

APLICAÇÃO DO CARVÃO ATIVADO OBTIDO ATRAVÉS DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO TRATAMENTO DE ÁGUA

APPLICATION OF ACTIVATED CARBON OBTAINED FROM SUGARCANE BAGASSE IN WATER TREATMENT

Mariana Scherer

Aline Peiter

Darciane Eliete Kerkhoff

Augusto Cesar Huppes da Silva

Resumo: A cana-de-açúcar é um produto que tem um papel muito importante na economia, utilizada na indústria para produção de dois produtos muito consumidos: açúcar e etanol. No entanto, esse processo gera um subproduto, o bagaço de cana, que acaba-se tornando um resíduo sólido. Estudos apontam que a queima do bagaço da cana gera um carvão que quando ativado com reagentes químicos tem um potencial adsorativo que pode ser incorporado no tratamento de água. Portanto, esse trabalho tem como o objetivo utilizar um carvão ativado produzido através do bagaço da cana-de-açúcar no tratamento de água, e comprovar através das análises físico-químicas realizadas em laboratório a sua eficácia. Foram construídos dois filtros, um com um carvão industrial (ACAI) e outro com o carvão do bagaço da cana-de-açúcar (ACAB), para fins de comparação. E foram realizados 4 ciclos de filtração de uma amostra de água, com diferença de 10 dias entre os ciclos, e após a filtração, foram realizadas as análises físico-químicas de: pH, turbidez, condutividade, alcalinidade, dureza, cloretos, ferro e sólidos totais dissolvidos, seguindo as metodologias descritas por Baird, Eaton e Ric (2017). Percebeu-se que o ACAI foi mais eficiente em relação ao ACAB nos dois primeiros ciclos. Quanto à durabilidade o ACAI saturou e baixou a qualidade em relação ao ACAB. Percebe-se que o carvão ativado produzido através do bagaço da cana-de-açúcar possui uma maior durabilidade em relação ao carvão comercial, porém necessita de mais ciclos de lavagem para remoção de produtos químicos usados no processo de ativação.

Palavras chave: cana-de-açúcar, tratamento, água, carvão ativado, água.

Abstract: Sugarcane is a product that plays a very important role in the economy, used in industry for the production of two widely consumed products: sugar



A Revista Ilustração está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

and ethanol. However, this process generates a by-product, sugarcane bagasse, which ends up becoming solid waste. Studies show that the burning of sugarcane bagasse generates a charcoal that, when activated with chemical reagents, has an adsorptive potential that can be incorporated into water treatment. Therefore, this work aims to use an activated carbon produced through sugarcane bagasse in water treatment, and to prove its effectiveness through physicochemical analyzes carried out in the laboratory. Two filters were built, one with an industrial charcoal (ACAI) and the other with sugarcane bagasse charcoal (ACAB), for comparison purposes. And 4 filtration cycles were carried out of a water sample, with a difference of 10 days between the cycles, and after filtration, the physicochemical analyses of pH, turbidity, conductivity, alkalinity, hardness, chlorides, iron and total dissolved solids were carried out, following the methodologies described by Baird, Eaton and Ric (2017). It was noticed that the ACAI was more efficient in relation to the ACAB in the first two cycles. As for durability, the ACAI saturated and lowered the quality in relation to the ACAB. It can be seen that the activated carbon produced through sugarcane bagasse has a greater durability compared to commercial charcoal, but needs more washing cycles to remove chemicals used in the activation process.

Keyword: sugarcane, treatment, water, activated carbon, water.

Introdução

O bagaço da cana-de-açúcar é um sub-produto gerado pelo processo de moagem da cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool. Segundo dados da Conab cerca de 654,5 milhões de toneladas, foram destinadas para este fim. Segundo Silva (2010) a cada uma tonelada de cana-de-açúcar gera 250 quilogramas de bagaço. No entanto, o bagaço acaba se tornando um resíduo sólido sem utilização.

Em pesquisas mais recentes mostram uma utilização adequada para o bagaço da cana-de-açúcar, o processo de produção de carvão ativado. O processo envolve a queima do bagaço e sua ativação com um produto químico que produz um carvão com poder adsorativo capaz de remover impurezas (ALMEIDA, 2021). Segundo Gonçalves (2006), o bagaço de cana é uma alternativa eficiente para produção de carvão ativado devido a seu alto poder calorífico e por ser um material fibroso.

O Carvão ativado é um material poroso, constituído de carbono e oxigênio, que faz com que o material adsorva, ou seja, retém em sua pele, compostos orgânicos a nível macroscópico, além de impurezas, sólidos em suspensão e contaminantes químicos, como corantes (COSTA, 2015).

O carvão ativado é utilizado no tratamento de água, como um filtro, para remoção da matéria orgânica, além de diminuir a concentração de cloro presente na água, diminuir o odor e tonalidade da água, removendo as possíveis impurezas que podem aumentar a tonalidade da água (Westphalen, 2016).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo realizar testes sobre a eficácia de um carvão ativado produzido através do bagaço da cana-de-açúcar no tratamento de água. Foram realizadas análises físico-químicas antes e após o tratamento com o carvão para entender a sua eficácia.

Metodologia

Construção do filtro de água

A construção dos filtros de água segue a ordem dos elementos filtrantes conforme Pinheiro (2019). Em que o carvão ativado é representado como primeiro elemento filtrante estando na superfície, após uma camada de areia fina e posterior uma camada de areia grossa (ou cascalho). No fundo o filtro, após a areia grossa, sendo constituído de algodão.

As medidas dos elementos filtrantes seguem metodologia de Costa (2022) em que sua montagem original é de 2,5 gramas de carvão ativado; 7,5 gramas de areia fina; 12,5 gramas de areia grossa e algodão (sem limite de peso).

Foram construídos dois filtros, um com um carvão ativado industrial marca Êxodo científica com diâmetro de 1-2 mm, e outro com um carvão ativado produzido através do bagaço da cana-de-açúcar. Foi utilizada como amostra uma água coletada da chuva, não tratada. Para fins de comparação foram realizadas análises da água bruta coletada denominada (AB), da água coletada após passar pelo filtro de carvão industrial (ACAI) e da água coletada do filtro do carvão de cana-de-açúcar (ACAB).

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de química geral da Faculdade Horizontina (FAHOR), seguindo o *Standard methods for the examination of water and wastewater*, descrito por Baird,

Eaton e Ric (2017).

Foram realizados 4 ciclos com uma diferença média de 10 dias entre as coletas e análises. Todas as análises foram realizadas em duplicata a fim de obter maior precisão. As análises foram feitas com a faixa de temperatura de 20°C, com uma variação de mais ou menos dois.

A água coletada para as análises foi de um ponto de coleta da água da chuva localizada no prédio da CT da Faculdade de Horizontina–FAHOR. Esta água foi utilizada como referência e ponto de partida das análises, utilizando a abreviação “AB” (água bruta). A água que foi filtrada no filtro utilizando o carvão ativado oriundo do bagaço da cana-de-açúcar é chamada de “ACAB” e a água filtrada com o filtro de carvão ativado industrial recebeu a sigla de “ACAI”.

Todos os ciclos foram utilizados com os mesmos filtros em que a cada filtragem de um período de tempo foi passado água para limpeza e retirada de impurezas.

pH

Realizada em duplicata com a amostra distribuída em 2 béqueres e lida no medidor de pH PROX P1000.

Turbidez

Realizada em duplicata após a calibração com o turbidímetro digital com registro TU Log. O resultado é expresso com a unidade de medida NTU.

Sólidos totais dissolvidos

Realizada em duplicata, em primeiro momento filtrando 250 mL da amostra e transferindo 90 mL para um cadinho vazio (previamente aquecido a 1 hora na estufa a 170°C e depois resfriado em dessecador para remoção da umidade e pesado em balança analítica Beel engineering). O cadinho com a amostra foi colocado em estufa de secagem De Leo a temperatura de 170°C. Após a completa evaporação da amostra, o cadinho foi resfriado em dessecador e posteriormente pesado em balança analítica Beel engineering. Para o cálculo dos sólidos dissolvidos foi aplicado a seguinte fórmula:

$$\text{mg de sólidos totais dissolvidos} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{volume da amostra em mL}}$$

Em que:

A = peso final de resíduo seco + cadinho, mg

B = peso inicial do cadinho, mg

Condutividade

Realizada em duplicata após a calibração do condutivímetro digital portátil PHOX C50. O resultado é expresso com a unidade de medida uS/cm.

Ferro total

Com a amostra homogeneizada, foi transferida 50 mL para um erlenmeyer e adicionado 2 mL de ácido concentrado P.A concentrado e 1 mL da solução cloridrato hidroxilamina a 10%. O conteúdo do erlenmeyer foi aquecido até reduzir o volume para 20 mL e após (em temperatura ambiente) foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL e completado com 10 mL da solução tampão, 4 mL da solução de fenantrolina e água deionizada. Após a homogeneização a amostra foi lida no espectrofotômetro UV-VIS Quimis, com o comprimento de onda de 510 nm. Foi realizada o cálculo da concentração de ferro, a partir da curva analítica previamente preparada, no software *Excel*, com o cálculo de equação de reta $y = xa + b$.

Cloretos

Realizada em duplicata, utilizando 100 mL da amostra com 1 mL da solução indicadora de cromato de potássio e titulada com a solução de nitrato de prata até o surgimento de precipitado vermelho escuro. Ao final, calculado o resultado de cloretos pela fórmula:

$$\text{mg Cl/L} = \frac{(A - B) * M * 35453}{V_a}$$

A = volume da solução de AgNO_3 gasto para titular a amostra, em mL

B = volume da solução de AgNO_3 gasto para titular o branco, em mL

M = concentração molar da solução de AgNO_3

V_{am} = volume utilizado na amostra, em mL

Cloro livre

Realizada em duplicada com o fotômetro de cloro livre e total da marca Hanna, após a sua calibração. O resultado é exibido em mg/L de cloro (Cl_2).

Alcalinidade

Realizada a partir da titulação de 50 mL da amostra com 3 gotas da solução indicadora verde de bromocresol verde-vermelho de metila. Titulada com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança de coloração para róseo. A quantidade gasta de titulante, em mL, é multiplicado por 20, obtendo resultado de alcalinidade em mg/L.

Dureza

É adicionando 25 mL da amostra em um balão de 50 mL (completado com água deionizada até o menisco) e ajustado seu pH para a faixa de 10 com uma solução tampão de cloreto de amônio, após foi adicionada uma pequena porção do indicador negro de eriocromo e titulada com a solução EDTA até a mudança coloração avermelhada para azul; Os dados são inseridos na fórmula:

$$\text{Dureza em mg/L} = \frac{A * B * 1000}{\text{mL de amostra}}$$

Em que:

A = mL de titulação para a amostra.

B = mg de CaCO_3 , equivalente a 1,00 mL de titulante de EDTA.

Durabilidade

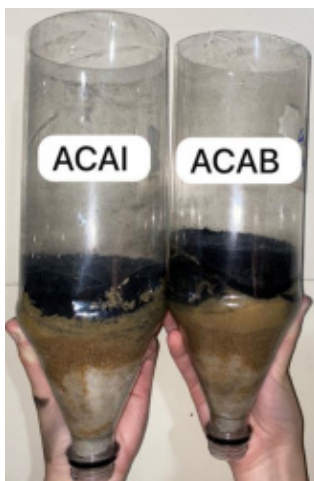
Para o determinar a durabilidade do carvão ativado ao decorrer dos 4 ciclos foi analisado a variação das análises e a comparação do primeiro ciclo com o quarto e último ciclo.

Resultados

Filtros de água

Os filtros foram construídos e montados no dia 8 de outubro de 2024. Utilizando como base garrafa pet de 1,5 litros, foi realizada a pesagem dos elementos filtrantes com as mesmas medidas nos dois filtros, utilizando 10 gramas de carvão ativado (industrial e do bagaço de cana-de-açúcar), 30 gramas de areia fina, 50 gramas de areia grossa e completada a sua saída com fibra. A montagem foi feita na seguinte ordem: algodão, areia grossa, areia fina e na parte superior o carvão ativado. Os filtros podem ser vistos na Figura 1:

Figura 1- Filtros de água



Resultados das análises físico-químicas

Primeiro ciclo

O primeiro ciclo ocorreu no dia 9 de outubro de 2024, com a filtração e coleta das amostras realizadas às 19 horas. Antes da coleta foi filtrado 5 litros da AB e descartado, com o intuito de retirar qualquer impureza presente no filtro e compactar os elementos filtrantes.

Após, foi realizada a coleta de 1,5 litros para as análises físico-

químicas. O resultado das análises pode ser visto na Tabela 1:

Tabela 1- Resultados análises 09/10

Análises físico-químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza (mg/L)	48,2	34,5	46,2
Alcalinidade (mg/L)	75,4	182	102,9
Cloro livre (mg Cl ₂ /L)	0,65	0,7	0,17
Cloretos (mg Cl/L)	9	8	7
Ferro total (mg/L)	Abaixo do limite de detecção	0,6	0,1
pH	6,96	10,29	8,01
Turbidez (NTU)	0,75	92,4	3,31
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	0,4	0,8	0,5
Condutividade (uS/cm)	75,6	127,1	76,8

Segundo ciclo

O segundo ciclo ocorreu no dia 19 de outubro de 2024, com a coleta da água e sua filtração as 8 horas da manhã. Para o filtro ACAI foi passado 1 litro de água antes da coleta. Para o filtro ACAB foi passado novamente 5 litros de água por conta do alto valor de pH visto na análise do dia 09 de outubro, após a passagem dos 5 litros foi filtrado a água para coleta. Os resultados das análises do segundo ciclo podem ser vistos Tabela 2:

Tabela 2- Análises 19/10

Análises físico-químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza (mg/L)	56,8	30,9	49,5
Alcalinidade (mg/L)	82,5	110,8	93,2
Cloro livre (mg Cl ₂ /L)	0,51	0,4	0,06
Cloretos (mg Cl/L)	11,7	10,2	10,7
Ferro total (mg/L)	Abaixo do limite de detecção	0,3	0,1
pH	7,44	9,21	8,06
Turbidez (NTU)	3,9	67,7	3,96

Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	0,11	0,11	0,11
Condutividade (uS/cm)	67,1	88,1	72,1

Terceiro ciclo

O terceiro ciclo ocorreu no dia 26 de outubro de 2024, em que foi coletado às 8 horas da manhã. Antes da coleta, foi passado 1 litro da AB em cada filtro, e após, foi passada a água para coleta. Os resultados podem ser vistos no Tabela 3:

Tabela 3- Análises 26/10

Análises físico-químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza (mg/L)	46,9	43,9	48,2
Alcalinidade (mg/L)	46,1	68,2	66,7
Cloro livre (mg Cl ₂ /L)	0,88	0,23	0,16
Cloretos (mg Cl/L)	10	7,7	9
Ferro total (mg/L)	Abaixo do limite de detecção	0,2	0,1
pH	6,81	7,35	7,34
Turbidez (NTU)	0,71	6,53	4,45
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	0,12	0,12	0,12
Condutividade (uS/cm)	68,5	75,5	72,4

Quarto ciclo

O quarto e último ciclo foi realizado no dia 5 de novembro de 2024, com as coletas e análises realizadas as 19 horas. Foi passado 1 litro de AB em cada um dos filtros antes da coleta. Os resultados podem ser vistos no Tabela 4:

Tabela 4- 05/11

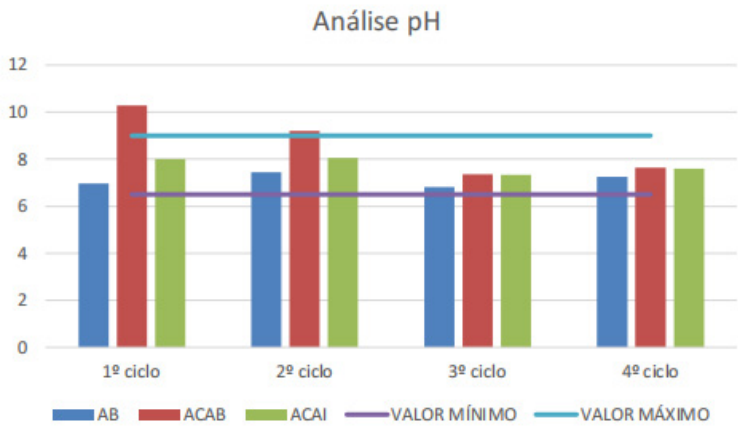
Análises físico-químicas	AB	ACAB	ACAI
Dureza (mg/L)	46,4	42,8	45,5
Alcalinidade (mg/L)	73,5	86,7	86,6
Cloro livre (mg Cl2/L)	0,56	0,19	0,21
Cloretos (mg Cl/L)	8,7	8,7	10,7
Ferro total (mg/L)	Abaixo do limite de detecção	0,3	0,4
pH	7,25	7,65	7,6
Turbidez (NTU)	0,89	6,05	6,83
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	0,22	0,13	0,1
Condutividade (uS/cm)	66,9	68,2	67,7

Discussão

pH

Lido em uma escala de 0 a 14, o potencial hidrogeniônico (conhecido como pH) têm como objetivo classificar a amostra como ácida (menor que 7 na escala), básica (maior que 7 na escala) ou neutra (igual a 7 na escala) (Almeida, 2017). O resultado representado graficamente da análise de pH pode ser visto no Figura 2:

Figura 2 - Análise de pH

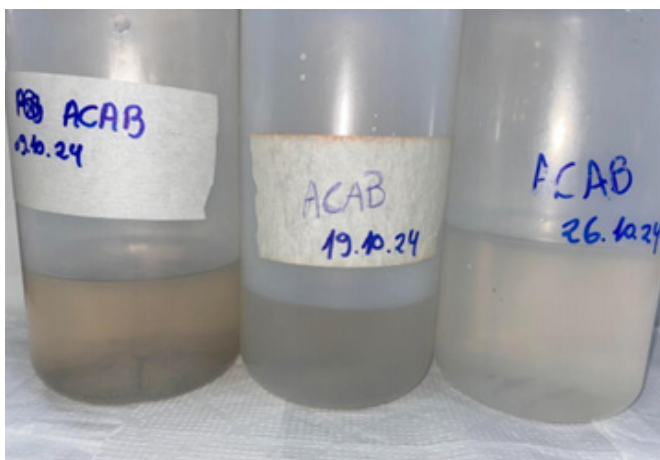


Após a passagem da água bruta pelo filtro se percebe o aumento do pH, no caso dos primeiros dois ciclos da ACAB, isso se explica por o carvão ainda possuir resíduos da soda cáustica utilizada no processo de ativação do carvão e desta forma os valores ficaram acima do padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888 de 4 de maio de 2021. Após o 2º ciclo, devido a remoção dos resíduos de soda cáustica, o pH se equilibrou em uma média de 7,5 para ambos os filtros, estando dentro do padrão estabelecido pela portaria.

Turbidez

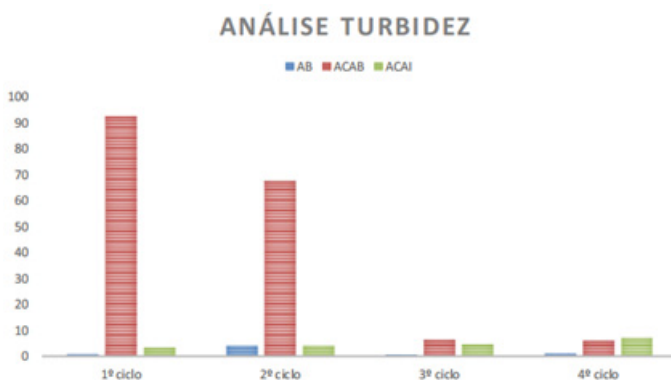
Correspondendo a um parâmetro físico, a turbidez corresponde a quantidade de feixes de luz que passam pela água, detectando a presença de partículas em suspensão presentes no líquido (Matos, 2007). Segundo o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido de turbidez se concentra em 5 NTU. Por ser um padrão físico ele pode ser observado a olho nu, em que quanto mais cristalina a água menor será sua turbidez. Na Figura 3, pode ser visto a água ficando mais clara a cada ciclo.

Figura 3 - Amostras ACAB



O que explica os valores demonstrados no gráfico visualizados na Figura 4:

Figura 4 - Análise de turbidez

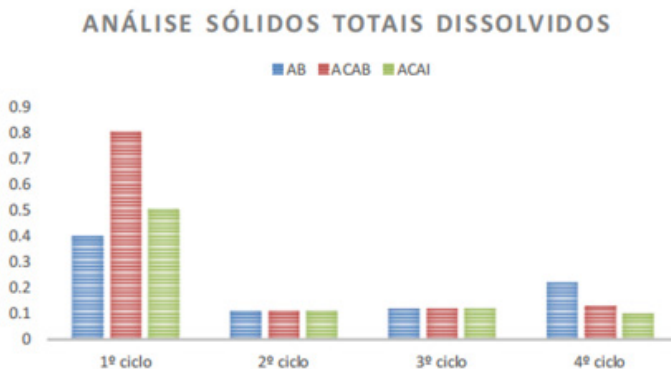


Conforme Bonassa (2017) o tamanho das partículas de carvão ativado influencia no seu processo de adsorção, de forma que o carvão ativado ACAI apresenta um formato granulado (possuindo uma superfície de contato maior) enquanto o carvão ativado ACAB apresenta um formato em pó, e precisa de mais água para ser compactado e possuir maior capacidade de adsorção.

Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos representam todos os sais inorgânicos e minerais presentes na água conforme Moraes (2015). No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido é de 500 mg/L. Os resultados visualizados graficamente da análise de sólidos totais dissolvidos (STD) pode ser vista na Figura 5:

Figura 5 - Análise STD



Como pode ser observado teve uma variância grande nos resultados do 1º e 4º ciclo, enquanto no 2º e 3º ciclo os resultados permaneceram constantes. Isso pode ter ocorrido devido ao 1º ciclo o carvão não estar totalmente compactado não retendo boa parte dos sais dissolvidos e no 4º ciclo ele já pode estar saturado, conforme a passagem dos ciclos, perdendo uma parte da sua eficiência. Ainda assim se observa uma boa adsorção dos filtros para este parâmetro, visto que todos os valores ficar abaixo do permitido de 500 mg/L.

Cloretos

No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, o valor máximo permitido de cloretos é de 250 mg/L. Conforme Zuge (2020) as análises de cloretos têm por objetivo quantificar os graus de mineralização da água, o que pode ser um indício de poluição e contaminação da água. Todos os resultados das análises de cloretos realizadas ficaram bem abaixo do padrão estabelecido e podem ser observadas graficamente na Figura 6:

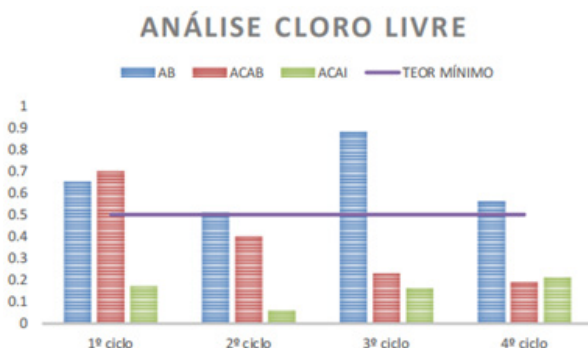
Figura 6 - Análise de cloretos



Cloro livre

O cloro presente na água tem como principal finalidade a desinfecção (Berbari, 2001). No que corresponde no padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, apresenta um valor mínimo permitido de 0,5 mg/L. Os resultados da análise de cloro livre podem ser visualizados na Figura 7:

Figura 7 - Análise de cloro livre



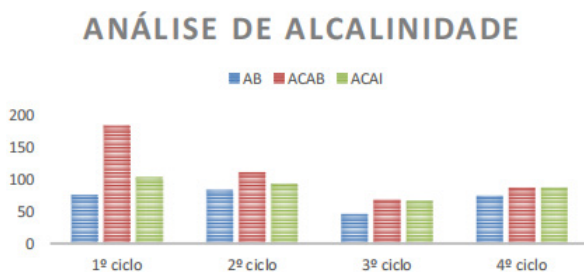
A amostra denominada AB foi coletada como água padrão, para se basear as análises, após a passagem pelos filtros, é uma água armazenada em uma cisterna coletada da água da chuva. Na cisterna foi adicionado pedras de cloro como uma pré-desinfecção e armazenamento da água.

O cloro presente na AB reage com o carvão ativado e (com a exceção da análise de ACAB do primeiro ciclo) se observa que o teor de cloro diminuiu significativamente após passagem no filtro, evidenciando que no 1º ciclo o carvão não esteja totalmente compactado não adsorvendo totalmente o cloro. No entanto nos 2º a 4º ciclo foi observado uma diminuição do cloro ou seja a sua adsorção de uma forma significativa.

Alcalinidade

Conforme Fritzsons (2009), a alcalinidade corresponde capacidade que água tem de neutralizar os ácidos adicionados ou presentes nela. No padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, a alcalinidade possui um valor máximo permitido de 200 mg/L. Os resultados das análises realizadas podem ser vistos graficamente na Figura 8:

Figura 8 - Análise de alcalinidade

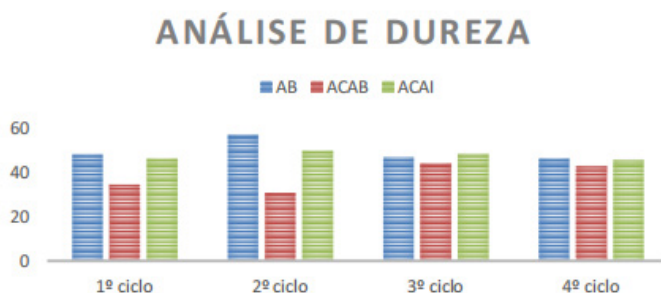


A análise de alcalinidade está ligada ao pH da água (Fritzsons, 2009), o que explica os valores iniciais dos dois primeiros ciclos do ACAB que apresentaram pH superior a 9. Após a passagem pelo carvão é visto que a alcalinidade aumenta, visto que ainda existiam resíduos de hidróxido de sódio no carvão, o que eleva o pH e consequentemente a alcalinidade. Os maiores valores são encontrados no 1º e 2º ciclo, pois após as lavagens a quantidade de hidróxido de sódio diminuí. Este é um parâmetro importante, pois uma mudança brusca no pH pode ser prejudicial para a água, ainda que os valores ficaram abaixo do permitido de 200 mg/L.

Dureza

Os resultados da análise de dureza podem ser vistos na Figura 9:

Figura 9 - Análise de dureza



Conforme Savoy (2004) a dureza da água corresponde a quantidade dos sais de cálcio e magnésio que estão presentes na água, em que o padrão de potabilidade de água descrita na PORTARIA GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, apresenta valor máximo permitido de 300 mg/L. Observa-se que todos os valores encontrados estão abaixo deste valor, estando dentro do limite permitido.

Durabilidade

As análises de dureza, alcalinidade, cloro livre, cloretos, STD e pH apresentaram resultados com pouca variação e diferença entre os filtros e ciclos.

Na análise de ferro total no primeiro ciclo o ACAB apresentou um valor alto de 0,6 mg/L e no seu último ciclo o valor de 0,3 mg/L, já no ACAI o primeiro valor encontrado foi de 0,1 mg/L e o último resultado de 0,4 mg/L demonstrando a divergência entre os dois tipos de carvão

ativado. Observa-se que o ACAI tem uma maior capacidade de remoção de ferro do que o ACAB.

Na análise de turbidez o ACAI foi aumentando gradativamente o valor, em que no primeiro ciclo apresentou 3,3 NTU e no último aumentou para 6,8 NTU (ficando acima do valor padronizado). Já no ACAB o valor foi diminuindo e ficando na mesma faixa do ACAI no último ciclo, com valor do 1º ciclo de 92,4 NTU e no último ciclo de 6,0 NTU. Por último, na questão da análise de condutividade, ao decorrer dos quatro ciclos o ACAB apresentou valor superior do ACAI.

Considerações finais

A elaboração e aplicação do carvão ativado produzido em um filtro de água demonstrou que foi possível desenvolver o filtro de forma que o carvão ativado pudesse ser visto e analisado a sua eficiência e durabilidade de forma separada.

Na questão da eficiência, o ACAI por possuir partículas granuladas e não necessitar de uma limpeza maior possuiu melhores resultados e dentro dos parâmetros estabelecidos. O ACAB por conta do processo de ativação utilizando soda cáustica e o seu formato em pó demonstrou pouca eficiência nos dois primeiros ciclos até o carvão estar compactado.

Quanto a durabilidade se conclui que o ACAI saturou e abaixou na qualidade no quarto ciclo em comparação ao ACAB que apresentou resultados melhores e mais próximos do padrão.

Portanto, o carvão ativado produzido através do bagaço de cana-de-açúcar é eficiente para o tratamento de água, no entanto necessita de uma maior tempo de ciclos de lavagem e compactação até que esteja preparado para filtrar adequadamente. Sugere-se portanto em trabalhos futuros a produção de um carvão com particular menores e consequentemente uma maior capacidade de adsorção e que seja realizado mais limpezas para remoção da soda cáustica, para que possa ser mais eficiente logo nos primeiros ciclos.

Referências

ALMEIDA, Milla Araújo et al. **Desenvolvimento de carvão ativado a partir de bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na adsorção**

de ácido orgânico. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v. 4, n. 3, p. 2955-2965, 2021.

ALMEIDA, Marília Cunha; SILVA, Maiara Macêdo; DE PAULA, Marcelo. **Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e pH da água.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, p. 25-40, 2017.

BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; RICE, Eugene W. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017. ISBN 978-0-87553-287-5

BERBARI, Shirley Aparecida Garcia; PASCHOALINO, José Eduardo; SILVEIRA, Neliane F. Arruda. **Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada.** Food Science and Technology, v. 21, p. 197-201, 2001.

BONASSA, Gabriela. **Aplicação das cinzas de bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente na purificação de óleo residual.** Cascavel - Paraná. FEVEREIRO, 2017.

BRASIL. **PORTARIA Nº888, DE 4 DE MAIO DE 2021.** Ministério da saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 02/04/2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Cana-de-açúcar – agrícola, série histórica de área colhida.** 2023.

COSTA, Patrícia D.; FURMANSKI, Luana M.; DOMINGUINI, Lucas. **Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de casca de nozes para adsorção de azul de metileno.** Revista virtual de química, v. 7, n. 4, p. 1272-1285, 2015.

COSTA, Hudson Pimentel et al. **Produção e uso de filtros de água com carvão ativado derivado de matérias sustentáveis.** Journal of Health & Biological Sciences, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2022.

FRITZSONS, Elenice et al. **A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, p. 381-390, 2009.

GONÇALVES, Gilberto C. et al. **Aproveitamento de bagaço de cana-de-açúcar na produção de carvão ativado.** Cadernos de Agroecologia [Volumes 1 (2006) a 12 (2017)], v. 1, n. 1, 2006.

MATOS, Antonio T. et al. **Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro.** Engenharia Agrícola, v. 27, p. 544-551, 2007.

MORAIS, Reurysson Chagas; DE ARAÚJO, Inessa Racine Gomes. **Análise espacial da concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em águas subterrâneas da região norte do Piauí.** Revista Equador, v. 4, n. 4, p. 67-80, 2015.

PINHEIRO, A.J.; FILHO, M.B.S.; MENDES, M.H.S.; MIRANDA, A.M.S.; MIRANDA, I.S. **Produção de filtros de água utilizando carvão ativado proveniente do caroço do açaí como uma proposta para melhoria na qualidade das águas consumidas na cidade de Óbidos** – pa. 59 congresso brasileiro de química. 2019.

SAVOY, V. L. T.; PRISCO, R. C. B.; ALMEIDA, SDB de. **Determinação da dureza da água de regiões Agrícolas do estado de São Paulo.** Arquivos do Instituto Biológico, v. 71, n.3,p. 3873 89, 2004.

SILVA, Vanessa Souza, et al; **O DESTINO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO A PARTIR DAS AGROINDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS DO PARANÁ.**Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.3, n.1, p. 59-76, jan./abr. 2010.

WESTPHALEN, Ana Paula Campos; CORÇÃO, Gertrudes; BENETTI, Antônio Domingues. **Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, p. 425-436, 2016.

ZÜGE, Gabriele; VENDRAME, Zilda Baratto. **Caracterização e análise de cloretos da água do Parque Ecológico Honorato Toniolo, Guaporé-RS.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 2020.