

TECNOLOGIA ALTERNATIVA E SUSTENTÁVEL PARA TRATAMENTO DE ÁGUA NO MEIO RURAL

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020980-995



Beatriz Stoll Moraes¹

Mauricio Rodrigues Orquiz²

Jander Renato Nascimento Vargas³

Maick Silva Bravo⁴

Ferdinando Bisogno Castro⁵



RESUMO

O butiazeiro é uma palmeira nativa (*Butia capitata*) facilmente encontrada no Rio Grande do Sul. Fornece frutos com polpa carnuda que podem ser utilizados em vários pratos da culinária local. Possui um endocarpo (caroço) rígido que é desprezado e, muitas vezes é descartado de forma inadequada em beiras de estradas e de mananciais. O objetivo deste trabalho é verificar da possibilidade de utilização do endocarpo do fruto do Butiazeiro (*Butia capitata*) como carvão ativado para tratamento de água; tendo como objetivos específicos: produzir o carvão vegetal a partir do endocarpo do Butiá e ativá-lo utilizando o vapor de uma autoclave; montar protótipos de filtro de carvão caseiro com diferentes camadas filtrantes com areia, argila e carvão ativado produzido e; realizar análises de parâmetros físico-químicos da água antes e depois do tratamento com o carvão ativado. Os resultados até agora são positivos, atingindo valores permitidos pela Portaria Consolidada 05/2018 do Ministério da Saúde para consumo humano. Pretende-se futuramente elaborar e distribuir no meio rural uma cartilha contendo instruções de como montar e utilizar o filtro aqui proposto.

Palavras-chave: Carvão ativado. Sustentabilidade. Tecnologias alternativas.

¹Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande - FURG (1994), Especialista em Química Aplicada ao Meio Ambiente pela Universidade do Vale do Sinos - UNISINOS (1996), Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS (1999) e Doutora em Engenharia, ênfase em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPG3M/UFRGS (2018). Professora Unipampa -SG. ID Lattes: 3469385544914151 E-mail:

beatrizmoraes@unipampa.edu.br

²graduando em Bacharelado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel.

E-mail: roshalon10@gmail.com

³graduando em Bacharelado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel.

E-mail: jandervargas52@gmail.com

⁴graduando em Bacharelado em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel.

E-mail: maickbsilva@gmail.com

⁵Bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel. E-mail

ferdi.fbc@hotmail.com

ALTERNATIVE AND SUSTAINABLE TECHNOLOGY FOR RURAL WATER TREATMENT



The butiazeiro tree is a native palm (*Butia capitata*) easily found in Rio Grande do Sul. It provides fleshy pulp fruits that can be used in various dishes of local cuisine. It has a rigid endocarp that is discarded and is often improperly discarded at road and spring edges. The objective of this work is to verify the possibility of using the Butiazeiro (*Butia capitata*) fruit endocarp as activated charcoal for water treatment; having as specific objectives: to produce the charcoal from the Butiá endocarp and to activate it using the steam of an autoclave; assemble home charcoal filter prototypes with different filter layers with sand, clay and activated carbon produced and; perform analysis of physicochemical parameters of water before and after treatment with activated charcoal. The results so far are positive, reaching values allowed by the Ordinance Consolidated 05/2018 of the Ministry of Human Health consumption. In the future, we intend to elaborate and distribute in the rural area a booklet containing instructions on how to assemble and use the filter proposed here.

Keywords: *activated carbon; sustainability; technologies.*

1 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um material com alta porosidade capaz de eliminar substâncias que conferem cor e odor à água (AZEVEDO NETTO, 1987; DI BERNARDO E DANTAS, 2005; MACKENZIE, 2017). Alguns autores relatam a sua capacidade de remover microorganismos prejudiciais à saúde pública, responsáveis por doenças de veiculação hídrica (PEREIRA *et. al.*, 2013; OLIVEIRA *et. al.*, 2016).

Produzidos com diversos tipos de materiais vegetais (TRUGILHO *et. al.*, 2001; NEVES *et. al.*, 2011), podem ser facilmente ativados com a passagem de vapor superaquecido a 200°C, ou quimicamente por imersão com hidróxido de sódio a 40%.

São comumente utilizados nas estações de tratamento de água para abastecimento público quando, em condições de calor excessivo, baixos índices pluviométricos e presença de efluentes domésticos *in natura* favorecem o surgimento de algas que produzem odores fortes das toxinas que são liberadas no momento do contato com o cloro utilizado no processo de desinfecção.

O butiazeiro (Figura 1) é uma palmeira nativa (*Butia capitata*) facilmente encontrada no Rio Grande do Sul. Fornece frutos com polpa carnuda (Figura 2a - mesocarpo) que podem ser utilizados em vários pratos da culinária local, como risotos, doces cremosos, geléias, sucos, cachaças entre outros. Além da polpa, possui um caroço rígido (Figura 2b - endocarpo), que é desprezado (SGANZERLA, 2010; SEBRAE, 2008). Infelizmente este resíduo não é aproveitado de forma adequada e sustentável e podem ser encontrados em beiras de estradas e de mananciais.

Figura 1 – Butiazeiro (*Butia capitata*)



Fonte: Autores (2018)

Figura 2 – a) Fruto do butiazeiro (*Butia capitata*); b) caroço (endocarpo) da fruta



Fonte: Autores (2018)

Pereira e Rodrigues Jr (2013) utilizaram os caroços de açaí para a produção do carvão ativado. O resultado foi tão animador que o trabalho foi agraciado com o primeiro lugar no Prêmio Jovem Pesquisador de 2013 (nível Ensino Médio). A partir daí surgiram outros trabalhos com caroços de açaí, como o realizado por Corrêa *et al.* (2018), que ao avaliarem a absorção de azul de metileno em água, por filtros de carvão ativado de caroços de açaí, identificaram a eficiência do produto em questão, pela redução da cor azul na água.

Pereira *et. al.* (2014), com o objetivo de tratar águas superficiais na Amazônia, obtiveram resultados positivos para remoção de metais, chegando a valores entre

41,67% e 67,46% para as águas do Rio Guamá e Baía de Guajará, responsáveis pelo abastecimento da cidade de Belém (PA). Também Oliveira *et. al.* (2016) realizaram testes de adsorção com diferentes quantidades de carvão do caroço de açaí com resultados positivos na redução de turbidez, ferro e coliformes totais.

Existindo tantas comunidades em locais isolados, com água escassa ou de qualidade duvidosa, surgiu a ideia de replicar o estudo de produção de carvão vegetal com caroços de açaí utilizando neste caso, como matéria-prima, o butiá, fruta nativa e abundante na região sul.

Partiu-se para o projeto “Utilização de carvão de caroços de Butiá (*Butia capitata*) como meio de purificação alternativa de águas para consumo humano”, onde seis tipos diferentes de carvões foram obtidos e testados (Figura 3) e, somente um escolhido para dar continuidade ao projeto. Este projeto foi desenvolvido durante o ano de 2018, no laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Pampa, *campus* São Gabriel.

Figura 3: Acondicionamento das amostras com diferentes tratamentos de carvão de endocarpo de butiá.



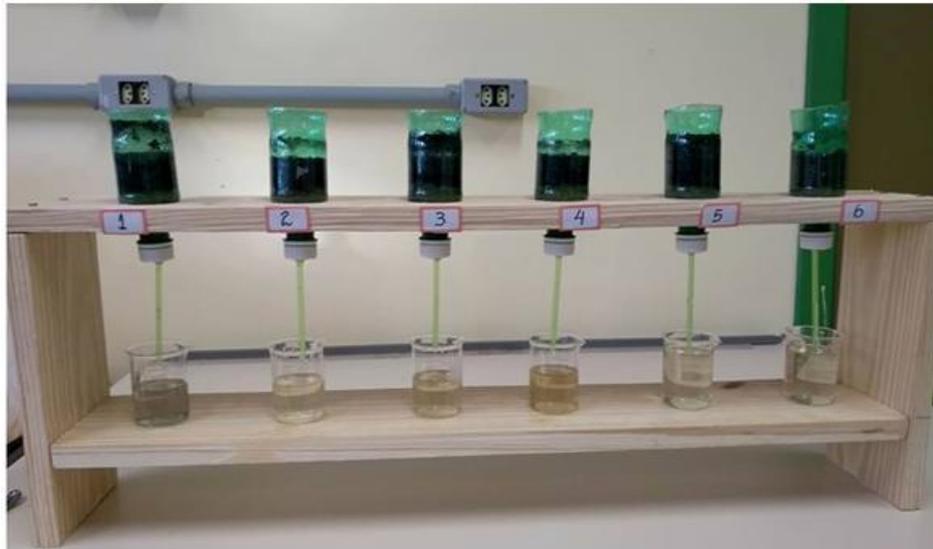
Fonte: Autores (2018)

Os tratamentos aplicados para a produção dos diferentes carvões foram os seguintes:

- 1- endocarpo inteiro sem tratamento;
- 2- endocarpo sem amêndoa e sem tratamento;
- 3- endocarpo inteiro ativado com NaOH 1M;
- 4- endocarpo sem amêndoa ativado com NaOH 1M;

- 5- endocarpo inteiro ativado com vapor em autoclave;
- 6- endocarpo sem amêndoa ativado com vapor em autoclave.

Figura 4 –Testes de filtração com diferentes carvões produzidos.

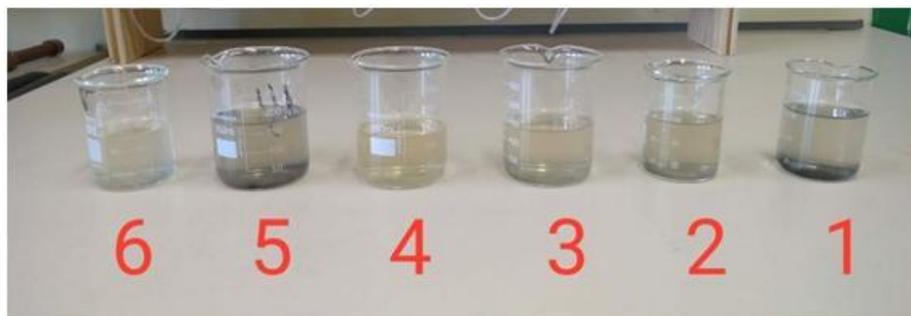


Fonte: Autores (2018)

Observou-se que destes, aqueles produzidos com amêndoa conferiram oleosidade às amostras de água filtrada, sendo então descartados para futuros testes.



Figura 5 –Amostras das águas filtradas em testes preliminares de 2018



Fonte: Autores (2018)

A partir destes resultados, elegeu-se somente um dos tratamentos aos quais os endocarpos foram submetidos, para dar continuidade ao projeto no ano de 2019. O escolhido foi o de número 6 (sem amêndoa e ativado com vapor). Este apresentou melhor resultado visual e físico-químico nos testes de filtração de água (Figuras 4 e 5).

O trabalho desenvolvido em 2019 teve como objetivo principal determinar um filtro com a melhor combinação de meios filtrantes contendo o carvão ativado produzido a partir do endocarpo de *Butia capitata*, com a finalidade de aplicá-los em locais onde não exista distribuição de água tratada.

2 METODOLOGIA

Após a escolha do carvão obtido em 2018, a partir somente do endocarpo sem a polpa e a amêndoa interna, os endocarpos colhidos em 2019 sofreram o seguinte tratamento:

- Quebra do endocarpo para remoção da amêndoa contida no seu interior;
- Desidratação do material partido em estufa a 50°C por 5 horas como preparo inicial para a carbonização;
- Carbonização a 350°C na mufla, sendo que a elevação da temperatura foi gradual, de 30 em 30 minutos, aumentando em cada passo 50°C até chegar ao valor desejado, permanecendo por mais 30 minutos nesta temperatura. O aumento da temperatura gradualmente é primordial, visto que se a temperatura total for aplicada imediatamente, o material entra em combustão;
- Ativação a vapor em autoclave por 45 minutos a 121°C e pressão de 1,4atm;
- Nova secagem em estufa a 100°C para remoção completa da umidade do material já ativado;
- Maceração do carvão ativado em partes graúdas para sua pronta utilização.

Com o carvão ativado preparado, partiu-se para a montagem dos filtros.

2.1 Construção dos filtros:

Os seguintes materiais foram utilizados para a construção dos apoios dos filtros:

- 01 suporte de madeira com dois orifícios para acomodar os filtros;
- 01 metro de manta sintética branca;

- 01 tesoura;
- 01 parafusadeira com broca de 2mm;
- 01 estilete;
- 01 caneta permanente;
- 01 espátula reta;

Para os filtros foram necessários:

Filtro de Teste 1:

- 04 garrafas PET de 2 litros;
- 02 garrafas PET de 1 ½ litro;
- 800g de carvão ativado;
- 600g de areia fina;
- 570g de brita tamanho zero;
- 01 torneira especifica para filtro.

Filtro de Teste 2:

- 01 garrafas PET de 2 litros;
- 400g de carvão ativado;
- 200g de areia fina
- 200g de areia grossa;
- 150g de tijolos finamente quebrados;
- 300g de brita tamanho zero;
- 01 torneira especifica para filtro.



Os passos para a montagem foram os seguintes:

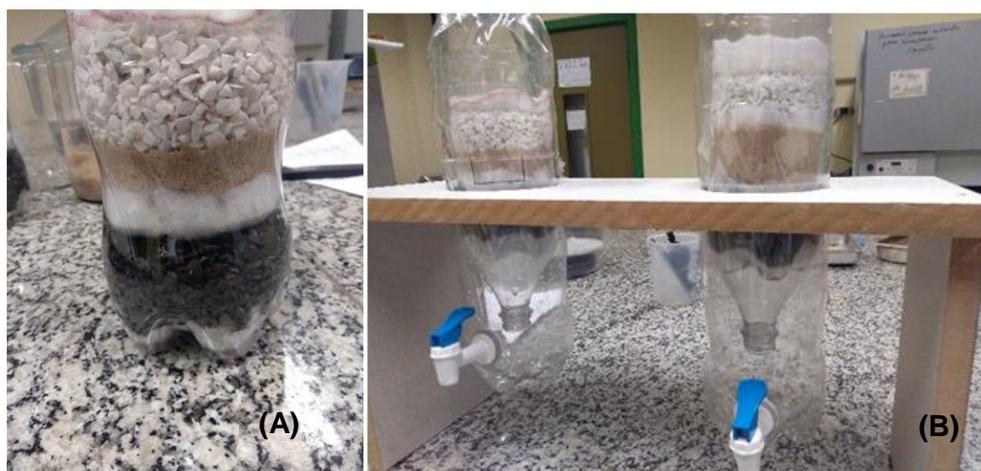
- Uma garrafa PET de 2 litros serviu como base para coleta de água, marcou-se um círculo com a caneta permanente no gargalo da garrafa e fez-se um pequeno corte com estilete na marcação e posteriormente terminou-se de cortar com a tesoura para ter um corte mais uniforme;
- Com a garrafa já aberta instalou-se a torneira, com a marcação de caneta para fazer um pequeno círculo na lateral da base da garrafa e em seguida usou-se a

parafusadeira com broca de 2 mm para fazer uma abertura para introduzir a torneira.

- Com o coletor pronto, encaixou-se na base do suporte de madeira.
- Uma segunda garrafa pet de 2 litros foi utilizada como suporte para o filtro. Nela se fez um círculo na base com a caneta, e foi feito um pequeno corte com o estilete na marcação. Finalizou-se o corte com a tesoura para melhor uniformidade, reservando a base que foi retirada;
- Esta garrafa foi encaixada com o gargalo para baixo na outra que já está na base de madeira;
- Com uma garrafa PET de 1½ litro a ser utilizada como filtro propriamente dito, foi marcado um círculo no gargalo, com o estilete, fez-se um pequeno corte e, com a tesoura, efetuou-se a abertura total para melhor acabamento. Na base da mesma garrafa, usando a parafusadeira com broca de 2 mm, foram feitos vários orifícios para passagem da água;
- Na montagem da parte interna, usou-se o gargalo da PET de 2 litros que foi cortado, inseriu-se sobre a manta um círculo de plástico duro para servir de base para segunda camada que é de carvão ativado (cerca de 400g). Usando a espátula, fez-se a distribuição uniforme do carvão. Como terceira camada foi acomodada mais um círculo de manta para separar o carvão da areia que também serve para ajudar no bloqueio de impurezas, posta a manta, inseriu-se, com ajuda de uma espátula (para melhor acomodar o material), 300g de areia fina, tratada com uma solução de hipoclorito de sódio por duas horas e depois seca em estufa a 200C° por 2 horas). Obs: no Filtro 2 (Figura 6A) a ordem foi (de baixo para cima): carvão (400g), areia fina (200g), areia grossa (200g), tijolos (150g) e brita zero (300g);
- Como quarta e última camada inseriu-se a brita (tamanho zero);
- Com o filtro montado, o mesmo foi introduzido dentro da garrafa PET de 2 litros que serviu como base e o fundo da outra PET foi utilizado como tampa.

Os filtros 1 estão apresentados na Figura 6B e suas camadas na Figura 6A, enquanto que o filtro 2 está apresentado na Figura 7.

Figura 6 –Filtro 1: **A)** camadas filtrantes; **B)** Filtros prontos para uso



Fonte: Autores (2019)

Figura 7 – Filtro 2 camadas filtrantes



Fonte: Autores (2019)

Para comprovação da capacidade de filtração foram realizadas análises químicas das águas antes e após a passagem da água bruta, sem nenhuma forma de pré-tratamento, pelos filtros, sendo elas: cor, turbidez, pH e condutividade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após lavagem dos filtros até água límpida (remoção de resíduos finos de carvão e demais meios), foram realizados testes com água bruta coletada diretamente no rio Vacacaí, e os resultados médios de 3 passagens em cada filtro foram alocados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da análise das amostras de água: valores médios relativos a três passagens para uma mesma amostra bruta.

Parâmetros	FILTRO 1		FILTRO 2		Portaria Consolidação Nº 5/2017
	Bruta	Tratada	Bruta	Tratada	Parâmetros Consumo Humano
pH	7,22	6,82	7,01	6,82	5,0 - 9,0
Temperatura	21,3°C	22,6°C	19,4°C	20,1°C	> 40°C
Condutividade	81 µs	174,5 µs	90 µs	240 µs	> 250 µs
Cor	185 uc	175 uc	345 uc	15 uc	≥ 15 uc
Turbidez	23,6 NTU	39,7 NTU	58,9 NTU	2,73 NTU	≥ 5 NTU

Fonte: Autores (2019)

Com estes resultados pode-se constatar que a configuração do Filtro 1 não foi a mais adequada. A passagem de água se deu de forma muito rápida, carreando parte do carvão, influenciando nos resultados finais (Figura 8).

Figura 8 – Amostras antes (esquerda) e após (direita) passar pelo Filtro 1.



Fonte: Autores (2019)

Morais *et al.* (2017), em estudos iniciais envolvendo a análise da absorção por carvão de caroços de butiá do azul de metileno em água, encontraram resultados indicando que um maior tempo de contato entre o carvão e água corada resulta em uma maior eficiência de adsorção do corante. Indicando dessa forma, que uma passagem mais lenta da água pode ser mais indicada para que o carvão consiga adsorver de forma mais eficiente os contaminantes.

Já os resultados apresentados pelo Filtro 2 foram melhores se comparados ao Filtro 1, ficando, inclusive, os valores finais dentro do máximo permitido para Consumo Humano estipulado pela Portaria de Consolidação Nº 05/2017 expedida pelo Ministério da Saúde.

A principal diferença entre os dois modelos de filtros foram: a introdução dos tijolos (argila), diminuindo a velocidade de filtração, além de atuar como uma barreira física para o material particulado. Visualmente a diferença foi notória entre a amostra bruta e filtrada (Figura 9).

Figura 9 – Amostras antes (esquerda) e após (direita) passar pelo Filtro 2



Fonte: Autores (2019)

Teles, Barbosa e Furtado (2018), ao estudarem os resultados do uso de carvão ativado do caroço de manga na filtragem de água da Baía do Guajará, também encontraram diminuição da turbidez da água filtrada e melhora da cor da mesma.

No mesmo sentido, Oliveira *et al.* (2017) avaliando o potencial de filtragem do carvão de caroço de açaí, em amostras de água do rio Guamá, encontraram grandes ganhos na turbidez das amostras, que após 5 minutos de filtragem tiveram esse fator reduzido de cerca de 193,7 UNT para cerca de 37,2 UNT.

Cavalcante (2015) avaliando carvão de resíduos de frutos (coco, banana e laranja) na filtragem de amostras de água do rio Capibaribe, cuja turbidez alcançava 10,64 UNT, encontrou índices de 0,17 UNT para a água filtrada com uma combinação de 75% de carvão de coco, com 25% de carvão de laranja.

Deve ser ressaltado, contudo, que não foram realizados testes microbiológicos no presente estudo e, embora os padrões analisados estejam dentro do considerado “potável”, isto não assegura que esta água filtrada esteja própria para consumo humano, devendo passar por algum processo de desinfecção

(VIESSMANN e HAMMER, 1998), seja com sistemas contendo pastilhas de cloreto de magnésio ou fervura por 10 min.

A partir da configuração do Filtro 2, serão confeccionados outros, até o ajuste final, que apresente melhores resultados e praticidade para serem repicados em propriedades rurais ou naquelas que não possuam rede de distribuição pública de água potável. Além disso, serão elaboradas cartilhas com linguagem simples de como montar e utilizar o filtro nas propriedades rurais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de filtração 2 apresentou resultados muito positivos quanto aos parâmetros analisados, obtendo valores abaixo do máximo de acordo com a Portaria de Consolidação Nº 05/2017 expedida pelo Ministério da Saúde. Novos testes serão realizados com o intuito de aprimorar o sistema de filtração, devendo ser incluídos testes microbiológicos de comparação entre as águas bruta e filtrada.

Dessa forma, conclui-se que o carvão ativado, obtido a partir do endocarpo do fruto do Butiazeiro (*Butia capitata*), é adequado para ser aplicado em sistema de filtração direta de água, com a finalidade de viabilizar a utilização de águas naturais para dessedentação humana.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. São Paulo:CETESB, 1987.

CAVALCANTE, V. R. **Produção de carvão ativado a partir de resíduos de coco, banana e laranja**. 2015. 63 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

CORRÊA, M. S.; FERREIRA, C. E. C.; OLIVEIRA, D. C.; SOUZA, G. D. S. C.; MENDONÇA, N. M. In: ZUFFO, Alan Mario et al. (ed.). *Ciências ambientais e o desenvolvimento sustentável na Amazônia 3*. Paraná: Atena, 2018. cap. 21, p. 182-

190. Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/435>. Acesso em: 18 set. 2019.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. Ed.; São Carlos, SP:RIMA. 2005. 2V.

MACKENZIE, L. D. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas**. Tradução: Sabine A. Holler. Rio de Janeiro:Elsevier: 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria da Consolidação 05, de 28 de setembro 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema único de Saúde**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 out. 2017. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-de-consolidacao-5-2017_356387.html>. Acesso em: 12 jun. 2018.

Morais, M. M.; PETERS, S. R.; ROSSETO, V.; ZOTTIS, R.; ALMEIDA, A. R. F. Adsorção de azul de metileno em partículas de endocarpos de butiás. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 37, 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSC, 2015. p. 1282-1290. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/adsoro-de-azul-de-metileno-em-particulas-de-endocarpos-de-butis-20732>>. Acesso em: 18 out. 2019.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. **Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando a produção de carvão vegetal**. Pesquisa Florestal Brasileira, 31(68), 319-330. 2011.

OLIVEIRA, D. C.; FERREIRA, C. E. C.; SOUZA, G. D. S. C.; SILVA, G. R. A.; TEIXEIRA, L. C. G.; CORREA, M. S.; MENDONÇA, N. M. Efeito da concentração de carvão ativado de caroços de açaí com granulometria natural em testes de adsorção. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, v. 4, 2016. p. 1176-1183.

OLIVEIRA, D. C.; TEIXEIRA, L. C. G. M.; BLANCO, C. J. C.; FERREIRA, G. B. Desenvolvimento de um sistema de tratamento de água para a região amazônica utilizando membranas de microfiltração. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: ABES, 2017. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/05/I-335.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.

PEREIRA, E. N.; RODRIGUES Jr, V. C. R. Carvão do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no

tratamento de água para o consumo. **Relatório** de Projeto de Pesquisa Prêmio Jovem Cientista 2013.

PEREIRA, S. F. P.; MACIEL, A. E. S.; SANTOS, D. C.; MARES, E. K. L.; OLIVEIRA, G. R.; BITTENCOURT, J. A.; OLIVEIRA, J. S. Remoção de metais de águas superficiais usando carvão vegetal de Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). In: International Conference on Engineering and Technology Education, 13, 2014, Guimarães, Portugal. **Anais...** Guimarães, Portugal: University of Minho, 2014. p. 397-401.

SEBRAE. **Simpósio debate produção de pequenas frutas**. Agência Sebrae de Notícias – RS, 2008. Disponível em: <sebraers.interjornal.com.br/noticia_pdf.kmf?noticia=7587763>. Acesso em 16 de setembro de 2018.

SGANZERLA, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

TELES, I. M. O; BARBOSA, B. B.; FURTADO, D. M. S. Carvão ativado do caroço de manga: resultados da pesquisa e primeiros passos para o mercado. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2018, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, Al: CONFEA, 2018. Disponível em: <http://www.confes.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/educacao/12_cadcdmrdpeppom.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114. 2001.

VIESSMANN Jr, W.; HAMMER, M. J. **Water supply and pollution control**. 6. Ed. Addison Wesley Longman:California. 1998.