

ESTUDO DA CAPACIDADE ADSORTIVA DA BORRA DE CAFÉNO TRATAMENTO DE ÁGUA

Juliane Pires Martins¹, Letícia Nascimento Correia Macedo², Viviane Jamile Moraes da Fonseca³,
Mestre Mariana de Jesus Lima⁴.

^{1,2,3} Acadêmico do curso de Engenharia Química.

⁴ Docente - Orientadora –

RESUMO

Em razão da problemática da ausência de água potável e do alto volume de resíduo gerado pelo descarte da borra de café, o presente trabalho utilizou o método da pesquisa exploratória, a fim de responder se a adsorção é eficaz mediante o uso da borra de café como matéria prima para filtração da água potável de baixo custo. Um dos maiores produtores de café do mundo é o Brasil, no mesmo sentido, vem sendo utilizado em vários estudos científicos, razão pela qual a capacidade de adsorção do café foi estudada. Desse modo, foi necessário expor o processo de adsorção e suas características químicas. Ainda, nos moldes já ditos, a eficácia da borra de café nesse processo foi estudada, através de trabalhos já publicados, a partir de testes de adsorção diversificados com vários tipos de adsorventes. Com isso, foi demonstrado que o café deve ser explorado no tratamento de água, seja no meio doméstico ou até mesmo nas indústrias, ou redes de tratamentos municipais, apresentando-se a matéria prima como alternativa viável de baixo custo na obtenção de água potável.

Palavras-chave: Borra de Café. Testes de Adsorção. Tratamento de Água.

ABSTRACT

Due to the problem of lack of potable water and the high volume of waste generated by the disposal of coffee grounds, the present work used the exploratory research method, in order to answer whether adsorption is effective using coffee grounds as raw material for low cost drinking water filtration. One of the largest coffee producers in the world is Brazil, in the same sense, it has been used in several scientific studies, which is why the adsorption capacity of coffee was studied. Thus, it was necessary to expose the adsorption process and its chemical characteristics. Also, in the aforementioned ways, the effectiveness of coffee grounds in this process was studied, through works already published, from diversified adsorption tests with various types of adsorbents. With this, it was demonstrated that coffee should be explored in the treatment of water, either in the domestic environment or even in the industries, or municipal treatment networks, presenting the raw material as a viable low-cost alternative in obtaining drinking water.

Keywords: Coffee grounds. Adsorption Tests. Water treatment.

INTRODUÇÃO

A utilização elevada de diversos produtos químicos no Brasil tem causado impacto negativo no meio ambiente, sendo capaz de fazer com que as águas encontradas em áreas subterrâneas e superficiais fiquem inutilizadas para consumo humano, além de causar graves consequências nos demais seres que consomem. Sendo assim, em razão da poluição exacerbada, pesquisadores têm desenvolvido métodos de origem química e biológica com objetivo de promover a filtração, coagulação, oxidação e outros meios para conseguir água potável com baixo custo.

Por conseguinte, a problemática da poluição hídrica pode ser amenizada a partir da utilização do sistema de filtração já mencionado, uma vez que em razão da crise econômica em vários países restam poucas alternativas para que a população de baixa renda possa ter acesso à água potável.

Dessa forma, frente à escassez dos recursos hídricos e a crise econômica que assola o desenvolvimento urbano, faz-se necessário medidas de economia, bem como de reaproveitamento sustentável da água. À vista disso, as empresas optaram por um novo método para uso consciente dos recursos hídricos, visando sua reutilização e o tratamento de seus efluentes (COSTA, 2010).

Resíduos de produtos agrícolas vêm sendo utilizados para esse novo método que as empresas optaram para tratamento de efluentes, entre estes resíduos se destaca a borra de café. O café é um dos produtos agrícolas cultivados em grande extensão do mundo. É usado principalmente para a preparação de café como bebida, a partir de grãos moídos, sendo os grãos de café os principais resíduos da indústria e negócios dedicados a esta atividade. Estima-se que 48% da quantidade de matéria-prima dos resíduos da utilização de café na indústria de café se tornam borra de café. Convém ressaltar que apenas no ano de 2005, gerou-se seis milhões de toneladas da aludida borra de café no mundo (TOKIMOTO et al., 2005).

Em razão de o Brasil possuir no ramo da agricultura milhares de produtores de café, conseqüentemente, há um grande consumo doméstico por parte dos brasileiros. Mas, com esta apreciação surge a problemática do descarte da borra de café, aproximadamente 14 mil xícaras de café são ingeridas pelo mundo inteiro a cada segundo, resultando em aproximadamente vinte e

dois milhões de quilos de descarte da borra de café todos os anos em lixo domiciliar, lixões ou aterros das cidades. Nesse sentido, o rejeito é poluente, pois gera acúmulo na natureza (ADEG, 2018).

Entretanto, algumas empresas têm utilizado esses rejeitos domésticos como fonte alternativa de energia sustentando as caldeiras da indústria de produção de café solúvel. Apesar disso, a queima desse produto ainda danifica a qualidade do ar por liberar CO₂, fazendo-se necessário um estudo e ampliação de novas tecnologias convenientes para valorizar a destinação ambiental correta do descarte irregular da borra de café.

Nos termos de Magalhães (2013, p. 13): “[...] Borra de café, que é a sobra após o preparo da bebida, ainda não tem um destino certo e com isso cria um problema de descarte, agravado pela grande quantidade gerada.” Sendo assim, a utilização da borra de café para a filtragem da água é uma solução viável para sanar o descarte do resíduo no meio ambiente.

Dentre os estudos científicos feitos em diversos países, observou-se que a espuma de infusão de café feita a partir da borra de café transformada em pó e misturada com silício e açúcar conseguiu coletar 99% do mercúrio e do chumbo da água, somente em 30 horas. O resultado foi adquirido com água parada, que se difere do sistema convencional, em que a água corre por meio de tubulações, todavia, conseguiu-se remover 67% do chumbo, grande causador de perigos para a saúde (OUELLETTE, 2016).

O tema escolhido tem como característica a pesquisa bibliográfica narrativa, originando um estudo para a problemática da geração de rejeitos da borra de café. Deste modo, trata-se de um método de abordagem qualitativo, sendo justificado por meio do seu processo de busca na literatura técnico-científica que foram publicadas tornando-se uma pesquisa exploratória e descritiva ao desenvolver técnicas de reutilização e abordando ideias para solução do problema gerado.

Deste modo, devido ao baixo custo e alto benefício do uso da borra de café, põe-se como objetivo estudar a eficácia da filtração da água poluída, utilizando-se o sistema de adsorção, concluindo-se que a matéria prima estudada é eficaz e indicada ao processo químico mencionado.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 ADSORÇÃO DA BORRA DE CAFÉ

O processo de adsorção consiste na transferência de massa do tipo de sólido fluido, onde se é explorada a propriedade de certos sólidos concentrados nas suas superfícies determinados elementos inseridos em soluções gasosas ou líquidas. Quanto maior for a superfície externa por unidade de peso sólido, mais favorável será a adsorção. Por este motivo, os adsorventes são, normalmente, partículas sólidas porosas (LOPES, 2016).

Segundo Seader (1998), a adsorção ocorrerá quando as moléculas ou íons no gás ou líquido irão se difundir em uma área sólida, onde ocorrerá uma ligação química entre a mesma que precisará ser mantida através de baixas forças intermoleculares. Esses solutos adsorvidos são denominados adsorvatos. Tal processo ocorrerá nas interfaces tanto líquida como sólida. Essa adsorção conseguirá ocorrer tanto de forma física, com interligações eletrostáticas e forças de Van der Waals entre o adsorvente e o adsorvato, bem como peça a ativação química com o sítio ativo de adsorção.

Convém destacar ainda que grãos defeituosos de café já foram objeto de estudo para a produção de biodiesel, sendo certo que os resíduos a partir da produção do aludido biodiesel se apresenta como um excelente potencial na utilização da matéria-prima para manipulação de adsorventes (FRANCA et al., 2009).

O portal Natural Tec (2018, p.1) destaca que:

Para a remoção de poluentes orgânicos, metais pesados, óleos e graxas, cor, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, materiais orgânicos não biodegradáveis como celulose, sólidos dissolvidos por precipitação química e compostos obtidos através de oxidação química, se recomendam os processos físico-químicos. Para remoção de sólidos voláteis dissolvidos e em suspensão, usam-se tratamentos biológicos. Para retirada de sólidos dissolvidos recomendam-se processos de troca catiônica e leitos de carvão ativado e outros.

O estudo de Clark (2010) demonstrou que o resíduo sólido a partir do café solúvel pode ser útil na manipulação de adsorventes para remover em soluções aquosas a fenilalanina. Em sistema de batelada, efetuaram-se estudos de adsorção realizados a temperaturas diferentes. Os estudos de adsorção foram

constatados pelos moldes de isoterma de Tempkin, Langmuir, Dubinin-Redushkevich, Freundlich e Henderson e avaliados pelos efeitos do tempo de contato, concentração do carvão ativado e granulometria, concentração e pH iniciais da solução.

De acordo com as informações obtidas a partir do experimento, as conclusões de Langmuir foram consideradas como melhor resultado. No processo de adsorção da fenilalanina ocorreu a redução da granulometria do carvão. O melhor resultado da adsorção para a faixa de concentração inicial de fenilalanina foi alcançado com apenas seis horas de contato. E o efeito no pH inicial obtido de 2 até 10, demonstrou que pH's muito ácidos atrapalham a adsorção por repulsão eletrostática. Em tese, os grãos de café defeituosos prensados estabelecem são viáveis na produção de adsorventes de baixo custo para remoção de fenilalanina, contribuindo para o desenvolvimento sustentável no ramo produtivo do café (CLARK, 2010).

Plaza et al. (2012) constataram que a borra de café pode ser utilizada para produção de carvão ativado, pois detém melhor eficiência na adsorção de CO₂ quando comparado ao produto usualmente comercializado. As condições de ativação foram selecionadas e otimizadas para produzir carbonos microporosos com alta capacidade de adsorção e seletividade de CO₂, com potencial para serem utilizados como adsorventes em aplicações de captura de CO₂ pós- combustão.

Dois métodos de ativação são comparados: ativação física com CO₂ e ativação química com KOH. O primeiro método é visto menos agressivo ao meio ambiente; no entanto, leva a carbonos com menor desenvolvimento textural e, portanto, inferior capacidade de adsorção de CO₂ do que os obtidos pela ativação com KOH. Por outro lado, constatou-se estudos cíclicos de adsorção multicomponente apontando que a seletividade de CO₂ e N₂ dos carbonos ativados fisicamente é maior que a dos carbonos quimicamente ativados (PLAZA et al., 2012).

Os produtos com alta proporção de carbono dispõem a capacidade de serem ativados, tendo em vista que possuem matérias carbonáceas com alto grau de ventilação e um perímetro de pouca profundidade e de variável aproximadamente de 10 a 15 m²/g. Assim, conforme Claudino (2003), quando há

a ativação, o produto tem sua área superficial aumentada com a oxidação de seus átomos de carbono, podendo o carvão em sua terminação ter sua área superficial superior ao tamanho de 800 m²/g após ser sujeito à ativação.

De Castro (2009) analisou o preparo de carvões ativados da borra de café com o intuito de avaliá-lo como suporte catalítico e adsorvente, utilizando-se como agente ativante químico K₂CO₃ e agentes ativantes físicos tais como vapor d'água e CO₂. A fim de testar a adsorção dos biocarvões produzidos, como também o carvão comercial, testes foram realizados com azul de metileno e fenol, demonstrando capacidade de adsorção. Os testes de adsorção feitos em batelada apresentaram resultados que foram satisfatórios, relevando um índice elevado de adsorção dos contaminantes propostos para o estudo.

O resultado da adsorção dos valores de pH inicial das soluções dos adsorvatos ajustados pelos modelos de Langmuir e Freundlich identificou que a adsorção desses nos carvões ativados necessita de seus grupos superficiais, e também da porosidade e da área superficial dos carvões. O carvão comercial e aquele com agente ativante K₂CO₃ possuem maior área superficial, além disso, foram utilizados como suporte para a produção dos compósitos e impregnação de ferro, com objetivo de testá-los na oxidação de azul de metileno e decomposição de H₂O₂ utilizando-o como agente oxidante. Os experimentos catalíticos constataram a elevada capacidade de oxidação de azul de metileno e de decomposição de H₂O₂ (DE CASTRO, 2009).

De Castro (2009) constatou que os compósitos a partir do carvão da borra com K₂CO₃ mostraram-se mais ativos, seja na oxidação do corante, quanto na decomposição de H₂O₂, resultando maior remoção do corante, além de resultar um aumento nos produtos intermediários de oxidação. Foi concluído ainda pelo autor que a produção do biocarvão em processos que sejam de descontaminação ambiental pode ser considerado por meio de dois vieses: para a produção de carvão ativado e carvão ativado por óxido de ferro, bem como para adsorção de poluentes, representando uma maior remoção para poluentes orgânicos através da oxidação e adsorção.

Batista et al. (2012) utilizou um filtro de camada simples em que a área filtrante foi confeccionada a partir da matéria prima torta de café, decorrente da borra de café após a extração do óleo obtida por sistema do tipo soxhlet. O

experimento foi realizado em pH 5 e 7, pesando-se quantidades crescentes de adsorvente em Erlenmeyer, acrescentando-se um volume fixo de 50 mL de solução aquosa fortificada com o pesticida glifosato a 40 ppm. Foi efetuado o experimento de remoção via agitação em incubadora durante uma hora e trinta minutos, submetendo, por conseguinte, à filtração em Millipore, de modo que para a análise das amostras e padrões do pesticida organofosforado foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência com detector de UV/vis. Com isso, pode-se constatar que quando a massa dos adsorventes da remoção de glifosato se eleva, ocorre um aumento na adsorção de glifosato pela torta de café no pH 5,0 e 7,0. Destaca-se que em pH 7,0 manteve-se a capacidade de adsorção do glifosato pelo adsorvente torta de café, nos casos em que comparado ao pH 5,0. Por fim, o filtro de camada simples foi aplicado na purificação de água contaminada por glifosato e obteve resultados que demonstraram a eficácia da utilização deste material como adsorvente em filtros purificadores no tratamento de águas contaminadas por pesticidas (BATISTA et al. 2012).

Boniolo (2016) avaliou por meio da biossorção a redução da concentração de urânio em soluções e em amostras de águas em que foram escolhidas as biomassas borra de café, sementes de moringa e cascas da banana. O preparo das mesmas foi composto pelas etapas de secagem, seguida de moagem e peneiramento. Então, realizaram-se ensaios de microscopia eletrônica de varredura, análise termogravimétrica e porosimetria de adsorção de nitrogênio.

Assim, iniciaram-se os ensaios em batelada como a quantificação dos íons de urânio total por técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente, além de pH, tamanho e massa do biossorvente, concentração inicial da solução de urânio, temperatura do ensaio e tempo de contato. Dentre os biossorventes estudados com maiores valores de remoção destacaram-se as sementes de moringa com aproximadamente 0,8, depois a borra de café cerca de 0,7 e por fim as cascas de banana perto de 0,5 (BONIOLO, 2016).

Roldi (2018) analisou a casca de café e a borra de café, in natura e carbonizadas, a fim de obter por adsorção a retirada do 2,4-D. Foram avaliados os aspectos básicos desses materiais por termogravimetria, análise de área

superficial específica, ponto de carga zero e microscopia eletrônica de varredura. Foram realizados experimentos para se determinar o tempo de equilíbrio e a massa de adsorvente a ser utilizada, todavia só foi verificada a adsorção de 2,4-D utilizando a borra e a casca de café carbonizada. Com isso, os estudos de adsorção que variou o pH da solução e a concentração inicial de 2,4-D foram direcionados apenas para os mesmos.

Assim, Roldi (2018) aplicou as isotermas de Langmuir e Freundlich para a determinação de parâmetros do processo de adsorção. Em igual sentido, a borra de café alcançou maior adsorção quando comparada à casca de café, mas os dois tiveram resultados inferiores ao carvão ativado. De acordo com os pH's estabelecidos, constata-se que a remoção de 2,4-D foi maior em todos os adsorventes estudados em pH's ácidos.

Segundo Jung et al. (2016), o carvão ativado produzido à base de biomassa alcançou resultados relevantes, retendo o pó de carvão ativado derivado dos grãos de café usados nas esferas de alginato de cálcio para a remoção de laranja ácida e azul de metileno de meios aquosos. A cinética de adsorção foi bem delimitada pelo modelo de difusão dos poros, que revelou que a difusão dos poros era a etapa de limitação da taxa durante o processo de adsorção.

O equilíbrio isotérmico e o calor isotérico da adsorção aduzem que o carvão ativado a partir dos grãos de café possui uma superfície energeticamente heterogênea e opera via processo endotérmico na natureza. As capacidades máximas de adsorção desse carvão para a adsorção da laranja ácida (pH 3,0) e azul de metileno (pH 11,0) foram 665,9 miligrama para grama e 986,8 miligrama para grama a 30 °C, respectivamente. Por fim, os testes de regeneração confirmaram ainda que o carvão ativado produzido dos grãos de café tem um potencial promissor em sua capacidade de reutilização, mostrando uma eficiência de remoção superior a 80%, mesmo após sete ciclos consecutivos (JUNG et al., 2016).

2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de águas e efluentes tem como principal objetivo controlar a poluição das águas e desta forma, minimizar a geração de contaminantes que sejam tóxicos. Nos últimos anos, a ênfase é de utilizar procedimentos diferentes para aumentar o potencial de carvão ativado para contaminantes específicos, alcançando os carbonos modificados na superfície do carvão ativado (BHATNAGAR et al., 2013).

Assim, o carvão ativado produzido a partir da já mencionada matéria-prima borra de café pode ser utilizado no tratamento da água utilizada nas indústrias de alimentícia, bebidas, farmacêuticas e na osmose inversa.

Entretanto, a eficácia do carvão perpassa por uma avaliação que pode ser chamada de isoterma de adsorção. Esse procedimento aponta a correlação entre a quantidade adsorvida por fração de peso contida no adsorvente e da qualidade. O principal indicador da isoterma é o número e concentração de compostos na solução inicial (MULLER et al., 2009).

Tendo em vista a afirmativa de que resíduos do café que não são destinados corretamente, podem gerar degradação ambiental a partir da mudança do pH do solo, bem como poluição a partir do carreamento de cafeína nas águas dos lençóis freáticos e dos rios. Natural Tec (2018, p. 1) destaca-se que:

Águas de fontes naturais podem apresentar casos em que ácidos húmicos estão presentes em concentrações tão altas que afetam o gosto. Águas de rios, mesmo após filtração, podem conter inúmeros compostos orgânicos dos quais, normalmente apenas uma pequena fração pode ser identificada. Outra vez, podem estar contaminadas por resíduos de pesticidas, herbicidas ou inseticidas, usados na agricultura. Estes poluentes, além de afetarem o odor e sabor, podem apresentar efeitos tóxicos sobre os seres humanos.

Assim, de acordo com o aludido portal, é comum a utilização do Carbono Ativado pulverizado, em diferentes dosagens, nos processos de tratamento de águas municipais em que se adsorve compostos indesejáveis e é extraído, em seguida, nos decantadores. Portanto, a população permanece isolada da ação destes agentes nocivos. Natural Tec (2018, p. 1) diz que:

Nesse sentido, o Carvão Ativado a partir da borra de café pode ser aplicado em efluentes líquidos industriais, dos quais extrai-se contaminantes. Pode ser usado em fase final de processo biológico em colunas de leito fixo, na fase de polimento, removendo cor ou componentes específicos como por exemplo mercúrio. Também em sistemas tipo lodos ativados, fazendo a remoção de cor e/ou enriquecendo o lodo no número de bactérias por centímetro cúbico. Como suporte para microorganismos em sistemas de filtros biológicos ou processos anaeróbicos.

Choong (2017), avaliou a adsorção de íons de prata nas águas derivadas de procedimentos industriais utilizando resíduos de café como matéria-prima adsorvente. Verificou-se que os grupos funcionais como grupos -COO- e -OH- em grãos de café desempenham um papel importante na adsorção de íons prata por espectro do infravermelho, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de raio x.

Dois modelos de isotérmica de adsorção, Langmuir e Freundlich, foram utilizados para analisar os dados de equilíbrio. A isoterma de Langmuir, que proporcionou a melhor correlação para adsorção de prata em grãos de café. A adsorção foi uma reação exotérmica e o maior equilíbrio foi alcançado em menos de 60 minutos. A partir desses resultados, os resíduos de café em pó demonstraram grande possibilidade de serem utilizados como adsorvente eficaz de baixo custo para adsorção de prata (CHOONG, 2017).

De Costa (2015) estudou a capacidade de tratamentos de águas oleosas a partir da flotação por ar dissolvido em conjunto a um biossurfactante, comparando-os sem um coletor para teste branco e também, a adsorção, utilizando bioadsorventes alternativos para remoção do óleo. Os bioadsorventes foram examinados por termogravimetria, área superficial, análise química, e espectroscopia no infravermelho com transformada de fourier.

Assim, De Costa (2015) concluiu que o biossurfactante aumenta a capacidade do processo em relação ao coletor. Do mesmo modo, o biossurfactante atingiu uma maior remoção em relação ao oleato de sódio. Ademais, possui uma eficiência no aumento de separação da flotação por ar dissolvido, os biossurfactantes motivam um amplo estudo nas práticas sustentáveis.

Pereira (2014) utilizou o método de bioadsorção para remoção dos herbicidas atrazina, quinclorac e glifosato da água. Assim, a pesquisa tinha o

objetivo de identificar a capacidade de um adsorvente utilizado no ramo agrícola e de baixo custo, como a casca da laranja, pinha e casca de arroz, e remover esses produtos químicos.

Com isso, os métodos utilizados foram a termodinâmica, cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa, e a determinação da variação da energia livre de gibbs a fim de avaliar a capacidade de adsorção. A pesquisa forneceu dados para a formulação de um modelo matemático com o intuito de melhorar a qualidade das águas (PEREIRA, 2014).

Ainda, Tokimoto et al. (2005) verificaram que a borra de café pode ser utilizada para remover chumbo, na forma iônica medindo seu teor de gordura e proteína, além de isoterma e taxas de adsorção para íons de chumbo, em tratamentos de água para consumo humano. O número de íons de chumbo adsorvido pelos grãos de café não dependia do tipo de café em grão ou da temperatura em que os experimentos de adsorção foram realizados. A taxa de adsorção de íons de chumbo pelos grãos de café foi diretamente proporcional à quantidade de grãos de café adicionados à solução.

Tokimoto et al. (2005) observaram quando os grãos de café eram desengordurados ou fervidos, o número de íons de chumbo diminuía. Quando as proteínas contidas nos grãos de café foram desnaturadas, a adsorção de íons de chumbo foi consideravelmente reduzida. A capacidade de adsorção de íons de chumbo dos grãos de café diminuiu com o aumento da concentração de ácido perclórico usado para tratá-los e desapareceu com 10% de ácido perclórico.

Esse processo de adsorção ocorre através das proteínas presentes nos grânulos da borra de café, em que as proteínas contidas nos grãos de café dependem da adsorção do íon chumbo. Assim provando que esse resíduo pode ser utilizado para fins mais nobres do que simplesmente a incineração. O presente estudo deu uma resposta afirmativa à possibilidade de usar borra de café, um desperdício alimentar abundante, para retirar da água potável íons de chumbo (TOKIMOTO et al., 2005).

Com isso, a partir de inúmeros estudos, pode-se concluir que a borra de café possui características favoráveis ao método de adsorção para o tratamento de água, apresentando-se como matéria prima de baixo custo, sendo certo que

sua utilização para tal finalidade propicia a diminuição dos resíduos de café no meio ambiente.

Pode-se concluir que a utilização da borra de café pode ser explorada no tratamento de água, seja no meio doméstico ou até mesmo nas indústrias, ou redes de tratamentos municipais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os estudos sobre o presente trabalho, atestou-se que o tratamento de águas poluídas utilizando a borra de café em um processo de adsorção pode ser realizada com resultados positivos. Este conjunto (técnica + matéria prima) possui um potencial de características desejáveis, conferindo baixos custos, grandes eficiências e modos sustentáveis para tal finalidade.

Por conseguinte, segundo dados, certificou-se que as borras de café apresentaram eficiência de remoção igual a 93,58%, apontando um índice elevado de adsorção dos contaminantes propostos e principalmente a redução de grandes causadores de ameaça à saúde da população.

Por esta razão, fica demonstrado que a borra de café pode ser empregada nos processos de tratamento de água. Essa alternativa mostra-se ser útil no âmbito municipal, no meio doméstico e no ramo industrial, abastecendo toda a demanda de seu local bem como sucederia um gasto a menos com materiais, reagentes e processos para o tratamento de toda água potável. Consequentemente, haverá uma diminuição de contaminantes na água e acúmulo dos resíduos de café no meio ambiente.

4. REFERÊNCIAS

- ASSESSORIA DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO E GESTÃO ESTRATÉGICA - ADEG. **Gestão Socioambiental**. ed. 35, p. 6, 2018 . Disponível em: <
https://www.trf3.jus.br/documentos/adeq/Socioambiental/Boletim_Socioambiental/boletim_ambiental-35.pdf> Acesso em: 06 jun. 2020.
- BATISTA, L. R., PEREIRA, J., SILVA, M. A. A.. **Produção de Filtros de Purificação de Água a Partir de Co-Produtos da Produção de Biodiesel Etílico de Óleo de Borra de Café**. 2012. Disponível em: <
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ih7dAcEDMfcJ:www.s>

bpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/3883.htm+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 15 abril 2020.

BHATNAGAR, A.; HOGLAND, W.; MARQUES, M.; SILLANPÄÄ, M. **An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications**. Chemical Engineering Journal, v. 219, p. 499-511, 2013. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894712016786>> Acesso em: 22 maio 2020.

BONIOLO, M. R. **Remoção de urânio em águas de drenagem ácida minas por técnicas de biossorção**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro- São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/137947>> Acesso em: 21 maio 2020.

CHOONG, J. **Adsorption of silver ions from industrial wastewater using waste coffee grounds**. Korean Journal of Chemical Engineering. v. 34, p. 384-391, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11814-016-0253-9>>. Acesso em: 22 maio 2020.

CLARK, H. L. M. **Remoção de fenilalanina por adsorvente produzido a partir da torta prensada de grãos defeituosos de café**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte- Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/URMR-87QMYW/1/dissertacaofinal.pdf>> Acesso em: 28 maio 2020.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003, 6 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86346/192226.pdf?sequence>>. Acesso em: 15 abril 2020.

COSTA, Regina Helena Pacca. **Reuso da água: conceitos, teoria e práticas**. São Paulo: Blucher, 2010.

DE CASTRO, C. S. **Preparação do carvão ativado a partir da borra de café: uso como adsorvente e como suporte catalítico para a remoção de poluentes orgânicos em meio aquoso**. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009. 92 p. Disponível em: <repositorio.ufla.br/handle/1/2654>. Acesso em: 14 jun. 2020.

DE COSTA, P. D. **Tratamento de águas oleosas por meio da flotação por ar dissolvido (FAD) com o uso de biossurfactantes e adsorção utilizando bioadsorventes**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/tratamento-de-aguas-oleosas-por-meio-da-flotacao-por-ar-dissolvido-fad-com-o-uso-de-biossurfactantes-e-adsorcao-utilizando-bioadsorventes/>> Acesso em: 22 maio 2020.

- FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; FERREIRA, M. E. **Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds.** Desalination, v. 249, p. 267- 272, 2009. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916409008376>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- JUNG, K.; CHOI, B.H.;HWANG, M.; JEONG, T.; AHN, K. **Fabrication of granular activated carbons derived from spent coffee grounds by entrapment in calcium alginate beads for adsorption of acid orange 7 andmethylene blue,** v. 219, p. 185-195, 2016. Disponível em: <[sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241631077X](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241631077X)> Acesso em: 28 maio 2020.
- LOPES, R. P. F.: **Remoção de cobre em efluente sintético por adsorção.** Trabalho de Conclusão de Curso. Dissertação (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016, 48 f. Disponível em: < <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/2277>> Acesso em: 06 jun. 2020.
- MAGALHÃES, E. H. P.; **Resíduo de café (borra) e seu efeito no carbono orgânico e nos atributos microbiológicos do solo cultivado com cafeeiro orgânico.** Trabalho de Conclusão de Curso. Dissertação (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: < https://bdm.unb.br/bitstream/10483/5965/1/2013_EduardoHenriquePortoMagalhães.pdf> Acesso em: 20 jun. 2020.
- MULLER, C.C.; RAYA-RODRIGUEZ, M. T.; CYBIS, L. F. **Adsorção de carvão ativado em pó para remoção de microcistina em água de abastecimento público.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, Jan./Março 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522009000100004&script=sci_arttext> Acesso em: 06 jun. 2020.
- NATURAL TEC: **Carvão ativado – Ficha técnica.** p.1, 2018. Disponível em: < <http://www.naturaltec.com.br/carvao-ativado-ficha-tecnica/>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- NATURAL TEC: **Tratamento de Efluentes.** p. 1, 2018. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/efluentes-tratamento/>>. Acesso em: 13 jun. 2020.
- OUELLETTE, J. **Borra de café pode ajudar no tratamento de água.** 2016. Disponível em: <<https://gizmodo.uol.com.br/borra-de-cafe-tratamento- agua/>>. Acesso em: 05 jun. 2020.
- PEREIRA, P. J. **Utilização de resíduos agrícolas e florestais como biosorventes de herbicidas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica, Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em:< <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/20745>> Acesso em: 22 maio 2020.
- PLAZA, M.G.; GONZÁLEZ, A.S.; PEVIDA, C.; PIS, J.J.; RUBIERA, F. **Valorisation of spent coffee grounds as CO2 adsorbents for postcombustion capture applications.** Applied Energy, [s.l.], v. 99, p. 272- 279, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.028>>. Acesso em: 05 abril 2020.

ROLDI, L. L. **Avaliação da capacidade de adsorção da borra de café e da casca de café na remoção de 2,4-D em amostras de água.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/jspui/handle/10/10903>> Acesso em: 21 maio 2020.

TOKIMOTO, T.; KAWASAK, N.; NAKAMURA, T.; AKUTAGAWA, J.; TANADA, S.. **Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 281, n. 1, p. 56-61, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.083>>. Acesso em: 05 abril 2020.