

SÍNTESE DE CARVÃO ATIVADO A PARTIR DO ENDOCARPO DE JERIVÁ (*Syagrus romanzoffiana*) E APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

S. A. SOUZA¹, G. A. BATISTA¹, C. O. THOMAZ², C. A. NUNES¹ e L. A. A. VERÍSSIMO¹

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência dos Alimentos

² Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia

E-mail para contato: lizzy.alcantara@ufla.br

RESUMO – Tecnologias limpas, eficientes e de baixo custo têm sido aplicadas no tratamento de efluentes, com a utilização de carvões ativados produzidos a partir de resíduos agroindustriais. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e caracterizar um adsorvente obtido a partir do endocarpo lenhoso de jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e aplicá-lo no tratamento de efluentes, por meio de adsorção. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). De acordo com a ANOVA foi observado uma redução significativa ($p<0,05$) dos parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Cor e Turbidez. Sendo assim, o carvão ativado produzido apresenta potencialidades de aplicação como tratamento terciário de efluentes.

1. INTRODUÇÃO

Jerivá é a denominação popular da espécie *Syagrus romanzoffiana* e pertence à família *Arecaceae*. Devido à sua vasta adaptabilidade em diferentes tipos de solos e climas é a palmeira mais encontrada no Brasil (MEEROW, 1991). Segundo Lorenzi (2002), dentro dos frutos produzidos por essa espécie, há uma semente protegida por um endocarpo lenhoso e rígido.

Para o tratamento de água e efluentes, o carvão ativado é o adsorvente mais utilizado por apresentar maior eficiência na adsorção de contaminantes. Apesar disso, sua utilização torna-se muitas vezes difícil, devido às perdas no processo de recuperação do adsorvente e alto custo de produção. Diante disso, há um elevado interesse no uso de materiais alternativos de baixo custo para produzir carvões ativados (GONÇALVES et al., 2007; AUTA; HAMEED, 2011).

O carvão ativado possui a capacidade de adsorver seletivamente gases, líquidos e impurezas no interior de seus poros, devido a isso são amplamente utilizados no processo de filtração. É um material carbonáceo caracterizado por sua elevada área de superfície, porosidade altamente desenvolvida e vários grupos funcionais na superfície (SAHU; ACHARYA & MEIKAP, 2010).

O objetivo deste trabalho foi produzir e caracterizar um carvão ativado quimicamente a partir do endocarpo lenhoso do jerivá e avaliar a aplicabilidade do adsorvente no tratamento de efluentes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Síntese do Carvão Ativado

Na síntese do carvão ativado foi utilizado o endocarpo lenhoso do jerivá como material precursor de carbono. O jerivá foi obtido na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Primeiramente, o jerivá foi descascado para separar o endocarpo lenhoso da polpa. Posteriormente, o endocarpo lenhoso foi seco em estufa a 80 °C durante 24 h e triturado em moinho de bolas.

Para a síntese do carvão, foi realizada a impregnação do precursor (endocarpo lenhoso do jerivá) com o agente desidratante (H_3PO_4) nas razões mássicas de 1:3 (m/m). As amostras foram então submetidas a uma pré-ativação em estufa a 80 °C por 24 h e, em seguida, as mesmas foram carbonizadas em forno mufla a 500 °C durante 30 min sob atmosfera ambiente. O carvão obtido foi lavado com 25 mL de solução de ácido clorídrico (5 mol/L), e posteriormente com água destilada até que o pH da água residual atingisse a neutralidade. Após, os carvões foram secos em estufa a 105 °C por 24 h, peneirados em peneiras de abertura de 1 mm e armazenados para posterior utilização.

O rendimento do processo de síntese dos carvões foi calculado através da equação 1:

$$R_c(\%) = \frac{m_c}{m_p} \times 100 \quad (1) \text{ Sendo}$$

R_c o rendimento do carvão (%), m_c a massa (g) do carvão ativado obtido e m_p a massa (g) do precursor.

2.2. Caracterização do Carvão Ativado

Os carvões ativados foram caracterizados quanto ao seu ponto de carga zero (pH_{PCZ}), segundo a metodologia utilizada por Deolin et al. (2013). Em tubos de centrífuga de 50 mL foram pesados 0,02 g de carvão ativado, aos quais foram adicionados 20 mL de solução aquosa de NaCl (0,1 mol/L) em diferentes valores de pH (1 a 12). As amostras foram submetidas à agitação de 50 rpm a 25 °C e após 24 h as soluções foram filtradas e o pH final da solução foi medido. O pH_{PCZ} corresponde à faixa na qual o pH final da solução se mantém constante e igual ao valor do pH inicial da solução.

Os carvões produzidos foram analisados por espectroscopia vibracional na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) utilizando o equipamento FT-IR Spectrometers Varian 600 – IR Series, com acessório GladiATR da Pike Technologies acoplado para medidas de Refletância Total Atenuada (ATR) nos comprimentos de onda entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} .

2.3. Ensaios de Adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em tubos de centrífuga adicionando-se 0,05 g do adsorvente e 50 mL do efluente coletado na Estação de Tratamento de Efluentes da Universidade Federal de Lavras (Lavras, Minas Gerais). Os tubos foram deixados sob agitação

a 50 rpm por um período de 24 h a 25 °C. Após esse período, o sobrenadante foi recolhido e filtrado para remoção dos carvões ativados.

O efluente inicial e o efluente após o processo de adsorção foram submetidos às análises físico-químicas como determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), as quais foram realizadas segundo a norma NBR 12614 (ABNT, 1992), e as análises de cor e turbidez, que foram realizadas de acordo com o Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (BRASIL, 2013).

2.4. Análises Estatísticas

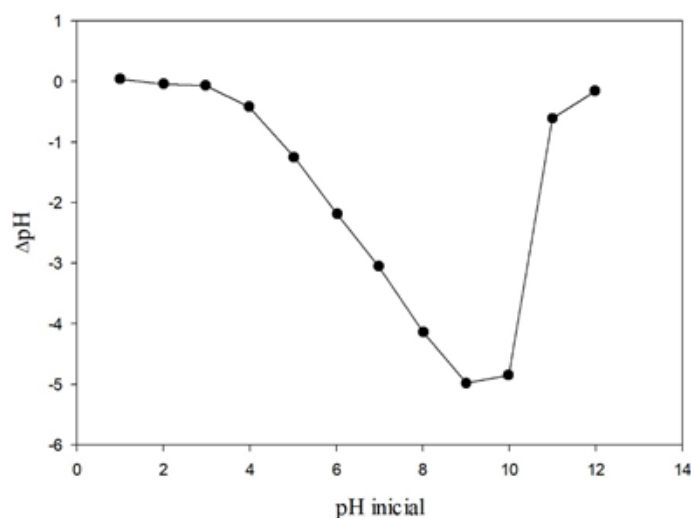
Os resultados das análises físico-químicas do efluente antes e após o processo de adsorção foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguido por teste de comparação de médias Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico SAS® University Edition (SAS UNIVERSITY EDITION, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio de carvão ativado obtido a partir da carbonização do material precursor foi de 43,53%. O alto rendimento obtido é justificado pela ativação química com H_3PO_4 , que favorece a produção de carvão (BRITO et al., 2016). Aznar (2011) obteve um rendimento médio de 35 a 50% na produção de carvão ativado a partir de grãos de café e Brito et al. (2016) reportaram um rendimento médio de 24% para os carvões ativados obtidos a partir de caroço de cajá.

O ponto de carga zero (pH_{PCZ}) determina a carga superficial do carvão e está relacionado com o agente de ativação utilizado, a temperatura de carbonização e tipo de atmosfera (SANTOS et al., 2018). Na Figura 1 são apresentados os resultados obtidos para a determinação do pH_{PCZ} dos carvões ativados.

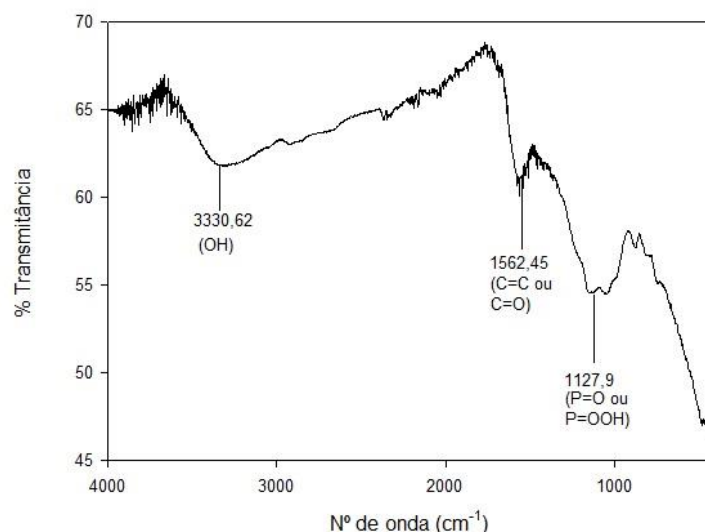
Figura 1 - Determinação do ponto de carga zero (pH_{PCZ}) do carvão ativado a partir do endocarpo lenhoso de jerivá.



De acordo com a Figura 1, observa-se que o pH_{PCZ} do carvão foi igual a pH 2, o que caracteriza o caráter do adsorvente como ácido, composto por grupos ácidos, que podem ser resultantes da ativação química com ácido fosfórico. Logo, ao ser submetido a condições com valores de pH superior ao seu pH_{PCZ} o carvão ativado apresentará uma superfície carregada negativamente, adsorvendo compostos com carga positiva e em um meio a pH inferior ao seu pH_{PCZ} , a superfície do carvão estará carregada positivamente, permitindo a adsorção de compostos com carga negativa (BRITO et al., 2016).

Na Figura 2 está representado o resultado obtido na análise de FTIR para o carvão ativado produzido a partir do jerivá.

Figura 2 - Espectro de infravermelho obtidos para o carvão ativado produzido a partir do jerivá.



De acordo com a Figura 2 é possível observar três picos mais pronunciados nos comprimentos de onda iguais a 3330 cm^{-1} , 1562 cm^{-1} e 1127 cm^{-1} . A banda de 3330 cm^{-1} é característica de grupos hidroxilas (OH) presentes na água (GUILARDUCI et al., 2006). O pico de 1562 cm^{-1} pode ser atribuído à vibração de alongamento da ligação C=C de grupos aromáticos ou proveniente dos estiramentos da ligação C=O, existentes em ácidos carboxílicos e cetonas, oriundos de lignina ou celulose (REIS, 2015). A banda em 1127 cm^{-1} pode ser atribuída ao alongamento do hidrogênio ligado ao P=O em ligações éster de fosfato ou O-H em P-O-C ou ligações P=OOH, justificado pela ativação do precursor com H_3PO_4 (BRITO et al., 2016).

Na Tabela 1 são apresentados os resultados médios obtidos na caracterização físico-química do efluente antes e após ser submetido ao processo de adsorção, empregando o carvão ativado produzido neste trabalho. Verificou-se que os parâmetros DBO, DQO, cor e turbidez foram afetados significativamente ($p < 0,05$) após os efluentes serem submetidos ao processo de adsorção utilizando os carvões ativados.

Tabela 1 – Resultados médios dos parâmetros DBO, DQO, cor e turbidez dos efluentes antes e após o processo de adsorção com os carvões ativados produzido a partir do jerivá.



Parâmetro	Efluente antes do processo de adsorção	Efluente após o processo de adsorção
DBO (mg/L)	255,00 ^a	42,50 ^b
DQO (mg/L)	522,50 ^a	89,00 ^b
Cor (mg/L Pt-Co)	118,85 ^a	2,37 ^b
Turbidez (UT)	294,50 ^a	0,49 ^b

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A preservação dos recursos hídricos é essencial à existência dos seres vivos, surgindo assim a necessidade do tratamento e da adequação da qualidade do efluente a ser lançado nos corpos de água e que atendam aos limites estabelecidos pela Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2011).

O limite permitido pela Resolução CONAMA 430/2011 para Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) é de 120 mg/L. A DBO corresponde à quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável em condições aeróbicas. O descarte inadequado de efluentes com elevada DBO, resultará em uma menor disponibilidade de oxigênio para a espécies aquáticas presentes no corpo hídrico (CREPALLI, 2007). A submissão do efluente ao processo de adsorção com o carvão ativado, permitiu uma redução significativa da DBO, bem como o atendimento do padrão estabelecido na Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), devido à adsorção de grande parte da matéria orgânica.

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através do agente químico (CREPALLI, 2007). Esse parâmetro também apresentou uma redução significativa após o tratamento do efluente com o carvão ativado.

Os resultados obtidos para a cor (Tabela 1) apresentaram uma redução significativa ($p < 0,05$), indicando que houve adsorção de sólidos solúveis pelo carvão ativado produzido.

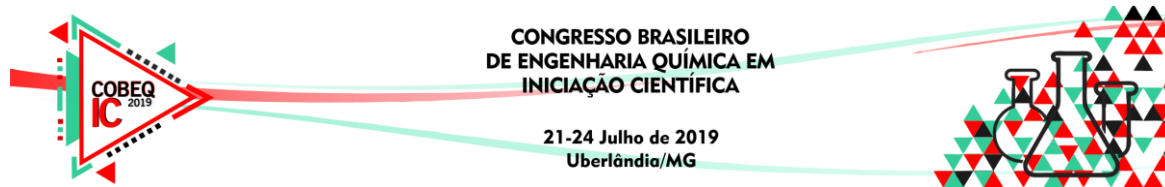
A turbidez indica a presença de partículas coloidais ou em suspensão. O lançamento de efluentes com elevados valores de turbidez pode provocar uma redução na fotossíntese da vegetação aquática e algas, afetando a produtividade de organismos aquáticos (CREPALLI, 2007). Observa-se que, após o processo adsorptivo, houve uma redução dos valores obtidos para esse parâmetro, indicando que as partículas em suspensão foram adsorvidas na superfície do carvão ativado.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o carvão ativado produzido a partir do endocarpo lenhoso de jerivá é adequado e apresentar grande potencial de aplicação no tratamento terciário de efluentes, visto os resultados de DBO, DQO, cor e turbidez.

5. REFERÊNCIAS

AUTA, M; HAMEED, B. H. Preparation of waste tea activated carbono using potassium acetate as na activating agente for adsorption os acid blue 25 dye. *Chemical Engineering Journal*. v. 171, p. 502-509, 2011.



- AZNAR, J.S. **Characterization of activated carbon produced from coffee residues by chemical and physical activation.** (Master degree in Chemical Engineering) – KTH Chemical Science and Engineering. Stockholm, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília/DF, 16 mai. 2011. p. 89.
- BRITO, M.J.P. **Imobilização de lipase em carvão ativado produzido a partir do caroço de cajá.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Bahia, 2016. p. 69.
- CREPALLI, M. S. **Qualidade da água do Rio Cascavel.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Paraná, 2007. p. 77.
- DEOLIN, M. H.; FAGNANI, H. M. C.; ARROYO, P. A.; BARROS, M. A. S. D. Obtenção do ponto de carga zero de materiais adsorventes. In: VIII Encontro nacional de produção científica, 8., Maringá, Anais... Maringá: UNICESUMAR, 2013. p. 1–4.
- GONÇALVES, M. et al. Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos do meio aquoso. *Revista Ciência Agrotécnica*. V. 31, n.5, p.1386-1391, 2007.
- GUILARDUCI, V.V.S., MESQUITA, J.P., MARTELLI, P.B., GORGULHO, H.F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. *Quím. Nova*, v. 29, p. 1226-1232, 2006.
- LORENZI H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. São Paulo, *Plantarum*, 384p, 2002.
- MEEROW, A. W. Palm seed germination. Florida: **Cooperative Extension Service**, 10 p. (Bulletin, 274), 1991.
- REIS, A. S.; SILVA, N. C.; NEVES, U. M. Produção de carvão ativado a partir de casca de arroz. *Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 2, n., p.89-103.
- SAHU, J.N; ACHARYA,J.; MEIKAP, B.C. Optimization of production conditions for activated carbons from tamarind wood by zinc chloride using response surface methodology. *Bioresour Technol*, v.101, p.1974–82, 2010.
- SANTOS, M.P.F. **Carvão ativado: Influência das características químicas do precursor de carbono nas propriedades do carvão ativado e sua aplicação na imobilização enzimática.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Bahia, 2018. p. 94.