar la calidad del agua, de las especies acuáticas y, en consecuencia, de la salud pública. Así, esta investigación tiene como objetivo principal comparar la capacidad de absorción del carbón activado comercial y no comercial en la remoción de nutrientes en el agua del río Tapajós, en Santarém-PA, una masa de agua importante de la Amazonia brasileña. Para ello se analizaron parámetros físico-químicos como turbidez, pH, amoníaco, nitrato, nitrito, hierro y fósforo, antes y después del tratamiento con carbón activado. La recolección se realizó en dos puntos distintos: Playa da Vera Paz (P1) y Playa da UFOPA (P2). Los resultados demostraron que el carbón activado comercial presentó mayor capacidad de absorción en la remoción de los nutrientes analizados. Destacamos una significativa capacidad de absorción de la concentración de amoníaco tanto en carbón activado comercial como no comercial con una reducción de la concentración inicial de 0,89 mg/L a 0,24 mg/L en el tratamiento con carbón activado comercial y 0,56 mg/L con carbón activado no comercial. El carbón activado no comercial, hecho de biomasa (semillas de açai), se destacó como una alternativa sostenible, aunque con menor capacidad de absorción. Este estudio refuerza la importancia de soluciones accesibles y sostenibles para el tratamiento del agua, recomendándose seguir con la investigación en el río Tapajós, además de acciones de concientización ambiental.

Palabras clave: Carbón activado. Semilla de açai. Masa de agua. Calidad del agua.

Introdução

A poluição de corpos d'água superficiais é um dos problemas ambientais mais graves do mundo, com impactos negativos à saúde ambiental e à diminuição da qualidade da água utilizada para diferentes fins. O lançamento de efluentes domésticos e industriais em corpos d'água e o uso de pesticidas e agroquímicos em sistemas agrícolas são as principais causas da poluição em ecossistemas aquáticos (Domingues *et al.*, 2021).

O rio Tapajós está localizado na Amazônia Brasileira à margem direita do município de Santarém-PA, sendo um dos principais afluentes do rio Amazonas, com 851 km de extensão. É utilizado por diversas comunidades ribeirinhas, que dependem dessa água para as diversas atividades de consumo. Porém, enfrenta a poluição causada por atividades garimpeiras e o desmatamento ambiental, promovendo a contaminação dos rios e mananciais. A conservação dos recursos hídricos é um desafio ambiental crucial, especialmente em regiões como o rio Tapajós. Segundo o relatório da The Nature Conservancy (TNC) sobre a região, a crise atual da água tem muitos componentes de origem social, econômica e ambiental: usos excessivos da

água, aumento de demanda, gerenciamento setorial e muito focado em quantidade. Contaminação da água, eutrofização e alterações no ciclo hidrológico em razão das mudanças globais são outros componentes. Essa poluição, além de ameaçar o ecossistema local, compromete a saúde das populações.

Entre as técnicas de purificação de água, o carvão ativado é amplamente empregado em tratamento de águas e de efluentes industriais, sendo o adsorvente mais frequentemente utilizado no processo de adsorção de substâncias tóxicas devido às suas excelentes capacidades de adsorção em relação aos poluentes alvo e a capacidade de remoção de compostos indesejáveis que conferem gosto, sabor e odor a água, como os poluentes orgânicos e inorgânicos (Chan *et al.*, 2018). É um adsorvente universal amplamente utilizado na separação por transferência de massa e limpeza ambiental (Gao *et al.*, 2021). Devido às suas propriedades físicas e químicas únicas, os carvões ativados possuem múltiplas aplicações. Eles são amplamente utilizados como adsorventes importantes em processos de purificação de líquidos e gases (Derylomarczewska *et al.*, 2019). A adsorção com carvão ativado tem se tornado uma técnica eficiente para remover compostos orgânicos e inorgânicos em meio líquido como água potável, soluções líquidas e efluentes agroindústrias (Silva *et al.*, 2025).

As matérias-primas utilizadas na produção de carvão ativado são diversas. A literatura documenta a produção desse material a partir de madeira (Taheran *et al.*, 2016; Sewu *et al.*, 2017), casca de arroz (Qian; Chen, 2013; Chen *et al.*, 2018), cana-de-açúcar (Melo *et al.*, 2013), cascas de frutas (Ghaffar *et al.*, 2015; Tran *et al.*, 2015), entre outros. A variedade de matérias-primas, juntamente com as condições de preparação, resulta na produção de materiais com características variadas que, devido às suas propriedades e baixo custo, possuem inúmeras aplicações em diferentes áreas do conhecimento, como engenharia, necessidades humanas, química, metalurgia, operações industriais e transporte, física e propriedades da matéria, eletricidade, novas tecnologias, saúde, entre outras.

O carvão ativado é um material com alta área de superfície e propriedades adsorventes, mas sua eficiência pode variar dependendo da origem e das características do material. A natureza desses materiais é bastante diversificada, e dentre os mais comumente utilizados, o carvão ativado é considerado um excelente adsorvente (Sashin; Aksu, 2017) devido a sua natureza porosa e a grande área de superfície características, que permitem a remoção de uma ampla classe de contaminantes, e em especial os corantes (Aguilar, *et al.*, 2016).

A utilização do carvão ativado em tecnologias da química e metalurgia é aplicada no tratamento de água para remover cor e demanda química de oxigênio (Nure *et al.*, 2017), cianotoxinas (Silva *et al.*, 2025), fármacos (Borges *et al.*, 2016), entre outras substâncias.

Nos últimos anos, alternativas sustentáveis para o tratamento de água, como o uso de carvão ativado derivado de biomassa, têm sido exploradas, especialmente em regiões onde o acesso a tecnologias avançadas é limitado. O carvão ativado não comercial, derivado de fontes locais de biomassa, embora menos eficiente, oferece uma opção viável em contextos de baixo custo. De acordo com Crini e Lichtfouse (2019), O carvão ativado tem se destacado nos processos de purificação, filtração, desodorização e separação.

O presente estudo visa avaliar e comparar a eficiência de dois tipos de carvão ativado — comercial e não comercial — na remoção de contaminantes da água do rio Tapajós. Foram analisados parâmetros físico-químicos, como pH, turbidez, amônia, nitrito, nitrato e ferro para verificar a conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021. A comparação entre esses tipos de carvão busca fornecer dados para o desenvolvimento de soluções locais e sustentáveis, com vistas à melhoria da qualidade da água na Amazônia.

Materiais e métodos

Coleta e preparação

O estudo foi realizado no Laboratório de Química Aplicada do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), utilizando amostras de água coletadas em duplicatas em dois pontos distintos do rio Tapajós, em Santarém-PA: Praia da Vera Paz (P₁) e Praia da UFOPA (P₂).

As sementes do carvão não comercial, foram cuidadosamente lavadas em água corrente e colocadas para secar em bandejas dispostas ao sol. Após 48 h de secagem, as sementes foram transferidas para 4 recipientes cilíndricos com capacidade de 20 litros, que foram preenchidos e tampados. Em seguida foram colocados em um forno mufla em uma temperatura de 600 °C durante 3 horas para a carbonização total das sementes. A abertura do recipiente ocorreu 24 h após a carbonização. Uma etapa posterior consistiu na inspeção dos caroços de carvão ativado a fim de constatar a carbonização no interior das sementes. Além disso, foi possível constatar que não havia presença expressiva de cinzas o que indica que a temperatura foi ótima para carbonização. Após a carbonização o carvão passou por um triturador forrageiro da marca Trapp, modelo 400/2CV, utilizando uma malha de 3 mm para a peneiragem do material.

Na Figura 1 foi possível constatar que, a análise granulométrica do carvão ativado não comercial obtido a partir do caroço de açaí [texto ausente]. O carvão ativado comercial, utilizado neste estudo, apresentou uma faixa granulométrica de 24 e 28 Tyler respectivamente, e foi caracterizado como predominantemente microporoso. Já o carvão não comercial de origem vegetal (caroços de açaí) [texto ausente].

Figura 1: Análise granulométrica do carvão ativado não comercial.



Fonte: Autora (2024).

Método de ativação do carvão

Para a ativação química do carvão ativado não comercial, foi utilizada uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 10 % em massa/volume (m/v), na proporção de 1:1 em relação ao carvão. Esse processo foi essencial para aumentar a reatividade do material e desenvolver sua porosidade. O carvão foi imerso na solução de NaOH a 10 %, durante cinco horas e, em seguida, aquecido em forno mufla a 600 °C por três horas para a carbonização. Após esse processo, o carvão foi lavado com água destilada até atingir pH neutro, garantindo a adsorção do NaOH residual e promovendo a abertura de poros da biomassa, o que ampliou sua área de superfície específica.

Segundo Mohan e Pittman (2006), a carbonização por pirólise envolve o aquecimento do material na ausência de ar a temperaturas superiores a 473 K, resultando na remoção de componentes voláteis e gases leves, como CO, H₂, CO₂ e CH₄. Esse processo gera uma massa de carbono fixo com estrutura porosa primária, favorecendo a ativação do carvão. Os autores destacaram que fatores como a taxa de aquecimento, temperatura final, fluxo de gás de arraste e a natureza da matéria-prima influenciam significativamente a qualidade e na capacidade de adsorção do carvão ativado. Nos ensaios de filtração e adsorção, buscou-se avaliar a eficácia

do carvão ativado como agente purificador, com foco na adsorção de nutrientes como fósforo, amônia, nitrito, nitrato e ferro.

Ensaio de filtração em leito fixo

Foi observado na Figura 2, durante o ensaio de filtração, que as amostras de água foram percoladas através de um leito filtrante de 5 cm de altura, composto por carvão ativado acondicionado em um tubo com 75 mm de diâmetro. Esse arranjo permitiu que os nutrientes presentes na água fossem adsorvidos pelo carvão ativado. A capacidade de adsorção dependeu diretamente da qualidade do carvão e da estrutura porosa desenvolvida durante a ativação do carvão.

No ensaio de adsorção, utilizou-se 100 g de carvão ativado para 400 mL de água coletada nas margens do rio Tapajós. A mistura foi submetida à agitação em um agitador mecânico em intervalos de tempo de 15, 20 e 30 minutos com objetivo de verificar o tempo de otimização de contato entre o carvão e os contaminantes dissolvidos. O tempo de 15 minutos foi selecionado em razão de verificarmos que os três intervalos de tempo conseguiram adsorver a mesma quantidade de moléculas contaminantes, facilitando a transferência de massa e aprimorando a capacidade da adsorção. Após o período de agitação, o carvão foi filtrado, e o resultado foi analisado para verificar a concentração remanescente de contaminantes, avaliando a capacidade de adsorção do carvão ativado a fim de reduzir as concentrações de moléculas contaminantes.

Figura 2 - Ensaio de filtração.



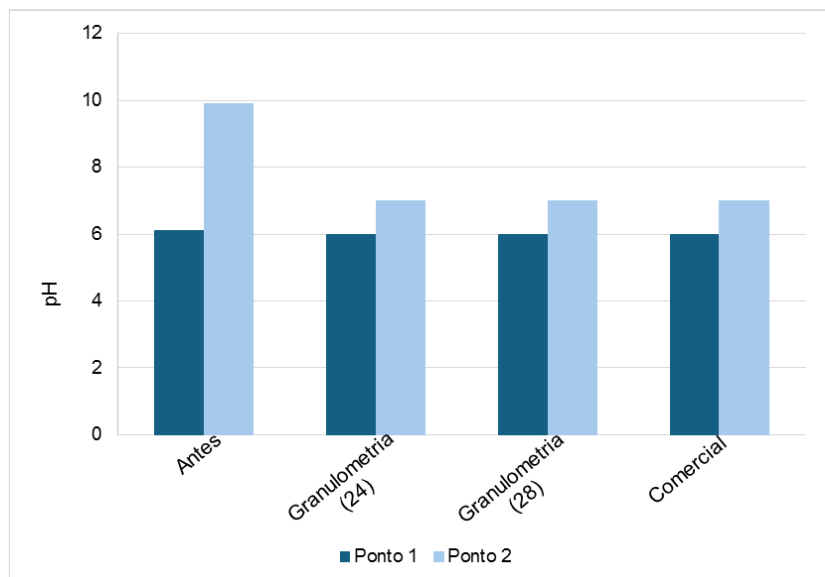
Fonte: Autora (2024).

Resultados e discussão

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro essencial para avaliar a qualidade da água, pois sua elevação pode prejudicar a vida aquática e reduzir a eficácia de processos de desinfecção, além de representar um risco potencial para a saúde humana quando fora da faixa de segurança estabelecida para o consumo.

Figura 3 - Variação do pH antes e após o tratamento com carvão ativado comercial e não comercial.



Fonte: Autora (2024).

Na Figura 3, foi possível constatar que os resultados das análises de pH nas amostras de água bruta apresentaram uma elevação de 6,10 a 9,90. Essa elevação ampla é indicativa de diferentes condições ambientais e possíveis influências antrópicas nos pontos de coleta. O valor mais elevado, observado no ponto de coleta P₂, sugere a presença de fontes de poluição causadas por atividades tais como: despejos industriais, escoamento agrícola, ou águas residuais, que podem introduzir substâncias alcalinas e elevar o pH da água.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 determina que a água destinada ao consumo humano deve ter pH entre 6,0 e 9,5. Após o tratamento com carvão ativado, observamos que, tanto o carvão ativado comercial quanto o não comercial, foram eficazes na regulação do pH das amostras, ajustando-o para valores dentro da faixa recomendada. Esse ajuste do pH, com o uso do carvão ativado comercial, é essencial para assegurar que a água tratada esteja em conformidade com os parâmetros de potabilidade. O carvão ativado comercial, em particular, mostrou-se superior nesse aspecto, possivelmente devido a uma maior área superficial e estrutura de porosidade mais uniforme, fatores que potencializam a capacidade de adsorção de compostos que alteram o pH, tornando o tratamento mais eficiente.

Como indicado na Figura 1, o ajuste do pH pelas amostras de carvão evidencia que o tipo de material adsorvente utilizado, influencia diretamente a eficiência do processo de purificação. Esse controle é fundamental não apenas para atender aos padrões legais, mas também para garantir que o processo de tratamento preserve a estabilidade química da água durante o armazenamento e distribuição. Além disso, a regulação do pH se faz necessária para maximizar a remoção de outros contaminantes.

Turbidez

A análise de turbidez nas amostras de água antes do tratamento indicou valores iniciais de até 28 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), acima do limite estabelecido para o consumo humano pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que recomenda um valor máximo de 5 UNT para água potável.

Tabela 1 -Níveis de turbidez antes e após o tratamento com carvão ativado.

Ponto	Antes do tratamento	Tratamento com carvão comercial	Tratamento carvão comercial	com não
P ₁	28	3	10	
P ₂	24	5	12	

Fonte: Autora (2024).

Esse alto nível de turbidez pode estar associado à presença de partículas em suspensão como sedimentos, microrganismos e matéria orgânica que não só comprometem a qualidade visual da água como também representam riscos à saúde ao fornecer substrato para o crescimento de agentes patogênicos.

Após o tratamento, o carvão ativado comercial demonstrou uma eficiência superior na remoção de turbidez reduzindo-a para 3 UNT atendendo aos padrões de potabilidade. Já o carvão ativado não comercial também promoveu uma significativa redução alcançando 10 UNT valor que, embora acima do recomendado para consumo direto, indica potencial para aplicações em tratamentos iniciais de purificação.

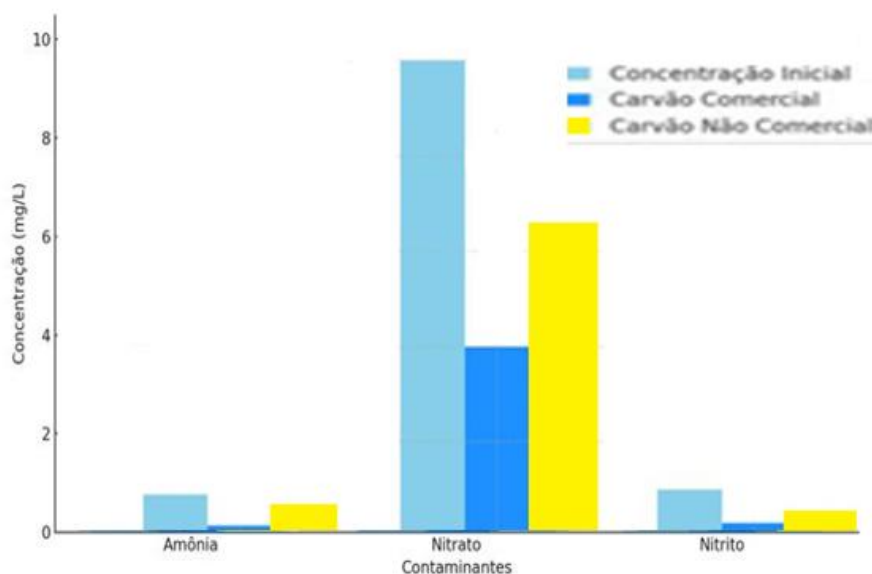
O carvão ativado é utilizado em: absorção de gases, tratamento de águas, sistemas de filtração, indústrias química, alimentícia, farmacêutica e da medicina, bem como no tratamento de efluentes, recuperação de metais pesados e materiais que possuem um alto teor de carbono. A maior eficiência do carvão ativado comercial pode estar atribuída à sua estrutura de poros mais bem desenvolvida e à maior área de superfície, características que aumentam a adsorção de partículas e melhoram a clarificação da água.

A redução da turbidez é fundamental não só para a qualidade da água, mas também para a segurança sanitária. Partículas em suspensão podem abrigar microrganismos e dificultar a ação de agentes desinfetantes, como o cloro, comprometendo a eficácia do tratamento e potencializando o risco de contaminação microbiológica.

Amônia, nitrato e nitrito

A amônia, o nitrato e o nitrito são contaminantes comumente presentes em águas superficiais e subterrâneas, muitas vezes decorrentes de atividades agrícolas, industriais e domésticas. A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece limites rigorosos para esses contaminantes em água potável, visando à proteção da saúde e à qualidade ambiental.

Figura 4 - Comparação entre os carvões ativados comercial e não comercial na capacidade de adsorção das concentrações de amônia, nitrato e nitrito da água do rio Tapajós.



Fonte: Autora (2024).

Na Figura 4, foi possível constatar uma significativa redução na concentração inicial de amônia após a filtração tanto no leito fixo com carvão ativado comercialmente, como com o carvão ativado não comercial. A concentração inicial passou de 0,89 mg/L para 0,24 mg/L no tratamento com carvão ativado comercial, e para 0,56 mg/L com o carvão ativado não comercial, ambos dentro dos limites de potabilidade (0,5 mg/L para amônia).

A maior remoção da amônia pode ser atribuída à sua maior área de superfície específica e porosidade, características que favorecem a adsorção dos compostos nitrogenados.

As análises mostraram que o carvão comercial também apresentou desempenho superior na remoção de nitrato e nitrito, reduzindo suas concentrações a níveis significativos em relação ao carvão não comercial. A presença de uma maior área de superfície e uma distribuição de poros mais uniformes no carvão comercial, aumenta a capacidade de adsorção desses compostos, uma vez que partículas menores e uma maior superfície ativa promovem a fixação mais eficiente dos contaminantes. Esse resultado é consistente com outros estudos que destacam a importância da estrutura física e química do carvão ativado na remoção de íons e compostos poluentes.

Ferro e Fosfato

A remoção de ferro nas amostras analisadas foi significativamente mais eficaz utilizando carvão comercial, o que possibilitou que as concentrações deste contaminante se enquadrassem dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (0,3 mg/L). Este resultado indica não apenas a eficiência do carvão comercial no processo de desintoxicação da água, mas também sua potencialidade para aplicações em sistemas de tratamento de água, proporcionando segurança à saúde pública.

Na Tabela 2, podemos constatar uma pequena capacidade de adsorção de fosfatos utilizando carvões comerciais e não comerciais. Esse fato pode ser justificado pela presença de etapas no processo, tais como: baixa capacidade de adsorção dos carvões avaliados, atividade microbiana, mineralização de fosfatos orgânicos, que influenciaram significativamente as concentrações de fosfato nos corpos d'água. Destacamos ainda, que altos níveis de fosfato são um dos principais responsáveis pela eutrofização dos corpos hídricos, um fenômeno que pode levar à degradação dos ecossistemas aquáticos. Assim, é evidente que, para atender às recomendações de qualidade da água e prevenir o risco de eutrofização, é fundamental

implementar tratamentos adicionais que complementem a eficiência do carvão na remoção de fosfatos conforme estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que define padrões de qualidade e controle da água potável no Brasil (Brasil, 2021).

Tabela 2 - Concentração de ferro e fosfato antes e após o tratamento com carvão ativado.

Parâmetro	Ponto	Antes do tratamento	Tratamento com carvão comercial	Tratamento com carvão não comercial
Ferro	P ₁	0,8 mg/L	0,3 mg/L	0,5 mg/L
Fosfato	P ₂	1,2 mg/L	0,9 mg/L	1,1 mg/L

Fonte: Autora (2024).

Costa (2020) fez uma comparação do carvão ativado de tecido têxtil (CAT) com o carvão ativado disponível comercialmente (CAC). Foi utilizado o corante Novacron Vermelho S-B como adsorvato por enquadrar-se em categorias de vasta utilização nesse setor CAC. Os ensaios de adsorção atingiram uma remoção máxima de 75,41% e 65,36% para o CAT e CAC, respectivamente durante um tempo de 12 h. Em ambos os carvões ativados, foi verificado a presença de sítios heterogêneos e homogêneos de adsorção. Desse modo, os resultados obtidos sugeriram a viabilidade da utilização desses resíduos como fonte de carbono para a produção de carvão ativado e a adequabilidade destes para a remoção de corantes.

Melo (2022) realizou um estudo a fim de avaliar a viabilidade de produzir carvão ativado a partir da inflorescência da macambira, comparando-o com carvões comerciais e com biomassa alternativa que atenda aos requisitos de adsorção. Os testes de adsorção com azul de metileno indicaram que o carvão da macambira, após pirólise a 400 °C a partir de uma proporção de massa de 500 mg, apresentou desempenho satisfatório, com baixo custo energético de produção.

Rodrigues *et al.* (2024) realizou um estudo comparativo sobre a eficácia do carvão ativado comercial com o produzido a partir de eucalipto na remoção de compostos tóxicos do hidrolisado hemicelulósico da casca de café, demonstrando o potencial do carvão de eucalipto como alternativa viável. O estudo teve como objetivo comparar a desintoxicação do hidrolisado ácido, obtido a partir da casca do café, utilizando dois diferentes tipos de carvão ativado, de origem vegetal (eucalipto) e comercial padrão. Os resultados indicaram que os dois tipos distintos de carvão, de origem vegetal (eucalipto) e comercial padrão são eficazes na remoção de compostos fenólicos tóxicos do hidrolisado hemicelulósico da casca de café.

Conclusão

A comparação entre os carvões ativado comercial e não comercial revelou que, embora o carvão de origem biológica represente uma alternativa viável e sustentável, suas limitações em termos de capacidade de adsorção de nutrientes e propriedades desinfetantes são significativas.

A pesquisa futura deve se concentrar em otimizar o carvão ativado derivado de materiais biológicos, buscando aumentar sua capacidade de adsorção através de técnicas avançadas de ativação, além de explorar combinações de diferentes tipos de carvão ativado para maximizar a eficiência na purificação de água. Destaca-se ainda como uma alternativa viável e altamente sustentável, especialmente em regiões com recursos limitados e menor acesso a tecnologias avançadas de tratamento. A utilização desse tipo de carvão não apenas oferece uma solução econômica, mas também promove a sustentabilidade ao empregar biomassa locais. No entanto, a sua eficácia na capacidade de adsorção de fosfatos revelou-se insuficiente, o que sugere a

necessidade de considerar métodos complementares para atingir os padrões de qualidade da água tratada.

Um exemplo prático pode ser o uso do próprio carvão ativado feito a partir da semente de açaí, que tem demonstrado potencial significativo na adsorção de nutrientes. São necessários estudos contínuos nas águas do rio Tapajós, bem como alertas tanto para a população para que preserve o ambiente, quanto para os órgãos públicos, para que protejam o rio e que as devidas medidas mitigatórias sejam tomadas. Além disso, o desenvolvimento de soluções de purificação de água mais acessíveis e sustentáveis é essencial para enfrentar os desafios globais relacionados à escassez de água e à saúde pública.

Considerações finais

Os resultados obtidos neste estudo indicam que o carvão ativado comercial é particularmente eficaz em contextos em que é necessária a adsorção simultânea de múltiplos contaminantes, essencial para garantir a potabilidade da água.

Referências

- ABREU, M. B. *et al.* Aplicação de carvão ativado de bagaço de cana-de-açúcar na adsorção de Cd (II) e Cu (II). In: **XXXVII ENEMP–Congresso Brasileiro de Sistemas Articulados. São Carlos–SP. 2015.**
- AGUIAR, J. E. *et al.* Correlation between PSD and adsorption of anionic dyes with different molecular weights on activated carbon. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 496, p. 125-131, 2016.
- BORGES, R. M. *et al.* Use of granular activated carbon filters associated with microorganisms to remove pharmaceuticals in drinking water treatment. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016118787>.
- BRASIL. **Ministério da Saúde.** Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os padrões de qualidade para a água potável e seu controle e vigilância. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7 maio 2021.
- CHAN, P.Y. *et al.* Bioregeneration of granular activated carbon loaded with phenolic compounds: effects of biological and physico-chemical factors. **International journal of environmental science and technology (Tehran)**. v. 15, n. 8, p. 1699-1712, 2018.
- CONGRESSO BRASILEIRO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Anais do V CoBICET, 2024. Disponível em: <https://static.even3.com/anais/846265.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2025.
- COSTA, J. G. B. **Carvão ativado a partir de resíduo têxtil: síntese, caracterização e aplicação na remoção de corante reativo em efluente sintético.** 2020. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- CRINI, G.; LICHTFOUSE, E. Advantages and disadvantages of techniques used for wastewater treatment. **Environmental Chemistry Letters**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 145-155, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326711919_Advantages_and_disadvantages_of_techniques_used_for_wastewater_treatment. Acesso em: 21 jan. 2025.

DERYŁO-MARCZEWSKA, A. *et al.* The adsorptive properties of oxidized activated carbons and their applications as carbon paste electrode modifiers. **Adsorption: Journal of the International Adsorption Society**. v. 25, n. 3, p. 357-366, 2019.

DOMINGUES, A. L.L. *et al.* Impact of urbanization on the water quality of the Uberaba River and tributaries. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.43, e68, p 1-23, 2021.

GAO, P.; ZHANG, Y.; DU, J.; SUI, H.; HE, L. Preparation and application of porous activated carbon using phenolic distillation residue. **Journal of Materials Science**. v. 56, n. 30, p. 16902-16915, 2021.

GHAFFAR, A. *et al.* Effect of biochar aging on surface characteristics and adsorption behavior of dialkyl phthalates. **Environmental pollution**, v. 206, p.502-509, 2015.
Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/tnc-relatorioiribeirinhostapajos.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MELO, L. C. A. *et al.* Influence of pyrolysis temperature on cadmium and zinc sorption capacity of sugar cane straw-derived biochar. **BioResources**, v.8, p.4992-5004, 2013.

MELO, R. **Estudo comparativo entre carvões ativados vendidos comercialmente e o carvão produzido com inflorescência de macambira**. 2022. 38f. Trabalho de conclusão de curso. Angicos. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Rio Grande do Norte.

MOHAN, D.; PITTMAN JR., C. U. Activated carbons and low-cost adsorbents for remediation of tri and hexavalent chromium from water. J. Hazard Mater. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 137, n. 2, 2006, p. 762-811. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389406006996>. Acesso em: 21 jan. 2025.

NURE, J. F. COD and colour removal from molasses spent wash using activated carbon produced from bagasse fly ash of Matahara sugar factory, Oromiya region, **Ethiopia. Water SA**, v. 43, 2017.

PEREIRA, C. A. *et al.* Análise das normativas e conhecimento dos ribeirinhos sobre o acesso à água doce, pesca e recursos associados na Bacia do Rio Tapajós. In: ALDOUS, A.; ATWELL, B. (eds.). Tapajós River: Engaging Communities and Protecting Freshwater Ecosystems. **The Nature Conservancy**, [S. l.], 2021.

QIAN, L., CHEN, B. Dual role of biochars as adsorbents for aluminum: the effects of oxygencontaining organic components and the scattering of silicate particles. **Environmental science & technology**, v. 47, p. 8759 -68, 2013.

SAHIN, S.C.; AKSU, S. Adsorption of Dyes from Aqueous Textile By-Products on Activated Carbon from *Scenedesmus obliquus*. **Analytical letters**, v. 50, p.1812-1830, 2017.

SEWU, D. D., BOAHYE, P., WOO, S.H. Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Korean cabbage waste. **Bioresource technology**, v. 224, p. 206-213, 2016.

SILVA, J. *et al.* Removal of phenolic compounds by adsorption in liquid media with activated carbon: a systematic review. **Revista observatorio de la economia latinoamericana**, Curitiba, v.23, n.1, p. 01-21. 2025.

SILVA, M. N. C. Evaluation of hierarchy of cyanotoxin removal by adsorption onto granular activated carbono. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, 2017.

TAHERAN, M. *et al.* Adsorption study of environmentally relevant concentrations of chlortetracycline on pinewood biochar. **Science of the total environment**, v. 571, p.772-777, 2016.

TRAN, H. N., YOU, S., CHAO, H. Effect of pyrolysis temperatures and times on the adsorption of cadmium onto orange peel derived biochar. **Waste Management & Research**, v.34, p.129-138, 2015.

Informações Complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Não se aplica.
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O trabalho não é um <i>preprint</i> e os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos neste artigo.
CrediT	Milene Farias de Souza	Funções: escrita – rascunho original.
	Anna Raisa da Costa Alves	Funções: escrita – rascunho original.
	Lucinewton Silva de Moura	Funções: administração do projeto.

Avaliadores: Marcelo Mendes Pedroza. O avaliador “A” optou por ficar em anonimato.*

Revisora do texto em português: Poliana Alves Brito.

Revisora do texto em inglês: Poliana Alves Brito.

Revisora do texto em espanhol: Luciana Lacerda de Carvalho.

* Autorizou somente a divulgação da identidade como avaliador no trabalho publicado.