

TRATAMENTO TERCIÁRIO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA APÓS FILTRAÇÃO COM BIOCHAR DO BAGAÇO DA LARANJA

TRATAMIENTO TERCIARIO DE ÁGUAS RESIDUALES: ANÁLISIS
MICROBIOLÓGICO TRAS LA FILTRACIÓN CON BIOCHAR DE BAGAZO
DE NARANJA

TERTIARY WASTEWATER TREATMENT: MICROBIOLOGICAL ANALYSIS
AFTER ORANGE BIOCHAR FILTRATION

Erik Santos Passos¹; Roseanne Santos de Carvalho²; Gregório Guirada Faccioli³; Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho⁴; Rômulo Alves de Oliveira⁵.

1. Doutorando pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) (POSDEHA) da Universidade Federal do Ceará e Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal de Sergipe. Email: erikspassos@gmail.com
2. Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe, e Professora Efetiva do Instituto Federal de Sergipe na área de Edificações. Email: roseanne.carvalho@ifs.edu.br
3. Pós-doutorado na Universidade de Sevilha (Espanha) no Departamento de Geografia Física, Doutorado e Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, e Professor Associado do Departamento de Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe. Email: gregorioufs@gmail.com
4. Doutorado e Mestrado em Ciências pela Universidade de São Paulo, e Professora Associada na Universidade Federal de Sergipe onde leciona disciplinas de Química Geral, Analítica e Ambiental. Email: laurapalm@yahoo.com
5. Doutorado e Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, e Professor Efetivo do Instituto Federal de Sergipe. Email: romulo.oliveir@uol.com.br

RESUMO

O crescente problema mundial no abastecimento de água, fruto do esgotamento dos aquíferos subterrâneos, bem como pela queda na qualidade da água disponível, idealizou uma busca por alternativas para reutilização e aproveitamento das águas domésticas para atividades com fins não potáveis. Contudo, águas residuárias frequentemente estão sujeitas ao risco de agentes patogênicos e infecciosos que apresentam grandes preocupações à saúde e segurança da população. Sendo assim, o artigo analisa a eficiência de um tratamento terciário de águas residuárias composto de carvão produzido do bagaço da laranja, fazendo-se uma análise microbiológica para avaliar a possibilidade de reuso na agricultura. Isto posto, o estudo microbiológico destacou as significativas melhorias encontradas no efluente após o tratamento terciário, possibilitando uma remoção de 99,07% de coliformes termotolerantes com o biocarvão e 92,22 % com carvão comercial.

PALAVRAS-CHAVE

Águas domésticas; Reuso; Adsorção

RESUMEN

El creciente problema de abastecimiento de agua a nivel mundial, debido al agotamiento de los acuíferos subterráneos y a la disminución de la calidad del agua disponible, ha llevado a la búsqueda de alternativas para la reutilización del agua doméstica con fines no potables. Sin embargo, las aguas residuales suelen estar sujetas al riesgo de agentes patógenos e infecciosos que suponen una gran preocupación para la salud y la seguridad de la población. Por lo tanto, este trabajo analiza la eficiencia de un tratamiento terciario de aguas residuales compuesto por carbón vegetal producido a partir de bagazo de naranja, realizando un análisis microbiológico para evaluar la posibilidad de reutilización en la agricultura. Dicho esto, el estudio microbiológico puso de manifiesto las importantes mejoras encontradas en el efluente tras el tratamiento terciario, permitiendo una eliminación del 99,07% de los coliformes termotolerantes con el biocarbón y del 92,22% con el carbón comercial.

PALABRAS CLAVE

Agua doméstica; Reutilización; Adsorción

ABSTRACT

The growing global water supply problem, due to the depletion of groundwater aquifers and the declining quality of available water, has led to a search for alternatives for the reuse of domestic water for non-potable purposes. However, wastewater is often subject to the risk of pathogens and infectious agents that present major concerns for the health and safety of the population. Therefore, this paper analyzes the efficiency of a tertiary wastewater treatment consisting of charcoal produced from orange pomace, and performs a microbiological analysis to evaluate the possibility of reuse in agriculture. That said, the microbiological study highlighted the significant improvements found in the effluent after tertiary treatment, enabling a removal of 99.07% of thermotolerant coliforms with biochar and 92.22% with commercial charcoal.

KEY WORDS

Domestic water; Reuse; Adsorption

1 INTRODUÇÃO

Diante de um assunto que preocupa a todos, a sociedade perpassa por uma pungente crise hídrica. A reutilização de águas residuárias tornou-se um enfoque de grande relevância nos últimos anos, isso porque é uma alternativa que alia o baixo custo e o tratamento simplificado para reciclar efluentes e enquadra-los em níveis aceitáveis de reuso. As políticas públicas e os avanços científicos têm sido voltados para sistemas que possibilitem o tratamento adequado de efluentes domésticos e suas possíveis aplicações da água proveniente do reuso, proporcionando um menor consumo de água potável para tarefas que não necessitam de tal potabilidade.

O reúso das águas de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para as comunidades em que essa prática é inserida, sendo uma das alternativas no combate a escassez de água numa região que apresenta taxas anuais de evaporação em média cinco vezes maiores que as de precipitação, o que gera uma condição natural de semiaridez que deve ser entendida como forma de estimular novas ideias e práticas de uso e reúso da água. Todavia, o uso consciente da água e o reúso ainda são incipientes no Brasil e sua regulamentação ainda é incompleta, tanto na escala nacional, quanto na estadual (SCHAER-BARBOSA *et al.*, 2014).

Inúmeros países já utilizam a prática da tecnologia do reúso e possuem regulamentações peculiares na temática. Entretanto, o avanço da tecnologia e o aumento populacional são responsáveis pela existência de substâncias ou compostos químicos tóxicos e atóxicos nas águas residuárias, nos quais acabam atingindo o meio ambiente, podendo ser nocivo à fauna, à flora e até ao próprio homem.

As Resoluções CONAMA N° 357/2005 (CONAMA, 2005) e N° 430/2011 definem diretrizes de qualidade da água a serem observadas de acordo com o uso preponderante dos cursos d'água, contudo não retratam em todo seu conteúdo sobre a temática do reúso. Apesar da existência de legislações aplicáveis, planos de gerenciamento de recursos hídricos e normas regulamentadoras, uma parcela significativa de efluente é lançada aos corpos hídricos recebendo tratamento inadequado ou sequer recebendo algum tratamento (BRASIL, 2020).

De acordo o diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil no ano de 2019, apenas 54% do esgoto gerado era coletado e, desta parcela, 78% recebia algum tipo de tratamento. Porém, considerando todo o esgoto gerado (incluindo o não coletado), apenas 49% passava por algum tipo de tratamento (BRASIL, 2020). Desta porcentagem, os principais sistemas de tratamento são ao nível secundário, sendo eles reatores anaeróbios (37% do total no Brasil), lagoas (35%) e lodos ativados (10%) (ANA, 2020).

Para Aquino *et al.*, (2013), os tratamentos convencionais por não terem sido, sobretudo, projetados com o objetivo de remoção de compostos decorrentes do avanço tecnológico, requerem uma etapa complementar para que se possa alcançar este fim. Estudos recentes apontam os processos oxidativos avançados (MICHAEL-KORDATOU *et al.*, 2018), filtração em carvão ativado (BENSTOEM *et al.*, 2017), processos com membranas de nanofiltração (LIMA *et al.*, 2014), entre outros. Belisário *et al.*, (2009), assinalam que o processo da adsorção pode ser utilizado

na remoção de poluentes com elevada eficácia. Os processos adsorptivos apresentam-se economicamente viáveis, e vem despertando interesses em relação à pesquisa de novos materiais que possam ser utilizados como adsorventes, podendo dar destaque à bioadsorção.

O carvão ativado, considerado um poderoso adsorvente, é um termo utilizado para designar vários materiais de fonte carbonácea com alta porosidade e grande área superficial (YAHYA, 2015). Apesar de sua eficiência elevada, o alto custo desse material devido a sua matéria prima precursora impede que ele seja utilizado em larga escala. Por conseguinte, há uma busca por matérias primas mais acessíveis, como é o caso dos resíduos agroindustriais, formadores dos biossorventes (BERNARDO, 2016). Atualmente, diversos materiais ou resíduos são estudados como bioadsorventes: a serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar, bagaço da casca de coco e casca de banana. Frequentemente, esses resíduos mostraram-se viáveis na produção de carvão ativado de alta qualidade.

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, assim como foi em 1990 e 2016 (FAO, 2018). A cada cinco copos de suco de laranja consumidos no mundo, três são de origem brasileira (NEVES *et al.*, 2010). Contudo, o resíduo da laranja se configura também como um resíduo produzido em grandes quantidades, e o aproveitamento dele evita o seu descarte inapropriado, já que pode causar diversos problemas econômicos e ambientais, principalmente devido à sua elevada fermentação. Destarte, parte do bagaço tem sido utilizado como aditivo na alimentação de ruminantes e outra parte é descartada sem uso algum, assim indústrias e consumidores buscam por alternativas ecologicamente corretas para destinação desses resíduos, o que inclui a sua utilização como um bioadsorvente no tratamento de águas residuais.

Desta maneira, nota-se a importância de dar um destino a esse bagaço, bem como de reutilizar águas residuais para atividades ou ações na agricultura, logo o objetivo deste capítulo consiste na análise microbiológica de águas residuárias antes e após tratamento terciário com biocarvão à base do bagaço da laranja. O estudo tem caráter quantitativo, com natureza aplicada e finalidade descritiva-explicativa, observando de forma experimental os resultados acerca do objeto de estudo e buscando descrever como ocorreu os fenômenos e devido ao que eles ocorreram.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente tratado utilizado no experimento foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Rosa Elze, localizada no bairro do Rosa Elze, município de São Cristóvão, estado de

Sergipe. A ETE trata as águas residuárias geradas pelos bairros do Rosa Elze e Eduardo Gomes, atuando com vazão aproximada de $7,6 \text{ L.s}^{-1}$, composta por 05 (cinco) lagoas de estabilização disposta em série, sendo duas facultativas e três de maturação perfazendo uma área total de 29.650m^2 . A ETE Rosa Elze foi construída na década de 80 e é mantida e operada pela Companhia de Abastecimento de Água de Sergipe (DESO) (CARVALHO *et al.*, 2013).

As águas residuárias do estudo foram coletadas e transportadas semanalmente por meio de reservatórios plásticos de 20 litros com tampa, seguindo os procedimentos de coleta de efluentes líquidos descritos na NBR 9898 (ABNT, 1987), assegurando a segurança dos pesquisadores e evitando riscos de contaminação das amostras. A coleta era realizada sempre no mesmo dia da semana e horário, e as amostras foram conservadas em refrigerador. O ponto de coleta era o efluente de saída da ETE, ou seja, após seu tratamento primário e secundário feitos por lagoas de estabilização.

O biocarvão utilizado nos filtros foi carbonizado numa mufla, primeiro recolheu-se o bagaço da laranja proveniente da lanchonete da Universidade Federal de Sergipe, esse bagaço foi espremido e lavado com água e logo após foi cortado em pedaços (Figura 01) e colocados sobre uma bandeja de aço inoxidável numa estufa por cerca de 48 horas numa temperatura de 105°C . Logo após retirou-se o bagaço já seco e o moeu num macro moinho de facas, imediatamente depois colocou-se o material em sacos plásticos para homogeneização.

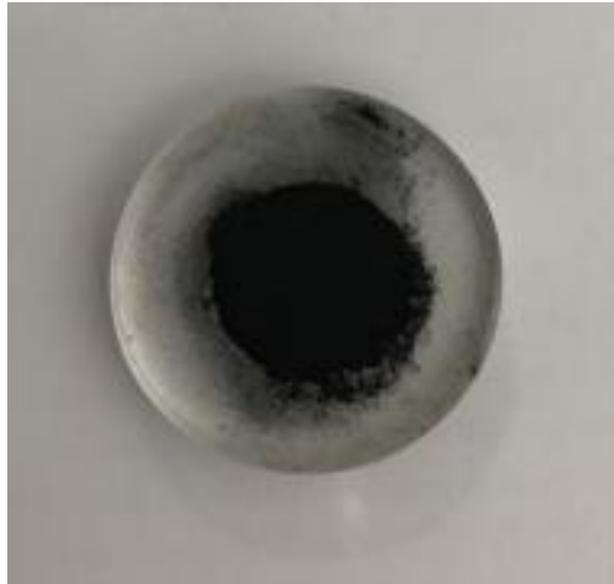
Figura 01 - Laranja cortada em pedaços.



Fonte: Autores (2018).

A produção na mufla, modelo Jung, iniciou colocando 25 gramas do material em 18 cadinhos de porcelana, logo após levou-se os cadinhos para a mufla onde ficou numa temperatura de 550°C por cerca de 60 minutos, após retirar da mufla colocou-se as amostras no dessecador para perder a umidade. Retirou-se as amostras do dessecador (Figura 02), pesou-se o carvão adquirido e acondicionou os mesmos em sacos plásticos. O processo foi repetido até obter-se cerca de 1 quilo de carvão, com um rendimento médio de 30%, ou seja, para 1 quilo de carvão foram utilizados 3,33 quilos de bagaço de laranja seco em pó.

Figura 02 - Amostra de biocarvão.



Fonte: Autores (2018)

O experimento foi executado no laboratório de química ambiental (LQA), localizado na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE. Foi construída uma bancada de madeira como suporte para duas colunas de filtração de PVC no qual ambas foram preenchidas por dois centímetros de dolomita na parte inferior do filtro, um centímetro de dolomita na parte superior do filtro e entre camadas foi disposto cinco centímetros de carvão ativado do bagaço de laranja em um filtro e no outro o carvão comercial, foram realizados em duplicata duas repetições de filtrações visando estudar a eficiência dos materiais.

As duas colunas de filtração (Figura 03) foram constituídas por garrafas plásticas acopladas de diâmetro aproximado de 5 cm e comprimento de 30 cm; os tubos foram dispostos verticalmente e em suas extremidades inferiores foram colocadas telas presas a elásticos para a contenção da dolomita e todo o sistema. Além disso, foram colocados *beckers* abaixo dos filtros para as devidas coletas do efluente filtrado. Para promover a alimentação dos filtros foram adaptadas manguieras em seringas plásticas para que não houvesse impacto da altura de queda do efluente no Sistema.

Figura 03 - Filtros dispostos na bancada de filtragem.



Fonte: Autores (2018)

Foram coletadas duas amostras de 100 mL do efluente direto das lagoas e de efluentes após filtragem com o biocarvão e o carvão comercial, todas as análises foram encaminhadas ao Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS) e efetuada a análise dos resultados conforme a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 e N° 430, de 13 de maio de 2011. Desse modo, foi possível obter-se determinados índices de coliformes totais e coliformes termotolerantes, pelo método descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).

A eficiência do filtro será verificada de acordo com o modelo proposto por Von Sperling (2014) o qual está expresso na Equação abaixo. Por meio da caracterização das amostras antes e após o tratamento, será possível concluir a eficiência do tratamento e suas possíveis aplicações para o reúso em fins não potáveis.

$$E = ((Ca - Ce) / Ca) \times 100$$

Onde:

E: Eficiência (%);

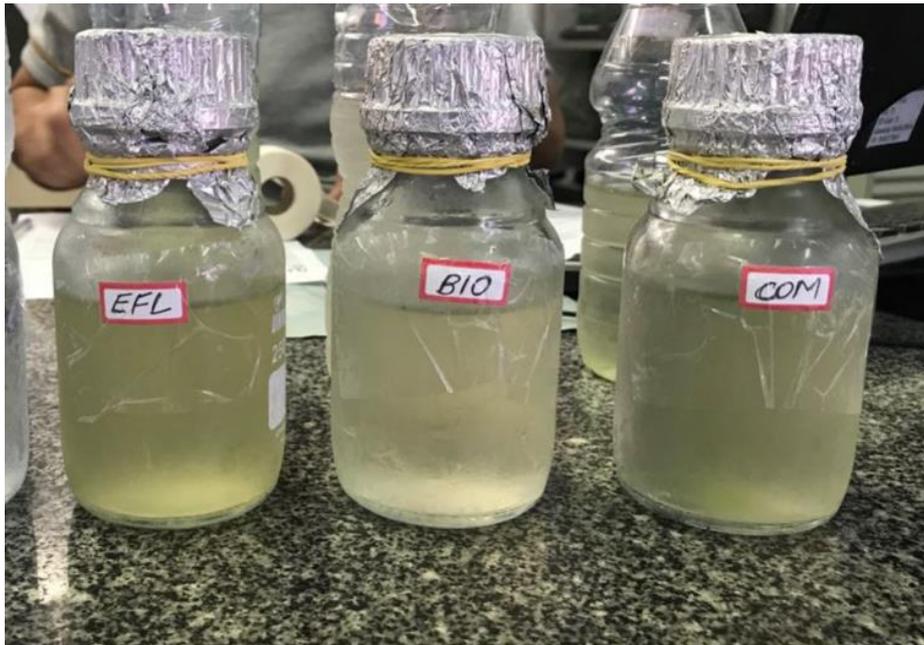
Ca: Concentração afluente (UNID);

Ce: Concentração efluente (UNID).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível obter os valores de coliformes termotolerantes em duas análises junto ao ITPS. Seguiu-se todas recomendações e as amostras foram levadas em vasilhames de vidro conforme a Figura 04 devidamente acondicionadas em isopor com gelo e no menor intervalo de tempo possível levadas ao ITPS. As amostras na imagem correspondem, respectivamente, EFL: efluente tratado, BIO: filtragem com biocarvão e COM: filtragem com carvão comercial ativado.

Figura 04 - Amostras dos efluentes



Fonte: Autores (2018)

O ambiente de águas residuárias é um ambiente ideal para uma ampla gama de micro-organismos, especialmente bactérias, vírus e protozoários. A maioria é inofensiva e pode ser utilizada no tratamento de esgoto biológico, mas o esgoto também contém micro-organismos patogênicos, que são excretados em grandes quantidades por indivíduos doentes e por um transportador assintomático (ABDEL-RAOUF; AL-HOMAIDAN e IBRAHEEM, 2012).

Segundo as regulamentações da NBR 13.969 (ABNT, 1997), que trata de tanques sépticos, a concentração dos poluentes para a realização do reúso na irrigação é de 5.000 NMP/100 mL de efluente, estando o efluente filtrado com biocarvão dentro do limite esperado. Já os outros tratamentos realizados não atendem ao parâmetro. Sendo assim, conforme Tabela 01 a filtragem com o biocarvão promoveu a remoção mais eficaz, podendo ser aplicado em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Tabela 01- Caracterização microbiológica das amostras de efluente.

PARÂMETRO*	UNIDADE	EFL	BIO	COM	NBR 13.969 (1997)
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 mL	$<2,7 \cdot 10^5$	$<2,5 \cdot 10^3$	$<2,1 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$

*NMP: número máximo provável; BIO: filtração com biocarvão; COM: filtração com carvão comercial ativado; EFL: efluente tratado. Fonte: Autores (2018)

O tratamento em questão possibilitou uma eficiência de 99,07% de remoção para o biocarvão do bagaço da laranja, enquanto que utilizando-se o carvão ativado comercial a eficiência caiu para 92,22%. Altman *et al.*, (2016), utilizaram filtros de carvão ativado granular em escala piloto no pós-tratamento de efluente para remover fósforo e contaminantes emergentes alcançando uma remoção de 85% de fósforo total e verificaram que os 15 contaminantes emergentes estudados foram completamente removidos durante os primeiros 50 dias de operação.

No estudo de Júnior *et al.*, (2021), notou-se que o desempenho médio para as nove semanas de estudo teve valores de 22,17% de remoção de coliformes termotolerantes das águas residuárias para o filtro lento convencional de areia. Enquanto que para o filtro lento com camada adicional de carvão ativado os valores médios chegaram a 26,52% de remoção de coliformes termotolerantes.

Segundo Buma (2017), dentre os microrganismos pertencentes à família Enterobacteriaceae, *E. coli* é o indicador mais confiável na identificação da contaminação de origem fecal humano e animal porque é o único do grupo coliforme que é exclusivamente de origem fecal. Diferente das espécies pertencentes aos gêneros Klebsiella, Enterobacter e Citobacter que não são de origem exclusivamente fecal. No entanto, podem ser facilmente isolados no solo, em águas ambientais ricas em nutrientes, nas plantas, na matéria orgânica em decomposição e outras matrizes ambientais. Deste modo, a presença de coliformes termotolerantes em águas ambientais não significa categoricamente que tenham sido provenientes de origem fecal.

Conforme destaca Linhares (2017), o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento no meio ambiente provoca uma série de impactos no ecossistema aquático que indiretamente podem afetar o bem-estar e a saúde pública da população, os principais são: decaimento do oxigênio dissolvido dos corpos d'água, incorporação de organismos patogênicos no meio aquático e a eutrofização causada pelo excesso de nutrientes nos cursos d'água e represas.

O tratamento terciário consiste em uma etapa de tratamento avançado para aprimorar a qualidade do efluente que, apesar de ter passado por tratamento físico e biológico em uma estação de tratamento de esgoto, ainda não atinge condições mínimas para lançamento ou reuso do efluente (HENDRICKS, 2011). Apesar da inclusão do tratamento terciário ter crescido gradativamente nos últimos anos, muitas regiões, principalmente em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, ainda dispõem somente do tratamento biológico por sua baixa complexidade ou sequer tratam o efluente antes de lançar aos corpos d'água (METCALF & EDDY, 2016; WWAP, 2017).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), a utilização das águas residuárias tratadas para usos com finalidades não potáveis é uma alternativa promissora, e que deve ser desenvolvida e incentivada. Por conseguinte, recentemente, a reutilização de efluente tratado passou a ser empregada para fins menos nobres como: abastecimento das caixas de bacias sanitárias; lavagem de pisos; irrigação de jardins, entre outras. Tal uso ocasiona numa diminuição dos valores de uso da água potável e conseqüentemente na preservação da água potável.

É importante observar que estudos de reuso de águas residuárias tais como de Carvalho *et al.*, (2013), que reutilizaram efluentes domésticos na irrigação de girassóis, Faccioli *et al.*, (2017) na irrigação de variedades de feijão-caupi e Dantas *et al.*, (2014) referência na irrigação de rabanetes, todos apresentaram resultados para coliformes termotolerantes atendendo aos parâmetros da Resolução RDC N°. 12 de 02/01/2001 (ANVISA, 2001), que traz no seu Anexo I, os “Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos”.

No mais, as técnicas e alternativas para reutilizar águas residuais tratadas são promissoras no âmbito do saneamento, quando aliadas a regulamentações e aos padrões de segurança e saúde, auxiliam na preservação do meio ambiente e oferecem vantagens econômicas, sociais e ambientais.

4 CONCLUSÃO

Diante do que foi analisado, conclui-se que é imprescindível tratar adequadamente os efluentes domésticos para posteriormente buscar alternativas de reutilização do mesmo ou lançá-los em mananciais. O estudo mostrou que o filtro reduziu a quantidade de coliformes termotolerantes presentes nas águas residuais, contribuindo significativamente para ciência e para comunidade social que pode aproveitar a temática e dar segmento às pesquisas voltadas para análises mais delicadas.

Cabe destacar também, que foi atendido o parâmetro de 5000 coliformes/100ml para o biocarvão, os resultados encontrados atenderam ao padrão de reuso não potável da NBR 13.969/97 para aplicação na agricultura e refletiu em uma eficiência de 99,07% com o uso do biocarvão e 92,22% com o carvão comercial e assim já possui caráter evolutivo.

O trabalho abre vertentes para diversos temas e pesquisas futuras, já que além de se tratar de uma solução adequada para a reutilização de águas provenientes de residências, leva também em consideração a problemática do descarte de resíduos como o bagaço da laranja. O conhecimento proporcionado ao se pesquisar e conhecer as propriedades que esse filtro propõe, contribui diretamente, tanto para pesquisas futuras voltadas à aplicação de efluentes filtrados na agricultura, quanto para trabalhos voltados à análises físico-químicas e até de micropoluentes emergentes presentes nessas águas residuárias.

Agradecimentos

Ao CNPq e CAPES, pelo financiamento de bolsas de iniciação científica e mestrado.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAOUF, N.; AL-HOMAIDAN, A.; IBRAHEEM, I. Microalgae and wastewater treatment. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 257–275, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.04.005>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas esgotos: atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos no Brasil**. Brasília. p. 44, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução -RDC no. 12, de 2 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em:<http://bvsm.sau.de.gov.br/bvs/sau.delegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html>. Acesso em: 17 fev. 2021.

ALTMAN, J.; REHFELD, D.; TRÄDER, K.; SPERLICH, A.; JEKEL, M. Combination of granular activated carbon adsorption and deep-bed filtration as a single advanced wastewater treatment step for organic micropollutant and phosphorus removal. **Water Research**, v. 92, p. 131-139, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.051>

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed., Washington, 2012.

AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. de L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 18, n. 3, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300002>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527: Água de chuva, Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Tanque sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes- Projeto, construção e operação – NBR 13.969**. Rio de Janeiro, 1997.

BELISÁRIO, M.; BORGES, P. S.; GALAZZI, R. M.; DEL PIERO, P. B.; ZORZAL, P. B.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. O emprego de resíduos naturais no tratamento de efluentes contaminados com fármacos poluentes. **Inter Science Place** 10, v.1, n. 10, p. 1-13, 2009.

BENSTOEM, F.; NAHRSTEDT, B.; BOEHLER, M.; KNOPP, G.; MONTAG, D.; SIEGRIST, H.; PINNEKAMP, J. Performance of granular activated carbon to remove micropollutants from municipal wastewater: A meta-analysis of pilot-and large-scale studies. **Chemosphere**, v. 185, p. 105-118, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.118>

BERNARDO, M.; LAPA, N.; MATOS, L.; FONSECA, L. Critical discussion on activated carbons from bio-wastes environmental risk assessment. **Boletín del Grupo Español del Carbón**, v. 40, p.18-21, 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. 190p. Brasília, 2020.

BUMA, E. L. L. Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Tropical e Saúde Pública) - Universidade Federal de Goiás, 2017.

CARVALHO, R. S.; FILHO, J. S. S.; SANTANA, L. O. G.; *et al.* Influence of wastewater reuse on the microbiological quality of sunflowers for animal feed. **Ambiente e Água**, v. 8, n. 2, p. 157–167, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1116>

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução No. 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em: < w ww.mma.gov.br/ port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2020.

DANTAS, I. L. A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; *et al.* Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Ambiente e Água**, v. 9, n. 1, p. 109–117, 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1220>

FACCIOLI, G. G.; RAMOS, F. S. M.; SANTANA, F. S.; *et al.* Análise das características agrônômicas e microbiológicas do feijão-caupi (*vigna unguiculada* (L.) Walp.) brs nova era e brs

guariba com aplicação de água residuária tratada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 5, p. 1707–1713, 2017. <https://doi.org/10.7127/rbai.v11n500761>

FAO (Food and Agriculture Organization). **Food and agriculture data: production**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 3 jul. 2019.

HENDRICKS, D. **Fundamentals of Water Treatment Unit Processes - Physical, Chemical, and Biological**. IWA Publishing. p. 833. 2011.

JÚNIOR, A. S. M.; NASCIMENTO, P. C.; MERIJ, A. C.; *et al.* Determinação da remoção de coliformes fecais em um sistema de filtro de areia. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 9, n. 1, p. 429-447, 2021.

SOPHIA A., C.; LIMA, E. C. Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 150, p. 1–17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.026>

LINHARES, B. D. **Filtros granulares (areia e carvão ativado) para pós-tratamento de efluente anaeróbio**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

LUCENA, C. Y. D. S.; SANTOS, D. J. R. DOS; SILVA, P. L. S. DA; COSTA, E. D. DA; LUCENA, R. L. O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13321>

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater Engineering - Treatment and Resource Recovery**. 5a ed. McGrall Hill Education, 2016.

MICHAEL-KORDATOU, I.; KARAOLIA, P.; FATTA-KASSINOS, D. The role of operating parameters and oxidative damage mechanisms of advanced chemical oxidation processes in the combat against antibiotic-resistant bacteria and resistance genes present in urban wastewater. **Water research**, v. 129, p. 208-230, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.007>

NEVES, M. F. (Coord). **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, [2010]. Disponível em: https://citrusbr.com/download/Retrato_Citricultura_Brasileira_MarcosFava.pdf. Acesso em: 28 mai. 2019.

WWAP. (United Nations World Water Assessment Programme) **The United Nations World Water Development Report 2017**. Wastewater: The Untapped Resource. Ed. Paris: p. 180, 2017

YAHYA, M. A.; AL-QODAH Z.; NGAH C. W. Z. Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 46, p. 218-235, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.051>