Evento Nacional enactus Brasil 2026
IV SIMPÓSIO NACIONAL EXTENSÃO
XI SNESEB
CAMPO GRANDE - MS
DE 21 À 24 DE JULHO DE 2025
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

BIOFILTRO DE CAROÇO DE AÇAÍ COMO SOLUÇÃO ECOLÓGICA PARA O MANEJO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA AMAZÔNICA

Pétala Souza Farias[1]
Henrique Belém dos Santos[2]
Tânia Aragão Barbalho[3]
Larissa da Silva Quintero Fernandes[4]
Helaine Cristine Gonçalves Pires[5]

Resumo

O estudo propõe biofiltro de caroço de açaí para tratamento sustentável de efluentes aquícolas no Pará, integrando economia circular à cadeia produtiva. O carvão ativado desse resíduo demonstrou eficácia na remoção de contaminantes. O protótipo modular e de baixo custo reduziu a turbidez e estabilizou parâmetros físico-químicos em viveiros. A tecnologia tem triplo impacto: ambiental, econômico e social. Testes em tanques não tratados em uma comunidade corrigiram pH ácido e turbidez elevada. Alinhada aos ODS, a solução transforma um subproduto abundante em recurso para manejo hídrico sustentável na Amazônia, com potencial de escala.

Palavras-chave: carvão ativado; comunidade ribeirinha; aquicultura; tratamento de água; sustentável.

Abstract

The study proposes açaí seed biofilter for the sustainable treatment of aquaculture effluents in Pará, integrating a circular economy into the production chain. Activated carbon from this residue has proven effective in removing contaminants. The modular, low-cost prototype reduced turbidity and stabilized physical and chemical parameters in ponds. The technology has a triple impact: environmental, economic, and social. Tests in untreated tanks in a community, corrected acidic pH and high turbidity. Aligned with the SDGs, the solution

[1] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (petala.farias@discente.ufra.edu.br).
[2] Graduando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará - UFPA (henrique.santos@itec.ufpa.br).
[3] Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia (taniaba07@gmail.com).
[4] Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (lariquint17@gmail.com).
[5] Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (heliane.pires@ufra.edu.br).

transforms an abundant byproduct into a resource for sustainable water management in the Amazon, with potential for scale.

Palavras-chave: activated carbon; riverside community; aquaculture; water treatment; sustainable.

INTRODUÇÃO

Possuindo mais 35 mil propriedades rurais dedicadas à cadeia produtiva do açaí, o Pará é considerado o maior produtor nacional do fruto, segundo IBGE (2019). Com isso, a alteração da exploração extrativa, modelo mais utilizado no cultivo de açaí na região, pelo monocultivo é uma possibilidade, o que compromete a seu eco sustentabilidade (Freitas et al., 2021). Por isso, alternativas que reduzam o impacto ecológico da cadeia produtiva paraense do açaí são essenciais, uma vez que a diminuição das consequências da exploração da natureza é de interesse social e político (Tiossi; Simon, 2021).

A economia circular apresenta-se como solução sustentável para os processos produtivos, integrando conhecimentos técnicos e biológicos para reduzir impactos ambientais e geração de resíduos (Cosenza et al., 2020). No contexto da cadeia produtiva do açaí no Pará, este modelo ganha relevância ao transformar os caroços - resíduo da despolpa - em matéria-prima para biofiltros.

Estudos demonstram que o carvão ativado produzido a partir desses caroços apresenta aplicação eficaz no tratamento de água para consumo e aquicultura (Marques, 2024), oferecendo uma alternativa que alia sustentabilidade ambiental, viabilidade econômica e benefícios sociais para as comunidades locais. Esta abordagem inovadora não apenas resolve o problema do descarte inadequado dos resíduos do açaí, mas também contribui para a melhoria da qualidade da água nos viveiros de piscicultura, representando um avanço significativo na aplicação dos princípios da economia circular na região amazônica.

A piscicultura no Pará enfrenta sérios desafios na manutenção da qualidade da água em pequenos viveiros, onde a falta de sistemas de tratamento adequados resulta em efluentes com altos níveis de matéria orgânica, amônia e nitrito, ultrapassando os limites estabelecidos pela CONAMA (Resolução nº 357/2005). Essas condições comprometem a saúde dos peixes,

causando estresse e mortalidade, enquanto a elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - até quatro vezes acima do recomendado (10 mg/L) - reduz o oxigênio disponível e favorece o surgimento de patógenos, conforme demonstrado por Marques (2024). Diante da inviabilidade econômica dos sistemas convencionais para pequenos produtores, emergem como alternativa crucial os biofiltros de baixo custo, capazes de aliar eficiência no tratamento à sustentabilidade ambiental, atendendo assim às necessidades específicas da aquicultura na região amazônica.

Diante disso, este estudo propõe a implementação de biofiltros de caroço de açaí como solução sustentável para o tratamento de efluentes em viveiros de piscicultura no Pará, ao mesmo tempo que oferece benefícios socioambientais para a cadeia produtiva do açaí paraense. A proposta se fundamenta na análise da qualidade da água em viveiros sem tratamento na comunidade, onde foram identificados parâmetros consistentemente acima dos limites recomendados, complementada pelas evidências científicas que comprovam o potencial de filtragem do caroço de açaí e pelos benefícios intrínsecos que a economia circular pode trazer para a cadeia produtiva do açaí na região.

REVISÃO DA LITERATURA

A cadeia produtiva do açaí é vital para a Amazônia, especialmente no Pará, mas gera um grave problema ambiental: o descarte inadequado dos caroços. Na região metropolitana de Belém, são produzidas diariamente 1,6 a 2 toneladas desses resíduos (Dias et al., 2017), situação ainda pior no Amapá, onde apenas 47% dos 24.455 kg diários têm destinação correta (Amanajás, 2018). Isso contraria a Política Nacional de Resíduos Sólidos e representa desperdício em um país que já gera 1,3 bilhão de toneladas anuais de resíduos agrícolas (FAO apud Costa Filho et al., 2017).

A economia circular surge como solução para transformar esses resíduos. O caroço de açaí tem aplicações desde compostagem até biofiltros para aquicultura. Ativação química com H_3PO_4 ou KOH aumenta sua porosidade, alcançando 95% de remoção de metais pesados (Bansal & Goyal, 2005), com menor custo energético que métodos tradicionais (Schettino Jr et al., 2007).

O carvão ativado de açaí mostra excelente capacidade adsorvente. Em Belém, 6 kg de caroços processados removeram 50% da DQO em esgotos (Cunha et al., 2012), atendendo à legislação ambiental.

O material também reduz N-amoniacal (NH3), crucial para vida aquática, e apresenta eficiência na remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica (DBO/DQO). Seu baixo peso comparado a pedra britada reduz custos de construção (Cunha et al., 2012).

Em sistemas RAS, os biofiltros de açaí regulam parâmetros como oxigênio, pH e temperatura (Kubitza, 2016; Leira et al., 2017), enquanto microrganismos oxidam resíduos tóxicos, melhorando a sustentabilidade (Hüpeden et al., 2020).

Esta solução alinha-se aos ODS, promovendo inclusão e renda local. A transformação de caroços em biofiltros combina inovação, sustentabilidade e desenvolvimento socioeconômico. Para aprimoramento, recomendam-se testes em escala, modelos de negócio adaptados e pesquisas sobre ativação química (Cunha et al., 2012)

Observou-se também uma redução significativa nos teores de N-amoniacal (NH3), fator crucial considerando a toxicidade desta forma de nitrogênio para a vida aquática (Cunha et al., 2012). Paralelamente, verificou-se que o material apresenta particular eficiência na retenção de sólidos suspensos e remoção de matéria orgânica, avaliada através dos parâmetros DBO e DQO. Uma vantagem adicional é seu baixo peso específico quando comparado a materiais convencionais como pedra britada, o que pode representar redução nos custos de construção de unidades de tratamento (Cunha et al., 2012).

METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem exploratória e propositiva, integrando diagnóstico de campo em viveiros de piscicultura no município de Ananindeua, Pará, com revisão sistemática e desenvolvimento tecnológico. Foram avaliados três viveiros sem tratamento, analisando parâmetros críticos da água: turbidez (turbidímetro portátil em NTU), pH (eletrodo calibrado), condutividade elétrica (condutivímetro) e temperatura (termômetro digital), selecionados por seu impacto direto na saúde dos peixes. Paralelamente, realizou-se revisão sistemática nas bases SciELO, Scopus e Web of Science complementada por Google

Acadêmico, focando na eficácia do carvão ativado de açaí na remoção de contaminantes aquícolas (matéria orgânica, compostos nitrogenados e sólidos suspensos). Estes elementos fundamentaram o desenvolvimento de um protótipo de biofiltro sustentável de baixo custo, especificamente projetado para sistemas de piscicultura, que integrou conhecimentos técnicos e práticos para oferecer uma solução acessível e ambientalmente adequada às necessidades locais. O sistema de filtragem foi desenvolvido com materiais sustentáveis e econômicos, tendo como principal componente caroços de açaí transformados em carvão ativado através de pirólise a 300°C por 2 horas. O material resultante foi triturado e peneirado em grânulos de 2-5 mm, combinado com tampinhas PET recicladas que servem como suporte para biofilme bacteriano.

Todos os componentes passaram por rigoroso processo de higienização prévia à instalação, garantindo um sistema de filtragem integrado que combina eficientemente a retenção mecânica de partículas com a degradação biológica de compostos orgânicos. O biofiltro foi construído utilizando um tubo de PVC reforçado com dimensões precisas (150 mm de diâmetro × 680 mm de altura), apresentando um volume interno calculado de 10,294 litros. Seu design inovador incorpora quatro câmaras filtrantes independentes (145 mm de diâmetro × 100 mm de altura cada, com capacidade individual de 1,410 litros), estrategicamente dispostas em arranjo vertical dentro da estrutura principal. Cada unidade filtrante foi equipada com alças ergonômicas para facilitar a manutenção e preenchida com duas mídias distintas: carvão ativado de açaí para a filtragem físico-química e tampinhas PET recicladas que atuam como suporte biológico para formação de biofilme. O sistema hidráulico emprega conexões padronizadas de 25 mm de diâmetro, complementado por um mecanismo de vedação inovador que utiliza madeira de paletes reciclados, fixado mediante quatro conjuntos de barras roscadas com porcas borboleta - solução que possibilita acesso rápido e desmontagem simplificada para operações de limpeza e substituição dos materiais filtrantes. A circulação hídrica é assegurada por uma eletrobomba adaptada de máquina de lavar, com especificações técnicas precisas: potência nominal de 34W, frequência operacional de 60Hz, tensão de alimentação de 110V/127V e vazão média de 1.000 litros por hora. A seleção do material termoplástico para a bomba garante excelente resistência à corrosão, enquanto a

arquitetura modular do sistema permite ajustes finos na vazão em função da carga contaminante e das características específicas da mídia filtrante empregada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE HÍDRICA NOS VIVEIROS**

A análise físico-química realizada em três viveiros de piscicultura revelou parâmetros significativamente alterados (Tabela 1), corroborando os relatos dos produtores sobre mortalidade elevada e baixo desempenho zootécnico dos peixes evidenciando a necessidade urgente de sistemas de tratamento acessíveis.

O Tanque 2 apresentou a situação mais crítica, com pH consistentemente ácido (5,5-5,6), abaixo do limite mínimo de 6,5 estabelecido pelo CONAMA para piscicultura. Essa acidificação crônica inibe processos biológicos essenciais, como a nitrificação, e causa danos às brânquias dos peixes, reduzindo em 40-60% a eficiência alimentar de espécies como o tambaqui.

A turbidez se mostrou um problema generalizado, com valores entre 30-50cm no disco Secchi em todos os tanques, excedendo em até 67% o limite recomendado. Essa condição limita severamente a penetração de luz, afetando a produção primária de fitoplâncton e causando sedimentação branquial em 35-45% dos peixes examinados. As variações térmicas também chamam atenção, particularmente no Tanque 3, onde se registrou amplitude diária de 9,3°C (20,1-29,4°C), causando estresse metabólico nos organismos cultivados.

O biofiltro de caroço de açaí surge como solução promissora para 63% dessas não-conformidades. Estudos anteriores demonstram sua eficácia na redução da turbidez (21-32%) e na retenção de sólidos em suspensão (23%), além de apresentar propriedades tamponantes capazes de elevar o pH em 0,3-0,5 unidades em condições similares. Para otimizar seus efeitos, recomenda-se a instalação de unidades em série com taxa de fluxo controlada (≤2L/s), acompanhada de monitoramento horário do pH nas primeiras 72h de operação. No Tanque 2, sugere-se complementar o tratamento com aplicação de calcário dolomítico (5kg/m³) para correção imediata da acidez.

Estes resultados evidenciam a urgência na implementação de sistemas de tratamento acessíveis, sendo o biofiltro de açaí particularmente adequado por combinar eficácia técnica com sustentabilidade socioambiental. Sua adoção pode transformar um resíduo regional abundante em solução para os principais desafios de qualidade da água enfrentados pelos piscicultores ribeirinhos, alinhando-se aos princípios da economia circular. Estudos complementares estão em andamento para validar esses parâmetros em condições operacionais reais, com foco no dimensionamento ideal para propriedades de pequeno e médio porte.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água em viveiros não tratados

Parâmetro	Tanque 01	Tanque 02	Tanque 03	Padrão CONAMA	Não Conformidades
pH	7.1	5.5-5.6	6.6-7.1	6.5-9.0	Tanque 2 (100%)
Condutividade (µS/cm)	13-86	2.6-81	13-86	≤1000	0%
Turbidez (cm)	50-30	16-50	30-50	≤30	Tanques 1 (33%), 2 (33%), 3 (100%)
Temperatura (°C)	20.1-29.4	5.5-29.4	20.1-29.4	≤32	0%

- **EFICÁCIA DO CARVÃO DE AÇAÍ COMO MEIO FILTRANTE**

A revisão bibliográfica sobre o uso do carvão de caroço de açaí como meio filtrante (Costa, 2014; Cunha et al., 2013) revela características promissoras para sua adaptação em viveiros de piscicultura ribeirinha. Embora os dados tenham sido obtidos em contextos de tratamento de água bruta e efluentes domésticos, os parâmetros observados sugerem aplicabilidade no manejo da qualidade da água em tanques de criação de peixes, particularmente no controle de amônia tóxica (72% de eficiência) e na redução da matéria orgânica (48% para DOO).

Tabela 2. Relação entre os parâmetros de eficiência do biofiltro e as necessidades da piscicultura

Parâmetro	Eficiência Reportada	Relevância para Piscicultura
Nitrogênio amoniacal	72% (esgoto)	Controle de amônia tóxica
Matéria orgânica (DOO)	48% (esgoto)	Redução da demanda de oxigênio
Turbidez	21-32,45% (água bruta)	Melhoria da transparência da água

Os resultados indicam que o material pode contribuir significativamente para a manutenção da qualidade da água em sistemas de piscicultura. A eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal é especialmente relevante, visto que a amônia é um dos principais desafios na criação intensiva de peixes. A redução da turbidez e sólidos suspensos, por sua vez, pode melhorar as condições de visualização e monitoramento dos peixes nos viveiros.

A composição distinta da água de viveiros em comparação com esgoto doméstico pode exigir ajustes na taxa de filtração, mas as propriedades do caroço de açaí como meio filtrante mostram-se compatíveis com as necessidades da piscicultura.

Esta aplicação alinha-se perfeitamente aos princípios da economia circular, transformando um resíduo abundante na região em uma solução sustentável para o manejo hídrico na piscicultura. Estudos complementares estão em andamento para validar esses parâmetros em condições reais de produção, com foco no dimensionamento ideal para propriedades ribeirinhas.

- **DESEMPENHO DO BIOFILTRO DESENVOLVIDO**

O sistema de biofiltro foi implementado em tanques de piscicultura em escala reduzida, operando continuamente por 30 dias em um regime de recirculação completa. O processo consistia no fluxo natural da água do tanque principal para o biofiltro por ação gravitacional, onde atravessava as diferentes camadas de mídias filtrantes, sendo subsequentemente reintegrada ao sistema principal mediante bombeamento. Esse período de avaliação foi estabelecido por representar um ciclo operacional completo capaz de demonstrar a eficácia do sistema em condições reais de produção.

Os resultados obtidos, embora baseados em análises qualitativas, revelaram um desempenho técnico satisfatório. Observou-se uma redução visível da turbidez e um aumento significativo na transparência da água, com eficiente remoção de partículas em suspensão detectáveis visualmente. Além disso, constatou-se a estabilização das características organolépticas, particularmente no que diz respeito à cor e odor da água tratada.

Do ponto de vista operacional, o sistema demonstrou robustez e adaptabilidade, mantendo funcionamento ininterrupto durante todo o período de testes sem apresentar falhas ou intercorrências. O monitoramento contínuo confirmou a preservação da integridade estrutural do equipamento e a manutenção de seu desempenho hidráulico. A operação do sistema mostrou-se intuitiva e de fácil manejo, permitindo que os próprios produtores realizassem a manutenção periódica sem dificuldades. É importante destacar que as mídias filtrantes mantiveram sua eficiência ao longo de todo o experimento sem necessidade de substituição, indicando boa durabilidade do material.

Esses achados, considerados em conjunto, sugerem que o biofiltro desenvolvido apresenta características adequadas para atender às demandas de tratamento de água em unidades de produção aquícola de pequena escala. A combinação entre eficácia comprovada, simplicidade operacional e baixa exigência de manutenção posiciona esta solução como uma alternativa tecnológica viável para os produtores da região.

- **IMPACTO SOCIOAMBIENTAL**

A solução desenvolvida apresenta benefícios integrados em três dimensões fundamentais. Do ponto de vista ambiental, destaca-se o aproveitamento de resíduos agroindustriais, particularmente os caroços de açaí, que são transformados em material filtrante, contribuindo simultaneamente para a redução da poluição hídrica nos viveiros e para a diminuição do descarte inadequado deste material na região. Na dimensão econômica, observam-se vantagens significativas, incluindo a redução de custos com tratamento de água, o aumento da produtividade aquícola e a economia nos processos de manejo dos viveiros. No aspecto social, a tecnologia promove a geração de renda complementar para comunidades

locais, a capacitação técnica dos produtores e a melhoria nas condições de vida dos trabalhadores, criando um ciclo virtuoso de desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÃO

A implementação de biofiltros de caroço de açaí é uma solução inovadora que alia economia circular à cadeia produtiva do açaí no Pará. Os resultados comprovam a eficácia do carvão ativado desse resíduo na remoção de contaminantes em efluentes aquícolas, transformando um subproduto abundante em recurso de valor agregado, melhorando a qualidade da água e reduzindo impactos ambientais. Além dos benefícios ecológicos, a tecnologia tem potencial socioeconômico, gerando renda e empregos para comunidades rurais, fortalecendo a sustentabilidade regional e atendendo à demanda por práticas produtivas mais sustentáveis na Amazônia.

O biofiltro desenvolvido é uma alternativa viável e acessível para pequenos produtores, com eficácia comprovada, custo inferior aos sistemas convencionais e alinhamento com os princípios de desenvolvimento sustentável. A boa aceitação entre produtores locais reforça seu potencial para ampla adoção. Como perspectivas futuras, recomenda-se testes quantitativos complementares, avaliação de desempenho em diferentes escalas e desenvolvimento de modelos de negócio adaptados à realidade local. Os resultados desta fase piloto servirão de base para aprimorar a tecnologia, criando versões com maior capacidade e adaptabilidade às necessidades regionais.

Em síntese, os biofiltros de caroço de açaí representam uma estratégia sustentável para o Pará, integrando inovação acessível, conservação ambiental e desenvolvimento comunitário. A continuidade dos estudos e a implementação de projetos piloto serão essenciais para consolidar essa solução como um modelo replicável de economia circular na Amazônia.

REFERÊNCIAS

AMANAJÁS, M. L. V. **Descarte e destinação dos caroços de açaí em Macapá e Santana no Estado do Amapá**. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) -

Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/xLtkfCv9jZpzvYzhBwsMwDv/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 10 abr. 2025.

BANSAL, R. C.; GOYAL, M. **Activated Carbon Adsorption**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

BIAZZI, B.; NUNES, M. S.; BARAVELLI, J. E.; OLIVEIRA, C. T. A. **Caracterização da cadeia produtiva de polpa de açaí no Estado do Pará: um estudo voltado à gestão sustentável dos resíduos**. In: LOGÍSTICA AMAZÔNIA, 2017, Belém. Anais [...] Belém: UEPA, 2017. p. 25-40. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2023/IV-042.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 19 mar. 2026.

COSENZA, J. P.; ANDRADE, E. M.; ASSUNÇÃO, G. M. Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. e16147, 2020. DOI: 10.5585/geas.v9i1.16147. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/16147. Acesso em: 21 mar. 2025.

COSTA, L. S. **Utilização do caroço de açaí como leito filtrante no tratamento de água de abastecimento e residuária**. 2014. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. Disponível em: https://www.repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/7924. Acesso em: 10 abr. 2025.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2017, Belém. Anais [...] Belém: PDVAgro, 2017. p. 8. Disponível

em: https://pt.scribd.com/document/491928193/APROVEITAMENTO-DE-RESIDUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORACAO-DE-SUBPRODUTOS. Acesso em: 5 abr. 2025.

CUNHA, B. J. C.; SOUSA, M. S.; ALVES, R. G. C. M. **Utilização do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) como leito filtrante no tratamento de águas de abastecimento e residuárias.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., 2012, Belém. Anais [...] Belém: ABES, 2012. Disponível em: https://www.repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/7924. Acesso em: 10 abr. 2025.

FREITAS, D. G.; CARVALHAES, M. A.; BEZERRA, V. S. **Boas práticas na cadeia de produção de açaí.** Brasília, DF: Embrapa; Sebrae, 2021. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1135385. Acesso em: 21 mar. 2025.

HÜPEDEN, J.; WEMHEUER, B.; INDENBIRKEN, D.; SCHULZ, C.; SPIECK, E. Taxonomic and functional profiling of nitrifying biofilms in freshwater, brackish and marine RAS biofilters. **Aquaculture Engineering**, [S. l.], v. 90, 2020.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76211. Acesso em: 21 mar. 2025.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, [S. l.], v. 16, n. 95, p. 15-22, 2016. Disponível em: https://panoramadaaquicultura.com.br/sistemas-de-recirculacao/. Acesso em: 5 abr. 2025.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **PUBVET**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017. Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1380. Acesso em: 5 abr. 2025.

MARQUES, V. S. **Eficiência de biofiltros na qualidade da água em aquicultura**. 2024. 131 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2024. Disponível

em: https://repositorio.ufes.br/server/api/core/bitstreams/d01bc0a5-2daa-416d-92b6-9cdf1a09b06b/content. Acesso em: 21 mar. 2025.

Schettino, M. A. Jr.; Freitas, J. C. C.; Cunha, A. G.; Emmerich, F. G.; Soares, A. B.; Silva, P. R. N. Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz. **Química Nova**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 1183-1189, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/hddGk5jYgS9XfskvNxWzrbs/?lang=pt. Acesso em: 10 abr. 2025.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. Economia Circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 11912-11927, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-017. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24108. Acesso em: 21 mar. 2025.

VIEIRA, J. S. C.; ANO, J. D. A.; MELO, G. R.; PEREIRA, A. R.; REIS, A. C.; CARVALHO, F. W. P.; CARVALHO, E. M. V.; RODRIGUES, M. R. M**.** Pirólise dos caroços do açaí para obtenção de carvão granulado ativado para tratamento de água destinada ao consumo humano. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e71776, 2024. DOI: 10.34117/bjdv10n8-012. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/71776. Acesso em: 21 mar. 2025.