

Eixo Temático ET-05-022 - Recursos Hídricos

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CAROÇOS DE AÇAÍ COM GRANULOMETRIA NATURAL EM TESTES DE ADSORÇÃO

Danilo Cunha de Oliveira, Cleyton Eduardo Costa Ferreira, Gabriela Doce Silva Coelho de Souza, Gabriela Rousi Abdon da Silva, Luiza Carla Girard Mendes Teixeira, Marina Scarano Correa, Neyson Martins Mendonça

RESUMO

O açaí é uma fruta consumida em larga escala em todo o Brasil, especialmente na região norte do país. O seu excessivo consumo causa o despejo de milhões de toneladas de resíduos sólidos todos os dias, caso que ocorre na capital do estado do Pará, Belém. Visando encontrar outro destino para o caroço de açaí, evitando os lixões ou aterros sanitários, foi realizado um estudo do efeito da concentração de carvão ativado de caroços de açaís em testes de adsorção com auxílio do composto azul de metileno. O carvão ativado de caroço de açaí é empregado como material precursor de filtros no tratamento de água para consumo humano, lançando mão de uma metodologia com base no hidróxido de sódio como agente ativante, demonstrando eficiência para a redução de turbidez, ferro e coliformes totais. Ao fim dos ensaios laboratoriais foi realizada a estatística descritiva, regressão linear de primeiro grau em função das concentrações de CA e de AM final das amostras, eficiências de filtrações e a relação da adsorção. Segundo o estudo, as concentrações de 0,8g e 1g foram igualmente eficientes quanto a remoção de AM, a quantidade mais vantajosa de CA foi a de 0,64 gramas, pois apresentou uma elevada diferença (15%) de remoção e a concentração mínima adotada (0,21g) de CA não foi eficiente, pois entre o intervalo de 10 e 20 minutos não houve aumento na eficiência de adsorção do corante.

INTRODUÇÃO

A capital do Pará, Belém, apresenta baixo índice de coleta de esgoto, 7%, mas o seu tratamento não é realizado para todo o esgoto coletado, não atingindo a faixa dos 3% (ITB, 2014). As cidades integradas na Região Metropolitana de Belém (RMB) também apresentam uma situação semelhante, com ênfase para a cidade de Ananindeua, alocada em último lugar da pesquisa do Instituto Trata Brasil, abrangendo as 100 maiores cidades do país. O esgoto, quando coletado, é comumente lançado no leito do rio, como é o caso de Belém, e o despejo de esgoto não tratado neste meio produz uma degradação, uma vez que são encontradas altas concentrações de fósforo e de nitrogênio em suas diversas formas químicas, além de outros poluentes.

Ribeiro (2004), apresentou altos índices de coliformes termotolerantes na água da Baía do Guajará, oriunda da cidade de Belém. O autor afirma que a maior parte da rede de esgoto de Belém é lançada na baía, tendo como seu principal agente a Estação Elevatória de Esgoto do UNA. Devido a essa problemática a população local acaba sendo obrigada a achar formas alternativas para o descarte dos seus esgotos, comumente, através da construção de fossas e tanques sépticos. No entanto, a má construção dessas obras ocasiona prejuízo as águas subterrâneas, devido a percolação do efluente, tanto na fase do tratamento, quanto no sumidouro.

O açaí é largamente consumido na RMB, gerando toneladas de resíduos sólidos, uma vez que somente 17% da fruta comestível (polpa), sendo necessários cerca de 2 kg

de frutos para produzir um litro de polpa de açaí, o restante representa o caroço e fibras que recobrem o caroço. Vale ressaltar que somente na cidade de Belém-PA existem por volta de 3 mil estabelecimentos que comercializam o açaí já processado, atendendo a um consumo de 440 mil quilos do fruto ao dia (IBGE, 2007), o que cria 365 toneladas por dia de lixo orgânico, constituído de caroços e fibras que, por vezes, são descartados em aterros sanitários (EMBRAPA, 2009).

Segundo Sousa (2015), a disposição inadequada dos caroços de açaí tem como principal consequência o seu acúmulo nas calçadas da RMB. A maioria dos bateadores de açaí não contratam uma empresa para a realização do serviço de coleta e destinação dos resíduos causados pelo batimento do açaí. Eles pagam a alguém para retirar o resíduo do estabelecimento, contudo, o destino deste material acaba sendo irregular, como terrenos abandonados e as proximidades de canais (NUNES, 2012). Uma possível solução para o problema é o uso desse resíduo como carvão ativado – material filtrante para o tratamento de água.

O carvão ativado de caroço de açaí já está sendo empregado como material precursor de filtros no tratamento de água para consumo humano, lançando mão de uma metodologia com base no hidróxido de sódio como agente ativante, demonstrando eficiência para a redução de turbidez, ferro e coliformes totais (PEREIRA & RODRIGUES, 2013). Segundo Cunha, Souza & Alves (2014), assim como no tratamento de águas residuárias e águas superficiais, os autores apenas calcinaram e empregaram o resíduo do açaí como meio filtrante em para o pós-tratamento de efluentes e para a de águas superficiais, obtendo eficiência em alguns parâmetros físico-químicos como DQO, DBO, cor aparente, turbidez e N-amoniaco.

Coelho e Bernardo (2012) destacam o filtro misto de areia e carvão ativado de caroço de açaí como uma alternativa para a remoção de matéria orgânica e inorgânica em suspensão. O presente estudo teve como objetivo estudar as curvas de adsorção do corante azul de metileno, tendo em vista as concentrações de material filtrante e o seu tempo de contato.

OBJETIVO

O objetivo principal do estudo em questão é avaliar a eficiência do carvão ativado como material filtrante e assim também mostrar uma utilidade para o caroço do açaí.

MATERIAIS E MÉTODOS

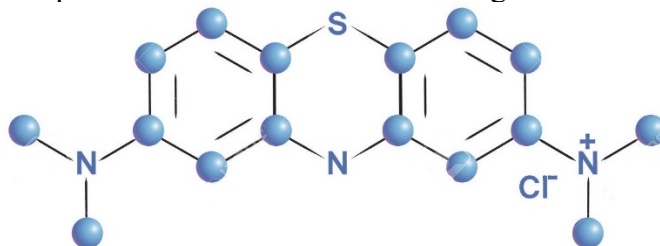
O resíduo do açaí foi utilizado como material precursor para a confecção do carvão ativado, tal material fora coletado Bairro Souza, Região Metropolitana de Belém-Pa. Após ser coletado, o caroço foi encaminhado para o Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) de responsabilidade do Grupo de Estudos em Gerenciamento de Águas e Reuso de Efluentes (GESA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), o qual forneceu suporte e as condições necessárias para a confecção e realização dos ensaios.

Para o processo de produção do carvão ativado (CA) a partir do caroço de açaí, foi separado 1 kg do caroço previamente lavado, descascado e seco e, em seguida, submetido a contato direto com 1 litro de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1N, durante o período de 24 horas, conforme a metodologia de Pereira (2013). Posteriormente, os caroços foram levados à estufa, com a temperatura de $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 3 horas para a secagem. Logo após, o material seco foi transferido para um

recipiente de barro e levado ao forno tipo Mufla para a carbonização por um período de 3 horas, a uma temperatura de 350°C e isenta de oxigênio. Após o processo de pirólise, o carvão ativado foi lavado em água corrente até a remoção total da cinza residual.

Realizou-se os testes de adsorção com o auxílio do composto azul de metileno (AM). Tal molécula é um corante orgânico utilizado como adsorbato em fase líquida, principalmente para o teste de adsorção de moléculas catiônicas (SANTOS, 2012). Apresenta dimensões correspondentes a 0,7x1,6 nm e fórmula química $C_{16}H_{18}ClN_3S$, a sua estrutura pode ser vista na figura abaixo.

Figura 01 – Estrutura química da molécula do corante orgânico azul de metileno.



Utilizou-se o AM, na concentração de 10 mg/L, tendo a leitura da sua concentração determinada através do método de espectrofotometria no aparelho HACH DR 3900, com o comprimento de onda correspondente a 665 nm. Para a realização dos testes de adsorção em função da concentração de CA, foram utilizadas as seguintes concentrações na sua granulometria natural (sem quebra do carvão): 0,2, 04, 06, 08 e 1 g CarvãoAtivado. Em seguida foram dispostos em béqueres com 30 mL da solução de AM e condicionados a agitação magnética (60 RPM), em temperatura média de 26°C, por período de 10 e 20 minutos. No intervalo foi realizada a leitura da nova concentração do corante. Após o ensaio obteve-se índice referente a capacidade da adsorção do corante, expresso em mg_{am}/g_{ca} . A seguir na Figura 01, são apresentados o carvão em sua granulometria natural e o ensaio de adsorção com diversas concentrações de carvão ativado.

Figura 02 – Carvão ativado de resíduos do açaí em sua granulometria natural e adsorção em azul de metileno.



Fonte: Autores (2016)

Ao fim dos ensaios laboratoriais foi realizada a estatística descritiva, regressão linear de primeiro grau em função das concentrações de CA e de AM final das amostras, eficiências de filtrações e a relação da adsorção de AM em razão da concentração de

CA de caroço de açaí. Aplicou-se o teste de *outliers* de Grubbs, com o auxílio do teste de hipóteses para a verificação se houve adsorção significativa com os tempos de contato de 10 e 20 minutos, tendo como referência a concentração inicial de 10 mg/L do corante. Utilizou-se o nível de significância (α) correspondente a 0,05, como é recomendado por Furlaneto *et al* (2013). As análises estatísticas foram realizadas nos *softwares* Microsoft Excel 2013 e MiniTab 17.

RESULTADOS

Os resultados apresentados na Tabela 01 a seguir relacionam a eficiência da filtração dos caroços de açaí como carvão ativado em relação ao tempo. A concentração de 0,21g apresentou uma melhora de 40% em relação a concentração inicial de AM de 10mg/L no intervalo de tempo de 10 minutos e o mesmo valor foi encontrado 20 minutos de contato. Para essa concentração de CA e AM, a variação do tempo não tem grande influência na remoção de cor e os primeiros 10 minutos representam a eficiência máxima de adsorção que essa concentração de carvão é capaz de realizar.

Tabela 01 - Quantidade adsorvida por quantidade de Carvão Ativado.

Tempo (minutos)	Conc de CA (gramas)	Conc Inicial (mg/L)	Conc Final (mg/L)	Eficiência %	AM/CA (mg/g)
10	0	10	10	0	0
20				0	0
10	0,21	10	6,01	40	0,58
20				40	0,58
10	0,43	10	5,44	46	0,32
20				48	0,33
10	0,64	10	5,07	49	0,23
20				64	0,29
10	0,82	10	3,91	61	0,22
20				66	0,24
10	1,00	10	3,88	61	0,18
20				69	0,21

*AM/CA: Azul de metileno adsorvido/gramas de carvão ativado

Fonte: Autores

Para a concentração de 0,43g de CA, a redução do AM foi de 46% após o tempo de 10 minutos. O tempo de 20 minutos apresentou melhora de 48% em relação a concentração do AM. Foi apresentada uma melhora de apenas 2% em relação a concentração do AM quando comparado os dois tempos, dessa forma, a melhora foi imperceptível para a remoção do material para esse valor de CA.

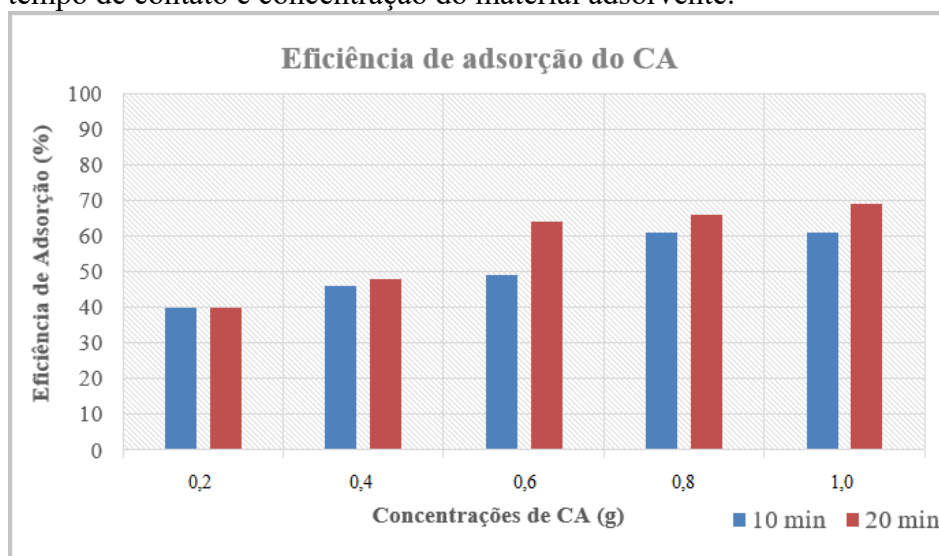
A concentração de 0,64g de carvão ativado apresentou uma melhora de apenas 49% para os primeiros 10 minutos de contato, enquanto o tempo de 20 minutos apresentou de 64%. Uma diferença de 15% em relação ao primeiro tempo. Dessa forma, a concentração de 0,64g de CA para 10mg/L de Azul de Metileno se mostrou com alta eficiência na remoção do corante nessas medidas.

A concentração de 0,82g apresentou eficiência de 61% para os primeiros 10 minutos e 66% para 20 minutos, não se mostrando muito eficiente na variação de um tempo a outro, com diferença entre eles de apenas 5%.

Por último a concentração de 1g de carvão Ativado mostrou uma melhora de 61 e 69%, respectivamente, em relação aos tempos de 10 e 20 minutos. Uma eficiência de apenas 8% entre os intervalos de tempo apresentando uma variação não significativa entre eles.

Outra forma de representar os resultados obtidos na Tabela 01 está exposto na Figura 03 em formas de colunas que representam os tempos de 10 e 20 minutos, respectivamente, relacionando com a eficiência de adsorção do AM. Na figura pode-se notar a ineficiência de remoção em relação a diferença de tempo nas concentrações de 0,2g e 0,4g respectivamente e a eficiência mínima também nas concentrações de 0,8g e 1g em relação a remoção da concentração do AM. Por sua vez, a Figura 03 retifica a maior eficiência da concentração de 0,6g de Carvão Ativado no que se refere a diferença de tempo, mostrando que o aumento do tempo teve influência fundamental na remoção do AM.

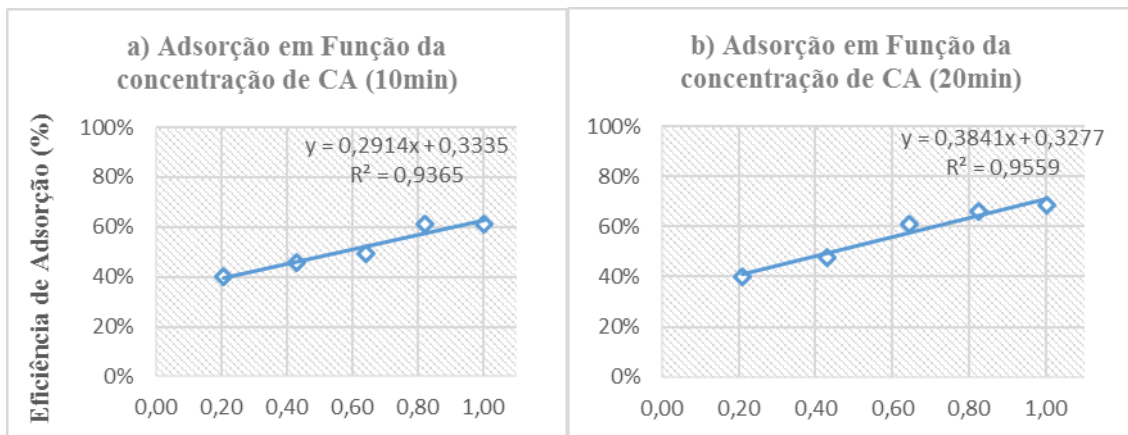
Figura 03 – Eficiência de adsorção do carvão ativado de resíduos de açaí em função do tempo de contato e concentração do material adsorvente.



Fonte: Autores

Para melhor visualização da importância da quantidade de carvão ativado na adsorção do corante, realizou-se a regressão linear que podem ser vistas nas Figura 04a e b.

Figura 04 – Regressão linear da eficiência de adsorção do Carvão ativado de resíduos de açaí em função da concentração de material adsorvente com 10 (a) e 20 (b) minutos de contato.



Fonte: Autores

Nota-se que para os tempos de 10 e 20 minutos de contato há uma correlação direta entre a eficiência de adsorção e a concentração de carvão ativado. Na Figura 04a e b, obteve-se uma progressão linear, ou seja, o aumento da concentração de CA é diretamente proporcional a eficiência de adsorção, obtiveram-se equações que simulam essa correlação tendo 93,65 e 95,59% de precisão para o tempo de 10 e 20 minutos de contato, respectivamente. A seguir, na Tabela 02, são apresentados os resultados de outliers.

Tabela 02 – Resultados de outliers obtidos através do método de Grubbs para os resultados obtidos no teste de adsorção em função da concentração de CA.

Tempo de contato	n	\bar{x}	DP	Min	Máx	G	P
10 minutos	6	5,71	2,26	3,88	10	1,89	0,04
H₀ 10: hipótese nula, variáveis com o valor P maior que α , são variáveis que provem da mesma população, ou seja, não sofreram mudanças significativas após os 10 minutos de contato com o CA.							
H₁ 10: Hipótese alternativa, variáveis com o valor P menor que α , são variáveis que não provém da mesma população, ou seja, sofreram redução significativa após os 10 minutos de contato com o CA.							
Tempo de contato	n	\bar{x}	DP	Min	Máx	G	P
20 minutos	6	5,28	2,56	3,15	10	1,84	0,08
H₀ 20: Hipótese nula, variáveis com o valor P menor que α , são variáveis que provém da mesma população, ou seja, não sofreram alteração significativa após passarem mais 10 minutos em contato com o CA.							
H₁ 20: Hipótese alternativa, variáveis com o valor P maior que α , são variáveis que não provém da mesma população, ou seja, sofreram alterações significativas após passarem mais 10 minutos em contato com o CA.							

Fonte: Autores

Após a aplicação do teste de Grubbs, com o nível de significância α igual a 0,05, constatou-se que o ensaio de adsorção com 10 minutos de contato resultou em um valor

de P correspondente a 0,04, logo podemos rejeitar a hipótese nula H_0 e aceitar a hipótese alternativa, de que a concentração de AM reduziu drasticamente se comparada a concentração inicial, provando que os 10 minutos de contato foram suficientes para a realizar a adsorção. Em relação ao tempo de contato de 20 minutos obteve-se o valor de P maior que o α , logo aceita-se a hipótese nula, que após mais 10 minutos de contato não houve mudanças expressivas na adsorção do corante AM.

O teste também mostrou que os valores de G são semelhantes, valores de 1,89 e 1,84, para os tempos de 10 e 20 minutos de contato, respectivamente. Significando que a média está distante cerca de 1,6 vezes do desvio-padrão do valor mínimo dos dados, provando que o aumento do tempo de contato não teve diferença significativa na adsorção do adsorbato, reiterando as conclusões tiradas com os testes de hipóteses.

CONCLUSÃO

As concentrações de 0,8g e 1g foram igualmente eficientes quanto a remoção de AM durante o primeiro intervalo de tempo de 10 minutos. Além disso, apesar de não seguirem a linha crescente de eficiência constante, ainda apresentam os melhores resultados em relação ao tempo, com eficiências de 66% e 69%.

Segundo o estudo, a concentração mínima adotada (0,21g) de CA não foi eficiente, pois entre o intervalo de 10 e 20 minutos não houve aumento na eficiência de adsorção do corante, comprovando que a máxima eficiência Carvão Ativado consegue atingir utilizando essa concentração é de 40%.

As melhores concentrações de CA, em função da eficiência de adsorção, apresentadas foram as de: 0,64 g, 0,82 g e 1,0 g. Durante 10 e 20 minutos de contato a relação é direta entre a eficiência de adsorção e a concentração de Carvão Ativado. Portanto, é correto afirmar que quanto maior a concentração de CA maior será a redução de AM.

A quantidade mais vantajosa de CA das apresentadas foi a de 0,64 gramas, pois apresentou uma elevada diferença (15%) de remoção do corante azul entre o primeiro e o segundo tempo. Demonstrando que com um maior intervalo de tempo o Carvão Ativado pode alcançar adsorções maiores, destacando-se por reter grandes concentrações de poluentes. Através do ensaio é possível inferir que o CA apresentou microporos, sendo caracterizados como poros contendo diâmetro inferior a 2 nm, uma vez que as dimensões da molécula de AM são 0,7x1,6 nm, podendo ocorrer a retenção física das moléculas.

O teste de Grubbs provou que após 10 minutos de contato o azul de metileno sofreu uma drástica redução, provando a sua eficiência para a adsorção em todas as concentrações durante esse período de tempo. No entanto, após mais 10 minutos, contabilizando 20 minutos, a redução não foi tão expressiva se comparada com a primeira, logo, caso fossem realizados outros ensaios de adsorção, para essa granulometria e concentração de corante, o tempo primeiro tempo seria necessário para se provar a adsorção do CA.

REFERÊNCIAS

COELHO, E. R. C.; DI-BERNARDO, L. Remoção de atrazina e metabólitos pela filtração lenta com leito de areia e carvão ativado granular. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 269-276, 2012.

CUNHA, B.; SOUSA, M.; ALVES, R. Utilização do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) como leito filtrante no tratamento de águas de abastecimento e residuárias. XII simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2014

EMBRAPA. **Tecnologias para inovação nas cadeias euterpe**. Brasília: EMBRAPA, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da silvicultura**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05/08/2016

FURLANETO, I. P.; AYRES, M.; SANTOS, B. A. **A Escolha do Teste Estatístico**. 2 ed. Belém: Ponto Press; 2013.

ITB. Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento 2014**. Agosto de 2014. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento>>. Acesso: 20/07/2016.

NIEDERSBERG, C. **Ensaio de adsorção produzido a partir da casca do tungue (*Aleurites fordii*), resíduo do processo de produção de óleo** [Dissertação]. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC;2012.

NUNES, E. Caroço de açaí vira entulho. **Amazônia Jornal**, Belém, Ano: XIII, n. 5.7074, 2012.

PEREIRA, E.; RODRIGUES, V. **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 do Projeto de Pesquisa apresentado à Comissão Avaliadora do Prêmio Jovem Cientista, 2013.

RIBEIRO, K. T. S. **Água e saúde Humana em Belém**. Belém: Cejup, 2004.

SANTOS, V. C. **Produção e aplicação de catalisadores à base de materiais fosfatados em reações de esterificação do ácido oleico**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2012.

SOUSA, M. S. **Produção, caracterização e aplicação do carvão ativado de caroço de açaí como material filtrante para o tratamento de água da chuva**. Trabalho de conclusão de curso, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, 2015.