

TECNOLOGIA SOCIAL APLICADA À GESTÃO DA ÁGUA: SISTEMA DE FILTRAÇÃO COM CARVÃO ATIVADO DE CAROÇO DE AÇAÍ EM COMUNIDADES RIBEIRINHAS

Maria Clara Pinheiro Santos[1], Ademir Victor Gomes da Costa[2] Tereza Cristina Souza de Oliveira[3]

RESUMO

O acesso à água potável permanece como um dos principais desafios socioambientais na Amazônia, especialmente em comunidades com baixa cobertura de saneamento e alta vulnerabilidade territorial. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo desenvolver e aplicar o Sistema de Tratamento de Água com Carvão Ativado (STAC), utilizando carvão produzido a partir de caroço de açaí, como tecnologia social de baixo custo e fácil replicação. O sistema foi estruturado em camadas de cascalho, areia e carvão ativado, sendo avaliado quanto à eficiência na remoção de turbidez, ferro total e contaminantes microbiológicos. A metodologia incluiu ensaios de qualidade da água antes e após a filtração, bem como a realização de oficinas participativas para validação social da tecnologia em comunidade amazônica. Os resultados demonstraram redução significativa de turbidez e ferro, além da eliminação de microrganismos indicadores, atendendo aos padrões de potabilidade. Observou-se, ainda, a predominância feminina nas atividades, evidenciando o papel central das mulheres na gestão da água. Conclui-se que o STAC apresenta potencial como solução técnica e socialmente viável, contribuindo para a segurança hídrica, autonomia comunitária e fortalecimento da governança local.

PALAVRAS-CHAVE: Caroço de açaí. Comunidades ribeirinhas. Governança hídrica. Sistema de filtração de água. Tecnologia social.

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável constitui um dos principais desafios socioambientais contemporâneos, especialmente em regiões periféricas, rurais e de difícil acesso. No Brasil, apesar dos avanços promovidos pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, persistem desigualdades estruturais na provisão dos serviços. Segundo o Ranking do Saneamento 2026 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2026), o atendimento médio de água nos 100 maiores municípios é de 93,55%, enquanto a média nacional é de aproximadamente 84,1%, evidenciando disparidades regionais. A Região Norte apresenta os piores indicadores, refletindo limitações históricas de infraestrutura, investimentos e gestão. Na Amazônia, esse cenário é agravado por condicionantes geográficos e socioeconômicos, como a dispersão territorial, o isolamento logístico e a baixa densidade populacional, que dificultam a implantação de sistemas convencionais e intensificam a dependência de fontes superficiais frequentemente sem tratamento. Embora abundantes, esses recursos apresentam qualidade comprometida por processos naturais e antrópicos, elevando a exposição a contaminantes. Assim, as regiões Norte e Nordeste concentram os maiores déficits de acesso à água potável no país (JESUS et al., 2023), evidenciando a relação entre vulnerabilidade territorial e insegurança hídrica.

A segurança hídrica, entendida como o acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas (UN-WATER, 2013), ainda não é realidade para milhões de brasileiros, sendo agravada por mudanças climáticas que afetam o regime hidrológico amazônico (IPCC, 2022). Nesse contexto, a escassez hídrica decorre menos da disponibilidade física e mais da insuficiência de infraestrutura, governança e tecnologias adaptadas. Soma-se a isso a dimensão de gênero, uma vez que mulheres e meninas são responsáveis pela coleta de água em grande parte dos domicílios sem acesso a serviços seguros (UNESCO, 2023), o que impacta sua inserção social e econômica. Diante desse cenário, a governança da água mostra-se insuficiente para atender às especificidades amazônicas (OECD, 2015), evidenciando a necessidade de soluções descentralizadas. Nesse sentido, as tecnologias sociais destacam-se por sua abordagem participativa, baixo custo e potencial de transformação social (ITS, 2004; DAGNINO, 2009; THOMAS, 2020), constituindo alternativas viáveis para promoção da segurança hídrica em contextos vulneráveis.

No tratamento de água, a adsorção apresenta-se como técnica eficiente e de baixo custo (BANSAL; GOYAL, 2005; WORCH, 2012). O carvão ativado, devido à sua elevada área superficial, é amplamente utilizado na remoção de contaminantes. Sua produção a partir de resíduos lignocelulósicos, como o caroço de açaí, configura alternativa sustentável alinhada à bioeconomia amazônica. Contudo, ainda são limitados os estudos que integram desempenho técnico, aplicabilidade descentralizada e validação em contextos reais.

Nesse contexto, este estudo objetiva desenvolver, caracterizar e avaliar um sistema de filtração com carvão ativado de caroço de açaí, propondo uma tecnologia social para ampliação do acesso à água potável em comunidades ribeirinhas do Amazonas, com ênfase na segurança hídrica, equidade de gênero e sustentabilidade socioambiental.

[1]Aluno(a) do(a) curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: mariacpinheirosantos@gmail.com

[2]Apoio Técnico do Laboratório de Análises de Água e Qualidade Ambiental (LAQUA) da Central Analítica da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: ademirvictorg1@gmail.com

[3]Docente no Departamento de Química da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: terezacristina@ufam.edu.br



MATERIAL E MÉTODOS

1. Descrição do sistema de tratamento de água (STAC)

O Sistema de Tratamento de Água com Carvão Ativado (STAC) foi desenvolvido como tecnologia social de baixo custo, elevada reprodutibilidade e adaptada às condições socioambientais amazônicas. O sistema é composto por camadas de cascalho, areia e carvão ativado obtido do caroço de açaí (Euterpe oleracea Mart.), organizadas para promover a retenção de partículas por filtração física e a remoção de contaminantes por adsorção. Sua configuração modular permite aplicação em diferentes fontes de captação, como rios, igarapés, cacimbas e poços, viabilizando soluções descentralizadas em contextos com limitações de infraestrutura.

2. Metodologia social e aplicação em comunidade

A validação do STAC foi conduzida por meio de oficinas participativas em comunidades amazônicas, fundamentadas nos princípios das Tecnologias Sociais e na abordagem dialógica freiriana. As atividades incluíram apresentação teórica, demonstração prática e execução assistida, com registro das percepções dos participantes. Os comunitários foram capacitados para a produção do carvão ativado e montagem do sistema utilizando materiais acessíveis. Participaram dez comunitários, com predominância feminina, evidenciando o papel central das mulheres na gestão da água. A abordagem favoreceu a apropriação da tecnologia e a autonomia na produção e manutenção do sistema, além de promover reflexão sobre qualidade da água, saúde e reaproveitamento de resíduos. A validação considerou critérios de reprodutibilidade, compreensão dos processos e aceitação social da tecnologia.

3. Abordagem teórica

A pesquisa foi complementada por revisão bibliográfica sistematizada sobre acesso à água, governança hídrica, tecnologias sociais e desigualdades de gênero. Adotou-se a perspectiva de governança como um sistema de processos, instituições e mecanismos de gestão dos recursos hídricos, articulado a abordagens participativas. Foram incorporados estudos sobre desigualdades de gênero no acesso à água, destacando o papel das mulheres em contextos de vulnerabilidade, bem como referenciais de tecnologias sociais voltados à promoção da autonomia, inclusão e sustentabilidade. A integração desses eixos permite compreender o acesso à água como uma problemática socioinstitucional, fundamentando a proposição de soluções descentralizadas e socialmente apropriáveis, como o STAC.

RESULTADOS

1. Eficiência do sistema no tratamento de água

Os resultados demonstraram elevada eficiência do Sistema de Tratamento de Água com Carvão Ativado (STAC) na melhoria da qualidade da água, com redução de 88% na turbidez e 84% na concentração de ferro total, além da não detecção de coliformes totais e Escherichia coli, atendendo à Portaria GM/MS nº 888/2021. O desempenho do sistema está associado à atuação integrada das camadas filtrantes, com retenção física de partículas pelas camadas de cascalho e areia e remoção de contaminantes dissolvidos por adsorção no carvão ativado de caroço de açaí. Os resultados evidenciam o potencial do STAC como solução descentralizada para contextos com limitações de infraestrutura, especialmente em comunidades amazônicas. Ressalta-se, contudo, que a eficiência pode variar conforme as características da água bruta e as condições operacionais, indicando a necessidade de estudos complementares para sua otimização e escalonamento.

2. Aplicação em comunidade e validação social da tecnologia

A validação do STAC em contexto real foi realizada na comunidade indígena Recanto do Yupirungá, localizada às margens do rio Tarumã-Açu, em Manaus (AM), caracterizada pelo uso de fontes hídricas com qualidade comprometida devido à contaminação por resíduos domésticos e atividades antrópicas . A aplicação da tecnologia ocorreu por meio de oficinas participativas, nas quais os próprios comunitários foram capacitados para a produção do carvão ativado e a montagem do sistema de filtração. Participaram da atividade dez comunitários, com predominância feminina (nove mulheres e um homem), evidenciando o papel central das mulheres na gestão doméstica da água. A abordagem participativa possibilitou a apropriação da tecnologia pela comunidade, promovendo autonomia na produção, operação e manutenção do sistema. Além disso, foram observados impactos positivos na conscientização sobre qualidade da água, práticas de higiene e uso sustentável dos recursos hídricos. Os relatos dos participantes indicaram preocupação com a degradação do rio Tarumã-Açu, associada à presença de resíduos sólidos, atividades econômicas e ocupação irregular, reforçando a necessidade de soluções locais para mitigação dos impactos sobre a qualidade da água.

3. Tecnologia social, governança hídrica e equidade de gênero

A validação do STAC em contexto real foi conduzida na comunidade indígena Recanto do Yupirungá, às margens do rio

Tarumã-Açu, em Manaus (AM), caracterizada pelo uso de fontes hídricas com qualidade comprometida por contaminação antrópica. A validação social ocorreu por meio de oficinas participativas, com observação direta e registro das percepções dos participantes, nas quais os comunitários foram capacitados para a produção do carvão ativado e a montagem do sistema de filtração. Participaram dez comunitários, com predominância feminina (nove mulheres e um homem), evidenciando o papel central das mulheres na gestão da água. A abordagem favoreceu a apropriação da tecnologia e a autonomia na produção, operação e manutenção do sistema, além de indicar impactos positivos na conscientização sobre qualidade da água, práticas de higiene e uso sustentável dos recursos hídricos. Os relatos evidenciaram preocupação com a degradação do rio Tarumã-Açu, associada a resíduos sólidos, atividades econômicas e ocupação irregular, reforçando a necessidade de soluções contextualizadas. A validação considerou critérios de reprodutibilidade, aceitação social e percepção de utilidade da tecnologia.

CONCLUSÃO

O Sistema de Tratamento de Água com Carvão Ativado (STAC) demonstrou elevada eficiência na melhoria da qualidade da água, com reduções significativas de turbidez e ferro total e ausência de contaminantes microbiológicos, atendendo aos padrões de potabilidade vigentes. Além do desempenho técnico, evidenciou-se seu potencial como tecnologia social para promoção da segurança hídrica em comunidades amazônicas, ao viabilizar soluções descentralizadas, de baixo custo e adaptadas às realidades locais. A aplicação participativa favoreceu a apropriação da tecnologia e o fortalecimento da autonomia comunitária, com destaque para o protagonismo feminino. O uso do caroço de açaí como matéria-prima reforça o caráter sustentável da solução, alinhada aos princípios da bioeconomia amazônica. Assim, o STAC configura-se como uma estratégia técnica e socialmente viável, com potencial de replicação em contextos vulneráveis.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da UFAM, da Central Analítica da UFAM, Rios Online, UPEC, SARES e com apoio das comunidades ribeirinhas inseridas no projeto PIBEX.

REFERÊNCIAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. ed. Washington, DC: APHA, 2012.
BANSAL, R. C.; GOYAL, M. Activated carbon adsorption. Boca Raton: CRC Press, 2005.
BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.
DAGNINO, R. Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: UNICAMP, 2009.
FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua). Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL (ITS). Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento. São Paulo: ITS, 2004.
INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento 2026. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2026.
IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
LEITÃO, Matheus de Vasconcelos Lima; WACHHOLZ, Flávio; DESCOVI FILHO, Leônidas Luiz Volcato. Qualidade da água superficial do rio Tarumã-Açu/Amazonas, Brasil. Revista Presença Geográfica, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 124–139, 2023.
SANTOS, Maria Clara Pinheiro; COSTA, Ademir Victor Gomes da; BARBOSA, Lucas Maciel; MEIRELES, Gisele Ferreira; COUCEIRO, Paulo Rogério da Costa; OLIVEIRA, Tereza Cristina Souza de. Desenvolvimento e caracterização de sistema de tratamento de água com carvão ativado de caroço de açaí como tecnologia social para comunidades ribeirinhas da Amazônia. *Revista Aracê*, São José dos Pinhais, v. 7, n. 11, p. 1–21, 2025. DOI: https://doi.org/10.56238/arev7n11-399.
OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD Principles on Water Governance. Paris: OECD Publishing, 2015.
UN-WATER. Water Security and the Global Water Agenda. Hamilton: United Nations University, 2013.
UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2023. Paris: UNESCO, 2023.
WORCH, E. Adsorption technology in water treatment: fundamentals, processes, and modeling. Berlin: De Gruyter, 2012.