

MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE ÁGUA E EFLUENTE UTILIZANDO FILTROS COM MATERIAIS ALTERNATIVOS: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Raquel de Fátima Carvalho de Castro(*), Rafaella Oliveira Guimarães Santos

* Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos -raquelfatima2011@gmail.com

RESUMO

Visando o abastecimento da água, o tratamento da água e de efluentes é fundamental para a garantia de qualidade, e entre as etapas encontra-se a filtração, podendo ser realizada com materiais alternativos, buscando novos resultados e uma nova utilização para os mesmos. A pesquisa objetivou analisar o panorama atual de pesquisas sobre o desenvolvimento de filtros biológicos utilizando materiais alternativos em suas camadas, visando a sua utilização para filtração da água e/ou efluentes, enfatizando quanto aos tipos de materiais alternativos que podem ser utilizados e a eficiência dos filtros com o uso dos mesmos. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com o uso de seis artigos que demonstram a utilização de diversos materiais como alternativos em sistema de filtração de água e/ou esgoto, dentre eles destaca-se: caroço de açaí, zeólita A, endocarpo de coco, borracha de pneu, rejeito de mineração, espuma de poliuretano, escoria de aciaria, biomassa de casca de café, casca de pinus, casca de banana e pó da folha de mamona. Identificou-se que a grande maioria dos materiais possui eficiência significativa na melhoria de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos da água ou do esgoto, contribuindo para haver novos estudos no que se refere ao tratamento dos mesmos, além de contribuir para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Filtro modificado. Tratamento da água. Tratamento de efluentes. Materiais alternativos.

INTRODUÇÃO

O abastecimento de água com qualidade é uma garantia da efetivação dos princípios fundamentais determinados pela Lei nº 11.445 de 2007, onde estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, o que inclui o abastecimento, a universalização do acesso, qualidade, integralidade, segurança e regularidade dos serviços (BRASIL, 2007).

Diante das necessidades de consumo da água, bem como de melhoria da sua qualidade, é necessário realizar um tratamento, visando uma adequação aos padrões de potabilidade da água bruta, ocorrendo, geralmente, através do tratamento da água, que consiste na remoção das partículas suspensas e dissolvidas, matérias orgânicas, microrganismos e quaisquer substâncias que poluam a água e afetem a saúde humana, através de uma série de processos de tratamento, incluindo sedimentação, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção do pH, desinfecção e fluoretação (BOTERO et al., 2009).

A filtração é uma das formas de tratamento da água, destinada à remoção de poluentes, e caracteriza-se pelo seu princípio de utilização de um meio poroso para a retenção das impurezas da água, podendo remover até mesmo com diâmetros menores que os dos poros da camada filtrante (BRANDÃO et al., 2003). Um método desenvolvido há muitos anos objetivando o tratamento de água por meio da filtração consiste em um sistema com filtro lento de areia capaz de reduzir a cor, turbidez e micro-organismos (DUARTE, 2011).

Esses filtros são operados de forma contínua de modo que a areia sempre fica submersa (ELLIOTT et al., 2011). Alternativamente, podem-se ter modificações do sistema filtrante convencional, cujo meio filtrante consiste, além da areia, em uma camada com outros materiais, como por exemplo, zeólitas naturais (MWABI et al., 2011) ou outros que apresentem maior capacidade de retenção de partículas.

Frente ao exposto, buscou-se analisar o panorama atual de pesquisas sobre o desenvolvimento de filtros biológicos utilizando materiais alternativos em suas camadas, visando a sua utilização para filtração da água. Os dados obtidos são importantes para apontar os materiais que apresentam resultados mais favoráveis, bem como elucidar possíveis materiais ainda não avaliados que podem embasar novas pesquisas.

OBJETIVOS

O objetivo da presente pesquisa é analisar o panorama atual de pesquisas sobre o desenvolvimento de filtros biológicos utilizando materiais alternativos em suas camadas, visando a sua utilização para filtração da água e/ou efluentes. Para isso, buscou-se identificar materiais alternativos que possam ser utilizados, bem como se buscou avaliar a eficiência dos filtros com materiais alternativos em comparação aos filtros convencionais.

METODOLOGIA

Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva visa descrever, analisar e verificar a relação entre fatos e fenômenos existentes na pesquisa, propondo-se a fazer investigações detalhadas para um melhor entendimento quanto as causas e consequências daquilo que é pesquisado, e pode envolver o uso de técnicas de coleta de dados como o questionário. Já a pesquisa explicativa, segundo Gil (2008), visa identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, buscando o porquê de cada. Essa pesquisa é do tipo descritivo-explicativa, visto que objetiva a descrição, análise, verificação e explicação de todos os fatores e parâmetros que permeiam o desenvolvimento de um filtro com materiais alternativos para uma melhoria das condições da água através da filtração.

O englobamento da pesquisa é feito de modo exploratório, buscando embasamento teórico em publicações de artigos, dissertações e teses relacionados ao tema de filtros biológicos com materiais alternativos em suas camadas. O método exploratório envolve uma apuração de uma unidade específica em sua circunstância, no caso os materiais alternativos usados em filtros, usando múltiplas fontes de dados que se propõe a oferecer uma visão para a sua utilização, que se trata dos artigos analisados.

Para a presente pesquisa, optou-se por buscar artigos publicados nos últimos 7 anos, escolhendo publicações do ano de 2013 a 2020. Inicialmente, buscaram-se publicações que envolviam o desenvolvimento de protótipos de filtros biológicos, filtrando posteriormente os que faziam o uso de material alternativo em suas camadas. Foram avaliados os materiais utilizados, os ensaios realizados, os resultados obtidos quanto aos parâmetros de potabilidade da água e as considerações dos autores quanto às propostas.

A partir da busca realizada por meio da plataforma Scielo e Google Acadêmico, identificou-se uma ampla variedade de pesquisas, no entanto nem todas se referem à melhoria das condições da água e efluente com a utilização de materiais alternativos nos filtros. Após uma leitura dos artigos selecionados sobre a temática, publicados entre 2013 e 2020, identificou-se seis artigos com potencial, onde os mesmos são discutidos ao longo da pesquisa.

RESULTADOS

A areia, a brita e o carvão ativados são os materiais mais convencionais utilizados na filtração da água em geral, no entanto se a água residuária apresentar um elevado teor de sólidos em suspensão, os filtros convencionais de areia não são recomendados, uma vez que possuem rápida colmatação superficial, reduzindo o fluxo de filtração (BRANDÃO et al., 2003). Frente a isso, surge o desenvolvimento de filtros com materiais alternativos, buscando a eficiência da filtração, com materiais complementares, como casca de café, bagaço de cana, entre outros, por apresentarem uma maior porosidade, serem de fácil acesso e baixo custo (SANTANA, 2013).

A etapa inicial considerou a seleção dos artigos para estudo, buscando os mais alinhados com o tema da pesquisa. Ao final de tal etapa, foi possível selecionar 6 trabalhos de diferentes regiões do Brasil, que utilizaram algum material alternativo como meio filtrante. Os artigos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Artigos selecionados. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

Item	Título	Material alternativo	Ano
E1	Avaliação das unidades de aerador de tabuleiro, leito de contato simples e conjunto de filtro rápido composto de carvão ativado a partir do caroço de açaí e zeólita A, na eficiência de remoção de ferro de águas subterrâneas	Caroço de açaí e zeólita A	2018
E2	Tratamento de água para consumo humano, utilizando filtro composto de carvão ativado produzido a partir de endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí	Endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí	2018
E3	Utilização de rejeitos como meio filtrante em filtros biológicos percoladores	Rejeito de mineração e espuma de poliuretano	2017
E4	Utilização da escória de aciaria no pós-tratamento de efluente de lagoa de polimento aplicada no tratamento de lixiviado de aterro sanitário.	Escória de aciaria	2017

E5	Melhoria das condições da água utilizando filtro de areia modificado com biomassa.	Biomassa de casca de café ou casca de pinus	2014
E6	Casca de banana e pó de folha de mamona agem como filtro para metais pesados.	Casca de banana e pó da folha de mamona	2013

Os artigos analisados abordam diferentes materiais no tratamento de água e esgoto, como pode ser visto na Tabela 2, que mostra ainda os resultados mais relevantes observados.

Tabela 2. Tratamentos e resultados relevantes. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020.

Item	Tratamento	Resultados relevantes
E1	Água subterrânea	Remoção de ferro
E2	Água	Remoção de ferro e ajuste de pH
E3	Esgoto	Imobilização de micro-organismos e formação de biofilme
E4	Efluente de lixiviado de aterro sanitário	Aumento de pH, diminuição de alcalinidade, redução de coliformes totais, turbidez.
E5	Água	Redução da turbidez
E6	Água	Absorção de metais como zinco, cobre, chumbo, mercúrio e cádmio

Rêgo Filho et al., (2018) avaliaram unidades de aerador de tabuleiro, leito de contato simples e conjunto de filtro rápido, utilizando carvão ativado feito de caroço de açaí e zeólita, objetivando a remoção de ferro de águas subterrâneas. O pH da água observada inicialmente apresentou um valor de 5,23, e após a utilização do filtro com carvão ativado de caroço de açaí e zeólita, obteve um aumento, atingindo 6,28, no entanto ainda dentro dos padrões de potabilidade, considerando que o máximo permitido é 7,0. No que se refere ao ferro, os autores buscaram analisar diversos trechos, principalmente nos pontos de entrada da água no sistema filtrante, saída do aerador e saída do leito, sendo que nesses 3 pontos a concentração de ferro obtida foi bastante alta, atingindo valores entre 2,38 mg/L até 4,38 mg/L, superiores ao máximo, 0,3 mg/L, permitido para os padrões de potabilidade. No entanto, após a passagem de água por um ponto de filtração com a utilizado de carvão ativado com corocos de açaí, a concentração de ferro diminuiu de 2,38 mg/L para 0,23 mg/L, abaixo do máximo permitido para potabilidade, indicando que o material alternativo filtrando possui grande eficiência e viabilidade na diminuição de ferro. Posteriormente a água passou por um segundo filtro, composto por zeólita A, e a redução caiu de 0,23 mg/l para 0,10 mg/l, também indicando a eficiência da zeólita A em filtros.

De um modo geral, Rêgo Filho et al., (2018) analisaram parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em amostras de água, e apesar de objetivar a remoção de ferro, o sistema filtrante composto por carvão ativado de caroço de açaí e zeólita A, também obteve-se melhorias em outros parâmetros, como cor e odor, onde a melhora foi significativa, além de neutralização do pH e remoção de impurezas da água bruta. Cabe ressaltar que no que se refere ao ferro total, o sistema apresentou uma eficiência demasiada, principalmente no filtro com carvão ativado de caroço de açaí, com 90,33% de eficiência. A remoção do ferro nos pontos do sistema foi de 18,94% no aerador, 32,95% no leito de contato, 90,33% no filtro de carvão ativado, 56,52% no filtro de Zeólita, 64,00% na desinfecção, e uma eficiência global do sistema de tratamento alternativo de 99,17%. Além disso, a análise do filtro de zeólita A de forma isolada identificou uma remoção de ferro de 100%. Portanto, a utilização desses materiais alternativos em filtros para o tratamento de água possui uma eficiência de grande valia.

Sousa, Reis Junior e Rodrigues (2018) buscaram realizar um tratamento de água com fins de consumo humano, utilizando um filtro com carvão ativado produzido com endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí. A água coletada para o estudo apresentou uma quantidade de ferro muito acima de 0,3 mg/L permitidos pelo padrão de potabilidade, atingindo 4,36 mg/L. O pH também esteve fora do limite necessário entre 6 e 9,5, apresenta 5,34. No que se refere ao ferro total, observaram que o carvão ativado composto por caroço de açaí, pneu e coco reduziu o mesmo de 4,36 mg/L para 0,60 mg/L, e apesar de não atingir o valor máximo permitido para potabilidade, promoveu uma

expressiva redução. Já em um filtro com carvão ativado composto somente por pneu, a redução ficou abaixo de 0,001, demonstrando ser um material de grande eficiência na redução de ferro. E no filtro composto por carvão ativado de coco, a concentração de ferro foi de 0,10 mg/L. Assim, os três filtros apresentam uma eficiência muito satisfatória, e apesar o filtro com os três materiais não atingir o padrão de potabilidade, a redução de ferro é significativa, de cerca de 86,24%, enquanto os filtros de pneu ou de coco são consideravelmente viáveis, com uma eficiência de 99,97% e 97,71% respectivamente. Além disso, a utilização dos filtros com materiais alternativos, possibilitou uma melhoria no pH da água, no entanto no que se refere à cor aparente, os filtros com carvão ativado compostos por açaí e coco obtiveram valores muito elevados, em virtude dos materiais, assim como um aumento no número de sólidos totais dissolvidos e turbidez.

Verifica-se que os estudos de Rêgo Filho et al., (2018) e Sousa, Reis Junior e Rodrigues (2018) foram semelhante, onde ambos utilizaram caroço de açaí como carvão ativado, possibilitando uma redução significativa de ferro, além do segundo autor utilizar coco e pneu, com resultados também satisfatórios. Nesse sentido, verifica-se que a utilização desses materiais alternativos permite a construção de sistemas filtrantes eficientes na redução de ferro.

Medeiros et al., (2017) buscaram avaliar o tratamento de esgoto a partir da utilização de rejeitos como meio filtrante em filtros biológicos percoladores, especialmente através de espuma de poliuretano e rejeito de mineração. Observaram que o uso de espuma de poliuretano teve uma eficiência média de 65% para DQO, 46% para NTK, 7% para fósforo e 89% para turbidez, além de resultados positivos na remoção de nitrato, enquanto que a utilização de rejeito de mineração alcançou uma eficiência média de 74% de DQO, 56% de NTK, 7% de fósforo e 73% de turbidez. A espuma de poliuretano possui uma maior área superficial, o que explica uma maior diminuição na turbidez, em decorrência da retenção de sólidos suspensos. Os dois filtros obtiveram valores satisfatórios para DQO, além de condições aeróbias e pertinentes para o aporte das bactérias nitrificantes, diminuindo o pH e mantendo a temperatura dentro do ideal, favorecendo o crescimento microbiano no biofilme.

Terra e Souza (2017) utilizaram escória de aciaria no pós-tratamento de efluente de lagoa de polimento aplicada no tratamento de lixiviado de aterro sanitário. Observaram que o sistema apresentou um aumento no pH, em decorrência da presença de CaO na escória de aciaria, passando de 7,9 para 8,3 e 8,6, e posteriormente para 9,2 em 24 horas e 9,4 em 36 horas, saindo dos padrões estabelecidos pelo CONAMA, que limita o pH para lançamentos de efluente de 9,0. O sistema promoveu uma redução na alcalinidade ao longo do aumento dos tempos de detenção, o que reduz a capacidade tamponante do efluente e permite um aumento do pH. No que se refere à turbidez, a utilização de escoria de aciaria promoveu uma redução superior a 45% do parâmetro. Também reduziu os coliformes fecais, um parâmetro fundamental a ser reduzido quando se trata de tratamento de esgoto, atingindo uma eficiência de redução de 99,7%, e 99,9% de E. coli, o que pode estar relacionado ao aumento do pH. Apesar disso, em virtude das características da matéria dissolvida no efluente, com uma composição maior de fração inorgânica e menor fração orgânica não biodegradável, foi observado que o filtro com escoria de aciaria não alterou significativamente os parâmetros de cor, sólidos totais, sólidos dissolvidos, DQO e DBO5.

Assim, verifica-se que o sistema apresenta resultados positivos para turbidez e microrganismos, e mesmo não sendo capaz de alterar outros parâmetros, acredita-se que ainda pode ser estudado de outras formas, em junção de outros materiais, objetivando um melhor tratamento de esgoto, ou até mesmo no tratamento da água.

Oliveira (2014) buscou desenvolver um filtro de areia modificado com biomassa, utilizando casca de café ou casca de pinus, e observou que o filtro com biomassa de café não obteve eficiência na purificação da água, uma vez que provocou uma elevação da turbidez, e ambos os materiais apresentaram uma tendência para redução do pH da água e aumento da condutividade elétrica, no entanto observou-se que a casca de pinus pode ser um material complementar utilizado para a redução da turbidez, porém somente em tratamentos primários, onde haja a realização de uma posterior desinfecção. Assim, é possível verificar que a biomassa de pinus é um material potencial para posteriores estudos, devendo ser analisada para que se consiga construir sistemas filtrantes alternativos, aproveitando esses resíduos e contribuindo para o meio ambiente.

O portal eCycle (2013) buscou verificar a eficiência de filtros compostos por casca de banana e pó de folha de mamona na filtragem de materiais pesados, a partir de um estudo realizado pelo Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista. Verificou-se que a mamona possui uma alta concentração de proteínas, o que contribui significativamente na adsorção ou retenção de cádmio, chumbo, cobre, zinco e mercúrio. Esse material, além de apresentar esses resultados positivos, também possui a vantagem de ter baixo custo, e pode ser utilizado por até 18 vezes, possibilitando menores custos na filtragem de materiais pesados. Já no que se refere à casca de banana, os resultados também foram positivos, removendo urânio e cobre, sendo, assim como a mamona, um sistema de baixo custo, beneficiando o meio ambiente.

A partir do exposto, verifica-se que o uso de materiais alternativos possui potencial quando se trata de filtragem de água e/ou esgoto. Apesar do estudo voltado às publicações dos últimos 7 anos, entre 2013 e 2020, pode-se encontrar outros estudos anteriores a esse prazo, com a utilização de outros materiais.

Mwabi et al. (2011) avaliaram o desempenho de um filtro de areia simples em comparação a um BSF modificado com o uso de zeólitas naturais, e observaram que apesar do filtro de areia possuir uma melhor remoção de nitrato da água, o BSF modificado apresentou uma maior eficiência na remoção de turbidez e de *E. coli*.

Uma outra metodologia alternativa foi analisada por LoMonaco et al. (2002), que verificaram a eficiência de um filtro constituído por serragem de madeira e outro filtro constituído por bagaço de cana-de-açúcar, destinados ao tratamento primário de águas residuárias provenientes da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, onde observaram que o filtro com serragem de madeira apresentou uma eficiência superior na remoção de DBO e DQO em comparação ao filtro com bagaço de cana.

LoMonaco et al., (2011), utilizaram grãos de café como pergaminho em um filtro orgânico, destinado ao tratamento primário de águas residuárias provenientes dos frutos do cafeeiro, onde o filtro apresentou pouca eficiência para a remoção de sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos, sólidos dissolvidos, redução de nitrogênio, fósforo e potássio, em contrapartida mostrou-se eficiente na remoção dos sólidos suspensos e sódio, e isso se dá devido à natureza orgânica do material, sendo biodegradado com facilidade e aumento os teores de nutrientes e sólidos na água.

Magri et al. (2008) analisaram a eficiência de um filtro anaeróbico de brita e um posterior filtro aeróbico de areia para a filtragem de água cinza, observando diversos parâmetros de qualidade da água, e observaram que a metodologia de tratamento aplicada se mostrou eficiente, reduzindo DQO total, a turbidez, sólidos suspenso totais, fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Assim, verifica-se que esses estudos publicados entre 2002 e 2011 também obtiveram resultados satisfatórios, e podem ser utilizados como base para o desenvolvimento de novos estudos com a utilização dos mesmos materiais, objetivando uma nova verificação da eficiência.

CONCLUSÃO

A partir do levantamento bibliográfico realizado, identificaram-se seis artigos com conteúdos relativos ao uso de materiais alternativos para a filtragem da água e efluentes, publicados entre 2013 e 2020, e com potencial para serem utilizados em sistemas de tratamento de água e/ou esgoto.

Identificou-se que há uma ampla gama de materiais alternativos que podem ser utilizados, entre eles destacam-se: caroço de açaí, zeólita A, endocarpo de coco, borracha de pneu, rejeito de mineração, espuma de poliuretano, escoria de aciaria, biomassa de casca de café, casca de pinus, casca de banana e pó da folha de mamona. Muitos desses materiais são orgânicos, o que levantou o questionamento quanto às propriedades dos materiais naturais.

Dois dos estudos encontrados buscam o tratamento da água com a utilização de caroço de açaí, sendo um estudo combinando o mesmo com endocarpo de coco e borracha de pneu. Nos dois estudos, o material apresentou uma eficiência significativa na redução de ferro total, tornando a água aceita dentro dos padrões de potabilidade. Além disso, os outros dois materiais citados também apresentaram eficiência na redução do ferro.

Outros estudos buscaram o uso de material alternativo para o tratamento da água. A biomassa da casca de pinus e a biomassa da casca de café apresentaram tendência na redução do pH e aumento da condutividade elétrica, no entanto a casca de café não se mostra um material muito eficiente na purificação da água. Já a casca de pinus pode ser um material complementar utilizado em outros estudos para a redução da turbidez em tratamentos primários, servindo, portanto, de um exemplo que possa ser adotado para pesquisas futuras.

Além disso, também verificou-se a utilização de casca de banana e pó da folha de mamona, também no tratamento da água, para filtragem de materiais pesados, e ambos os materiais apresentaram resultados significativos, sendo que a mamona além dos resultados, ainda pode ser bastante reutilizada, o que confere uma maior economia em sistemas filtrantes.

Assim, verifica-se que a grande maioria dos estudos voltados ao tratamento da água utiliza materiais orgânicos para avaliação das propriedades filtrantes, obtendo bons resultados. Apesar de também utilizar outros materiais, como borracha de pneu e zeólita, verificam-se que a matéria orgânica é significativa e representa uma alternativa na utilização desses materiais.

Já no que se refere ao tratamento de efluentes/esgoto, foi verificado o uso de rejeito de mineração e espuma de poliuretano, que apresentaram resultados favoráveis na redução de microrganismos e controle da turbidez. Assim como se utilizou de escoria de aciaria, obtivendo benefícios referentes à imobilização de microrganismos e formação de biofilme. Sendo que este último material tem sido bastante estudado em diversas pesquisas, visando novas formas de destinação, para o mesmo, uma vez que se trata de um material com pouca utilização, considerando que se refere a um rejeito. E apesar do estudo demonstrar a utilização de escoria de aciaria para o tratamento de efluente lixiviado, sugere-se que estudos sejam feitos para a filtração da água com o material, considerando que se trata de um material granular, muito parecido fisicamente com a brita.

Por fim, conclui-se que a utilização de materiais alternativos em sistemas filtrantes não só apresenta resultados significativos nos sistemas, como também promove uma economia, por se tratar de uma reciclagem, além de contribuir para uma diminuição da disposição dos mesmos no meio ambiente. E essa questão ambiental é ainda mais significativa quando se trata de materiais que não se degradam tão facilmente no meio ambiente como os orgânicos, que é o caso de pneu, rejeito de mineração, espuma de poliuretano e escoria de aciaria. A utilização dos mesmos em sistemas de filtração possibilita uma nova destinação para esses resíduos, deixando de ser dispostos no meio ambiente e contribuindo para um desenvolvimento sustentável. Considerando a poluição ambiental e a diminuição de matérias primas, acredita-se que o uso de materiais alternativos, especialmente reciclados, é o futuro da engenharia, deixando de ser uma alternativa e tornando-se uma necessidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Botero, W. G.; Santos, A.; Oliveira, L. C. Rocha, J. C. **Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000800007>. Acesso em 20 de maio de 2020.
2. Brandão, V. S.; Matos, A. T.; Fontes, M. P. F.; Martinez, M. A. **Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329- 334, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662003000200024>. Acesso em 22 de maio de 2020.
3. BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em 20 de maio de 2020.
4. Duarte, M. A. C. **Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – SP, 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-05052011-085250/publico/Duarte_Marco.pdf>. Acesso em 19 de maio de 2020.
5. Ecycle. **Casca de banana e pó de folha de mamona agem como filtro para metais pesados.** 2013. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/8-tecnologia-a-favor/1980-casca-de-banana-e-po-de-folha-de-mamona-sao-usados-como-filtros-para-retirar-metais-pesados-da-agua.html>>. Acesso em 29 de maio de 2020.
6. Gil, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** Editora atlas, sexta edição, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9nicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em 23 de maio de 2020.
7. Lo Monaco, P. A. V.; Matos, A. T.; Eustáquio Júnior, V.; Sarmiento, A. P.; Moreira, R. M. G. **Desenvolvimento de filtros construídos por pergaminhos de grãos de café (coffea sp.) no tratamento de águas residuárias.** Coffee Science, Lavras, v. 6, n. 2, p. 120-127, 2011. Disponível em: <http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7876/Coffee%20Science_v6_n2_p120-127_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 de maio de 2020.
8. Lo Monaco, P. A.; Matos, A. T.; Cachaldora, D. N.; Emmerich, I. N. **Eficiência de materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa do fruto do cafeeiro.** Engenharia Agrícola, Viçosa, v.10, n. 1-4, p.40-47, 2002. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1177/155585_Art119f.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 20 de maio de 2020.
9. Magri, M. S.; et al. Reúso de águas cinzas tratadas em vaso sanitário e rega de jardim. In: XIII SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13, 2009, Belém. **Anais...** Belém: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008, 10 p.
10. Medeiros, R. C.; Fagundes, B. R.; Cardozo, B.; Costa, C. M.; Volpato, F. Utilização de rejeitos como meio filtrante em filtros biológicos percoladores. IN: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2017. **Anais...** Campo Grande, 2017.

11. Mwabi, J. K.; Adeyemo, F. E.; Mahlangu, T. O.; Mamba, B. B.; Brouckaert, B. M.; Swartz, C. D.; Offringa, G.; Mpenyana-Monyatsi, L.; Momba, M. N. B. **Household water treatment systems: A solution to the production of safe drinking water by the low-income communities of Southern Africa.** *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 36, p. 1120-1128. Doi: 10.1016/j.pce.2011.07.078. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147470651100218X>>. Acesso em 21 de maio de 2020.
12. Oliveira, V. M. F. **Melhoria das condições da água utilizando filtro de areia modificado com biomassa.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15234/1/MelhoriaCondicoesAgua.pdf>>. Acesso em 14 de maio de 2020.
13. Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico.** Universidade Feevale, 2ª edição, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em 25 de maio de 2020.
14. Rêgo Filho, A. T. C.; Freitas Filho, F.; Reis Junior, J. C. F.; Lemos, E. J. S.; Rodrigues, C. A. N. Avaliação das unidades de aerador de tabuleiro, leito de contato simples e conjunto de filtro rápido composto de carvão ativado a partir do caroço de açaí e zeólita A, na eficiência de remoção de ferro de águas subterrâneas. IN: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018. **Anais...** São Bernardo do Campo, 2018.
15. Santana, E. A. **Desenvolvimento de um sistema de filtragem para tratamento de água cinza visando o seu reuso.** Dissertação de pós-graduação, Viçosa – MG, 2013. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10443/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em 15 de maio de 2020.
16. Sousa, D. F. L.; Reis Junior, J. C. F.; Rodrigues, C. A. N. **Tratamento de água para consumo humano, utilizando filtro composto de carvão ativado produzido a partir de endocarpo de coco, borracha de pneu e caroços de açaí.** IN: IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018. **Anais...** São Bernardo do Campo, 2018.
17. Terra, B. R.; Souza, L. A. **Utilização da escória de aciaria no pós-tratamento de efluente de lagoa de polimento aplicada no tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2017. Disponível em: <http://www.engenhariaambiental.ufes.br/sites/ambiental.ufes.br/files/field/anexo/utilizacao_de_escoria_de_aciaria_no_pos-tratamento_de_efluente_de_lagoa_de_polimento_aplicada_no_tratamento_de_lixiviado_de_aterro_sanitario.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2020.